Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal

Institut sénégalais de recherches agricoles

Institut de technologie alimentaire

Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

Ce bilan a été réalisé grâce à un financement du ministère français des Affaires étrangères, dans le cadre du projet Joko (projet FAC n° 98004900).

© ISRA, ITA, CIRAD, 2005

Sommaire

■ **Introduction**

Dr Amadou Tidiane Guiro 3

■ **Première partie : Le contexte institutionnel** 7

Le système national de recherches agricoles et alimentaires
Moussa Fall, Pape Ibrahima Thiongane 9

■ **Deuxième partie : L'environnement** 31

Le climat
Benoît Sarr, Madiagne Diagne, Claude Dancette 33

Les ressources en eau
Magatte Wade, Tran Minh Duc, Honoré Dacosta 51

Les sols
Mamadou Khouma, Mamadou Guèye, Francis Ganry,
Aminata Badiane, Jean-Pierre Ndiaye, Modou Sène 73

Les ressources sylvopastorales
Amadou Tamsir Diop, Oussouby Touré,
Alexandre Ickowicz, Alioune Diouf 91

Les ressources halieutiques
Mariama Barry, Tidiane Bousso, Moustapha Dème, Taib Diouf
André Fontana, Birane Samb, Djiby Thiam 107

Les systèmes productifs
Michel Benoit-Cattin, Cheikh Oumar Bâ 129

Filières, politiques et acteurs
Cheikh Oumar Bâ, Jean-François Bélières, Michel Benoit-Cattin,
Matar Gaye, Adama Touré 143

■ **Troisième partie : La production et la transformation des produits** 161

L'arachide
Amadou Bâ, Robert Schilling, Ousmane Ndoye,
Mamadou Ndiaye, Amadou Kane 163

Le cotonnier
Mour Guèye, Amadou Moustapha Bèye, Djibril Badiane 189

Les productions horticoles
Emile Victor Coly, Pape Abdoulaye Seck, Abdou Aziz Mbaye 207

Le riz
Thiaka Diouf, Abdoulaye Fall 233

Les céréales
Abdou Ndiaye, Amadou Fofana, Mamadou Ndiaye, Demba Farba Mbaye, Maniével Sène, Ibrahima Mbaye, Jacques Chantereau 241

Les légumineuses à graines
Ndiaga Cissé, Joseph Wey, Dogo Seck, Momar Talla Guèye, Mamadou Guèye 257

Les fourrages et les aliments du bétail
Safiétou T. Fall, Georges Rippstein, Christian Corniaux 267

La santé animale
Mamady Konté, Yaya Thiongane, Arona Guèye, Oumar Talla Diaw 281

Le lait
Mamadou Diop, Maty Bâ Diao 311

La viande
Cheikh Mbaye Boye, El Hadji Fallou Guèye, Ayaho Missohou, Racine Samba Sow 321

La pêche
Mariama Barry, Moustapha Dème, Taib Diouf, André Fontana, Birane Samb, Samba Alassane, Djiby Thiam 345

Les produits forestiers
Samba Arona Ndiaye Samba, Abidou Gaye, Malainy Diatta, Ibrahima Thomas, Ousmane Diagne 369

La mécanisation et les équipements
Alioune Fall, Philippe Lhoste, Michel Havard, Ababacar Ndoye, Amadou Abdoulaye Fall, Boubacar Diakité, Sanoussi Diakité, Ousmane Sy 389

La transformation
Ababacar Ndoye, Ousmane Sy, Babacar Ndir 419

■ **Quatrième partie : Les attentes des utilisateurs** 455

Chercher autre chose, autrement
Maniével Sène, Jean-Luc Farinet, Michel Passouant, Jean-François Bélières, Papa Léopold Sarr, Malick Sarr, Dogo Seck, Maty Bâ Diao, Macoumba Diouf, Emmanuel Ndione, Babacar Touré, Idrissa Wade 457

■ **Conclusion et perspectives**

Dr Pape Abdoulaye Seck 499

■ **Annexes**

Sigles et abréviations 503

Liste des auteurs 510

Index 513

Introduction

Introduction

Cet ouvrage*, Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal,* répond à une demande accrue d'informations techniques des acteurs, aussi bien du secteur public que du secteur privé. Sa réalisation traduit la prise en charge d'une des préoccupations majeures du système national de recherches agricoles et agroalimentaires du Sénégal lors de sa mise en place en 1997 : rendre l'information scientifique et technique disponible et accessible pour tous les utilisateurs de la recherche.

Pour relever ce défi, l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles), l'ITA (Institut de technologie alimentaire), le CERAAS (Centre d'études pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse), le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) et l'IRD (Institut de recherche pour le développement) ont élaboré un projet commun, qui vise à renforcer et à améliorer les systèmes d'information et de communication scientifique pour les adapter aux besoins nationaux et leur donner ultérieurement la possibilité de jouer un rôle sur le plan régional.

Grâce à la convention signée, en février 1999, entre les gouvernements du Sénégal et de la France pour la mise en place du projet intitulé « Appui aux systèmes d'information et de communication de la recherche agricole et agroalimentaire », communément appelé projet FAC/IST, le financement a pu être mobilisé pour atteindre ce but. Ce projet comprend trois composantes essentielles : l'appui documentaire personnalisé aux équipes de recherche ; la production de catalogues ; le bilan de la recherche agricole et agroalimentaire.

Le *Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal* est produit sous la forme d'un ouvrage, mais aussi dans une version multimédia, afin d'en assurer la diffusion sur cédérom et sur internet. Il est destiné aux utilisateurs de la recherche : associations de producteurs et de transformateurs, organisations professionnelles agricoles, organismes de développement et de vulgarisation, organisations non gouvernementales, entrepreneurs privés agricoles et agroalimentaires, décideurs politiques, investisseurs, écoles de formation agricole et agroalimentaire. En raison de la portée régionale de certaines recherches menées au Sénégal, le public visé s'étend aussi aux institutions et chercheurs de la sous-région.

Le présent ouvrage expose les résultats de quarante années de recherche, de 1962 à 2002. Il constitue sans conteste un document de référence, un outil inestimable de marketing et de programmation future des activités de recherche. Son mérite est de réaliser une synthèse unique de l'essentiel des travaux de recherche agricole et

agroalimentaire effectués au Sénégal, du début de l'indépendance à l'aube de ce troisième millénaire. Il contribue aussi à mettre en exergue le rôle, souvent ignoré, de la recherche dans le développement économique et social du pays. Il traite des résultats de recherche acquis dans les domaines suivants : productions végétales, productions animales, productions forestières, productions halieutiques, biologie et biotechnologies appliquées, gestion de l'eau et des ressources naturelles, socio-économie rurale, agroalimentaire.

Le sommaire de l'ouvrage comporte vingt-trois chapitres répartis en quatre grandes parties : le contexte institutionnel, l'environnement, la production et la transformation des produits, les attentes des utilisateurs. Ainsi, les principaux résultats de recherche sont présentés par grandes thématiques et par filières, ce qui permet au lecteur de relier facilement les résultats et les perspectives de la recherche aux préoccupations actuelles du développement.

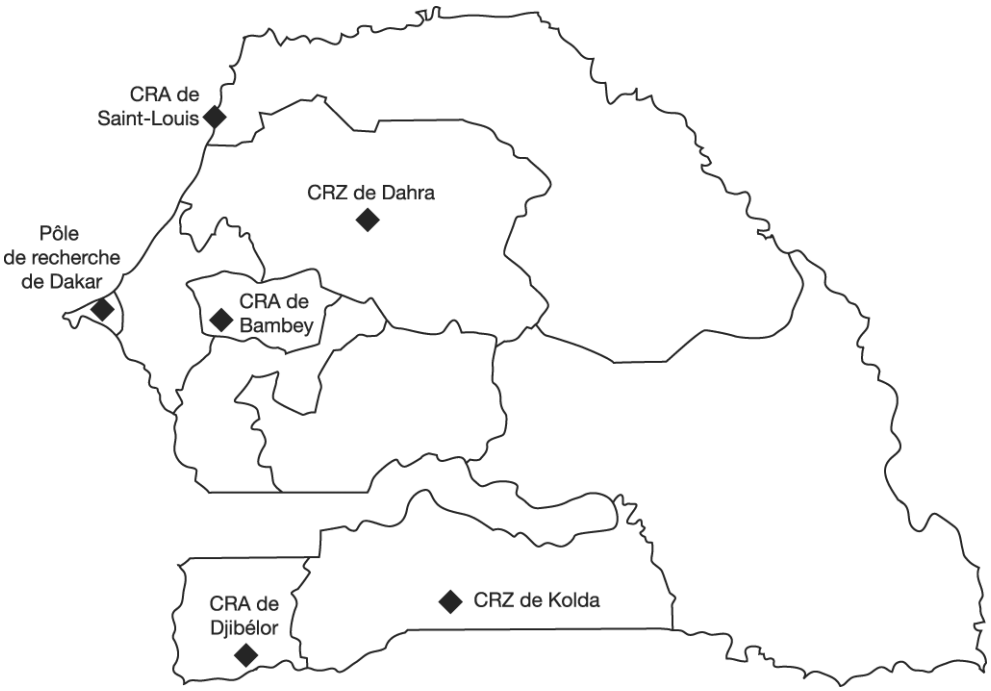
L'élaboration du *Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal* a nécessité la création d'un comité de rédaction composé des représentants de l'ISRA, de l'ITA, du CERAAS, du CIRAD, de l'IRD, du CNCR (Conseil national de concertation et de coopération des ruraux), de la FRAO (Fondation rurale pour l'Afrique de l'Ouest), de l'ANCAR (Agence nationale de conseil agricole et rural) et de l'ASPRODEB (Association des producteurs pour le développement à la base). Il a été présidé par le directeur général de l'ITA.

Le comité de rédaction a d'abord élaboré un document de travail retraçant les principaux acquis de la recherche agricole et agroalimentaire pendant cette période de référence. Ce document de travail a été partagé entre les différentes institutions de recherche et de développement ; il a servi à produire le sommaire de l'ouvrage. Par ailleurs, le comité de rédaction a identifié les auteurs potentiels des chapitres à rédiger, ainsi que les référés.

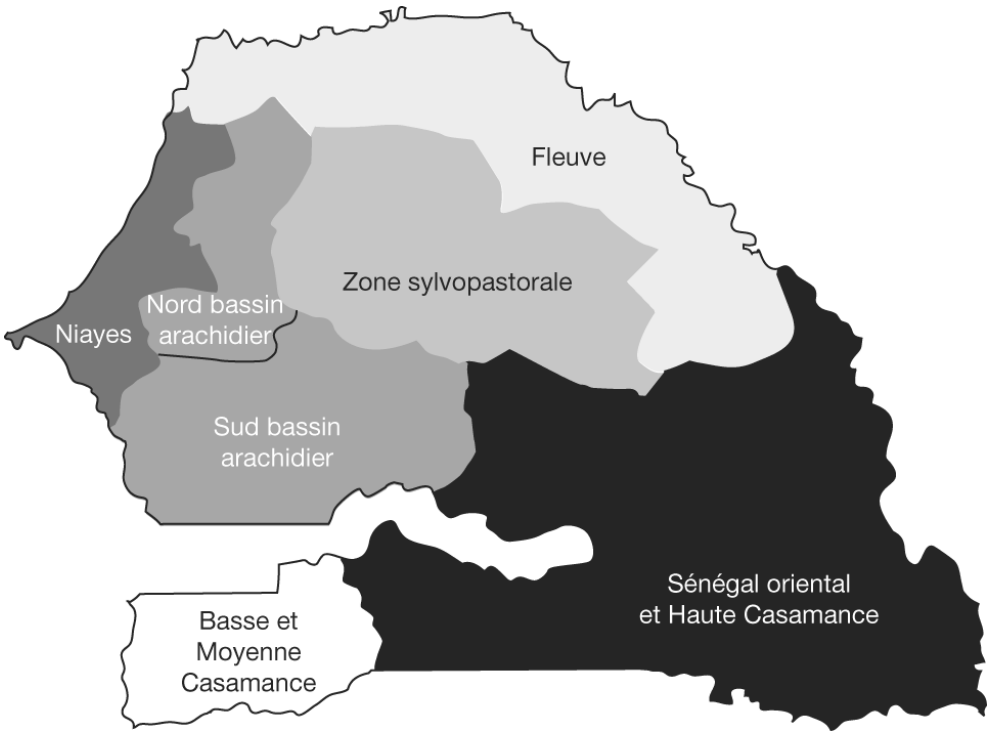
Ce processus participatif d'élaboration du *Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal* a mobilisé une centaine de scientifiques et une cinquantaine de référés choisis selon leurs compétences dans les différents domaines. Chaque équipe de rédaction était coordonnée par un coordonnateur de chapitre chargé de superviser l'équipe et de finaliser le travail, en rapport avec le chef du projet.

Nous ne saurions terminer notre propos sans remercier très chaleureusement tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de cet important travail. Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au gouvernement français qui, grâce à son soutien financier et technique, a permis la concrétisation de ce bilan.

Dr Amadou Tidiane GUIRO
Directeur général de l'ITA



Carte 1. Centres de recherche de l'ISRA



Carte 2. Zones agroécologiques

Première partie
Le contexte institutionnel

Le système national de recherches agricoles et alimentaires

Moussa FALL, Pape Ibrahima THIONGANE

La recherche scientifique et l'ensemble du processus d'innovation technologique concourent à l'accroissement des performances économiques, elles-mêmes génératrices d'emplois et de bien-être social. C'est conscient de cet enjeu que le gouvernement du Sénégal a entrepris, dès l'accession du pays à la souveraineté internationale en 1960, de mettre en place progressivement les outils de son émancipation scientifique et technologique. Aujourd'hui, le Sénégal compte des centres et instituts de recherche dans beaucoup de domaines d'activité, notamment l'agriculture et l'agroalimentaire. Ce dispositif de recherche compte à son actif de nombreux résultats, qui ont été d'un apport décisif dans le développement des secteurs de l'économie nationale. Il reste cependant beaucoup à faire en matière de politique de recherche, de définition d'objectifs, d'établissement de priorités et de financement de la recherche.

L'Etat et la gestion de la recherche scientifique

L'ORGANISATION DU SYSTÈME NATIONAL DE RECHERCHES

Au Sénégal, les pouvoirs publics ont toujours affirmé leur volonté de promouvoir la recherche scientifique et technique et d'en faire un instrument de développement économique et social, même si les stratégies mises en œuvre ont parfois manqué de continuité et de consistance.

Durant les cinq premières années de l'indépendance, l'essentiel du potentiel scientifique était fourni par les institutions françaises présentes pendant la période coloniale. C'est seulement lors de l'élaboration du deuxième plan national de développement économique et social (1965-1969) que fut mise en place pour la première fois une commission nationale de recherche scientifique chargée de contribuer au volet d'étude et de recherche.

En 1966, afin de promouvoir la politique scientifique de l'Etat, le Conseil interministériel de la recherche scientifique et technique est mis en place ainsi qu'un Bureau des affaires scientifiques et techniques, ouvert et rattaché au

Secrétariat général de la présidence de la République. En 1972, ce Bureau se transforme en une Direction des affaires scientifiques et techniques pour être rattaché au secrétariat d'Etat chargé du Plan. Il s'agit d'une évolution notable au regard des objectifs de l'Etat. Cependant, ces créations n'ont eu aucune emprise réelle sur les structures de recherche, leurs objectifs et leur mode de gestion.

C'est à partir de 1973 que l'Etat sénégalais devient réellement présent dans la recherche, tant sur le plan de son organisation que sur celui de l'allocation des ressources. Ainsi, en décembre 1973, la DGRST (Délégation générale à la recherche scientifique et technique) est créée et rattachée directement aux services du Premier ministre. Cette Délégation traduit la volonté politique de l'Etat d'assurer la coordination et le suivi de la recherche scientifique et technique. La DGRST, outre son rang de structure rattachée à l'attelage gouvernemental, a en charge aussi bien le secteur considérable, par son poids, de la recherche agricole et agroalimentaire que le secteur de la recherche universitaire, grâce au levier que constitue le FIRST (Fonds d'impulsion de la recherche scientifique et technique). Le souci de fédérer toutes les recherches en les intégrant amène la DGRST à mettre en place des commissions horizontales : recherches médicales, pharmaceutiques, agricoles, agroalimentaires et sociales, documentation scientifique et technique. Ces commissions sont chargées d'assister la DGRST, notamment pour déterminer les priorités de la recherche et évaluer ses résultats. Ce dispositif est renforcé quelques années plus tard par la tenue de comités régionaux de développement de la recherche afin de mieux prendre en compte les spécificités régionales dans les programmes et les projets de recherche.

La DGRST consolide l'organisation du système national de recherche scientifique et technique au Sénégal. Outre les structures de recherche rattachées, elle met en place deux organes d'appui : le Centre national de documentation scientifique et technique (CNDST) et l'Institut sénégalais de normalisation (ISN). Ces organes sont complétés par la Direction des relations extérieures, qui est à l'origine de la première Commission mixte franco-sénégalaise consacrée exclusivement à la recherche.

Le 9 avril 1979, la DGRST est érigée en secrétariat d'Etat auprès du Premier ministre chargé de la Recherche scientifique et technique. Son rôle est triple : promouvoir, coordonner et contrôler les activités de recherche. Ce rôle conduit les autorités à supprimer la Direction scientifique et la Direction des relations extérieures et à créer plusieurs directions : une Direction de recherches agricoles et agro-industrielles (DRAAI) ; une Direction de l'innovation et du progrès technologique (DIPT) ; une Direction des recherches en sciences sociales et humaines (DRSSH) ; une Direction des études, des projets et du plan (DEPP). Cette période est marquée par une politique de coopération dynamique et fructueuse, qui permet de compenser largement la faiblesse des ressources internes par des financements extérieurs.

Le 3 avril 1986, le secrétariat d'Etat chargé de la Recherche scientifique et technique fait place à un ministère de la Recherche scientifique et technique. Malgré les disparitions et la réapparition de ce ministère, l'Etat continue jusqu'à nos jours de mener une politique de coopération assez large sans toutefois résoudre les problèmes récurrents tels que le manque de ressources adéquates pour la recherche et la diminution du potentiel scientifique, conséquence d'une fuite des cerveaux liée à l'absence d'un statut motivant pour les chercheurs.

L'actuel ministère de la Recherche, mis en place en novembre 2002, entend redynamiser la recherche et l'étendre à l'échelle locale en instaurant des centres spécialisés de recherche et d'essai. Ces centres ont pour mission d'innover et de valoriser les résultats de recherche, ils doivent servir d'interface entre les laboratoires et la société. Par ailleurs, il est prévu de mettre en place un Centre national de recherche scientifique (CNRS), dont la vocation est de créer des synergies entre les institutions de recherche.

Le financement du système

Cette description du système national de recherche scientifique et technique et de son évolution depuis l'indépendance renvoie à divers modèles d'organisation, qui ont permis à l'Etat de renforcer son rôle de coordination de la recherche.

La volonté des pouvoirs publics de concentrer l'effort de recherche sur les secteurs prioritaires et la constance dans leurs orientations n'ont pas empêché une certaine instabilité institutionnelle, comme le rattachement des principaux instituts de recherche à des ministères différents. Cette instabilité s'est traduite progressivement par une absence totale de perspective et de dimension prospective.

La prépondérance des activités liées au financement des projets, dont la durée de vie est limitée, a eu pour conséquence la paupérisation des structures de recherche, jadis performantes, faute d'un engagement constant de l'Etat et d'une politique cohérente fondée sur la durée. Dans l'Université, la recherche est presque exclusivement le fait des enseignants pour des raisons de promotion académique. Au-delà de cette faiblesse structurelle, la baisse des ressources allouées a été constante. Hormis la période 1973-1983, la part du budget national dévolue à la recherche n'a cessé de décroître en francs constants. Malgré de nombreuses tentatives, il n'a pas été possible de mettre en place des mécanismes efficaces d'identification et de mobilisation des ressources.

Les ressources publiques sont dégagées sous forme de budget d'investissement et de fonctionnement. Le budget d'investissement, qui couvre une période de trois ans, concerne essentiellement les contreparties aux projets et le FIRST. Le budget de fonctionnement est prévu dans la loi budgétaire de l'Etat. Il finance les services du ministère de tutelle et les établissements publics de recherche. Ces ressources sont souvent consacrées aux salaires des chercheurs et subissent une baisse assez régulière. Elles plafonnent autour de 3 milliards de francs CFA, soit environ 0,5 % du PIB. Les ressources publiques extérieures sont issues de conventions bilatérales ou multilatérales. Ces fonds, qui occupent près de 60 % du volume global du financement de la recherche, deviennent de plus en plus prépondérants. Cependant, leur mobilisation est parfois accompagnée de conditions contraignantes et ne répond pas en général aux besoins librement exprimés par les chercheurs eux-mêmes alors qu'ils sont issus de prêts contractés par l'Etat sénégalais. Les sources privées de financement sont rares et le FIRST, créé pour mobiliser les financements privés, a toujours été inopérant. En général, il n'existe pas de mécanismes de promotion de la recherche par le secteur privé, qui ignore le plus souvent les possibilités offertes par la recherche en terme de gain de compétitivité.

Le système de financement de la recherche au Sénégal reste finalement l'affaire de l'Etat. Cependant, la disponibilité des fonds compétitifs, aussi bien au Sénégal qu'à l'étranger, commence à intéresser les chercheurs et, à terme, pourra contribuer à l'efficience interne des modes de financement.

Le contexte historique de la recherche agricole

Avant l'indépendance

La recherche agricole au Sénégal a débuté au XIX^{e} siècle avec la création du jardin botanique de Saint-Louis en 1850 et la réalisation de quelques expérimentations à Richard-Toll, par le baron Roger. Elle s'est développée sous l'impulsion du Service fédéral de l'agriculture et du Service fédéral zootechnique et des épizooties basés à Dakar, ce dernier étant appuyé par le Laboratoire vétérinaire de Hann pour la protection sanitaire des animaux. En 1921 est créée à Bambey, dans la zone de production arachidière, une station expérimentale de l'arachide en remplacement de la ferme école créée huit ans plus tôt.

Après la Seconde Guerre mondiale, la recherche agricole connaît un essor avec la réorganisation des structures fédérales et la création des instituts français de recherche tropicale : l'IRHO (Institut de recherche pour les huiles et oléagineux) en 1942 ; le CTFT (Centre technique forestier tropical) en 1948 ; l'IEMVT (Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux) en 1948 ; l'ORSTOM (Office de la recherche scientifique coloniale qui devient Office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer) en 1949.

En 1948 le Service fédéral zootechnique et des épizooties devient le Service fédéral de l'élevage et des industries animales et le Laboratoire vétérinaire de Dakar, le Laboratoire fédéral d'élevage (LFER).

La recherche halieutique et océanographique s'organise entre les années 1940 et 1950. Elle est gérée par le Muséum d'histoire naturelle de Paris et l'Institut français d'Afrique noire (IFAN). Le Centre fédéral d'études scientifiques des pêches maritimes est créé en 1952 avec trois sections : océanographie, recherche technique et recherche économique. Avec la création de l'ORSTOM, les recherches halieutiques prennent leur essor et connaissent un début d'intégration.

La recherche forestière, menée au sein de l'administration des eaux et forêts, s'occupe spécifiquement des programmes de reboisement et de quelques tentatives d'association entre arbres et cultures annuelles.

Durant cette période, la recherche agroalimentaire s'effectue dans les grandes entreprises et les centres de recherche métropolitains et les produits sont mis sur le marché par l'intermédiaire des établissements commerciaux existant en nombre important dans les colonies.

Après l'indépendance

Lors de son accession à l'indépendance, le Sénégal hérite des structures de recherche mises en place durant la période coloniale. Mais en raison de la quasi-inexistence d'un potentiel scientifique national, la France continue d'en assurer la gestion, conformément aux accords de coopération scientifique et technique, par l'intermédiaire de nouvelles structures de recherche tropicale. C'est ainsi que sont créés, en 1960, l'IRAT (Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières) et le CEEMAT (Centre d'études et d'expérimentation du machinisme agricole tropical).

Cette période est marquée par l'augmentation du nombre de chercheurs et par la décentralisation, la régionalisation et la délocalisation de la recherche, qui se rapproche des paysans. L'ancien Centre fédéral de recherches agronomiques de Bambey est transformé en Centre national puis confié à l'IRAT. Le Laboratoire national de recherches vétérinaires et le Centre de recherches zootechniques de Dahra sont regroupés et leur gestion est confiée à l'IEMVT. L'IRHO conduit les recherches sur l'arachide dans les stations de Darou et Louga. Les recherches sur le coton sont confiées à l'IRCT (Institut de recherche sur le coton et les fibres textiles). En 1961, est créé le CRODT (Centre de recherche océanographique de Dakar-Thiaroye) chargé de la gestion de la recherche océanographique, sous l'autorité administrative de la DOPM (Direction de l'océanographie et de la pêche maritime) avec l'appui scientifique et financier de l'ORSTOM.

En 1963, l'ITA (Institut de technologie alimentaire) est créé par les autorités sénégalaises. Son rôle essentiel est de coordonner et de mener des recherches et des actions sur la transformation des denrées alimentaires et leur conservation.

Le CTFT prend en charge la recherche forestière au sein du CNRF (Centre national de recherches forestières), créé en 1965. Il développe un programme de recherche sur la sylviculture et l'introduction d'essences exotiques.

Les recherches sur l'horticulture se développent à partir de 1972 au CDH (Centre pour le développement de l'horticulture) de Cambérène, sous l'égide de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) avec l'appui financier du PNUD (Programme des Nations unies pour le développement) et de la Belgique.

C'est seulement en novembre 1974, que l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles) est créé pour prendre en charge l'exécution des programmes de recherche, la gestion administrative et financière des centres de recherche et la promotion des chercheurs nationaux, qui doivent assurer la relève des chercheurs expatriés.

La recherche universitaire

La Concertation nationale sur l'enseignement supérieur (CNES), organisée en 1997 pour renouveler l'organisation de l'enseignement supérieur, crée un consensus autour des principes et préalables suivants :
– assurer une articulation forte, en amont, avec la recherche de base et, en aval, avec tous les acteurs du développement ;
– faciliter la gestion de la qualité scientifique des activités ;
– favoriser le développement des qualités individuelles et collectives nécessaires à une bonne recherche (sens de l'initiative, esprit d'équipe) ;
– faciliter la carrière des personnels de la recherche ;
– assurer une réactivité stratégique, c'est-à-dire entretenir une réflexion prospective qui stimule l'adaptation permanente à l'environnement national.

Fort de ces préceptes, le ministère de tutelle demande la mise en œuvre d'une stratégie de développement de la formation à la recherche et par la recherche, dont les grands axes sont l'établissement de la carte des écoles de formation doctorale, la promotion de la recherche-développement dans les cycles supérieurs et le renforcement des liens avec le milieu environnant (communautés, collectivités, industrie, environnement international).

Le ministère de l'Education nationale élabore en 1997 un plan de développement de la recherche universitaire, qui précise le profil d'un programme de recherche-développement, défini comme un ensemble pluridisciplinaire de thèmes de recherche, finalisé par rapport à des objectifs de développement, ou un ensemble d'activités destinées à répondre aux besoins des utilisateurs dans un domaine donné.

Afin de mieux asseoir une recherche véritablement de qualité, tournée vers le développement, la programmation de la recherche universitaire se propose de procéder par étapes : analyse des contraintes et des potentialités ; bilan des acquis ; évaluation des programmes et identification des ressources ; réunions internes, séminaires et colloque national de validation.

Le système national de la recherche universitaire proposé par la Direction de l'enseignement supérieur est une matrice organisationnelle qui regroupe l'ensemble des institutions acceptant des règles communes de gestion de la recherche. Le pilotage de ce système est assuré par un Conseil national de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Le système national proposé comporte cinq types d'unité opérationnelle, qui devront disposer des compétences, des ressources financières et humaines et des équipements adéquats pour réaliser les recherches ou les formations programmées : le réseau thématique ; l'unité de recherche d'appui ; le programme stratégique fédérateur ; le laboratoire associé ; l'école de formation doctorale. Chacune des unités a une vocation précise, mais elles sont appelées à travailler en synergie dans le cadre du système.

Les organismes de recherche

La complexité du domaine de la recherche agricole et agroalimentaire, les diverses contraintes internes aux instituts nationaux, l'émergence des organisations de producteurs, les nouvelles stratégies basées sur la recherche participative ont conduit les institutions du système national de recherches à renforcer leurs partenariats, aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur du pays. Les organismes et les partenaires du système national de recherches agricoles et agroalimentaires sont multiples et diversifiés.

LES ORGANISMES NATIONAUX DE RECHERCHE

L'Institut sénégalais de recherches agricoles

L'ISRA est un établissement public à caractère scientifique créé en 1974. Il est placé sous la tutelle du ministère de l'Agriculture et de l'élevage. Ses principales missions concernent : la promotion et la formation de chercheurs nationaux ; la conception et l'exécution de programmes de recherche sur les productions végétales, forestières, animales et halieutiques et en économie rurale ; la création de connaissances scientifiques et d'innovations techniques pour l'amélioration du secteur agricole en général ; la valorisation et le transfert des résultats de la recherche ; le développement de la coopération scientifique interafricaine et internationale. L'ISRA a conçu un projet d'entreprise à long terme (2015) et un plan stratégique pour la période allant de 1998 à 2003.

L'ISRA dispose d'une importante infrastructure : cinq centres et laboratoires nationaux, six centres régionaux, deux unités (un bureau d'analyses macroéconomiques et une unité d'information et de valorisation, UNIVAL) et une trentaine de stations et de points d'expérimentation, auxquels vient s'ajouter le CERAAS (Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse) commun à l'ISRA, au CORAF (Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le développement agricoles) et au CILSS (Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse au Sahel). Les structures opérationnelles sont réparties dans les huit zones agroécologiques du Sénégal.

L'effectif du personnel, en 2001-2002, est de 431 agents dont 118 chercheurs (110 nationaux et 8 étrangers), 27 assistants de recherche, 43 cadres administratifs et 287 agents d'appui. L'ISRA compte plusieurs partenaires scientifiques parmi les établissements d'enseignement du pays, les structures de recherche internationales et les universités du Nord.

La mise en place du Programme des services agricoles d'appui aux organisations de producteurs (PSAOP) ouvre, à l'ISRA et à l'ITA, le FNRAA (Fonds national de recherches agricoles et agroalimentaires) et un appui en équipement financé par la Banque mondiale. Par ailleurs l'ISRA dispose d'un important portefeuille de conventions particulières. Son budget se compose en 2001 d'une subvention de l'Etat (43 %), de ressources propres (20 %) et de conventions particulières dont le FNRAA (37 %).

L'Institut de technologie alimentaire

Créé en 1963, par la loi 63-11 du 5 février, en tant qu'établissement public à caractère industriel et commercial, l'ITA jouit depuis 1998 du statut d'établissement public à caractère scientifique et technologique. Il est placé sous la tutelle du ministère de l'Industrie. L'ITA a pour mission de valoriser les ressources alimentaires locales. Il doit conduire et coordonner les recherches et les études sur le traitement, la transformation, le conditionnement, la conservation et l'utilisation des produits alimentaires locaux. Sa mission consiste aussi à développer de nouvelles ressources alimentaires d'origine locale, de bonne valeur nutritive et appréciées par les consommateurs, et à aider au contrôle de qualité des produits alimentaires aux stades de la production, de la commercialisation, de l'importation et de l'exportation. Enfin, il doit participer à la formation des corps de métier de l'alimentation, promouvoir l'installation d'unités de transformation industrielle et artisanale des aliments (microentreprises, petites et moyennes industries…), améliorer leurs performances et aider les investisseurs par des études de faisabilité.

L'ITA met en œuvre un plan stratégique dont les principaux axes sont la recherche-développement et le transfert de technologie, la valorisation (création d'une Direction des relations extérieures), l'adaptation aux normes nationales et internationales, la réduction des pertes dans les unités de production, la formation aux techniques de transformation et de conservation des produits alimentaires et le contrôle de qualité.

L'ITA a signé des protocoles d'accord avec des institutions nationales et internationales, d'enseignement et de recherche, comme l'IRD (Institut de recherche pour le développement), l'ISRA, l'ENSUT (Ecole nationale supérieure universitaire de technologie), la faculté des sciences de l'UCAD (Université Cheikh Anta Diop), le CRDI (Centre de recherches pour le développement international), le SAFGRAD (Semi-Arid Food Grain Research and Development Program), mais aussi des PME,

PMI, entreprises et sociétés agroalimentaires. Ces protocoles concernent des projets de recherche-développement conjoints et la formation (voir en annexe : Les institutions partenaires de l'ITA).

Le budget de l'ITA pour l'année 2001 s'élève à 751 millions de francs CFA et se décompose en subvention de l'Etat (40 %), en conventions (53 %), avec la Banque mondiale, le ROCAFREMI (Réseau ouest et centre africain de recherche sur le mil) et le FNRAA, et en ressources propres (7 %).

Les organismes nationaux d'enseignement supérieur et de recherche

L'Université Cheikh Anta Diop de Dakar

L'UCAD de Dakar comprend des facultés et écoles nationales supérieures de formation professionnelle, des instituts universitaires et des instituts de faculté. L'enseignement supérieur et la recherche constituent ses objectifs majeurs.

Des recherches présentant un intérêt pour le secteur agricole sont conduites principalement dans certaines structures de l'université : Faculté des sciences et techniques, Institut des sciences de l'environnement, Institut des sciences de la terre, Institut fondamental d'Afrique noire (IFAN), Ecole supérieure polytechnique, Faculté de médecine et pharmacie, Faculté d'économie et de gestion et Faculté de lettres (départements de sociologie et de géographie).

L'UCAD se veut une université de développement, qui s'appuie sur un enseignement et une recherche nourris par une politique de coopération large et dynamique. C'est dans ce cadre qu'elle est représentée à l'échelon le plus élevé dans le système national de recherches agricoles et agroalimentaires et participe activement à l'ensemble des activités prévues dans ce cadre. L'UCAD répond aussi à tous les appels proposés par le FNRAA. Elle collabore par ailleurs directement avec l'ISRA dans le cadre d'un laboratoire commun, le Laboratoire d'enseignement et de recherche en géomatique, et avec l'ITA pour la mise en place d'une formation supérieure en agroalimentaire.

Bien que les ressources financières accordées par l'Etat et affectées à la recherche intéressant la filière agricole soient pour le moment relativement faibles, l'UCAD dispose d'un potentiel humain très important, une centaine d'enseignants chercheurs se consacrent à des projets qui viennent enrichir la recherche agricole et agroalimentaire.

L'Université Gaston Berger de Saint-Louis

L'UGB est la deuxième université du Sénégal. Elle a été créée en janvier 1990. De par sa vocation, l'UGB est chargée de former des cadres et de participer à la promotion de la recherche scientifique pour le développement du Sénégal et des Etats africains. La politique institutionnelle de recherche repose en premier lieu sur les projets de recherche des unités et sur ceux des enseignants à titre individuel.

Les recherches intéressant le secteur agricole sont conduites généralement par l'unité de formation et de recherche de géographie, mais aussi par les centres interdisciplinaires d'études et les équipes multidisciplinaires qui travaillent sur des thèmes proches du développement rural.

L'UGB est largement ouverte à la coopération internationale. Sur le plan national, elle réalise des projets financés par le FNRAA. Par ailleurs, elle est liée par des conventions diverses avec la SAED (Société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé), l'ISRA et les organisations non gouvernementales travaillant dans la région du fleuve. Cette orientation est appelée à se renforcer dans le temps. L'unité de formation de géographie mobilise une dizaine d'enseignants chercheurs en climatologie, géomorphologie, aménagement rural et gestion des ressources naturelles.

L'Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires

L'EISMV est un établissement supérieur universitaire à vocation régionale pour l'Afrique de l'Ouest et du Centre. Elle a pour mission l'enseignement et la recherche en santé et production animale, la conservation et l'exploitation des animaux ainsi que le contrôle et l'utilisation des produits d'origine animale. Elle compte un département Santé publique et environnement et un département Sciences biologiques et productions animales.

L'EISMV participe activement aux programmes nationaux et constitue une interface entre la recherche fondamentale universitaire et la recherche appliquée. Elle est membre du comité de pilotage du système national de recherches agricoles et agroalimentaires et développe des relations de coopération avec l'ISRA, l'ITA et les organisations de producteurs par l'intermédiaire de programmes de recherche nombreux et diversifiés. Elle compte une vingtaine d'enseignants chercheurs. Des chercheurs de l'ISRA interviennent dans son dispositif pédagogique.

L'Ecole nationale supérieure d'agriculture de Thiès

L'ENSA, qui a pris le relais de l'INDR (Institut national de développement rural), est un établissement public de formation créé en 1980. Sa mission initiale était de former des ingénieurs de développement rural dans les domaines de l'agriculture, de l'élevage et des eaux et forêts. Actuellement, l'ENSA a comme objectifs de former des ingénieurs agronomes spécialisés, des entrepreneurs agricoles et des agents d'intermédiation, mais aussi de participer au développement de la recherche agricole et de s'impliquer dans la formation de 3^{e} cycle.

Ses activités techniques et pédagogiques sont réparties entre cinq départements : production végétale, production animale, économie rurale, science du sol, génie rural. Ces départements regroupent des équipes pédagogiques venant des instituts du système national de recherches agricoles et agroalimentaires et du secteur privé, autour d'un potentiel scientifique comprenant une dizaine d'enseignants chercheurs. L'ENSA abrite le CERAAS et a mis en place, avec l'UCAD et l'ISRA, une formation diplômante axée sur l'adaptation des plantes à la sécheresse.

L'ENSA bénéficie d'une subvention annuelle de l'Etat à laquelle s'ajoutent des ressources propres. Elle n'a pas de budget spécifique alloué à la recherche.

L'essentiel des recherches s'effectue au sein de projets menés avec des partenaires nationaux ou étrangers et grâce au financement du FNRAA.

L'Ecole nationale d'économie appliquée

Créée en 1963, l'ENEA est un établissement d'enseignement supérieur dont la vocation est de former les cadres du développement durable. L'école comprend six départements : aménagement du territoire, environnement et gestion urbaine, planification économique et gestion des organisations, statistique et démographie, éducation et animation, recherche appliquée. Tous ces départements travaillent en milieu rural.

L'ENEA forme des techniciens compétents, qui appuient souvent les chercheurs dans l'exécution de leurs tâches. Son expérience en matière de consultation, de gestion des activités de recherche et d'organisation de séminaires de formation continue est reconnue. Elle a collaboré avec l'ISRA et le CIRAD dans le cadre du projet CADEF (Cadre d'action pour le développement du Fogny) et poursuit son effort d'ouverture à d'autres partenaires du Nord.

LES ORGANISMES NATIONAUX PRIVÉS OU SEMI-PRIVÉS

La Compagnie sucrière sénégalaise

La CSS est une société privée qui a signé une convention d'exploitation avec l'Etat sénégalais. Créée en juillet 1970, elle a pour but de produire sur place le sucre nécessaire à la consommation locale. Les principaux obstacles à la production de la canne étant la salinité et l'irrigation, la CSS s'est donné les moyens d'effectuer des recherches sur l'amélioration des sols et les systèmes d'irrigation. Elle dispose d'un important laboratoire de pédologie et de chimie des sols.

Le Centre de suivi écologique

Le CSE est une association privée qui a pour mission de développer des outils d'aide à la décision dans le domaine du suivi, de la dynamique et de l'évolution des écosystèmes naturels. Le CSE conduit des recherches appliquées et développe des technologies. Ses principaux domaines de compétence sont les suivants : le suivi de la production végétale et la prévision des rendements, la lutte contre les feux de brousse, l'application des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) au suivi du bétail et l'utilisation des systèmes d'information géographique (SIG) par les services de la santé humaine.

Le Centre de recherche en écotoxicologie pour le Sahel

Le CERES-Locustox est une fondation créée en 1999. Cette structure privée d'intérêt public bénéficie du soutien des Pays-Bas par l'intermédiaire de la FAO. Le CERES-Locustox conduit des études sur l'impact des produits chimiques, notamment des pesticides, sur l'environnement et sur la santé humaine et animale. Il dispose de trois laboratoires de biologie et d'un laboratoire de chimie environnementale et d'analyse des résidus de pesticides.

La SENCHIM

La SENCHIM est une filiale des Industries chimiques du Sénégal (ICS). A l'origine, elle se chargeait de la commercialisation des engrais et des pesticides. Elle dispose actuellement de laboratoires modernes de développement de produits

phytopharmaceutiques. Le groupe a signé des conventions de recherche et d'encadrement avec la recherche agricole et des écoles de formation portant sur l'évaluation de l'efficacité biologique de préparations agrochimiques.

La Société industrielle sahélienne de mécanique, de matériels agricoles et de représentation

La SISMAR a pris le relais de la SISCOMA (Société industrielle sahélienne de commercialisation des matériels agricoles) en 1981, sous la forme d'une joint-venture. Son objectif est de satisfaire la demande de l'agriculture sahélienne en machines motorisées et en maintenance : matériel agricole, matériel de postrécolte et de transport, équipement hydraulique. La SISMAR dispose d'une usine moderne de 10 800 m^2 avec des ateliers spécialisés et d'un centre de formation pour 300 employés. Divers prototypes de machines motorisées — décortiqueuse à mil, semoirs, batteuses — ont été mis au point avec l'ISRA (CNRA, Centre national de recherches agronomiques, de Bambey).

LES ORGANISMES RÉGIONAUX ET INTERNATIONAUX

La recherche agricole sénégalaise collabore depuis longtemps avec la plupart des organismes régionaux et internationaux de recherche. En outre, le Sénégal abrite des structures régionales telles que le CORAF, le CRAT (Centre régional africain de la technologie), l'IDEP (Institut africain de développement économique et de planification), dont l'envergure, les équipements et les moyens constituent d'excellents atouts pour le système national de recherches agricoles et agroalimentaires. Plusieurs instituts du GCRAI (Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale) collaborent avec les organismes de recherche du Sénégal pour conduire des programmes de recherche ou expérimenter de nouvelles techniques culturales.

Le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

Le CIRAD est un établissement public français à caractère industriel et commercial, créé en 1984 et placé sous la double tutelle des ministères de la Recherche et de la Coopération. Il remplace le GERDAT (Groupement d'études et de recherche pour le développement de l'agronomie tropicale), qui fédérait depuis 1970 les neuf anciennes structures de recherche françaises spécialisées en agriculture, foresterie et élevage des régions chaudes, dont certaines ont contribué à la gestion de la recherche agricole sénégalaise avant la création de l'ISRA.

La mission du CIRAD est de contribuer au développement rural des pays tropicaux et subtropicaux, particulièrement dans le domaine de la croissance agricole, de la sécurité alimentaire et de l'amélioration des revenus des populations rurales. A cet effet, il conduit des recherches et des expérimentations, dispense des formations et fournit des informations scientifiques et techniques. Il a signé un accord de partenariat avec le Sénégal et collabore avec l'ISRA, l'ITA, l'UCAD, l'UGB, la CSS et l'ANCAR (Agence nationale de conseil agricole et rural).

L'Institut de recherche pour le développement

L'IRD est un établissement public français à caractère scientifique et technologique placé sous la tutelle des ministères de la Recherche et de la Coopération. Il a pris en 1998 le relais de l'ORSTOM, dont les premières implantations au Sénégal remontent à 1949, avec un centre de recherche pédologique à Hann et un observatoire géophysique à Mbour. L'ORSTOM a ensuite étendu ses activités dans la zone soudano-guinéenne puis aux pays limitrophes du Sénégal.

L'IRD a redéployé ses activités au Sénégal dans le cadre de plusieurs unités de recherche et de service dont sept implantations principales, seize implantations secondaires et dix-huit chantiers. Ces unités abritent 41 programmes de recherche répartis dans trois départements de recherche : milieux et environnement, ressources vivantes, société et santé.

L'IRD dispose de trois centres au Sénégal et entretient d'étroites relations de coopération avec les institutions de recherche du système national. Le centre de Bel Air, attribué à l'ISRA depuis 1974, est un campus mixte, où sont menées les recherches sur les relations sol-plante et sur les systèmes aquatiques. Il abrite les laboratoires de microbiologie végétale. Le centre de Hann-Maristes accueille la représentation de l'Institut, l'administration, le centre régional de documentation et les services communs. Le centre de Mbour héberge l'observatoire international de géophysique, le sentier écologique (1998) et certains programmes de santé.

Les universités et autres structures étrangères de recherche

A côté des conventions signées par l'Etat du Sénégal, l'ISRA et l'ITA disposent d'un nombre significatif de conventions particulières. Ils ont développé par cette voie des relations privilégiées avec d'autres organismes et universités du Nord. Beaucoup de chercheurs sénégalais ont pu ainsi recevoir des enseignements spécialisés en France, en Belgique, aux Etats-Unis et au Canada. Par ailleurs, certaines universités américaines ont opéré dans la recherche en qualité d'agence d'exécution de projets financés par l'USAID (United States Agency for International Development). Ainsi la Michigan State University a appuyé l'ISRA pour mettre en place un département Système de production et un bureau d'analyses macroéconomiques. Tandis que l'Oregon State University a participé aux recherches sur la gestion des ressources naturelles dans le cadre d'un projet intitulé NRBAR (Natural Resource Based Agricultural Research).

L'Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest

L'ADRAO est une organisation inter-Etats qui regroupe dix-sept pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. Son siège est à Bouaké, en Côte d'Ivoire. L'ADRAO a pour mission de contribuer à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté. Elle dispose de deux centres principaux — Bouaké pour le riz pluvial et Saint-Louis, au Sénégal, pour le riz irrigué — et de stations expérimentales dans les pays membres. Elle intervient dans l'amélioration génétique, la gestion des cultures et des ressources naturelles, la gestion intégrée des déprédateurs, le développement des systèmes de culture et de production et le transfert de technologie. Elle coordonne et gère le Réseau ouest et centre africain du riz (ROCARIZ), qui a pour but de concevoir et de promouvoir des technologies rizicoles améliorées et de faciliter leur adoption par leurs utilisateurs potentiels.

Le Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le développement agricoles

Le CORAF est une organisation sous-régionale africaine à caractère scientifique, qui regroupe les systèmes nationaux de recherche agricole de vingt et un pays d'Afrique de l'Ouest et du Centre. Il a été créé en 1987, à l'initiative de cinq pays, dont le Sénégal, et dispose d'un siège à Dakar pour son secrétariat exécutif. Ses principales missions sont d'améliorer l'efficience et la pertinence des recherches agricoles et agro-industrielles, de renforcer les capacités des systèmes nationaux de recherche agricole, de coordonner la coopération entre ces derniers, de promouvoir la recherche, de maximiser l'exploitation des ressources agricoles et de contribuer ainsi à la sécurité alimentaire et à la lutte contre la pauvreté, de développer une approche sous-régionale sur la base des stratégies définies par les systèmes nationaux de recherche agricole.

Le CORAF est un outil opérationnel de coopération scientifique régionale, composé de réseaux, de pôles et de projets de recherche et de bases-centres. C'est un cadre de collaboration scientifique sous-régionale et internationale, qui anime des programmes de recherche fédérateurs pour le développement rural. Il a mis en place des mécanismes de coordination et de financement, dont un fonds compétitif, et s'est doté d'un plan stratégique.

L'Institut du Sahel

L'INSAH est un institut du CILSS. Il a pour mission d'assister les Etats membres à définir des stratégies et à développer des programmes de recherche afin d'atteindre la sécurité alimentaire sans mettre en danger l'environnement. Son intervention vise à coordonner et à promouvoir les activités des systèmes nationaux de recherche agricole, à favoriser l'émergence de centres régionaux d'excellence et à développer la communication et la vulgarisation scientifiques et techniques.

L'Institut international d'agriculture tropicale

L'IITA a été fondé en 1967. Il est basé à Ibadan, au Nigeria. Sa mission est d'améliorer la sécurité alimentaire, de réduire la pauvreté et de contribuer à la protection de l'environnement. L'IITA collabore avec l'ISRA sur l'amélioration du maïs et sur les systèmes de culture du maïs et du niébé.

Le Centre international pour l'amélioration de la culture du maïs et du blé

Le CIMMYT, basé à Mexico, est une fondation internationale pour la recherche scientifique et la formation. Il a pour mission d'améliorer la productivité, le rendement et la durabilité des systèmes de culture du maïs et du blé pour les petits fermiers démunis des pays en développement. Dans les années 1970, le CIMMYT a beaucoup contribué aux expérimentations sur l'adaptation de variétés de blé dans le nord du Sénégal.

L'Institut international de recherche sur les cultures en zones tropicales semi-arides

Créé en 1972, l'ICRISAT a pour vocation d'améliorer les cultures vivrières et industrielles (mil, sorgho, maïs, niébé, pois d'angole, arachide), de gérer une banque de données de ressources génétiques et de promouvoir le développement et le transfert des technologies en coopération avec les systèmes nationaux de recherche agricole. L'ICRISAT a effectué des recherches en collaboration avec l'ISRA, sur l'amélioration du sorgho, du mil et de l'arachide et sur la protection des cultures (niébé, mil, sorgho, arachide). La collaboration avec l'ICRISAT a permis à l'ISRA d'obtenir des résultats importants en matière de matériel végétal et de techniques de production.

L'Institut international de recherche sur l'élevage

L'ILRI a été créé en 1994. Il résulte de la fusion du Centre international pour l'élevage en Afrique (CIPEA, Addis-Abeba, 1974) et du Laboratoire international de recherche vétérinaire (ILRAD, Nairobi). L'ILRI a son siège à Nairobi, au Kenya. Il est parrainé par le GCRAI. Il a pour mission de promouvoir durablement le bien-être des populations des pays en développement par des travaux de recherche visant à améliorer la production de l'élevage. Sa stratégie de 2000 à 2010 est de répondre aux défis que pose la révolution alimentaire, en utilisant les techniques scientifiques de pointe pour promouvoir la productivité de l'élevage, en protégeant les ressources naturelles et en renforçant les capacités des systèmes nationaux de recherche agricole.

Le Centre international de recherche en agroforesterie

L'ICRAF a été créé en 1978 à Nairobi, au Kenya. Il est parrainé depuis 1991 par le GCRAI. L'ICRAF conduit une recherche-développement innovante en agroforesterie et a pour objectif de renforcer la capacité de ses partenaires et d'assurer un leadership scientifique dans le domaine de la gestion intégrée des ressources naturelles. Il a mis en place depuis 1986 un programme de recherche associative avec les systèmes nationaux de recherche agricole en Afrique par le biais des AFRENA (Réseaux africains de recherche agroforestière) afin de tester la démarche agroforestière. En 1989, l'ICRAF et le FIDA (Fonds international pour le développement agricole), en collaboration avec les gouvernements et les systèmes nationaux de recherche agricole du Mali, du Niger, du Burkina Faso et du Sénégal, ont installé les AFRENA, sous l'appellation de SALWA (Semi-Arid Low Lands in West Africa), dans la zone semi-aride d'Afrique de l'Ouest.

LES FORUMS DE LA RECHERCHE AGRICOLE

Le Forum africain pour la recherche agricole

Le FARA consacre, à l'échelle continentale, l'intégration des potentiels scientifiques et techniques et des expériences des systèmes nationaux de recherche agricole africains. Il vise à intensifier les collaborations entre ces systèmes, à impulser et à renforcer la recherche agricole en Afrique subsaharienne. Il constitue une plate-forme d'échanges entre les divers partenaires : organisations de producteurs, organisations non gouvernementales, centres internationaux et systèmes nationaux

de recherche agricole. Lors de la deuxième assemblée générale du FARA, qui s'est tenue à Dakar en mai 2003, le directeur général de l'ISRA a été élu président du forum. Le secrétariat du FARA est basé à Accra, au Ghana. A l'instar de l'Afrique au Sud du Sahara, quatre autres régions du monde se sont organisées en forums.

Le Forum mondial de la recherche agricole

Le FMRA est le regroupement des cinq forums existant dans le monde. Il a été créé en 1997 à l'initiative de la communauté scientifique internationale : systèmes nationaux de recherche agricole du Sud, instituts de recherche avancée du Nord, organisations non gouvernementales, organisations de producteurs, secteur privé, centres internationaux du GCRAI, bailleurs de fonds. Il a pour mission de faciliter les échanges et la communication à l'échelon international et mondial en matière de recherche agricole et rurale. Le secrétariat du FMRA est basé à la FAO, à Rome.

LES ORGANISMES NATIONAUX PARTENAIRES DE LA RECHERCHE

Le Sénégal a longtemps appliqué une politique d'encadrement du monde rural par l'intermédiaire de sociétés de développement régional. Ces sociétés, qui servaient de courroie de transmission pour la recherche agricole, ont progressivement disparu. Quelques-unes subsistent avec un rôle d'appui et de conseil.

L'Agence nationale de conseil agricole et rural

L'ANCAR a été créée en mars 1997 pour mettre en place un nouveau système d'appui au développement rural dans le cadre du Programme des services agricoles d'appui aux organisations de producteurs. Elle couvre la totalité du pays et se charge des activités de conseil agricole de toutes les sociétés de développement conformément à la politique de libéralisation du secteur. Elle doit rompre avec le système passé d'encadrement du monde rural et se consacrer principalement aux activités d'interface, de facilitation, de formation, d'information et de recherche-développement, en partenariat avec la recherche agricole et les organisations paysannes.

Le Conseil national de concertation et de coopération des ruraux

Le CNCR, créé en mars 1993, est une organisation de producteurs ruraux. Il a pour mission de contribuer au développement d'une agriculture paysanne capable d'assurer un développement socio-économique durable des exploitations familiales. Son objectif premier est d'encourager la concertation et la coopération entre ses membres, de favoriser un partenariat interne avec l'Etat et avec les autres acteurs du développement. Le CNCR est composé de dix-neuf fédérations d'organisations de producteurs dans les divers domaines de l'agriculture, de l'élevage, de l'exploitation forestière et de la pêche. Il est membre du comité de pilotage du système national de recherches agricoles et agroalimentaires, du comité de gestion du FNRAA et du ROPPA (Réseau des organisations paysannes et de producteurs de l'Afrique de l'Ouest).

La Société nationale de développement des fibres textiles

La SODEFITEX est une société d'économie mixte créée en 1974. Erigée en société régionale de développement pour les régions administratives de Kolda et de Tambacounda, elle se voit confier par l'Etat des missions de service public sur financement spécifique en qualité de prestataire de service. Ses missions sont de sécuriser et de développer la production cotonnière par la formation et l'appui technique, d'améliorer les systèmes de production agropastoraux de la zone d'intervention par la rotation équilibrée au sein des exploitations cotonnières, d'acheter le coton graine aux producteurs et de le vendre sur le marché. Une évolution institutionnelle retenue par l'Etat confirme la SODEFITEX dans son rôle d'opérateur d'une filière agro-industrielle cotonnière intégrée. Mais elle doit recentrer ses activités et parvenir à une professionnalisation de ses actions. La SODEFITEX, qui doit être privatisée, est liée par conventions à la recherche agricole (ISRA) mais réalise aussi sa propre recherche appliquée. Elle exécute dans ce cadre un programme financé par le FNRAA.

La Société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé

La SAED est une société nationale à vocation régionale créée en 1965. Elle avait au départ pour mission d'encadrer les paysans de la zone d'intervention et de développer la culture irriguée dans la vallée. L'évolution de la situation a conduit l'Etat à mieux concrétiser ses options par le biais de lettres de mission. La dernière en date intervient dans le contexte particulier de son désengagement de certaines activités de promotion du secteur agricole. Cette lettre de mission engage la SAED à réhabiliter le réseau, à créer et à maintenir les aménagements nouveaux, à coordonner la politique d'aménagement et le suivi-évaluation des projets. Dans ce cadre, la SAED effectue des actions de recherche-développement et collabore activement avec l'ISRA, au sein d'un programme financé par le FNRAA, ainsi qu'avec l'ITA et l'UGB.

La Société de développement agricole et industriel du Sénégal

La SODAGRI, créée en 1974, a pour mission de piloter le développement rural intégré du bassin de l'Anambé, dans la région de Kolda. Elle réalise des infrastructures et des aménagements hydroagricoles, assure leur entretien et leur maintenance et prend en charge la gestion de l'eau et le suivi-évaluation. Elle a aussi pour objectifs de conseiller les producteurs et de les former. Toutes ses actions concourent à lutter contre la pauvreté dans la zone d'intervention. Deux projets sont en cours de réalisation : le projet d'appui au développement rural de l'Anambé et le projet de développement hydroagricole du bassin de l'Anambé. La SODAGRI exécute en outre des projets d'accompagnement agropastoral et de production d'énergie pour le monde rural.

LES ORGANISATIONS NON GOUVERNEMENTALES

Plusieurs ONG travaillent au Sénégal en milieu rural. Elles sont pour la plupart membres du CONGAD (Confédération des ONG en appui au développement). Certaines sont des partenaires de la recherche. On peut en citer quelques-unes sans être exhaustif.

Africare

Africare est une ONG créée par des Africains et des Américains. Elle est financée par l'USAID. Elle intervient, suivant les projets, en soutenant la formation, en apportant un appui technique et logistique ou en favorisant le renforcement institutionnel, dans les domaines de l'agriculture, de l'élevage, de l'hydraulique et de la santé.

Diapanté

Créée en 1987, Diapanté est une association franco-sénégalaise qui est active dans le domaine de l'appui aux organisations de base et intervient dans la formation et la recherche, particulièrement dans le nord du pays.

La Fédération des ONG du Sénégal

La FONGS a été créée en 1976 à l'initiative d'un certain nombre de leaders paysans. Présente sur l'ensemble du pays, elle a pour but de consolider la solidarité interassociative et de promouvoir l'autonomie des structures paysannes. Elle exécute des programmes de formation, des prestations de service, des activités de reboisement et d'embouche.

Winrock International

Winrock est une ONG internationale dont les objectifs sont de lutter contre la pauvreté, d'améliorer l'approvisionnement des paysans en semences de qualité et de préserver la fertilité des sols. Elle intervient en matière de formation, d'appui technique, d'information et de recherche-développement. Elle ambitionne de participer au renforcement des liaisons entre la recherche et le développement.

World Vision International

World Vision International est une organisation chrétienne non gouvernementale. Elle s'occupe de formation, d'appui technique et d'aide d'urgence. Elle exécute des projets, en particulier dans les régions de Louga, Thiès, Fatick et Kaolack.

Rodale International

Rodale International est une ONG américaine présente au Sénégal depuis 1988. En 1998, elle est devenue le Centre-ressource pour une agriculture régénératrice (CRAR-Sénégal). Son but, à long terme, est de développer les capacités institutionnelles et techniques des communautés de base, pour une utilisation rationnelle des ressources naturelles disponibles. Le CRAR-Sénégal collabore avec l'ISRA, les sociétés de développement, comme la SODAGRI, la SODEFITEX et la SODEVA (Société pour le développement et la vulgarisation agricole), et d'autres organisations non gouvernementales. Il développe un programme de recherche-développement et un programme de communication. L'ISRA et Rodale International ont signé une convention qui porte sur un programme d'études et de gestion de la matière organique. Ce programme a abouti à un vaste projet de recherche sur la gestion des ressources naturelles (NRBAR), financé par l'USAID.

Le Groupe de recherche et d'études environnementales

GREEN-Sénégal est une ONG sénégalaise composée d'une équipe pluridisciplinaire. Sa mission est de contribuer à la sécurité alimentaire en favorisant une agriculture durable et en protégeant l'environnement. GREEN-Sénégal est membre de différents réseaux, dont le Réseau environnement-développement (RED), le Réseau genre et développement et le Réseau international des ONG pour la lutte contre la désertification. GREEN, qui est présent dans cinq régions du Sénégal (Louga, Fatick, Thiès, Diourbel, Saint-Louis), est appuyé par le PNUD (Réseau 2000), le CILSS, le CTA (Centre technique de coopération agricole et rurale) et la Banque mondiale. Il participe à un programme financé par le FNRAA et représente souvent le CONGAD dans des instances de recherche.

Un réseau pour le système national de recherche

Malgré les moyens mis en œuvre dans le cadre d'un monopole de fait, les principales structures nationales de recherches agricoles et agroalimentaires n'ont pas les ressources humaines, financières et matérielles suffisantes pour relever les multiples défis de l'agriculture. Il faut donc un mécanisme capable d'organiser et de systématiser la coopération entre toutes les structures qui ont des compétences et des capacités de recherche dans ces domaines.

L'idée d'organiser le système national de recherches agricoles et agroalimentaires en réseau résulte donc de l'analyse du contexte institutionnel, scientifique et financier de la recherche sénégalaise et de plusieurs initiatives prises sur le plan national, comme les réflexions prospectives et les démarches concertées pour l'élaboration de plans stratégiques de la recherche agricole et agroalimentaire, le forum national sur la recherche agricole et agroalimentaire et la mise en place d'un fonds national de recherches agricoles et agroalimentaires.

Face à la complexité des problèmes de développement et des défis du secteur agricole, plusieurs organismes publics et privés se sont pleinement investis dans des activités de recherche. Malheureusement, ces structures entretiennent généralement des relations et des collaborations occasionnelles et informelles. Le système national de recherches agricoles et agroalimentaires a pour rôle d'animer cet ensemble constitué en réseau afin de concourir à l'efficience des activités menées.

Cependant, malgré sa dynamique organisationnelle, ce système manque d'un soutien institutionnel fort et se heurte aux résistances qu'engendre cette démarche nouvelle et aux craintes de voir ériger une suprastructure coûteuse. En tenant compte de ces appréhensions, la réflexion a malgré tout abouti à un consensus sur la nécessité de créer un comité de pilotage assez représentatif, afin de recenser le potentiel scientifique, de définir les grandes orientations de la recherche agricole et agroalimentaire et d'instaurer un mécanisme souple d'animation et de mise en œuvre des activités retenues. C'est ainsi que le plan d'actions du comité repose essentiellement sur une articulation entre le FNRAA et les acteurs internes. Sa stratégie est fondée sur la communication, la représentation, l'organisation des cadres d'échanges et l'animation scientifique.

Le financement du système national de recherches agricoles et agroalimentaires se consolide progressivement avec la mise en place de projets structurants, dont celui sur l'information scientifique et technique. Il bénéficie d'un appui logistique du FNRAA.

Les perspectives

Les perspectives d'une meilleure définition de la politique de l'Etat en matière de recherche scientifique semblent encourageantes avec la création récente d'un ministère à part entière. Il reste cependant à œuvrer pour la mise en cohérence de la politique de ce ministère avec celles des organismes chargés notamment de la recherche agricole, de la recherche agroalimentaire et surtout de la recherche universitaire.

La longue histoire de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal a montré l'importance grandissante accordée à ce secteur par les autorités compte tenu de l'enjeu stratégique de l'agriculture dans le développement économique et social du pays. Cependant, l'Etat n'a pas toujours été constant dans son soutien et cohérent dans sa politique. Malgré les difficultés rencontrées, la recherche agricole et agroalimentaire s'est développée, a renforcé sa crédibilité sur le plan international et élargi sa présence sur le territoire national. Elle a ainsi mis en place une assise scientifique solide comprenant un nombre impressionnant de chercheurs nationaux et collaboré avec un réseau de partenaires aussi nombreux que diversifiés. Ce personnel et l'ensemble des acteurs encadrant le monde rural constituent les principaux atouts pour le développement futur du secteur.

Mais le grand défi à relever reste la pérennisation des mécanismes mis en place et l'implication de tous les partenaires pour une meilleure efficience des programmes de recherche. Les acquis que sont actuellement le FNRAA et le système national de recherches agricoles et agroalimentaires doivent être consolidés. Dans ce sens, les universités devront ouvrir certains de leurs organes de décision aux autres instituts de recherche tandis que le secteur privé, les organisations non gouvernementales et les organisations de producteurs devront améliorer leur participation aux instances des instituts de recherche.

Enfin, pour assurer la pérennité de la recherche, l'Etat et les bailleurs de fonds devront instituer conjointement un système de coordination adéquat et trouver avec tous les partenaires un consensus sur des programmes de recherche prioritaires, qui recevront des moyens optimaux selon un planning intégrant l'utilisation des résultats et leur valorisation.

Références bibliographiques

CONGAD, 2004. Répertoire des ONG membres du CONGAD. CONGAD, Dakar.

Daffé B.M., 1998. Organisation du système national de recherche scientifique et technique : historique, atouts et faiblesses, perspectives d'avenir. 35 p.

Délégation aux affaires scientifiques et techniques, 1998. Programme stratégique du secteur de la recherche scientifique et technique. Document de travail, 20 p.

Direction de l'enseignement supérieur, 1995. La recherche dans les enseignements supérieurs au Sénégal. III. Stratégie de développement de la recherche universitaire. Document de synthèse et d'orientation n. 1, 35 p.

Direction de l'enseignement supérieur, 2000. La recherche scientifique et technique au Sénégal. Echo-sup n. 3, 36 p.

FNRAA, 2002. Analyse du potentiel scientifique et plan d'orientation stratégique et technique de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal. Rapport d'étude, 127 p.

ISRA, 1998. Projet d'entreprise. ISRA, Dakar, 82 p.

Thiongane P.I., 1995. L'ISRA et son environnement. ISRA, Dakar, 51 p.

Thiongane P.I., 1995. Les modalités de création d'un véritable système national de recherches agricoles et agroalimentaires au Sénégal. ISRA, Dakar, Rapport d'étude, 91 p.

Annexe : Les institutions partenaires de l'ITA

Au Sénégal

Institut sénégalais de recherches agricoles (ISRA)

Faculté des sciences et techniques de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar

École supérieure polytechnique de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar

Centre régional africain de technologie (CRAT)

École nationale supérieure d'agriculture de Thiès (ENSA)

Centre national de recherches forestières (CNRF)

Institution sainte Jeanne d'Arc de Dakar

A l'étranger

Belgique : Centre wallon de biologie industrielle de liège, unité de bio-industries, faculté des sciences agronomiques de Gembloux, département des sciences des denrées alimentaires, faculté de médecine vétérinaire de liège.

Bénin : faculté des sciences agronomiques, université nationale du Bénin.

Burkina Faso : CNRST.

Canada : Micronutrient Initiative, Ottawa, université de Laval.

France : CIRAD, IRD, ADEPTA, INSERM.

Chine, Taïwan : Department of Food Science, National Pingtung University of Science and Technology (NPUST).

Etats-Unis : North Carolina A & T University, University of Georgia, University of Perdue, University of Michigan.

Les réseaux

CORAF, TPA, PROCELOS, RITA, INTSORMIL, ROCAFREMI, ROCARS, CICL, CNIA, CRSP, PEANUT, WECAMAN, BIPEA.

Les institutions d'encadrement, de vulgarisation et de formation

ASIT, ANCAR, ONFP, DOPM, PROMER, PLCP, Maisons familiales rurales, Peace corps, SODIDA.

Les autres organismes

Les ONG, les organisations de producteurs, les associations, les collectivités, le secteur privé.

Le CNCR et ses démembrements, FONGS, FDEA, CONGAD, Hunger Project, EWA.

L'ENDA-GRAF, la mairie de la ville de Guediawaye, de nombreuses micro, petites et moyennes entreprises et des promoteurs privés au Sénégal et en Afrique.

Deuxième partie
L'environnement

Le climat

Benoît SARR, Madiagne DIAGNE, Claude DANCETTE

Les acquis de l'agroclimatologie au Sénégal sont l'aboutissement d'une longue histoire liée au développement de cette discipline au sein du CNRA (Centre national de recherches agronomiques) de Bambey dès les années 1960. Comme l'ensemble des pays du Sahel, le Sénégal a connu au cours des années 1950 une pluviométrie abondante, suivie par des épisodes de sécheresse récurrents au milieu des années 1960 (Sagna, 1993 ; Diop, 1996). Cette sécheresse a été remarquable par l'ampleur de ses effets sur la productivité et, plus grave encore, sur la quantité et la qualité des stocks alimentaires et semenciers de toutes les cultures. En raison de la place prépondérante de l'agriculture dans la vie économique, l'alimentation hydrique des cultures et la sécheresse sont très tôt apparues comme les thèmes de travail privilégiés de la discipline.

Dès le lancement des activités du service de bioclimatologie de Bambey en 1965 par l'IRAT (Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières), des collaborations ont été développées, notamment avec la division de bioclimatologie de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique), en France, pour l'estimation des phénomènes d'évapotranspiration. Les partenariats avec l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique) de Vienne, en Autriche, et le CEN (Centre d'études nucléaires) de Cadarache, en France, ont offert un appui logistique en humidimètre neutronique (sondes à neutrons) et gamma densimètre *in situ*. L'utilisation de ces technologies a abouti à des progrès rapides dans les domaines de la physique de l'eau dans le sol et de l'alimentation hydrique des cultures. En outre, la collaboration avec l'Institut de mécanique des fluides de Grenoble et l'introduction des méthodes tensioneutroniques ont amélioré les recherches sur les transferts hydriques verticaux dans le sol. Enfin, dès le milieu des années 1980, l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles), pionnier en la matière, a inscrit ses activités au sein du CORAF (Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le développement agricoles) et plus particulièrement dans la composante eau-sécheresse du Réseau de recherche sur la résistance à la sécheresse (R3S). Ses travaux ont été menés en partenariat avec des équipes sous-régionales des services nationaux de recherche agricole et du CILSS (Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse au Sahel) et le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) dans le cadre de projets coopératifs tels que Espace. Les résultats ont permis de développer de nombreuses applications agricoles de la

parcelle cultivée à la région. Dans la démarche, l'ensemble des outils et méthodologies développés et validés au Sénégal ont été largement diffusés et exportés vers de nombreux pays de la sous-région puis valorisés par des organismes étatiques ou sous-régionaux comme le CILSS.

Les outils et les méthodes

La gestion des bases de données agrométéorologiques

La collecte des données, au sein du service de agrobioclimatologie de Bambey, s'est appuyée sur un réseau d'observations de 16 stations synoptiques et agro-météorologiques et sur plus de 150 postes pluviométriques des réseaux de la météorologie nationale, de l'ISRA et des directions régionales de développement rural. Les banques de données météorologiques relatives à la pluie et autres variables pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle ont fait l'objet d'un important travail de saisie de vérifications et de corrections sous le module Sarramet. De Sarramet, ces données sont exportables vers des bases de données régionales et internationales (Climbase, Clicom). Outre ces données météorologiques, des paramètres liés aux caractéristiques hydrodynamiques des sols (réserve utile), à la plante (dates des stades phénologiques, besoins en eau) et aux itinéraires techniques (dates de semis) sont également recueillis par le service. L'ensemble de ces données constitue la base de simulation du bilan hydrique agricole.

La simulation des relations sol-plante-atmosphère

Les connaissances sur le système sol-plante-atmosphère ont été formalisées dans des outils dynamiques de modélisation simulant le bilan hydrique et la productivité des cultures. La modélisation des cultures est fondée sur une intégration des éléments du bilan hydrique, des réponses physiologiques simples des plantes au stress hydrique pour des conditions environnementales (sol et climat) et de pratiques culturales données. De nombreux modèles de simulation des cultures, tels que Ara.B.Hy pour l'arachide (Annerose et Diagne, 1990) et Sarra et DHC pour le mil, le sorgho et le maïs (Maraux *et al.,* 1994 ; Baron *et al.,* 1996), ont trouvé leurs fondements expérimentaux et leurs diverses applications agricoles au Sénégal.

Un outil de pilotage de l'irrigation

Le choix de l'outil de pilotage de l'irrigation s'est porté récemment sur la modélisation agrométéorologique du bilan hydrique afin de simuler la fraction d'eau du sol facilement disponible pour l'extraction racinaire (FTSW). Un modèle calibré et validé sur les variétés d'arachide Fleur-11 et GH-119-20 propose d'exprimer l'évapotrans-piration en fonction du développement racinaire et foliaire du couvert ainsi que de l'état hydrique du sol et du climat (Sarr *et al.,* 2004). Les fonctions établies dépendent de paramètres spécifiques à chaque variété considérée. Le pilotage de l'irrigation consiste en la traduction des doses d'irrigation nette par ajustement d'un scénario d'évolution de la FTSW. Au préalable, des recherches expérimentales sur les modalités d'irrigation en termes de doses et fréquences associées à un rendement et

à une qualité de la production ont été conduites pour divers modes d'irrigation (aspersion, goutte-à-goutte, gravitaire) au profit du CNIA (Comité national interprofessionnel de l'arachide) (Sagarra, 2003). Une application dénommée Simarbhy a été développé par le CERAAS (Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse), afin d'aider les producteurs à piloter leur irrigation. Ce travail a été entrepris dans le cadre du programme de relance de l'arachide de bouche et de diversification, du projet d'appui institutionnel du CNIA. En outre, des travaux ont été réalisés sur l'analyse des contraintes des températures extrêmes en agriculture irriguée et sur la détermination des calendriers culturaux optimaux pour le riz irrigué à l'aide du modèle Ridev développé par l'ADRAO (Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest) et l'ISRA (Dingkhun *et al.,* 1993).

L'ESTIMATION RÉGIONALE DES PRÉCIPITATIONS PAR TÉLÉDÉTECTION

Pour pallier la faiblesse du réseau d'observation au sol, sa forte hétérogénéité spatiale et le retard dans la transmission des données, une méthodologie d'estimation des pluies à partir des images satellitaires Météosat, canal infrarouge, a été développée au sein de l'UTIS du CRODT (Unité de traitement d'images satellitaires du Centre de recherche océanographique de Dakar-Thiaroye). La pluviométrie (P en mm) est, en effet, liée à la fréquence d'occurrence des nuages à sommet froid, seuil de - 40 °C (Occ), et modifie la température radiative de surface du sol (Tmax). Ces deux indicateurs fournis par la télédétection, combinés à la latitude (Lat), ont été utilisés pour générer des champs pluviométriques décadaires (Diagne et Sonko, 1991). Ainsi, une régression linéaire multiple entre la pluviométrie observée sur le réseau d'observation au sol et les indicateurs retenus décrit, à l'échelle du territoire national, l'équation : P (mm) = a Occ + b Tmax + c Lat + d, avec a, b, c et d, coefficients de régression. Les champs pluviométriques générés sont utilisés en routine par le CSE (Centre de suivi écologique), l'ISRA et le centre régional AGRHYMET (Centre international pour l'agriculture, l'hydrologie et la météorologie) dans le cadre du suivi des campagnes agricoles.

L'application à l'activité agricole

L'agroclimatologie a contribué à la caractérisation des formes de sécheresse agronomique et des événements agroclimatiques (Annerose, 1990, 1991 ; Annerose et Diagne, 1990). Au Sénégal, la sécheresse se caractérise par une forte réduction des totaux pluviométriques saisonniers avec pour conséquence un glissement vers le sud des isohyètes (figure 1), une forte variabilité dans la distribution temporelle (figure 2) des pluies et un raccourcissement de la durée de la saison des pluies. Cela se traduit par des stress hydriques survenant à différents stades de développement des plantes et dommageables pour leur productivité. Ce contexte climatique a fortement influencé les orientations dans le domaine de l'agronomie et de la sélection variétale.

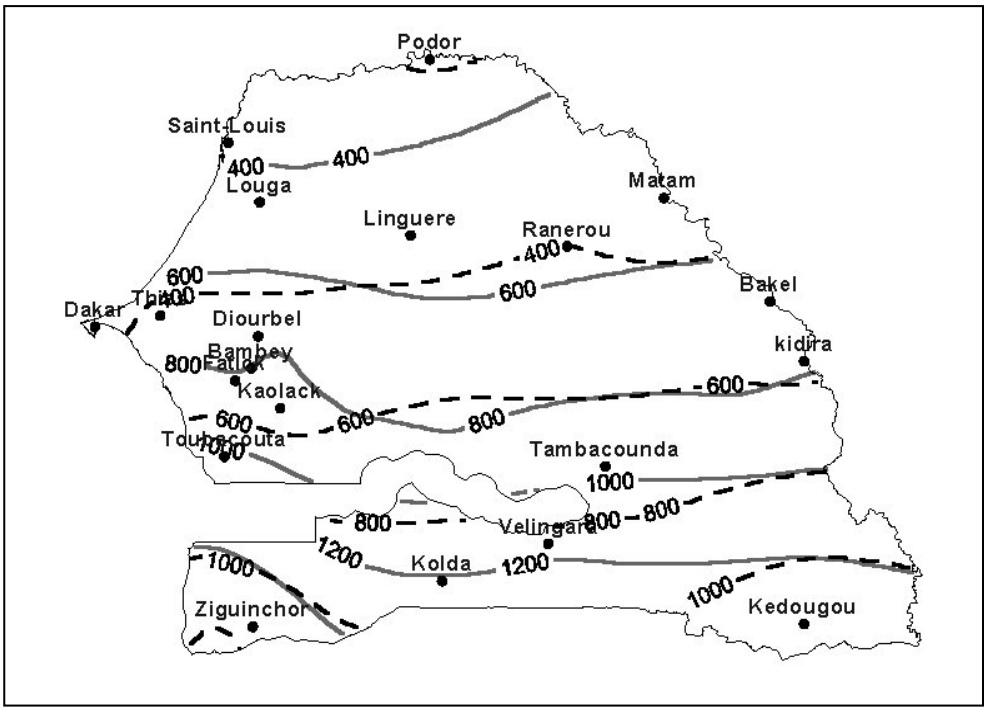


Figure 1. Variations spatiales des cumuls pluviométriques moyens annuels au cours d'une période humide 1950-1967 (trait continu) et sèche 1968-1984 (trait discontinu) (Service de bioclimatologie de Bambey).

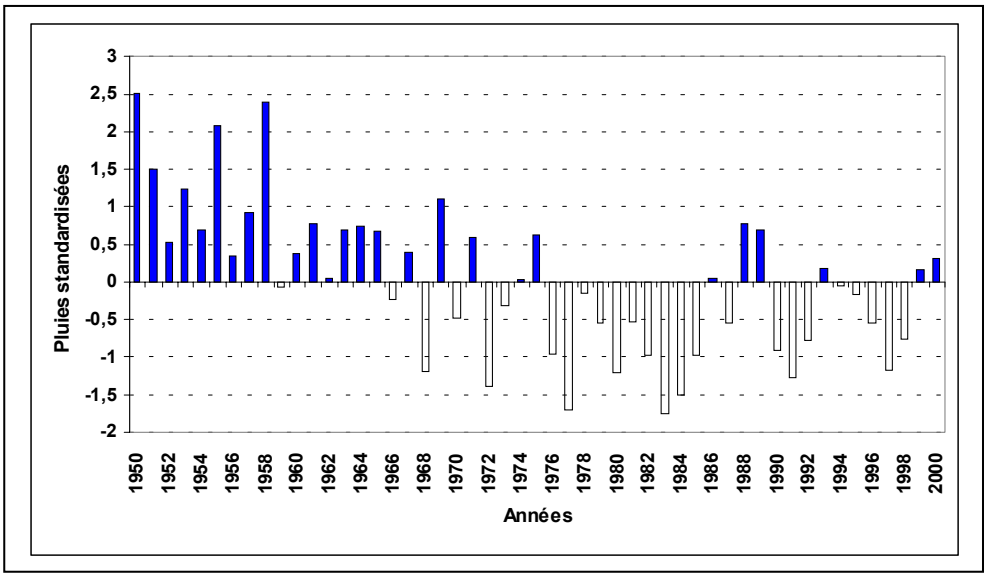


Figure 2. Evolution temporelle de la pluviométrie standardisée à l'échelle du Sénégal.

L'ADAPTATION VARIÉTALE

De multiples travaux sur les besoins en eau des cultures pluviales et irriguées ont été menés par l'IRAT puis par l'ISRA dans les stations de recherche et les PAPEM (points d'appui et d'expérimentation multilocale), notamment à Bambey pour le mil, le sorgho, l'arachide et le niébé, à Nioro pour le maïs, à Djibélor et Séfa pour le riz pluvial et le soja, à Richard-Toll et à Guedé pour le riz irrigué, le cotonnier et le maïs (dans le cadre du projet FAO-OMVS). En effet, les connaissances acquises dans ce domaine trouvent diverses applications, dont l'adaptation des cultures aux conditions pédoclimatiques des zones agroécologiques du Sénégal, le choix et le calage des calendriers et des cycles de culture, l'irrigation totale ou de complément, les techniques de conservation et de valorisation de l'eau disponible pour l'agriculture (densités de semis, fertilisation, *dry farming,* cultures dérobées).

La demande climatique

La demande climatique traduit l'ensemble des facteurs climatiques qui influent sur les pertes d'eau par évaporation au niveau du sol ou d'une nappe d'eau libre et par transpiration au niveau des plantes. Les plantes évapotranspirent, d'une part, pour satisfaire leurs besoins en croissance, d'autre part, pour compenser la demande climatique. La première étape des études sur les bilans d'eau a consisté à chiffrer les pertes d'eau par évaporation à Bambey. A la suite de nombreuses expérimentations, les mesures de l'évaporation d'eau avec l'évaporomètre Piche et surtout en bac normalisé classe A (Evbac), plus fédérateur au sein de la communauté scientifique internationale, ont été adoptées par la recherche agronomique sénégalaise (Dancette, 1976).

L'ETP (évapotranspiration potentielle), un autre concept de la demande climatique, est définie comme la consommation potentielle d'eau d'un couvert végétal homogène, dense, en pleine croissance, qui couvre parfaitement le sol et ne subit pas de limitations d'ordre physiologique dues à des contraintes hydriques, minérales ou phytosanitaires. L'ETP a été approchée au moyen de plusieurs formules empiriques (Turc, Blaney Criddle) ou à base physique (Bouchet, Penman), initialement calibrées dans d'autres environnements climatiques. Les valeurs d'ETP ont été validées au Sénégal à partir de mesures sur un gazon de graminées adaptées aux conditions du Sénégal et poussant sur des évapotranspiromètres à drainage ou lysimètres (Dancette, 1983). Des relations précises et opérationnelles entre l'ETP mesurée sur gazon et l'évaporation en bac classe A ont permis de préciser le gradient nord-sud de la demande évaporative, aussi bien en hivernage qu'en saison sèche, et de mettre au point une stratégie d'évaluation et de suivi des besoins en eau des cultures.

Le bilan hydrique

Dans son principe, le bilan hydrique est une application, entre deux dates quelconques, du principe de la loi de conservation de la masse d'eau présente dans le système sol-plante-atmosphère. En considérant que le volume de sol sur lequel est réalisé le bilan est défini par la profondeur du système racinaire, l'équation du bilan hydrique, pour un intervalle de temps donné, s'écrit : $(\Delta s) = P + Irr – ETR – R – Dr$, où Δs est la variation de stock d'eau du sol entre deux dates de mesures, P la quantité de précipitations reçues entre deux dates, Irr l'irrigation apportée à ces deux dates,

ETR l'évapotranspiration réelle des cultures, Dr le drainage sous la zone explorée par les racines, en négligeant les remontées capillaires pour les conditions de données, et R la perte en eau par ruissellement de surface.

En conditions hydriques limitantes, l'ETR (évapotranspiration réelle) traduit l'évapotranspiration du couvert sous stress. Elle peut faire apparaître la sensibilité des cultures au stress hydrique ou à l'excès d'eau selon les espèces et leur stade de développement. En conditions d'alimentation hydrique optimale, l'ETR devient l'ETM (évapotranspiration maximale du couvert) et traduit les besoins en eau de la plante. Dancette (1983) s'est servi du rapport ETM/Evbac et ETM/ETP pour déterminer, au Sénégal et en Afrique de l'Ouest, les coefficients culturaux, expression des besoins en eau des cultures. Le plus souvent Kc, qui est directement proportionnel à la durée du cycle végétatif, varie entre 0,34 et 1,2 environ en fonction de l'espèce cultivée, de son état de développement exprimé par l'indice de surface foliaire (LAI) et du niveau de croissance végétative de plante (tableau I ; figure 3).

L'évaluation du bilan hydrique *in situ* fait appel, d'une part, à des techniques d'estimation du drainage profond au moyen d'évapotranspiromètres à drainage ou lysimètres, d'autre part, à des méthodes tensioneutroniques pour les mesures simultanées du drainage (tensiométrie) via la loi de Darcy et de l'humidité volumique du sol et ses variations par humidimétrie neutronique. En outre, les caractéristiques hydrodynamiques des sols, telles que la capacité de rétention en eau, la cinétique d'humectation, d'infiltration et de dessèchement, les humidités à la capacité au champ et au point de flétrissement permanent, ont été mieux connues à l'aide de ces technologies (Charreau, 1965 ; Vachaud *et al.,* 1978 ; Dancette, 1970, 1973). En faisant appel à ces méthodes, l'évaluation du bilan hydrique et l'estimation des besoins en eau des cultures ont été rendues plus précises.

Tableau I. Besoins en eau des principales cultures exprimés par les coefficients culturaux au pas de temps décadaire (Dancette, 1983).

	Coefficient cultural par décade											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mil Sanio, 120 jours	0,21	0,3	0,45	0,68	0,9	1,05	1,16	1,19	1,18	1,06	0,9	0,75
Mil Souna, 90 jours	0,31	0,42	0,68	1,02	1,10	1,08	0,92	0,84	0,78			
Arachide 55-437, 90 jours	0,41	0,57	0,67	0,90	0,83	0,78	0,77	0,65	0,65			
Niébé Bambey 21, 75 jours	0,38	0,60	0,95	1,08	1	0,8	0,75	0,72				
Maïs KoloP3, 100 jours	0,76	0,84	0,92	1,10	1,20	1,26	1,26	1,20	1,06	0,68		
Riz pluvial IKP, 110 jours, Casamance	0,6	0,8	1,02	1,1	1,2	1,2	1,18	1,12	0,9	0,8	0,76	

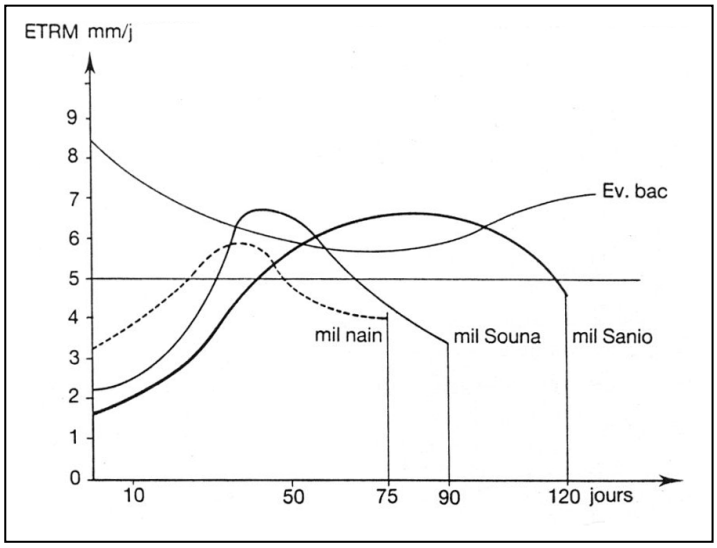


Figure 3. Détermination des besoins en eau maximaux (ETM) de trois variétés de mil (Sanio, Souna, nain) semées à partir du 1er juillet. Evaporation du bac matérialise l'évaporation du bac classe A moyenne sur 10 ans (Dancette, 1983).

La réponse des plantes à la sécheresse

La création variétale

Les travaux sur la caractérisation du comportement des plantes vis-à-vis du déficit hydrique ont contribué à la compréhension, à l'échelle du peuplement végétal, des réponses d'une vingtaine de cultures de la zone tropicale à la sécheresse. Cette caractérisation s'est appuyée sur les technologies et les outils modernes les plus avancés : mesures les échanges gazeux, fluorescence chlorophyllienne, température du couvert végétal, processus de croissance et développement foliaire et racinaire, efficience d'utilisation de l'eau de l'arachide (Annerose, 1990, 1991 ; Marone, 1996 ; Clavel *et al.,* 2004), du maïs, du mil et du niébé (Sarr *et al.,* 1999 ; 2001 ; Diouf *et al.,* 2001 ; Diouf, 2000).

Complétés par des recherches au niveau cellulaire et moléculaire en collaboration avec des partenaires du Nord (CIRAD, universités Paris 7 et 12), ces travaux ont abouti à l'acquisition de connaissances pour la conduite de programmes de création variétale performants en matière de résistance ou de tolérance à la sécheresse. Comme acquis majeurs de ce programme, on peut citer la création de nouvelles variétés telles que GC8-35, variété d'arachide à cycle court adaptée aux conditions extrêmes du nord du pays, et de variétés de sorgho utilisées comme géniteurs dans des programmes de sélection en Afrique. Ce programme a également permis de mieux comprendre les réponses au déficit hydrique de la variété d'arachide Fleur-11, qui se caractérise par sa haute productivité et la grande stabilité de ses rendements d'une année sur l'autre par rapport au témoin 55-437 (Clavel et Ndoye, 1997).

Le photopériodisme et l'adaptation à la sécheresse

Le photopériodisme confère aux écotypes locaux, préférés par les paysans, une synchronisation de leur cycle avec les variations spatiotemporelles de la saison pluviométrique. A titre d'exemple, la conservation des écotypes locaux au Mali s'est accompagnée depuis la décennie 1980 d'une évolution satisfaisante de la production de mil et de sorgho en dépit de la sécheresse. Ce mécanisme est d'autant mieux adapté au climat actuel que la péjoration de la pluviométrie annuelle observée dans la région depuis 40 ans ne s'est pas accompagnée d'un changement significatif des dates de fin de la saison des pluies (Diop, 1996). Parmi les multiples avantages de cette synchronisation figurent l'optimisation de l'utilisation des ressources pluviométriques et la minimisation des contraintes parasitaires. Partant des constats sur ce mécanisme d'adaptation à la sécheresse, des études ont été conduites afin d'analyser les réponses des mils photopériodiques ou non à la variabilité des pluies. Elles mettent bien en évidence l'inadéquation de variétés de mil non photopériodiques pour la zone. Leur indice de rendement espéré (IRESP) est moins stable et systémiquement plus faible à tous les niveaux de probabilités considérés (Diop *et al.,* 2004). Dans ce contexte, la réintroduction de mils photopériodiques, mieux adaptés à la variabilité des pluies, pourrait présenter des avantages agronomiques multiples.

LE DIAGNOSTIC HYDRIQUE ET LE ZONAGE DES RISQUES AGROCLIMATIQUES

Le zonage permet de préciser les effets des facteurs climatiques, sur le matériel biologique, le sol et les techniques culturales, et fournit à l'agriculteur les informations lui permettant d'ajuster ses décisions à court, moyen et long terme. Dans le cas de la sécheresse, il est évident que la meilleure méthode de lutte consiste à implanter une variété résistante. Tel est le but des études de diagnostic hydrique et de zonage agroclimatique réalisées au Sénégal (Vanderchmitt, 1989 ; Khalfaoui, 1991 ; Diagne, 1992 ; Diop, 1996).

Ce zonage s'appuie sur une étude du risque agroclimatique à partir de données s'étalant sur une période de 30 ans. Les contraintes agroclimatiques sont ensuite traduites en termes de calendriers : date de début et de fin de saison, durée de cycles des cultures satisfaits au moins 8 années sur 10, calage optimal du cycle des principales cultures, détermination des cultures possibles dans les différentes zones agroécologiques du pays. Ce zonage se fonde également sur la simulation du bilan hydrique et la quantification d'indicateurs pertinents, tels que l'indice de rendement espéré pour un espace agricole donné, les dates de semis optimales permettant d'atteindre 8 années sur 10 une valeur maximale de l'indice de rendement espéré et l'analyse des potentialités de production d'une culture dans un espace donné.

Le croisement de ces différentes informations agroclimatiques à l'aide de l'analyse géostatique, de la représentation cartographique via Surfer et de l'exportation vers une représentation vectorielle (districts administratifs) via des logiciels de systèmes d'information géographique tels que Mapinfo et Arcview (Boggio *et al.,* 1999) a permis de déterminer des aires géographiques favorables du point de vue agropédologique à une variété donnée. Ces zonages ont conduit à des applications et des conseils agrométéorologiques opérationnels, dont les meilleures illustrations

sont l'identification des zones à risque, la gestion des fonds de calamités au profit du CNIA et la carte variétale de l'arachide.

L'ÉLABORATION DE LA CARTE VARIÉTALE

La carte variétale représente une synthèse des connaissances, actualisées régulièrement en fonction des changements agroclimatiques, des pratiques paysannes et des résultats de la recherche agricole. Les analyses agroclimatiques régionales récentes consécutives à la variabilité climatique associées aux résultats d'essais agronomiques multilocaux et aux recherches sur l'adaptation physiologique de l'arachide et sur la création de nouvelles variétés d'arachide ont conduit à élaborer des cartes variétales (figure 4). La plus récente (Clavel et Ndoye, 1997) est le fruit d'une recherche pluridisciplinaire associant des bioclimatologistes, des agronomes, des sélectionneurs et des spécialistes des SIG (système d'information géographique). Elle relève d'une nécessité de redistribuer géographiquement les variétés cultivées par les paysans et les nouvelles variétés à cycles courts créées, testées puis vulgarisées en milieu réel, telles que GC-8-35 et Fleur-11 (Mortreuil, 1993). La carte variétale constitue ainsi un précieux outil d'aide à la décision en matière de politique semencière et de connaissance des aires de production arachidière.

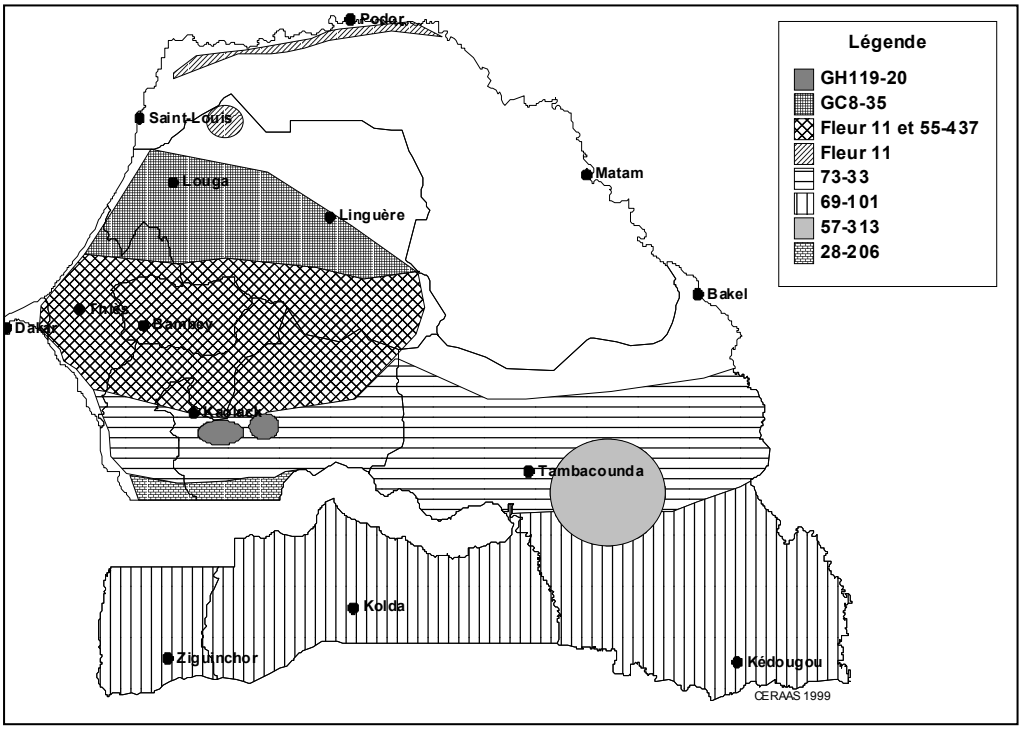


Figure 4. Dernière carte variétale de l'arachide au Sénégal (Clavel et Ndoye, 1997).

La conduite des cultures

Amélioration de l'alimentation hydrique en régime pluvial strict

Le facteur hydrique, bien qu'il explique une part significative de la variabilité des rendements agricoles, n'est pas le seul facteur en jeu. Diverses études, dont celles d'un projet fédérateur du R3S auxquelles la recherche agricole sénégalaise a activement participé, avaient pour objectif d'optimiser l'utilisation de l'eau pluviale par les cultures annuelles dans les zones à risque climatique, grâce à des techniques culturales adaptées. Des études sur les interactions entre le milieu physique (sol, eau), les techniques culturales (travail du sol, fertilisation), l'alimentation et le fonctionnement hydrique des systèmes aériens et racinaires, la production du mil et de l'arachide, entre autres, ont été menées (Cissé et Vachaud, 1988 ; Cortier *et al.,* 1988). Selon Affholder (1995) la fertilisation du mil augmente les besoins en eau, sans augmenter parallèlement l'offre en eau. Le risque de stress hydrique est alors accru dès le début du cycle. Le labour améliore l'offre en eau mais les besoins en eau sont également accrus. Le fumier a un effet positif mais fait également courir un risque accru en cas de forte sécheresse. Cela montre la complexité des relations entre techniques culturales et production dans les zones à risque climatique et explique mieux la variabilité des effets des techniques d'intensification observée dans ces régions. Ces résultats mettent bien en évidence le rôle de l'eau et des techniques de conservation des eaux et du sol dans le développement agricole durable (Sène et Perez, 1994). C'est ce qui a fait dire à Reyniers et Forest (1990) que « la pluie n'est pas le seul remède à la sécheresse ».

Conduite de l'irrigation dans la vallée du fleuve Sénégal

L'irrigation constitue l'une des voies, encore sous-exploitée, d'amélioration de la production agricole. Avec l'avènement des aménagements hydroagricoles dans la vallée du fleuve Sénégal, la production de l'arachide de bouche, du maïs, du sorgho et des cultures maraîchères devient un moyen de diversification et d'amélioration de la sécurité alimentaire. La durabilité de ces filières passe toutefois par le développement de techniques d'irrigation conciliant des objectifs de rendement, de qualité et d'économie d'eau (Clouvel, 2000). Dans le cas de la production de l'arachide, diverses études ont été menées pour promouvoir la production locale et l'exportation (Clouvel et Schilling, 1995). Toutefois, pour favoriser l'accès du Sénégal aux marchés mondiaux, il est nécessaire de garantir une production stable, dont la qualité réponde aux normes imposées par les pays importateurs : graines matures, triées, calibrées et saines. Pour la conduite de l'irrigation, les méthodes reposant sur une mesure régulière de l'état hydrique des peuplements ont été d'abord privilégiées. En effet, la mesure du potentiel hydrique foliaire et la détermination par radiothermométrie infrarouge de la température du couvert et par conséquent de son état hydrique (Jackson *et al.,* 1981) ont été testées au Sénégal sur arachide (Annerose *et al.,* 1996) et sur maïs (Sarr *et al.,* 1999), puis proposées comme méthode de pilotage de l'irrigation. Le développement de l'irrigation fondé sur le concept de *crop water stress index* a conduit, sur le site de Thiago, à une optimisation de la répartition des tours d'eau entre les 300 exploitants d'un périmètre de 200 ha et à une économie de l'ordre de 20 % sur la consommation d'eau sans réduction des rendements (Annerose et Mayeux, 1995). Cependant, ces nouvelles technologies sont souvent difficiles à mettre en œuvre et requièrent un matériel coûteux et délicat à manipuler. En outre,

elles ne permettent pas de piloter la culture en conditions de restriction hydrique raisonnée. En revanche, dans le cas de la modélisation agrométéorologique du bilan hydrique (modèle Simarbhy), des référentiels ont été mis au point pour divers modes d'irrigation et permettent d'illustrer la démarche à suivre pour piloter l'irrigation en termes de doses et de fréquences afin d'optimiser la qualité de la production et l'économie d'eau (figure 5).

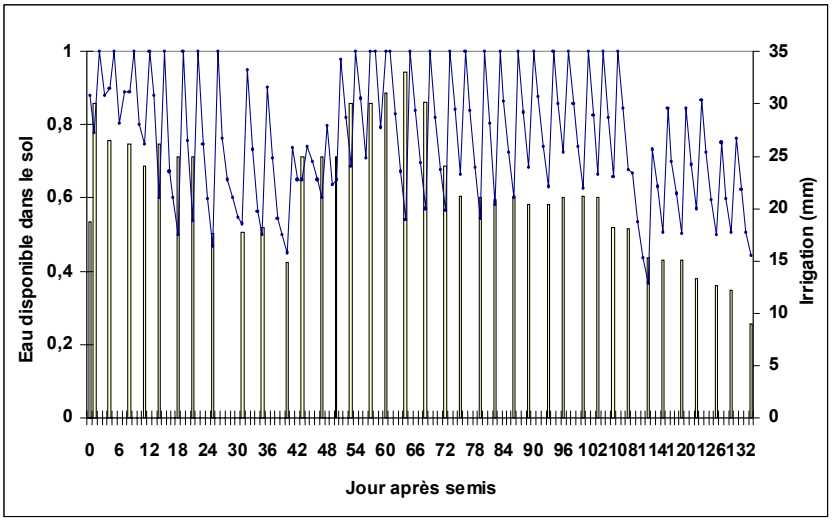


Figure 5. Scénario d'irrigation optimal pour la production d'arachide de bouche de la variété GH119-20 semée le 13 mars à Ndiaye (irrigation en bâtonnets et eau disponible en courbe).

La gestion des ressources naturelles

Le CSE produit aussi régulièrement au cours de l'hivernage des cartes de la production végétale, obtenues à partir d'une corrélation entre l'indice de végétation par la différence normalisée (NDVI) dérivé par les mesures de réflectance spectrale acquises par le radiomètre AVHRR placé à bord des satellites NOAA (Martini et *al.,* 2003). Une corrélation étroite a été mise en évidence entre l'indice de végétation par la différence normalisée et la quantité de biomasse herbacée et ligneuse mesurée sur le terrain en différents endroits du Sénégal. Pour prendre en compte les différents potentiels des écosystèmes sénégalais, l'état de fertilité du sol notamment, et pour séparer ainsi le signal météorologique du signal écologique, l'indice de végétation par la différence normalisée a été transformé en un indice de conditions de la végétation, ou VCI (Unganani et Kogan, 1998). Les valeurs de cet indice sont, en effet, étroitement en rapport avec les caractéristiques écologiques de chaque zone (sol, climat, végétation).

Partant de la connaissance de la production primaire des parcours au cours d'une année, des conseils sont élaborés, d'une part, au profit des services de l'élevage, des eaux et des forêts en matière de gestion des ressources naturelles, d'autre part, pour les pasteurs en matière de constitution et de conservation des réserves fourragères. En outre, le CSE assure de fin octobre à fin mai, à l'aide de l'exploitation de l'imagerie satellitaire Canal 3 et NOAA-AVHRR de nuit, le suivi des feux de brousse, fléau qui menace le patrimoine forestier et la diversité biologique.

La prévision agricole et la programmation

La prévision des rendements des cultures vivrières constitue en zone soudano-sahélienne une préoccupation majeure pour les décideurs chargés de gérer et de contrôler les stocks céréaliers et de déclencher l'aide alimentaire en cas de calamités dues à des conditions agroclimatiques défavorables. De nos jours, la prévision des rendements est conçue également comme un moyen efficace pour situer les zones de production excédentaire et faciliter la programmation des échanges de flux céréaliers nationaux et sous-régionaux. Les nouvelles technologies fondées sur la modélisation des cultures et les SIG constituent le fondement de ce système.

LES PRÉVISIONS DES RENDEMENTS PAR MODÉLISATION

La modélisation pour la prévision agricole a emprunté deux voies complémentaires. L'approche semi-déterministe du modèle Ara.B.Hy a consisté en la simulation de la croissance et du développement de l'arachide modulés par le bilan hydrique et les façons culturales. Ce système a permis de prédire les rendements en gousses un mois avant la récolte avec une précision 90 % (Annerose et Diagne, 1990).

L'autre approche est fondée sur la simulation de l'indice de rendement espéré (IRESP), qui correspond ici au produit du taux de satisfaction des besoins en eau durant le cycle représentant le niveau de biomasse produite et le taux de satisfaction des besoins en eau durant la phase critique représentant la production potentielle en grain (Forest et Cortier, 1991) : IRESP (%) = ETR/ETM (cycle) x ETR/ETM (phase critique).

Les travaux en milieu paysan conduits dans le cadre du projet Espace en 1988, 1989 et 1990 ont permis d'estimer les niveaux de rendements espérés du mil dans les zones sahéliennes. Les rendements en grains observés sur 90 placettes de rendement par village ont été reliés aux indices de rendement espéré simulés sur les sites considérés. Les relations obtenues sont de type linéaire (Maraux *et al.,* 1994). Au Sénégal, ces relations sont rendement en mil (kg/ha) = 10,9 IRESP + 52,7. Une fonction régionale a été également développée à l'échelle des pays du CILSS : rendement en mil (kg/ha) = 11,3 IRESP - 128.

Ces relations permettent d'expliquer environ 70 % du rendement final en grain. Ce système a fait preuve d'une robustesse appréciable à l'échelle des unités administratives au Sénégal (figure 6) et des pays du CILSS (Sarr et Fall, 1997, 1998, 1999 ; Samba *et al.,* 2001).

L'EXTRAPOLATION DES RÉSULTATS

L'un des acquis majeurs dans ce domaine est sans nul doute l'extrapolation et la régionalisation des résultats au sein des pays du CILSS. En effet, le système actuel de suivi de la campagne agricole, de prévision des rendements et d'alerte précoce au Sahel réalisé par le centre régional AGRHYMET trouve, entre autres, ses bases scientifiques et conceptuelles dans les résultats obtenus par la recherche dans les pays du Sahel, au Sénégal en particulier (figure 7). En outre, une version d'Ara.B.Hy a été développée par l'Institut national agronomique d'Argentine pour les producteurs de la région de Cordoba en Argentine, comme outil d'alerte à l'irrigation de l'arachide.

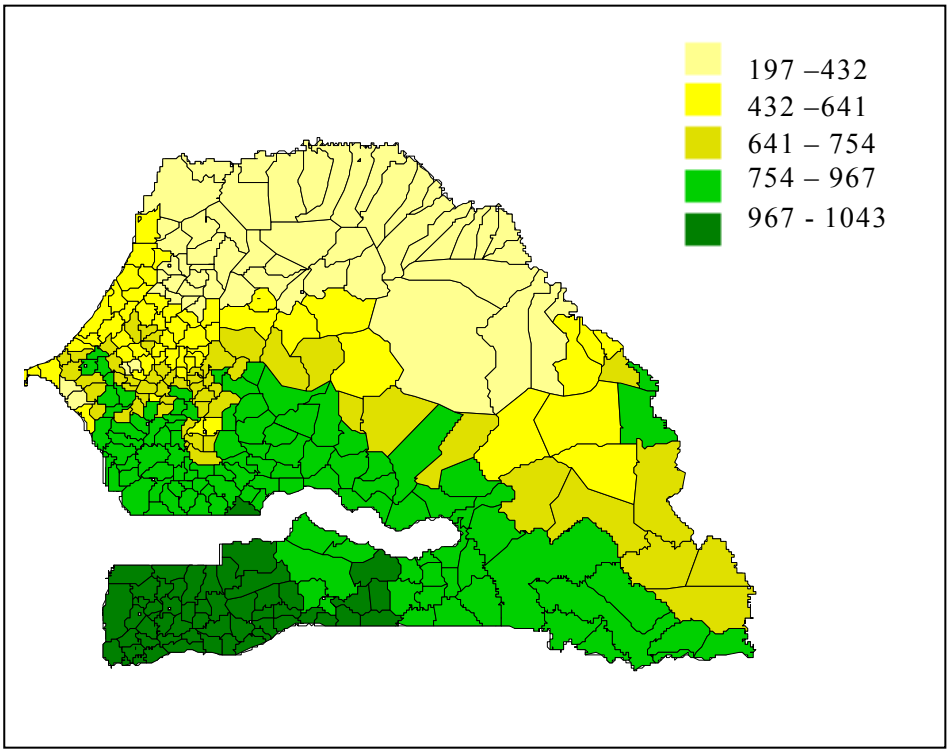


Figure 6. Répartition à l'échelle des communautés rurales des rendements en grains espérés simulés du mil (kg/ha) au cours de l'hivernage 1999 (Sarr et Fall, 1999).

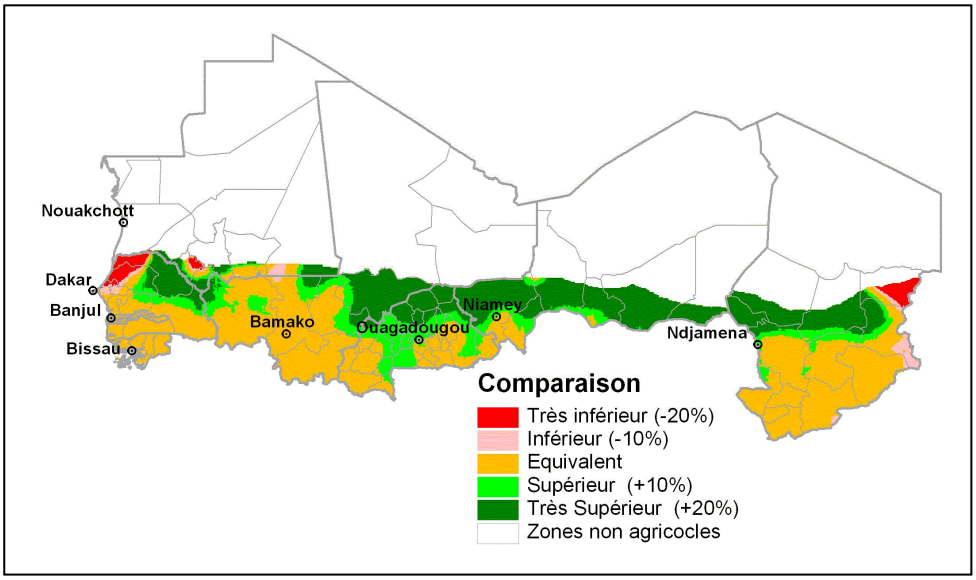


Figure 7. Rendements en grains simulés du mil en 2003 par le logiciel DHC à l'échelle des pays du CILSS (AGRHYMET, CILSS).

Les perspectives

Il est clair que la recherche en agroclimatologie au Sénégal a bénéficié d'une approche novatrice de partenariat entre chercheurs du pays, de la sous-région et du Nord. Elle a permis de renforcer les capacités des chercheurs nationaux, dont les compétences sont reconnues au sein de la communauté scientifique sous-régionale et internationale. Les zonages agroclimatiques ont permis d'aider les agriculteurs à organiser le calendrier agricole en termes de dates de semis, de choix de cultivars et de redistribution géographique des aires de culture. Ils ont également permis aux agronomes et aux sélectionneurs de mieux orienter les recherches en matière d'amélioration variétale. Les techniques d'intensification de l'agriculture, en agissant fortement sur la demande en eau de la culture, présentent des risques. Dès lors, des techniques de conservation des eaux et du sol susceptibles d'accroître l'offre en eau du sol ont été développées. Une fois les connaissances du continuum eau-sol-plante bien établies, elles ont été formalisées à l'aide d'outils de modélisation. Les modèles agrométéorologiques développés ont montré un certain nombre d'utilisations possibles : zonage des risques agroclimatiques, pilotage raisonné de l'irrigation, prévision des rendements agricoles à l'échelle du Sénégal et des pays du CILSS. Les travaux menés sur l'arachide de bouche illustrent la démarche à suivre pour un pilotage de l'irrigation destinée à optimiser la qualité technologique et sanitaire de la production et l'économie d'eau. Dans le cas de la prévision agricole par modélisation, les techniques mises au point constituent de précieux outils d'aide à la décision, qui permettent aux décideurs et à leurs partenaires d'intervenir pour corriger ou compenser les situations dues à des facteurs agroclimatiques défavorables. Les prochaines étapes de leur évolution devront prendre davantage en compte les questions d'enjeux planétaires comme les changements climatiques. En effet, dans le cadre d'un développement durable, il est urgent de disposer d'outils plus spécifiques pouvant conduire à une compréhension de l'impact des changements climatiques sur les cultures, mais également à formuler des scénarios réalistes pour l'agriculture. Tel est l'objectif du modèle Sarrah, en cours de construction par le CERAAS, le CIRAD et le centre AGRHYMET dans le cadre de projets financés par le FNRAA (Fonds national de recherches agricoles et agroalimentaires) et l'Union européenne.

L'ensemble des résultats obtenus doit aller davantage vers les décideurs de terrain, que sont les responsables de la planification agricole (DAPS), les services de conseil agricole (ANCAR), les organisations non gouvernementales et les producteurs. Enfin, ces résultats sont suffisamment solides pour autoriser l'établissement d'un observatoire du climat et de l'agriculture, qui pourrait se faire par l'intermédiaire des équipes de recherches à vocation nationale et internationale (CERAAS) et des unités mixtes de recherche et d'enseignement, telles que le LERG (Laboratoire d'enseignement et de recherche en géomatique).

Références bibliographiques

Affholder F., 1995. Effect of organic matter input on the water balance and yield of millet under tropical dryland condition. Field Crops Science, 41 : 109-121.

Annerose D.J.M., 1990. Recherche sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse : application au cas de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) cultivée au Sénégal. Thèse, université Paris III, 282 p.

Annerose D.J.M., 1991. Caractérisation de la sécheresse agronomique en zone semi-aride. II. Evaluation des formes de sécheresse agronomique de l'arachide au Sénégal par la simulation hydrique de la culture. Oléagineux, 46 : 61-67.

Annerose D.J.M., Clouvel P., Mayeux A., 1996. Conduite de l'irrigation dans la région du fleuve Sénégal : approche physiologique et application à la culture de l'arachide. *In :* L'arachide cultivée en zones sèches : stratégies et méthodes d'amélioration de l'adaptation à la sécheresse. CNRA, Bambey.

Annerose D.J.M., Diagne M., 1990. Caractérisation de la sécheresse agronomique en zone semi aride. I. Présentation d'un modèle simple d'évaluation appliqué au cas de l'arachide cultivée. Oléagineux, 45 : 547-554.

Annerose D.J.M., Mayeux A., 1995. Synthèse des recherches conduites au Sénégal de 1991 à 1994 dans le cadre du projet de mise au point des techniques de culture de l'arachide irriguée : rapport de synthèse. ISRA, CIRAD, Bambey , 19 p.

Baron C., Perez P., Maraux F., 1996. Sarra, système d'analyses régionales des risques agroclimatiques : trois modules, Sarramet, Sarrabil, Sarrazon. CIRAD, Montpellier.

Boggio D., Sarr B., Roy-Macauley H., 1999. Outils et méthodologies pour le suivi des cultures et la prévision de la production agricole en zones sèches : cas du département pilote de Diourbel. CERAAS, Thiès, 26 p.

Charreau C., 1965. Dynamique de l'eau dans deux sols du Sénégal. L'Agronomie tropicale, 16 : 504-561.

Cissé L., Vachaud G., 1988. Influence d'apports de matière organique sur la culture de mil et d'arachide sur un sol sableux du Nord-Sénégal. I. Bilans de consommation, production et développement racinaire. Agronomie, 8 : 315-326.

Clavel C., Sarr B., Marone E., Ortz R., 2004. Potential agronomic and physiological traits of spanish groundnut varieties (*Arachis hypogaea* L.) as selection criteria under end-of-cycle drought conditions. Agronomie, 24 : 101-111.

Clavel D., Ndoye O., 1997. La carte variétale de l'arachide au Sénégal. Agriculture et développement, 14 : 41-46.

Clouvel P., 2000. Rapport de démarrage du volet recherche-développement : projet CNIA Relance de la filière arachide de bouche et diversification au Sénégal. CIRAD, Montpellier, 33 p.

Cortier B., Pocthier G., Imbernon J., 1988. Le maïs au Sénégal : effets des techniques culturales et des conditions hydriques en cultures pluviales. L'Agronomie tropicale, 43 : 85-90.

Dancette C., 1970. Détermination au champ de la capacité de rétention après irrigation, dans un sol sableux du Sénégal. Intérêt agronomique de cette mesure et application et application à une culture d'arachide. L'Agronomie tropicale, 25 : 225-240.

Dancette C., 1973. Principales études de l'IRAT au Sénégal, portant sur les caractéristiques hydriques et hydrodynamiques des sols et sur leurs aptitudes à l'irrigation. L'Agronomie tropicale, 28 : 887-893.

Dancette C., 1976. Mesures d'évapotranspiration potentielle et d'évaporation d'une nappe d'eau libre au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 31 : 321-388.

Dancette C., 1983. Estimations des besoins en eau des principales cultures pluviales en zone soudano-sahélienne. L'Agronomie tropicale, 38 : 281-294.

Diagne M., 1992. Zonage des cycles potentiels de l'arachide au Sénégal : rapport final sur le zonage des risques de sécheresse en Afrique soudano-sahélienne et conséquences sur les systèmes de culture. CORAF, R3S, p. 49-57.

Diagne M., Sonko S., 1991. Estimation de la pluviométrie décadaire par thermographie infrarouge Météosat : application au suivi de l'hivernage au Sénégal. Veille climatique satellitaire, 32 : 20-26.

Dingkhun M., Le Gal P.Y., Poussin J.C., 1993. Ridev : un modèle de développement du riz pour le choix des variétés et calendriers culturaux. ISRA, Saint-Louis, 16 p.

Diop M., 1996. A propos de la durée de la saison des pluies au Sénégal. Sécheresse, 1 : 7-15.

Diop M., Sarr B., Reyniers N.F., 2004. Diversité des agroécosystèmes intégrant le mil au Sénégal : photopériodisme et adaptation à la sécheresse ou à l'excès d'eau. Sécheresse (à paraître).

Diouf M., Sarr B., Diouf O., Bâ A., Roy-Macauley H., 2001. Effet du déficit hydrique sur les réponses agrophysiologiques et l'efficience d'utilisation de l'eau chez le maïs (*Zea mays* L. cv. Synthetic-C). Tropicultura, 19 : 116-122.

Diouf O., 2000. Réponses agrophysiologiques du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) à la sécheresse : influence de la nutrition azotée. Thèse, université libre de Bruxelles, 160 p.

Forest F., Cortier B., 1991. Diagnostic hydrique des cultures et la prévision du rendement régional du mil cultivé dans les pays du CILSS. *In :* Soil water balance in the Sudano-Sahelian zone, Niamey workshop. IAHS Publication n. 199.

Jackson R.D., Idso S.B., Reginato R.J., Pinter P.J., 1981. Canopy temperature as a crop water indicator. Water Resources Research, 4 : 1133-1138.

Khalfaoui J.L., 1991. Determination of potential lengths of the crop growing period in semi-arid regions of Senegal. Agricultural and Forest Meteorology, 55 : 251-263.

Maraux F., Baron C., Forest F., Imbernon J., Ouaidrari H., 1994. Prévisions de rendement du mil en Afrique sahélienne : l'expérience du CIRAD. FAO, Colloque, Villefranche-sur-Mer, 24-27 octobre 1994.

Marone E., 1996. Etude des relations hydriques entre le sol et la plante chez l'arachide pour une meilleure définition des concepts de sécheresse et de stress hydrique. Mémoire, ISRA, Dakar, 54 p.

Martini M., Soumaré P.B., Toré A., 2003. Utilisation des technologies modernes telles que la télédétection et les SIG pour la localisation des zones affectées par la sécheresse. CSE, Coopération italienne au développement, 14 p.

Mortreuil J.C., 1993. Une nouvelle variété pour l'Afrique, Fleur-11. Oléagineux, 48 : 92-102.

Reyniers F.N., Forest F., 1990. La pluie n'est pas le seul remède à la sécheresse en Afrique. Sécheresse, 1 : 36-49.

Sagarra L., 2003. Arachide de bouche : diversification. *In :* Rapport d'activités du projet CNIA, année 3. CIRAD, Montpellier, 43 p.

Sagna P., 1993. Etude des saisons des pluies 1989 et 1990 au Sénégal. Veille climatique satellitaire, 44 : 55-71.

Samba A., Sarr B., Baron C., Gozé E., Maraux F., Clerget B., Dingkhun M., 2001. La prévision agricole à l'échelle du Sahel. *In :* Modélisation des agrosystèmes et aide à la décision, Malézieux E. *et al.* (éd.). CIRAD, Montpellier, Repères, p. 243-262.

Sarr B., Diouf O., Diouf M., Roy-Macauley H., 2001. Utilisation de paramètres agromorphologiques comme critères de résistance à la sécheresse chez trois variétés de niébé cultivées au Sénégal et au Niger. Sécheresse, 4 : 259-266.

Sarr B., Fall M., 1997. Suivi agroclimatique des cultures pluviales au Sénégal. ISRA, CERAAS, 11 p.

Sarr B., Fall M., 1998. Suivi agroclimatique des cultures pour l'estimation des rendements du mil et de l'arachide au Sénégal. ISRA, CNRA, 14 p.

Sarr B., Fall M., 1999. Suivi agroclimatique des cultures et estimation précoce des rendements des cultures pluviales au Sénégal. ISRA, Dakar, 35 p.

Sarr B., Lecoeur J., Clouvel P., 2004. Irrigation scheduling of confectionery groundnut (*Arachis hypogaea* L.) in Senegal using simple water balance model. Agricultural Water Management, 67 : 201-220.

Sarr B., Ndjendole S., Diouf O., Diouf M., Roy-Macauley H., 1999. Suivi de l'état hydrique du sol et de la température du couvert de maïs au Sénégal. Sécheresse, 10 : 129-135.

Sène M., Perez P., 1994. Contraintes et possibilités de valorisation des ressources naturelles dans le sud du bassin arachidier (Sine-Saloum, Sénégal). *In :* Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale, Reyniers F.N., Neteyo L. (éd.). John Libbey, Paris, p. 217-233.

Unganani L.S., Kogan F.N., 1998. Drought monitoring and corn yield estimation in Southren Africa from AVHRR data. Remote sensing environnement, 63 : 219-232

Vachaud G., Dancette C., Sonko S., Thony J.L., 1978. Méthode de caractérisation hydrodynamique in situ d'un sol non saturé, application à deux types de sol du Sénégal en vue de la détermination des termes du bilan hydrique (sols dior et diéri). Annales agronomiques, 29 : 1-36.

Vanderchmidtt E., 1989. Besoins en eau du maïs et de l'arachide à Nioro-du-Rip : rapport d'activités. ISRA, Bambey, 20 p.

Les ressources en eau

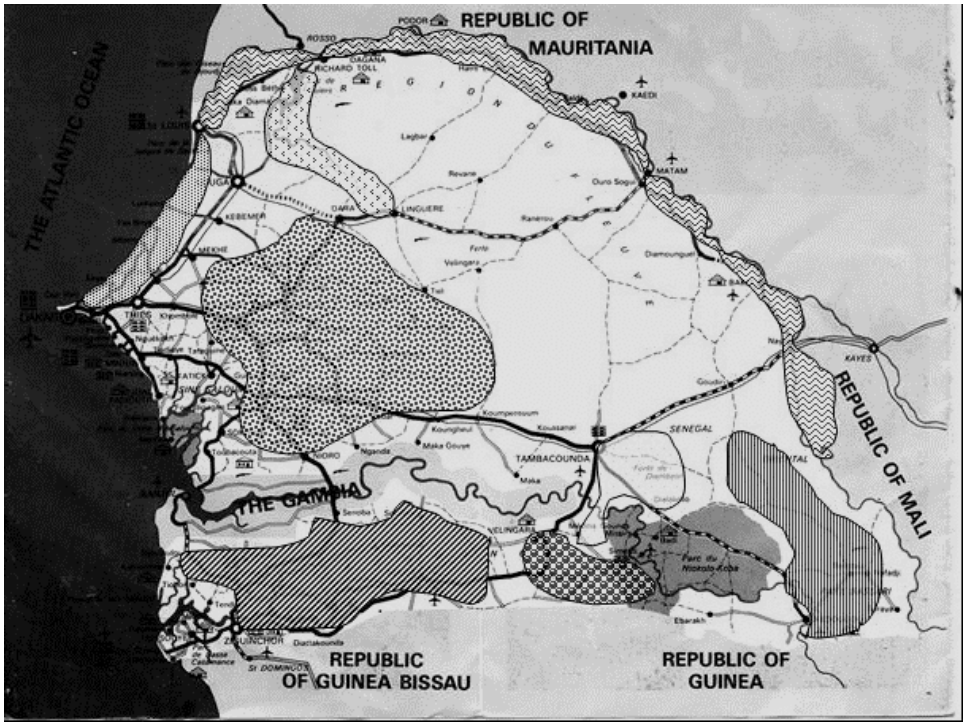
Magatte WADE, Tran Minh DUC, Honoré DACOSTA

Le déficit chronique de la pluviométrie observé à partir des années 1970 a amené les autorités à privilégier l'irrigation pour augmenter et sécuriser la production agricole. L'utilisation agricole des ressources en eau s'est donc considérablement renforcée sous l'impulsion des pouvoirs publics de 1975 à la fin des années 1980, avec l'extension des interventions à toute la vallée du fleuve Sénégal, à la Casamance, au bassin de l'Anambé, ainsi qu'au fleuve Gambie. A cela s'ajoutent des initiatives privées, notamment dans le delta du fleuve Sénégal, encouragées par la réforme foncière de 1985, par laquelle l'Etat a transféré la gestion du domaine national aux conseils ruraux. Elles concernent la riziculture et viennent renforcer les aménagements privés existant dans la zone horticole des Niayes.

Le contexte institutionnel est caractérisé par l'intervention dans ce domaine de l'administration centrale et régionale, des collectivités locales et des organisations paysannes. Les collectivités locales interviennent dans la gestion et le développement des ressources locales et jouent un rôle privilégié dans la maîtrise et l'exploitation des ressources en eau. Les organisations paysannes sont devenues des acteurs incontournables après le désengagement de l'Etat et le transfert des responsabilités de gestion. Elles se sont regroupées en 1993 au sein du Conseil national de concertation et coopération des ruraux (CNCR) pour défendre leurs intérêts et s'engager dans un partenariat avec l'Etat et les autres acteurs économiques.

Malgré la précarité des conditions climatiques (pluviométrie faible et variable, forte évaporation), le Sénégal dispose de ressources en eau relativement importantes. On y distingue les eaux de surface et les eaux souterraines, qui offrent, en dépit de leur mauvaise répartition dans l'espace, la possibilité de compenser localement des pluies insuffisantes, pour régénérer certains milieux et favoriser leur mise en valeur. Les zones d'aménagement potentielles sont nombreuses dans les principales zones agroécologiques du pays (figure 1).

Les données hydrométriques sont collectées sur les principaux cours d'eau par le service national chargé de l'hydrologie. La gestion de l'eau à cette échelle vise à mieux comprendre la distribution de la ressource pour parvenir à une meilleure allocation et satisfaire les besoins des différents usagers (périmètres, alimentation en eau potable).



Vallée et delta du fleuve Sénégal et de la Falémé

Niayes

Bassin arachidier

Bassins du Kayanga-Anambé

Zone de bas-fonds de Kédougou

Lac de Guiers

Sénégal-Oriental et fleuve Gambie

Basse et Moyenne-Casamance

Figure 1. Zones potentielles d'aménagement hydroagricole au Sénégal.

Les recherches ont été menées sur la gestion agricole de l'eau en Casamance, de 1970 à 1990, et sur l'utilisation agricole de l'eau sur la station de Richard-Toll, à Ndiol à 20 km de Saint-Louis, à Bambey et au CDH (Centre pour le développement de l'horticulture), dans le cadre de l'IRAT (Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières) puis de la Direction des recherches sur les cultures et systèmes irrigués (DRCSI) de l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles). Depuis 1996, le Pôle régional de recherches sur les systèmes irrigués (PSI) du CORAF (Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le développement agricoles), en rapport avec d'autres programmes, continue de travailler sur l'utilisation et la gestion des ressources en eau agricole.

Ces travaux ont concerné la gestion de l'eau dans les bas-fonds sous influence marine en Basse et Moyenne-Casamance, la dynamique de l'eau en zone irriguée, notamment les relations entre eaux de surfaces et eaux souterraines, et la mise au point d'outils de gestion de l'irrigation. Ils ont aussi porté sur les conditions d'adoption de techniques de transport et de distribution de l'eau d'irrigation, sur les systèmes d'irrigation sous faible pression, sur la gestion de l'eau en riziculture de submersion dans la vallée du fleuve Sénégal et sur la gestion technique, sociale et foncière de l'irrigation dans le cas des aménagements hydroagricoles collectifs. Enfin, des études ont été conduites dans le domaine de la lutte contre la dégradation des sols irrigués de la vallée du fleuve Sénégal.

Les ressources en eau : contraintes et potentialités

Le Sénégal, de par sa position géographique, bénéficie d'une pluviosité non négligeable, mais mal répartie dans le temps et dans l'espace (SGPRE, 1994). Les pluies se concentrent pendant les quatre mois d'hivernage, de juillet à octobre, et sont suivies de huit mois de saison sèche. De plus, elles varient beaucoup d'une année à l'autre, suivant des cycles mal déterminés.

Les zones disposant de ressources en eau d'irrigation reconnues et sans contraintes insurmontables de mobilisation sont les vallées des fleuves Sénégal, Gambie, Casamance et Anambé-Kayanga et les Niayes, auxquelles s'ajoutent de façon marginale le bassin arachidier, où les disponibilités en eau sont limitées par la profondeur importante des nappes souterraines. Certaines vallées, comme le Bas-Ferlo alimenté à partir du lac de Guiers, ont un potentiel théorique important mais difficilement exploitable d'un point de vue économique. Les caractéristiques des principales zones disposant de ressources en eau d'irrigation sont indiquées ainsi que leur potentiel irrigable, les superficies aménagées et le niveau d'utilisation par zone (tableau I).

Les vallées et le delta du fleuve Sénégal et de la Falémé, composé du delta, du lac de Guiers, de la vallée proprement dite et de l'affluent Falémé, représentent un volume moyen annuel écoulé de 20,4 milliards de m^3. Il est géré par une agence de bassin, l'OMVS (Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal), constituée des trois pays riverains, avec des objectifs communautaires portant sur la production d'énergie

électrique, la production agricole et la navigation pour relier Saint-Louis du Sénégal à Kayes, au Mali. La superficie potentielle irrigable en territoire sénégalais a été estimée à 228 000 ha, mais dans les conditions d'exploitation des ouvrages communs vers lesquelles s'oriente l'OMVS (200 m^3/s de débit garanti), la superficie réellement irrigable en contre-saison serait limitée à 88 000 ha.

Tableau I. Potentiel d'irrigation par zone et niveau d'aménagement et de valorisation.

	Potentiel irrigable (ha)	Superficies aménagées (ha)	Superficies moyennes exploitées (ha)
Fleuve Sénégal	228 000*	75 600	41 300
Basse et Moyenne-Casamance	70 000**	15 000	9 000
Anambé	16 000	4 180	500
Sénégal-Oriental			
– Gambie	4 100	600	250
– Bas-fonds	5 000	pm	pm
Niayes	12 000	10 000	10 000
Vallées fossiles	pm***	pm	pm
Bassin arachidier****	14 000	pm	pm
Total	349 100	104 780	63 550

*Potentiel en terre très probablement surestimé même pour la saison d'hivernage (seulement 88 000 ha pourraient être irrigués en arrière-saison).
** Potentiel à protéger de l'intrusion saline.
*** Les études de reconnaissance dans les vallées fossiles demeurent embryonnaires et des études approfondies doivent être réalisées.
**** Hors vallées fossiles (11 970 ha).

Le fleuve Gambie est partagé avec la Gambie et la république de Guinée, et sa gestion relève de l'OMVG (Organisation pour la mise en valeur du fleuve Gambie), à laquelle la Guinée-Bissau a adhéré en 1985 lorsque la compétence de l'organisation a été étendue au bassin voisin de la Kayanga-Geba. Son volume annuel moyen écoulé est de 3,44 milliards de m^3. Le potentiel de la partie sénégalaise est concentré sur le haut bassin de la Gambie (15 500 ha dont 4 100 de plaines alluviales) et dans la zone de Kédougou (environ 5 000 ha de bas-fonds).

L'Anambé-Kayanga est constitué par la Kayanga, qui prend sa source en république de Guinée, et l'affluent-défluent Anambé, entièrement sénégalais. Les apports annuels au droit du barrage de l'Anambé sont de 102 millions de m^3 en moyenne, dont 80 % proviennent de la Kayanga. Les surfaces irrigables en aval de barrages sont estimées à 5 000 ha.

Le fleuve Casamance est constitué par deux parties distinctes : le bief continental, dont les écoulements annuels enregistrés à Kolda sont de l'ordre de 46 millions de m^3, et le bief maritime, caractérisé par de fortes concentrations en sel, souvent supérieures à 100 g/l depuis la fin des années 1970. L'affaissement des nappes d'eau douce, jusqu'à 10 m parfois, et le recul important de la pluviométrie interdisent tout contrôle naturel de l'intrusion saline dans les vallées adjacentes traditionnellement cultivées en riz. Les superficies sur lesquelles la lutte antisel

devrait être organisée pour maintenir et améliorer la pratique de l'agriculture représentent quelque 70 000 ha de vallées.

Les Niayes s'étendent de Dakar à Saint-Louis. L'irrigation y est pratiquée grâce aux eaux de la nappe phréatique peu profonde. Les risques de remontées salines sont importants dans certains endroits fortement sollicités. Pour la zone des Niayes, on estime le potentiel irrigable à près de 13 000 ha.

Le bassin arachidier abrite deux systèmes aquifères généralisés : le système aquifère intermédiaire de l'Eocène et du Paléocène et le système aquifère profond du Maestrichtien, avec des toits d'une profondeur moyenne de 80 m, pour le premier, et de 350 m, pour le second. Les niveaux statiques de ces nappes, qui sont captives ou libres selon les endroits, sont de 30 m pour le système intermédiaire et de 25 m pour le système profond. Le système aquifère intermédiaire est en situation de surexploitation dans la région du Cap-Vert, il en est de même du système profond en dehors du bassin sédimentaire. Le potentiel irrigable dans des conditions de rentabilité économique et financière est extrêmement limité.

Les vallées des cours d'eau temporaires (Ferlo, Sine, Saloum, Sandougou) sont dénommées vallées fossiles et sont créditées d'un potentiel de 75 000 ha, qui doit faire l'objet d'une confirmation, selon les études menées par le ministère de l'Hydraulique en 1999.

Sur un potentiel estimé à environ 400 000 ha de terres irrigables, les superficies ainsi aménagées, toutes formes de maîtrise de l'eau pour l'irrigation confondues, sont aujourd'hui estimées à un peu plus de 100 000 ha, répartis sur la vallée du fleuve Sénégal et ses dépendances hydrographiques (80 000 ha), la Basse et la Moyenne-Casamance (15 000 ha sécurisés contre l'intrusion saline), la nappe phréatique des Niayes (10 000 ha), la vallée de l'Anambé (4 180 ha), le Sénégal-Oriental (600 ha) et le bassin arachidier.

A côté de ces réalisations dont les performances techniques sont mitigées, les autorités mettent en œuvre d'importants programmes dans le domaine de la maîtrise de l'eau pour l'agriculture (bassins de rétention), en particulier le développement de la petite irrigation à l'échelle nationale.

Les eaux de surface

Les ressources en eau de surface exploitables sont estimées à 7 milliards de m^3 par an. Elles proviennent de trois cours d'eau pérennes, qui arrosent le pays du nord au sud : le fleuve Sénégal, la Gambie et la Casamance. Les deux premiers prennent leur source dans le Fouta-Djalon en Guinée.

Des cours d'eau temporaires ou fossiles participent à la satisfaction des besoins humains, animaux et agricoles : du nord au sud, le Ferlo, qui est relié au lac de Guiers, le Saloum et la Falémé, qui arrosent le centre-sud du pays. La Kayanga et l'Anambé assurent l'irrigation des aménagements hydroagricoles du bassin de l'Anambé dans le département de Vélingara.

L'exploitation de l'eau disponible est parfois complexe. En effet, il n'est pas toujours facile pour le gestionnaire d'arbitrer, d'une part, entre les besoins des hommes, des

animaux, des communes et des industries et, d'autre part, pour les cours d'eau internationaux, entre les Etats riverains.

Le fleuve Sénégal

Le fleuve Sénégal traverse quatre pays, la Guinée, le Mali, le Sénégal et la Mauritanie, qui participent à sa mise en valeur dans le cadre de l'OMVS. La dénivellation entre Bakel et Saint-Louis n'étant que de quelques mètres, sa pente générale est très faible et son lit mineur divague, décrit des méandres et se déplace après chaque crue, ce qui pose de graves problèmes quand il sert de frontière entre les pays. En fonction de la quantité de pluies tombées sur le Fouta-Djalon, son débit varie beaucoup, passant de plus de 1 000 m^3/s en période de crue à quelques m^3/s en période d'étiage, pendant laquelle l'eau de mer arrivait à remonter jusqu'à Podor avant la réalisation du barrage de Diama.

En période de crue, l'eau déborde du fleuve, inonde son lit majeur et se retire au bout d'un temps variable (souvent plus d'un mois) selon les caractéristiques de la pluviosité de l'année. Les cultures de décrue sont semées sur des sols saturés, à forte rétention en eau, au fur et à mesure que le fleuve se retire. Ces cultures vivent sur la réserve hydrique du sol, sans irrigation jusqu'à leur récolte. La superficie ainsi cultivée traditionnellement est très importante, de l'ordre de 100 000 ha.

Le lac de Guiers

Au niveau du pont de Richard-Toll, le lac de Guiers est alimenté à partir du fleuve par l'intermédiaire de la Taouey, ancien affluent-défluent, sinueux à l'origine, rectifié ensuite. Certains hydrogéologues ont émis l'hypothèse d'une alimentation souterraine à partir de l'inféroflux du fleuve et du Ferlo, sans laquelle le lac serait vide à certaines périodes de l'année.

Cette étendue d'eau, peu profonde, constitue cependant une réserve importante à la fois pour l'alimentation en eau de Dakar, pour l'abreuvement du bétail et pour l'irrigation de la canne à sucre de la Compagnie sucrière sénégalaise (CSS) à Richard-Toll. Dans le cadre du projet du canal du Cayor, le Sénégal bénéficie encore d'un quota de prélèvement d'un débit de 22 m^3/s à partir du fleuve Sénégal.

La Casamance

La Casamance est un fleuve entièrement sénégalais. Du fait de sa longueur limitée (370 km), son débit est faible par rapport au fleuve Sénégal et à la Gambie. Ce faible écoulement explique l'incursion de l'eau marine jusqu'en amont de Sédhiou, où un barrage antisel bloque actuellement la remontée salée. Ce barrage a été construit en 1996 au droit de Diopcounda, sur une initiative locale.

Le delta, ou Basse-Casamance, très étendu et à pente très faible, est constitué d'un enchevêtrement de chenaux tortueux, les bolons, ou bolongs, dont l'écoulement change de sens deux fois par jour en fonction de la marée (Dacosta, 1989). L'eau saumâtre, chargée de limon, et le sol assez sableux, sulfaté acide, souvent sodique et toujours saturé, permettent le développement d'arbustes bien adaptés avec un système racinaire aérien qui leur permet de capter l'oxygène et le gaz carbonique de l'air : les palétuviers.

Le fleuve Gambie

La Gambie, qui prend sa source dans le Fouta-Djalon, traverse trois pays : la Guinée, le Sénégal et la Gambie. Elle pénètre au Sénégal dans une zone proche de Kédougou, arrose le parc Niocolo-Koba puis quitte le Sénégal à la hauteur de Fatoto pour entrer en Gambie à 400 km de la mer. Banjul, la capitale de la Gambie se trouve sur la rive gauche de l'embouchure du fleuve.

La pente générale étant très faible, le fleuve décrit de nombreux méandres entre Kédougou et la mer. Il est situé en zone humide à climat peu contrasté. Ses crues sont fortes en hivernage, mais en étiage le débit de base reste assez important car alimenté par des nappes abondantes et bien fournies. Aussi, les barrages de régularisation et de stockage ont moins de raison d'être qu'avec le Sénégal.

L'OMVG, qui regroupe la Guinée, le Sénégal, la Gambie et la Guinée-Bissau, a retenu des projets d'aménagement dans la partie supérieure du cours inférieur, en particulier la construction de barrages hydroélectriques. Ces aménagements auront en outre pour rôle de maîtriser les crues du fleuve, qui occasionnent parfois des dégâts aux exploitations agricoles irriguées à partir de la Gambie.

La valorisation des ressources en eau du fleuve est assujettie à des contraintes techniques. En effet, la Gambie offre un enjeu relativement moins important pour le Sénégal. La haute vallée, qui dispose d'importantes ressources en eau, est peu favorable aux aménagements hydroagricoles : le relief exige des travaux de planage coûteux et la zone, très boisée, doit être déboisée et défrichée avant tout aménagement. Le coût de l'hectare aménagé y est donc nettement supérieur à celui des autres régions du pays. De plus, la région étant éloignée, isolée et peu peuplée, le transport des produits agricoles est difficile et coûteux, et l'autoconsommation, faible.

La Kayanga

Ce cours d'eau prend sa source en Guinée, coule vers le nord, fait une incursion dans la partie est de la région de Kolda, coule en direction sud et se retrouve de nouveau en Guinée-Bissau. Le débit de son cours inférieur est loin d'être négligeable. Les apports du marigot de l'Anambé sont estimés à 25 % des écoulements de la Kayanga à Niapo (Etudes de l'aménagement hydroagricole du bassin de l'Anambé, 1993).

Les disponibilités en eau dans la cuvette sont tributaires de la forte variabilité des écoulements interannuels et annuels de l'Anambé, ce qui n'est pas favorable à la double culture dans les zones aménagées du bassin. Le supplément d'eau apporté par le barrage confluent ne règle pas le problème puisque la Kayanga est affectée par la même variabilité de ses écoulements.

Le Ferlo, le Saloum et les autres cours d'eau

Le Ferlo était un défluent du fleuve Sénégal qui, dans les années 1950, reliait le fleuve dans les régions de Matam et de Bakel au lac de Guiers au niveau de Keur Momar Sarr. Avec la sécheresse des années 1950, le Ferlo s'est asséché. Les autorités, craignant que le lac ne se vide dans le Ferlo, ont construit un barrage à Keur Momar Sarr : la digue de Mérinaguène. Après les aménagements de l'OMVS

sur le fleuve, dont le débit à Matam devient plus important, le ministère chargé de l'Hydraulique a envisagé la remise en eau du Ferlo afin de recharger la nappe du Maestrichtien pour favoriser l'élevage (abreuvement du bétail, développement de prairies naturelles), augmenter la ressource piscicole et irriguer de petites superficies agricoles.

Dans les régions centrales — Louga, Diourbel, Fatick et Kaolack — coulent abondamment les marigots du Sine et du Saloum. Leurs débits, assez limités, n'arrivent pas à lutter contre la remontée marine. Le Sine et le Saloum ont des écoulements temporaires et, dans leur cours aval, l'eau est très salée. Dans le delta qui se trouve près de Fatick et de Kaolack, le sel est exploité. Pendant les années humides, des aménagements hydroagricoles étaient réalisés à Fatick, dans le Bao-Bolon, où quelques dizaines d'hectares étaient cultivés en riz. Actuellement, quelques petits aménagements subsistent à l'est de Koungheul. Dans son cours supérieur, le Saloum participe à l'approvisionnement des villages en eau domestique.

Dans la partie proche de la côte de la région de Fatick coulent deux petites rivières permanentes, la Néma et la Djikoye. Ces marigots constituent des zones à forts potentiels pour l'exploitation agricole des eaux de surface. Des projets d'aménagement hydroagricole en petite irrigation sont en cours.

Les eaux souterraines

Dans les deux tiers du pays, le bilan pluie-évapotranspiration potentielle (ETP) est positif en année moyenne. Les eaux excédentaires ruissellent, s'évaporent, s'infiltrent et rejoignent la nappe. On distingue des nappes phréatiques libres, des nappes perchées, souvent temporaires, et des nappes captives. Du nord au sud, on rencontre les nappes suivantes.

La nappe du Nouakchottien, au nord, s'est constituée à la suite de plusieurs transgressions et régressions marines au Quaternaire. L'eau de mer est piégée dans le delta du Sénégal, où, par évaporation progressive, elle se concentre et devient deux fois plus salée que l'eau de mer, avec 60 g/l de sel, contre 33 g/l pour l'eau de l'Atlantique. Sa profondeur varie avec les pluies et surtout l'irrigation des cultures : en moyenne, son niveau statique se trouve à 2 m de profondeur.

Au nord, la nappe du Maestrichtien, plus profonde, couvre presque tout le pays. Captive dans sa partie centrale, elle affleure à l'est, où elle est alimentée par les pluies et par les crues du fleuve Sénégal. Dans sa partie nord, elle est captive et dès que le toit de l'aquifère est atteint, le niveau remonte de 50 m en moyenne à environ 20 m, avec un débit important, caractéristique des nappes captives. L'eau légèrement sodique et chlorurée par endroit (zone de Bambey) pose des problèmes pour l'irrigation.

Au centre-nord, dans la zone centrale, on rencontre la nappe libre des calcaires du Lutétien entre 20 et 10 m de profondeur, puis la nappe du Maestrichtien plus profonde, entre 40 et 60 m. Le débit du Lutétien est très variable : comme dans tout écoulement karstique, si l'on a la chance de rencontrer une grosse fissure, le débit peut être important et atteindre 50 à 80 m^3/h pour des niveaux dynamiques de pompage limités à 50 m de profondeur pour des raisons économiques. L'eau est

calcaire et chargée à 1,5 g/l de sel. Elle doit être utilisée avec précaution surtout sur des sols sableux à faible pouvoir tampon : utilisation d'engrais acides et d'engrais verts, pulvérisation de chélates de fer et de molybdène. Le débit du Maestrichtien est plus élevé (supérieur à 100 m^3/h) mais l'eau est sodique. Des précautions doivent être prises pour permettre son utilisation agricole : aspersion à proscrire sur les sols sableux de la zone, seul le goutte-à-goutte à doses fractionnées est à préconiser, avec la nécessité d'appliquer des amendements calciques (phosphogypse, chaux, coquillages concassés). A Bambey, la SONEES (Société nationale d'exploitation des eaux du Sénégal) a résolu avec succès l'approvisionnement en eau de la ville, en mélangeant l'eau calcaire du Lutétien avec celle, chlorurée et sodique, du Maestrichtien à partir de deux forages voisins alimentant un seul château d'eau.

Au centre-nord, sur le littoral atlantique, on trouve les nappes superficielles des Niayes (mares temporaires alimentées par les pluies), dont le niveau coïncide avec celui, plus profond, des sables des Niayes en saison des pluies et qui alimentent cette dernière en saison sèche. L'eau est à 2 à 3 m de profondeur et de bonne qualité pour l'agriculture. Vient ensuite la nappe des sables, sables des Niayes sur le littoral nord, sables quaternaires aux environs de Dakar et Pikine (nappe de Thiaroye). Le niveau hydrostatique de la nappe des sables des Niayes correspond à celui du Lutétien (20 à 30 m), le débit est nettement plus élevé (100 à 150 m^3/h). Les grands maraîchers exploitent cette nappe. L'exploitation de la nappe des sables quaternaires est rigoureusement interdite à cause de sa surexploitation, qui risque de mettre en danger l'agglomération dakaroise. La nappe du Maestrichtien est plus profonde (100 à 150 m avec un niveau statique à 50 m). Son eau est chaude et surtout chargée d'oxyde ferreux, ce qui pose des problèmes de pompage (corrosion des crépines) et d'irrigation au goutte-à-goutte (obstructions par dépôt d'oxyde ferrique).

Au centre-nord à l'est, on trouve l'inféroflux du fleuve en surface, tout proche de la nappe du Maestrichtien, qui affleure à certains endroits. Ces deux aquifères sont alimentés par l'eau du fleuve, par infiltration et par débordement en période de crue. L'eau est de bonne qualité domestique et agricole.

Au centre-sud, la nappe du Pliocène, d'une profondeur de 20 à 30 m, correspond au Lutétien. Son eau est de bonne qualité agricole mais chargée en fluor, donc interdite à la boisson, surtout pour les enfants. Quelques nappes perchées temporaires du Sine-Saloum ont une importance limitée.

A l'extrême sud, en Casamance, les nappes du Paléocène et du Miocène, d'une profondeur de 20 à 30 m, sont exploitées pour les besoins domestiques. Leur utilisation agricole est très limitée car coûteuse, peu rentable et surtout concurrencée par les pluies et les eaux de surface.

Le tableau II récapitule l'ensemble des ressources en eau souterraine en termes de potentialités et de niveau d'utilisation.

La qualité des eaux souterraines

L'eau souterraine est filtrée à travers le sol et le sous-sol. De ce fait, elle est relativement moins polluée par les résidus organiques ou bactériens que l'eau de surface. Néanmoins, elle peut être chargée de sels dissous toxiques pour les humains, les animaux et les cultures.

Tableau II. Potentialités et niveau d'utilisation des ressources en eau souterraine (SGPRE, 1994).

	Capacité (m^3/j)	Prélevé (m^3/j)	Disponible (m^3/j)
Aquifères majeurs			
Fleuve Sénégal	140 000	faible	100 000
Cayar à Saint-Louis	115 000	70 000	45 000
Cayar à Dakar	45 000	45 000	0
Nappe infrabasaltique	15 000	18 000	0
Lentilles Saloum	4 000	faible	4 000
Lentilles Casamance	5 000	faible	5 000
Miocène en Casamance	105 000	5 000	100 000
Eocène (Louga, Bambey)	14 000	faible	14 000
Paléocène (Pout, Sébikotane, Mbour)	58 000	59 000	0
Maestrichtien			
– Nappe profonde	700 000	70 000	630 000
– Zone d'alimentation	420 000	faible	400 000
Aquifères mineurs			
Socle (arène, fissure)	50 000	faible	50 000
Eocène (est Louga, Bambey)	50 000 ?	faible	faible
Paléocène (est Cayar)	20 000 ?	faible	faible
Diverses formations supérieures	très faible	très faible	très faible

Les eaux sodiques

La nappe du Maestrichtien, dans sa zone centrale délimitée par les parallèles passant par Thiès à l'ouest et Tambacounda à l'est, a une eau chlorurée et surtout sodique. Cette eau, qui contient 1 g/l de sel, convient à l'alimentation humaine. Pour l'agriculture, le sodium disperse les éléments fins du sol, détruit sa structure et le rend imperméable : l'eau ne s'infiltre plus, reste en surface, les racines manquent d'eau, la solution du sol se concentre en sel. Les cultures de tomates meurent en quelques jours avec une irrigation par aspersion, qui rend le sol battant, et tiennent 4 à 5 semaines avec une irrigation au goutte-à-goutte. Des essais en laboratoire, où plusieurs produits ont été testés en pots (phosphogypse, engrais vert de mil, engrais vert d'arachide, chaux, coquillages concassés, fleur de soufre), et des expérimentations sur le terrain ont permis de recommander le phosphogypse à la dose de 10 t/ha tous les 3 ans : les rendements en tomates sont alors de 30 à 40 t/ha en micro-irrigation. Compte tenu du coût négligeable du phosphogypse, sous-produit des phosphates de Taïba, le calcul économique montre l'intérêt de cette solution à condition de cultiver des espèces très rentables (cultures vivrières à exclure).

Les eaux ferrugineuses

La nappe du Maestrichtien, dans la zone du littoral nord, a une eau chaude et surtout ferrugineuse. A Cayar et à Taïba, l'eau pompée à 100 m de profondeur est ferrugineuse. Le fer est dissous dans l'eau, mais sous l'effet du pompage, les barbotages précipitent les oxydes ferriques, qui colmatent les crépines des pompes. Certains vergers irrigués en micro-irrigation ont vu leurs goutteurs complètement bouchés au bout d'un mois. Il est préconisé d'utiliser les polyphosphates injectés dans le forage pour empêcher le colmatage des crépines et d'adopter l'irrigation à la raie ou par bassin. L'aspersion doit être évitée car, si les asperseurs ne se bouchent pas, le fer déposé en couche rougeâtre à la surface des feuilles en diminue l'activité photosynthétique.

Les eaux fluorées

La teneur en fluor de la nappe du Pliocène dans la région de Kaolack dépasse la norme autorisée. Elle est interdite à la consommation surtout pour les enfants, mais ne pose pas de problèmes en agriculture.

Les eaux très salées

Dans le delta du Sénégal, l'eau de la nappe du Nouakchottien est deux fois plus salée que l'eau de mer. Son utilisation agricole est impossible, et il faut s'assurer que la nappe ne remonte pas dans la zone racinaire des cultures. Des précautions doivent être prises : système de drainage profond pour le rabattement de la nappe, complété s'il le faut par des drains enterrés et irrigation excédentaire pour maintenir le mouvement descendant de l'eau dans le sol.

Les eaux calcaires

La nappe du Lutétien a une eau chargée de sels de calcium dissous (1,5 g/l, pH 7,5). Elle peut être consommée et utilisée en irrigation. Des précautions sont à prendre pour les cultures pérennes et les vergers : le sol dior à 4 % d'argile, prédominant dans la zone, a un pouvoir tampon très faible. Irrigué avec l'eau du Lutétien à pH 7,5, le sol atteint un pH du 9 à 9,5 en 3 semaines environ. Ce pH entraîne le blocage dans l'alimentation en fer et en molybdène des cultures. Il est alors nécessaire d'utiliser des fumiers et des engrais acides (sulfate d'ammonium à la place de l'urée, par exemple) avec une pulvérisation de chélate de fer (Séquestrène).

L'exploitation des ressources

Les principaux utilisateurs

Au Sénégal, les conflits liés à l'utilisation de l'eau ne sont pas fréquents parce que l'habitat est dispersé et que les besoins sont rarement exacerbés par la pression démographique ou industrielle. De plus, le code de l'eau en fixe les modalités d'utilisation. En général, la priorité est accordée à l'alimentation des hommes et, par ordre décroissant, à la consommation des animaux, à l'industrie, au tourisme, à l'agriculture et à la protection de l'environnement.

La priorité donnée à l'industrie peut s'expliquer par le fait que l'industrie est facilement solvable et capable de payer l'eau au prix fort, ce qui permet de rentabiliser rapidement les investissements de départ. Ce raisonnement a été admis lors de la répartition des quotas d'utilisation de l'eau du barrage de Manantali, où la priorité a été donnée aux projets de production et de vente d'énergie électrique. La dernière place de la protection de l'environnement s'explique par le fait que celle-ci est considérée, peut-être à tort, comme accessoire et peu urgente.

LES AMÉNAGEMENTS ET L'EXPLOITATION DES EAUX DE SURFACE

Les aménagements sur le fleuve Sénégal

Les aménagements du fleuve, réalisés dans le cadre de l'OMVS, visent à remédier aux contraintes précitées tout en gardant les avantages du système. Ils comprennent plusieurs ouvrages.

Le barrage de Manantali, au Mali, est situé sur le cours supérieur du fleuve. Il a pour fonction de stocker l'eau et de régulariser l'écoulement par des lâchers contrôlés pour maintenir un débit nominal à Bakel de 300 m^3/s durant toute l'année. Les lâchers contrôlés au niveau de Manantali permettent de créer des crues artificielles afin de sauvegarder les cultures de décrue et de préserver les biotopes du Oualo dans le lit majeur.

Le barrage antisel à Diama, dans le delta, peut s'ouvrir en hivernage pour laisser passer le débit excédentaire et se fermer en étiage pour empêcher la langue salée de remonter dans le fleuve. Il permet ainsi d'irriguer les cultures de contre-saison, mais aussi d'approvisionner en eau douce les hommes et le bétail du delta et de la moyenne vallée. L'aménagement des périmètres irrigués avec une maîtrise totale de l'irrigation permet la double culture annuelle.

Le système d'adducteurs et d'émissaires dans le delta et la moyenne vallée est en cours de réalisation ou de financement dans le cadre des schémas hydrauliques, qui doivent à terme être mis en place (Plan de développement intégré de la rive gauche du fleuve Sénégal, PDRG).

Les terres agricoles sont en général aménagées sur le lit majeur suivant le schéma habituel : digue de protection, station de pompage électrique alimentant le réseau d'irrigation. L'eau de colature et de drainage chargée d'engrais et de pesticides est évacuée, naturellement ou par pompage, dans le fleuve ou vers des dépressions naturelles. L'inconvénient de ce schéma est évident : le double pompage (irrigation et exhaure) et, à terme, la pollution de l'eau du fleuve qui va en augmentant vers l'aval. Les périmètres étant en chapelets le long de la vallée et chacun rejetant l'eau polluée dans le fleuve, cette eau est reprise ensuite pour irriguer le périmètre plus à l'aval et ainsi de suite.

L'exploitation des eaux du fleuve

Les eaux du fleuve sont exploitées pour l'approvisionnement des villes et villages disséminés le long du cours d'eau et dans le delta depuis la construction du barrage de Diama. Grâce à ces aménagements, la ville de Saint-Louis est mieux desservie.

L'alimentation du bétail est également mieux assurée car les nouveaux aménagements des périmètres prévoient l'accès du bétail aux points d'eau. Le problème qui subsiste est celui de la coexistence entre les cultures et le bétail, qui a tendance à divaguer et à causer des dégâts aux cultures.

Les besoins de quelques industries sont satisfaits sans aucune difficulté. Les usines de tomate industrielle de Savoigne et de Dagana fonctionnent à partir du fleuve, l'usine sucrière de Richard-Toll utilise l'eau du canal principal A desservi par pompage dans la Taouey.

Mais l'eau du fleuve est surtout utilisée pour l'agriculture irriguée depuis la réalisation des aménagements. Les systèmes de culture pratiqués sont variés, du fait de la longueur de la vallée (600 km entre Bakel et l'embouchure) et surtout de la grande diversité des climats (pluviométrie de 200 à 1 000 mm et plus de 2 degrés de différence de latitude).

Il est à noter que, dans le delta, la présence d'une nappe du Nouakchottien peu profonde et deux fois plus salée que l'eau de mer, avec des sols parfois salés, ne pose pas trop de problèmes pour la riziculture irriguée (Ceuppens et Kane, 1997). En revanche, pour la culture de la canne à sucre à Richard-Toll, il est nécessaire de rabattre la nappe salée par un système de fossés ouverts espacés de 400 m environ, associé à un réseau de drains enterrés espacés de 10 à 20 m là où le sol est salé. L'irrigation gravitaire à la raie est adoptée pour faciliter le drainage et le lessivage des sols. La mise en valeur de ces sols lourds d'argile montmorillonitique est assez délicate, et les producteurs préfèrent de plus en plus aménager les sols sableux de diéri sur la bordure du lac de Guiers et sur les dunes dans le delta pour irriguer les cultures au pivot et au goutte-à-goutte.

Dans la moyenne et la haute vallée, la riziculture irriguée en casier domine. Avec la maîtrise totale de l'eau, la double culture est pratiquée mais la culture de contre-saison pose souvent des problèmes de protection contre les oiseaux, qui ne sont toujours pas résolus malgré les nombreuses techniques expérimentées.

Les aménagements sur la Casamance et ses affluents

La mise en valeur des vallées de la Casamance, notamment dans la partie aval de son cours, dépend de la nature des sols (Montoroi, 1996). Le principe des aménagements consiste à submerger les terres d'eau douce pour pratiquer un lessivage permanent.

Les barrages à écluses antisel des basses vallées soumises à l'intrusion marine visent à maintenir les sols de mangrove inondés, y compris pendant la saison sèche, et à les lessiver avec les pluies d'hivernage. Le barrage à écluses qui ferme le lit majeur du bolong est équipé de vannes pivotantes. Celles-ci peuvent être maintenues fermées, ouvertes ou libres. Au début de la saison des pluies, les premières pluies lessivent les sols : la vanne est ouverte dans un sens pour évacuer les eaux de lessivage et empêcher les eaux de la marée haute de pénétrer. Le riz est repiqué sur billon (billon *diola*). Des amendements calciques (coquillages concassés, phosphogypse, chaux...) sont préconisés pour favoriser la perméabilité des sols sodiques et accélérer leur lessivage. Durant la saison des pluies, la vanne est maintenue fermée pour stocker les eaux de pluie et de ruissellement, qui peuvent servir d'irrigation de complément quand les pluies sont insuffisantes ou quand la saison des pluies se termine trop tôt et ce, jusqu'à la

récolte. Au début de la saison sèche, la vanne est maintenue pivotante dans le sens de l'entrée pour faire pénétrer le maximum d'eau encore assez douce du bolong et la garder suffisamment longtemps dans le lit majeur. Du milieu jusqu'à la fin de la saison sèche, la vanne est ouverte pour permettre le passage dans les deux sens en fonction des marées et la saturation permanente des sols avec l'eau saumâtre du marigot.

Le barrage à écluses de Guidel a été construit pour tester la résistance du matériau et surtout pour déterminer les modalités de fonctionnement des vannes pivotantes. L'ISRA y a mené un programme de recherche multidisciplinaire afin de suivre l'évolution des sols, de la flore (palétuviers, forêt...) et de la faune (poissons et crevettes) avec et sans barrage, en amont et en aval du barrage. Les premiers résultats indiquent que le barrage provoque l'accumulation des matières organiques à l'amont et favorise le développement de la végétation, des crevettes et de certains types de poisson.

Après Guidel, plus d'une trentaine de barrages à écluses ont été construits en Basse-Casamance. Ils ont servi de route de desserte pour désenclaver la Basse-Casamance, principalement en hivernage, et ont, à ce titre, beaucoup intéressé la population. En revanche, peu de barrages ont été aménagés en aval pour l'agriculture.

L'Opération riz est chargée, avec l'aide de l'USAID (United States Agency for International Development), de la promotion de la riziculture puis du développement rural de la Basse-Casamance. Dans les années 1990, une cinquantaine de petits barrages ont été aménagés en Basse-Casamance, en Moyenne-Casamance et même dans certains affluents du fleuve Gambie (Kandion Mangana), dans le cadre du projet de gestion de l'eau dans la zone sud. Ces aménagements se composent de digues en terre équipées de vannes en fibre de verre. Ils comprennent une digue antisel et une ou plusieurs digues de rétention (désalinisation, protection) ayant pour rôle d'améliorer l'alimentation hydrique de la riziculture. Les rendements de paddy obtenus avec engrais ont atteint 3 t/ha (Wade et Faye, 1995).

Dans les hautes et moyenne vallées, la disponibilité en eau douce en toute saison permet d'irriguer les cultures, en particulier le riz. Les aménagements sont souvent simples : déboisement des terres, tracé du réseau de distribution par gravité, planage des casiers. L'eau est fournie par pompage dans le fleuve avec une conduite d'amenée jusqu'au périmètre.

L'exploitation des eaux de la Casamance

La Casamance fournit une petite partie de l'eau de consommation aux hommes et aux animaux dont l'habitat se trouve en bordure du fleuve. Les nappes aquifères, bien alimentées et peu profondes dans la région, assurent la majeure partie de cet approvisionnement. Les besoins industriels sont quasi inexistants.

L'agriculture, en revanche, consomme la quasi-totalité de ces ressources. En Basse-Casamance, avant les années de sécheresse, les femmes diolas cultivaient le riz dans les sols salés de mangrove, potentiellement sulfatés acides, sur des billons larges, assez espacés, confectionnés avec le *kadiando,* sorte de *daba* (bêche) à lame large. Contrairement à l'usage qui veut que le sel soit concentré sur le billon, avec cette pratique le sol du billon est moins salé que celui du sillon. En

effet, dans ce milieu, grouillent toutes sortes de petits crustacés, d'insectes aquatiques et de petits poissons, qui creusent dans le corps du billon des galeries. Ces galeries permettent à l'eau de circuler régulièrement et de lessiver ainsi le sol. Les rendements moyens obtenus sont de 1 à 1,5 t/ha.

Durant les années de sécheresse, les agriculteurs montaient sur le plateau, en zones exondées, pour cultiver des tubercules ou des cucurbitacées sur les *tanns* herbeux, ou pour récolter le sel sur les *tanns* à « moquette ».

Les ressources halieutiques et piscicoles sont plus importantes que dans le reste du pays : la pèche et l'élevage des crevettes sont florissants, les poissons sont abondants. Malheureusement, ces ressources restent sous-exploitées du fait des difficultés de transport vers les zones de consommation (enclavement de la zone de production, éloignement des zones de consommation situées au nord de la Gambie, transports longs et coûteux).

Les aménagements sur la Kayanga et son affluent l'Anambé

Deux barrages, auxquels il faut ajouter le seuil du pont de Kounkané, ont été construits sur le système Kayanga-Anambé. Il s'agit des barrages Confluent et Niandouba, du seuil de Kounkané. Ces ouvrages sont complétés à l'intérieur de la cuvette par un schéma hydraulique, qui permet de distribuer l'eau aux périmètres irrigués.

Le barrage Confluent est situé juste après la confluence de l'Anambé et de la Kayanga. Il permet de bloquer l'écoulement des eaux de la Kayanga pour remplir la cuvette de l'Anambé. Il crée ainsi une retenue d'une capacité de 59 millions de m^3 pour sécuriser les cultures dans la cuvette pendant la saison des pluies. C'est dans ce réservoir que se développent les activités de pêche tandis qu'il fournit les eaux nécessaires aux vergers et jardins maraîchers tout autour.

Le barrage de Niandouba est nécessaire pour assurer l'approvisionnement du bassin de l'Anambé, le barrage Confluent ne suffisant pas à couvrir les besoins en eau des cultures. Ce réservoir retient un volume total maximal de 85 millions de m^3 d'eau. Il stocke l'eau pendant la saison des pluies pour fournir le complément nécessaire à la sécurisation des cultures de contre-saison dans la cuvette de l'Anambé. Il permet de développer la pêche continentale dans la retenue, et cela en toute saison. Il contribue à la recharge des nappes phréatiques et souterraines en vue de l'alimentation humaine et animale.

Le seuil du pont de Kounkané est un seuil noyé qui bloque l'écoulement de l'eau en saison sèche. Son volume est de 25 millions de m^3. Il permet actuellement des cultures de contre-saison.

Il faut signaler la construction prochaine d'un autre ouvrage, en amont de celui de Niandouba, à Vélingara Pakane, qui entre dans le cadre de la petite irrigation villageoise.

Les aménagements hydroagricoles se composent de divers ouvrages et équipements de pompage servant au prélèvement, au transport et à la distribution de l'eau d'irrigation dans la plaine aménagée. Des stations de pompage permettent de relever l'eau pour dominer les parcelles aménagées.

L'exploitation des eaux de la Kayanga et de l'Anambé

La valorisation des ressources en eau de cette zone a débuté avec le programme de construction des barrages Confluent, en 1984, et Niandouba, en 1998, qui devaient permettre de mettre en valeur, en double culture, 16 000 ha de terres.

Dans le bassin de l'Anambé, le système d'utilisation de la ressource est dominé par la riziculture. Les prévisions d'aménagement ont été ramenées à 5 000 ha, avec une intensité culturale de 1,6. Sur ce total, 4 180 ha ont été réalisés. Les activités se déroulent selon un calendrier cultural simple : une mise en valeur en hivernage, de juin à octobre, et en contre-saison, de décembre à avril.

Le développement des cultures irriguées dans les zones pluvieuses est difficile. En effet, elles entrent en compétition avec des activités pluviales permettant la culture du cotonnier comme dans le bassin de l'Anambé, dans un contexte agroécologique présentant de faibles risques (sud du Mali et nord de la Côte d'Ivoire, par exemple). La culture du cotonnier, dont la commercialisation est bien souvent sécurisée, permet en effet aux producteurs de minimiser les risques tant pour leur revenu que pour leur sécurité alimentaire. La pratique de l'irrigation dans ces conditions exige une nouvelle stratégie, qui comporte une certaine prise de risques pour des productions comme le riz, dont la commercialisation n'est pas toujours assurée. Elle entraîne aussi une implication plus poussée dans l'économie de marché pour assurer le paiement des intrants nécessaires à l'intensification et des charges liées à l'irrigation.

LES AMÉNAGEMENTS ET L'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES

Les eaux souterraines requièrent des ouvrages de captage, d'exhaure et de distribution.

Le captage

Le choix des ouvrages de captage dépend des caractéristiques de l'aquifère : profondeur, sous-sol traversé, débit exploitable, niveau dynamique de pompage, nature de l'eau.

Au Sénégal, l'ouvrage le plus simple est la céane : un couloir creusé en pente douce dans le sable pour atteindre la nappe. Le maraîcher y descend avec un seau ou un arrosoir, qu'il remonte rempli pour arroser ses planches de légumes. Ce type d'exploitation est très répandu dans la zone périurbaine de Dakar, dans les grandes villes traversées par des cours d'eau (Casamance et ses affluents, vallées du Sine et du Car-Car) et sur le littoral nord. L'ouvrage le plus compliqué est probablement le forage-puits, composé d'un puits et d'un forage côte à côte, communicant par une conduite horizontale, contrairement au puits-forage, qui consiste à creuser un forage dans l'axe du puits afin d'exploiter les forts débits des nappes captives.

L'exhaure

L'exhaure de l'eau est également d'un coût élevé : le matériel de pompage et les dépenses d'énergie pour élever l'eau reviennent cher, vu le coût sans cesse croissant du pétrole. La recherche a expérimenté divers systèmes d'exhaure avec des résultats intéressants.

L'exhaure animale consiste en une paire de bœufs qui avance suivant un trajet rectiligne (contrairement au manège à trajet circulaire) simultanément pour faire descendre un seau vide et remonter un seau rempli d'eau, grâce à un système de câbles et de poulies. Ce type d'exhaure permet de relever 3 à 4 m^3/h pour des profondeur de 15 à 20 m. Il convient aux petites exploitations agricoles en zone centre-sud. Il impose un diamètre du puits supérieur à 2 m.

La pompe manuelle Guéroult, ou pompe à pédale, est une pompe tubulaire à clapet antiretour, composée d'un cylindre et d'un piston relié à la surface par des tringles métalliques. Les mouvements du piston sont assurés soit par un balancier manuel, soit par des pédales. La capacité est d'environ quelques centaines de litres à l'heure pour des profondeur de 10 à 15 m. A usage domestique, cette pompe a reçu un accueil enthousiaste de la population dans la zone centre-nord et le Ferlo. Elle convient aux puits de faible diamètre. Au Burkina Faso, où des tentatives d'adaption à la motricité animale ont été réalisées, elle est connue sous le nom de pompe Nafa et largement employée dans la petite irrigation villageoise.

Pour les pompes à moteurs thermiques ou électriques, une expérimentation réalisée à la ferme irriguée de Bambey a permis de comparer trois systèmes : la pompe électrique alimentée par l'électricité du réseau de la commune, la pompe électrique alimentée par un groupe électrogène et la pompe à axe vertical actionnée par un moteur diesel. Les résultats ont montré que si la solution électrique est commode d'utilisation, le pompage thermique est le plus durable et le plus économique, suivi par le groupe électrogène. Mais bien entendu, le choix doit prendre en compte les caractéristiques du forage et le débit exploitable.

Deux pompes solaires à piles photovoltaïques, Solarex et Solar Power, ont été testées sur la ferme irriguée de Bambey pendant trois ans, sans pannes. Cependant, leurs rendements sont faibles (4 à 5 % de la puissance en crête, normal pour des piles en silicium monocristallin) et diminuent en cas de vents de sable ou quand les panneaux sont sales ou couverts de sable (nettoyages hebdomadaires nécessaires). Autre point faible : l'électricité provenant des panneaux actionne le moteur à courant continu de la pompe centrifuge. Les balais du collecteur s'usent vite et doivent être changés une fois par an. Les pompes solaires conviennent bien aux conditions d'habitat dispersé, où l'approvisionnement en combustible ou en électricité est difficile et où les besoins réduits entraînent de faibles puissances de pompage. Le principal inconvénient réside dans le coût élevé de l'équipement : le kilowatt solaire coûte dix fois plus cher que le pompage thermique. Des progrès importants peuvent cependant être espérés : le silicium monocristallin de rendement faible (5 %) et de fabrication peu efficiente (perte dans le découpage des pastilles) pourra être remplacé avantageusement par du silicium polycristallin (verre amorphe) et surtout par l'arséniure de gallium de rendement nettement meilleur (15 à 17 %).

L'université de Dakar a expérimenté puis vulgarisé dans la zone du littoral une trentaine de pompes éoliennes à axe vertical, de type Savonius, de fabrication locale (fût de 200 l coupé en deux) et d'un coût de revient intéressant. Dans la zone des Niayes, où les vents sont réguliers, ce système est intéressant pour relever l'eau des nappes peu profondes. Mais le manque de suivi et surtout la concurrence des aérogénérateurs de type Aérowatt expliquent son abandon progressif. Le programme de développement des énergies renouvelables de l'Union européenne a financé l'installation d'un grand nombre d'aérogénérateurs et de pompes photovoltaïques le

long du littoral et en bordure du delta du fleuve Sénégal. De nombreux points d'eau sont équipés à la fois d'aérogénérateurs, de pompes solaires et d'électricité de ville, qui se relayent pour assurer un approvisionnement continu en l'eau domestique.

Comme les besoins fluctuent au cours de la journée, il est indispensable de stocker l'eau avant de la distribuer, pendant plusieurs jours pour l'eau potable ou moins d'une journée pour l'eau d'irrigation. Le réservoir peut être placé au-dessus du sol ou au niveau du sol, dans ce cas la distribution nécessite souvent un pompage de reprise. Le CNRA (Centre national de recherches agronomiques) de Bambey a breveté deux modèles d'agglomérés autocoffrants, qui permettent de construire, rapidement et pour de faibles coûts, des bassins et réservoirs d'eau au niveau du sol ainsi que des greniers à grains. Tous ces équipements ont été expérimentés avec succès à la ferme irriguée de Bambey. La distribution se fait souvent à la demande dans le réseau d'eau potable et au tour d'eau dans les réseaux d'irrigation.

La gestion des ressources en eau

La gestion à l'échelon national

A l'échelon national, le ministère de l'Agriculture, de l'hydraulique et de l'élevage est chargé de la gestion des ressources en eau. Il comprend des services rattachés et des directions centrales, dont la Direction de la gestion et de la planification des ressources en eau (DGPRE), la Direction du génie rural, des bassins de rétention et des lacs artificiels et la Direction de l'hydraulique. Ces directions sont chargées de la mise en œuvre de programmes et de projets portant sur l'exécution, la réalisation et le contrôle des aménagements. La Direction de l'exploitation et de la maintenance a un rôle de promotion et d'appui. Elle est notamment chargée de l'entretien et du renouvellement des installations et des équipements d'hydraulique et d'assainissement en milieu rural.

Compte tenu de l'accroissement de la complexité de la gestion de l'eau liée au développement rapide de l'urbanisation et à la concurrence entre les diverses utilisations de la ressource, le décret 98-557 du 25 juin 1998 a institué un Conseil supérieur de l'eau. Présidé par le Premier ministre, il réunit les ministres concernés et des représentants des institutions décentralisées et des utilisateurs. Il décide des grandes options d'aménagement et de gestion des ressources en eau et joue également le rôle d'arbitre en cas de conflits.

A l'échelon régional, les divisions régionales de l'hydraulique, directement rattachées au cabinet du ministre, sont chargées d'exécuter, de contrôler et de suivre, sur le terrain, les missions dévolues aux directions opérationnelles.

Le ministère chargé de l'Hydraulique a mis en place, sur l'ensemble du territoire national, un vaste réseau de suivi, quantitatif et qualitatif, des ressources en eaux de surface et en eaux souterraines, qui a permis de constituer plusieurs bases de données informatisées et géoréférencées, dont le système d'informations géographiques sur les ressources en eau du Sénégal.

Enfin, à l'échelle sous-régionale, le Sénégal s'est doté d'un partenariat national pour l'eau, dans le cadre du partenariat ouest-africain de l'eau, dont l'action est consacrée à la promotion de la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE).

La gestion de l'eau en irrigation

La gestion des ressources en eau dans les systèmes irrigués est étroitement liée à la gestion globale de l'irrigation. Celle-ci était jusqu'à une date récente essentiellement gérée par les pouvoirs publics par l'intermédiaire de sociétés régionales de développement. A partir des années 1980, le contexte socio-économique de l'Afrique subsaharienne en général, et du Sénégal en particulier, a été marqué par une libéralisation des marchés et un désengagement de l'Etat. En ce qui concerne le développement de l'agriculture irriguée, ce désengagement des secteurs de production devait théoriquement conduire à l'émergence de nouveaux acteurs et se traduire par un transfert progressif de la gestion des périmètres irrigués, et donc des ressources en eau d'irrigation, aux producteurs. Dans la réalité, nombre de fonctions de service assurées par l'Etat, telles que le conseil aux producteurs et l'appui à la gestion et à l'entretien des aménagements, n'ont pas trouvé les relais attendus dans le secteur privé. Pour les groupements de producteurs, cette situation suppose l'apprentissage et l'exercice de nouvelles tâches et de nouvelles fonctions de gestion, d'organisation et de coordination de l'exploitation, tant des aménagements que des ressources en eau et en terre. Les études menées par l'ISRA grâce au Pôle de recherches sur les systèmes irrigués concluent à la nécessité d'articuler les aspects techniques de la gestion de l'eau aux aspects fonciers, sociaux et organisationnels.

Pour assurer une gestion performante des aménagements hydroagricoles, il faut mettre en place, au sein des organisations paysannes, de nouveaux systèmes d'information et développer des outils d'aide à la discussion et à la négociation entre les acteurs. Une gestion performante de ces aménagements suppose la construction de prévisions à court et moyen termes reliant les aspects techniques de la gestion à leurs impacts économiques et financiers et le suivi du fonctionnement de l'aménagement par la mise en œuvre d'un système d'information et par l'identification d'indicateurs fiables. Elle implique aussi l'analyse des écarts entre les réalisations et les prévisions, la formulation de diagnostics et la recherche d'un compromis acceptable entre rationalité technique et souplesse sociale pour l'utilisation d'un outil de production collectif (Legoupil, 1993).

La nécessité d'une gestion plus performante et les exigences de durabilité imposent une gestion globale des systèmes irrigués. En effet, la gestion communautaire de la ressource en eau mobilisable doit intégrer les besoins de tous les usagers et préserver l'équilibre, déjà fragile, des écosystèmes irrigués. De plus, Les aménagements hydroagricoles sont situés dans des espaces d'usages diversifiés, qui interfèrent avec leur exploitation. Leur fonctionnement et leur gestion ne sauraient être efficaces et durables sans une prise en compte des modalités d'occupation et de gestion de l'espace à l'échelle locale.

Cette gestion réclame des compétences que les gestionnaires actuels ne possèdent pas, d'où la nécessité de professionnaliser leur fonction. Cette professionnalisation peut résulter d'une formation des gestionnaires actuels lorsque ceux-ci disposent d'une formation de base suffisante. Elle peut aussi s'effectuer par le biais de l'émergence de prestataires de services ou de petits bureaux d'études de droit privé assurant un ensemble d'interventions pour un groupe de périmètres.

Les perspectives

Les ressources en eaux du Sénégal, mal distribuées dans l'espace et dans le temps, sont menacées qualitativement et quantitativement par l'accroissement des prélèvements, qui se situent essentiellement dans la zone littorale et dans le bassin arachidier, alors que plus de 80 % des réserves d'eau exploitables sont localisées hors de ces zones. Dans un contexte de sécheresse et de rareté des ressources en eau, le gouvernement a développé une politique hydraulique tournée de plus en plus vers l'exploitation des eaux de surface.

Compte tenu de la croissance démographique continue et du développement agricole et industriel accéléré, on peut logiquement craindre que, dans un avenir proche, les ressources en eau ne suffisent plus à satisfaire tous les besoins. Il semble raisonnable de chercher dès à présent les moyens d'économiser ces ressources. Plusieurs perspectives intéressantes s'ouvrent alors pour la recherche.

L'une d'elles concerne les systèmes d'irrigation peu exigeants en eau et la production de matériels d'irrigation appropriés (Wade, 1997). Le Sénégal a adopté en 1999 une stratégie nationale de développement de la petite irrigation, où la recherche intervient pour mettre au point ou promouvoir des méthodes et systèmes rationnels de maîtrise et de gestion de l'eau agricole. Il en va de même de l'adoption des techniques de gestion de l'irrigation qui prennent en compte le rationnement de l'eau en fonction des besoins réels des cultures irriguées pour un objectif de rendement donné. Il existe dans ce domaine d'importants résultats, qui peuvent être mis à profit au Sénégal.

Les systèmes de production fondés sur des itinéraires techniques appropriés permettent aussi de mieux valoriser les ressources en eau : variétés, adaptation de la gestion de l'irrigation au calendrier cultural, application de techniques et d'amendements agricoles (Poussin, 1999). En tenant compte des itinéraires des principales cultures pratiquées au Sénégal, il est possible de rechercher et de mettre en place un système « expert », qui servira d'outil d'aide à la conception de tout projet d'irrigation, dans chaque zone agroécologique du pays.

L'avènement de la décentralisation, avec le transfert des compétences de gestion des ressources naturelles aux collectivités locales, constitue un cadre propice à l'élaboration de stratégies pertinentes dans la gestion des ressources locales en eau. La recherche devra aussi explorer ce terrain, qui implique une approche holistique.

Le recyclage, qui permet de consommer deux fois la même eau, est également un domaine où la recherche peut s'impliquer avec profit. Les essais de traitement des eaux usées, notamment par les macrophytes ou le lagunage, expérimentées au Sénégal (abattoir de Thiès, université de Dakar) doivent se poursuivre.

Références bibliographiques

Albergel J., 1991. Gestion d'un barrage anti-sel en Basse-Casamance. *In :* Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants. p. 275-285.

Albergel J., 1992. Une méthode « expert » pour la conception des barrages anti-sel dans les bas-fonds de Basse et Moyenne-Casamance. 13 p.

Arnaud L., Gay B., 1994. De l'eau pour le maraîchage : expériences et procédés. GRET, Paris, 90 p.

Barry B., 1986. Barrage de Guidel : historique et problématique de gestion. *In :* II^{es} journées de l'eau au Sénégal. Université de Dakar, 9 p.

Barry B., 2002. Developpemnent of urban and peri-urban agriculture in West Africa. 15 p.

Berton S., 1988. La maîtrise des crues dans les bas-fonds : petits et microbarrages en Afrique de l'Ouest. 450 p.

Ceuppens J., Kane M., 1997. Besoins en eau des aménagements hydroagricoles du delta et débits d'équipement des grands axes hydrauliques : utilisation de Biriz et du SIG SAED. KU Leuven, SAED, Saint-Louis, Bulletin technique n. 12, 40 p.

Ceuppens J., Raes D., Sarr M., De Nys E., 1999. Les résultats du projet gestion de l'eau dans les rizières du delta du fleuve Sénégal. *In :* Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne. CORAF, Dakar, décembre 1999, 30 p.

Dacosta H., 2001. Programmes d'actions pour la gestion des ressources naturelles du complexe Kanaga Anambé. 85 p.

Dacosta H., 1989. Précipitations et écoulements sur le bassin-versant de la Casamance. Thèse de doctorat, université Cheikh Anta Diop, Dakar, 273 p.

Diagana A., 1995 Etude hydrogéologique dans la vallée du fleuve Sénégal de Bakel à Podor : relations eaux de surface-eaux souterraines. Thèse de doctorat, université Cheikh Anta Diop, Dakar, 275 p.

Diaw E.B., 1996. Modélisation du transfert d'eau en milieu poreux non saturé : application à l'étude de la recherche des nappes d'eaux souterraines en région soudano-sahélienne. Thèse de doctorat, université Louis Pasteur, Strasbourg, 239 p.

Ingésahel, 2000. La maîtrise de l'eau pour une agriculture productive et durable au Sénégal. 160 p.

Legoupil J.C., 1996. Gestion technique, organisation sociale et foncière de l'irrigation. CORAF, Dakar, 408 p.

Legoupil J.C., 1993. Bilan et synthèse des travaux de recherche-développement du projet management de l'irrigation au Burkina Faso, 1991-1993. 25 p.

Legoupil J.C., 1999. Bilan des activités de recherche du PSI-CORAF. 25 p.

Lidon B., 1998. Le diagnostic rapide de préaménagement (Diarpa). Agriculture et développement, n. 20, 135 p.

Montoroi J.P., 1996. Gestion durable des sols de la mangrove au Sénégal en période de sécheresse : dynamique de l'eau et géochimie des sels d'un bassin-versant aménagé. ORSTOM, Paris, 349 p.

Poussin J.C., 1999. CalCul : un outil pour construire un calendrier cultural prévisionnel du riz irrigué au Sahel. *In :* Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne. CORAF, Dakar, 15 p.

Rey J., 1995. Apport de la gestion industrielle au management des périmètres irrigués. 320 p.

Salisu A., 1996. Application de données climatiques à la planification et à la gestion efficace de l'irrigation. 295 p.

SGPRE, 1983, 1998. Annuaires hydrologiques du Sénégal.

SGPRE, 1994. Bilan diagnostic des ressources en eau du Sénégal. SGPRE, Dakar, 260 p.

Wade M., 1996. Synthèse des acquis de la recherche en hydraulique agricole dans le delta et la vallée du fleuve Sénégal. 40 p.

Wade M., 1997. Amélioration des modes de transport de l'eau d'irrigation dans les zones sableuses autour du lac de Guiers. IN GRID, 9 p.

Wade M., Faye I., 1995. Un système d'amélioration de la riziculture de submersion Basse-Casamance. *In :* Colloque sur les rizicultures ouest-africaines, Bordeau, 15 p.

Wade M., Lidon B., Legoupil J.C., Poussin J.C., Sy M., 1999. Les outils d'aide à la discussion, à la négociation et la décision entre les acteurs pour une gestion plus performante des aménagements hydroagricoles. *In :* Pour un développement durable de l'agriculture irriguée dans la zone soudano-sahélienne. CORAF, Dakar.

Wade M., Seck S.M., Kane M., 1998. La gestion des aménagements transférés du delta du fleuve Sénégal : perspectives de recherche. *In :* Gestion technique, organisation sociale et foncière de l'irrigation, Niamey, octobre 1996. CORAF, Dakar, 10 p.

Les sols

Mamadou KHOUMA, Mamadou GUEYE, Francis GANRY,
Aminata BADIANE, Jean-Pierre NDIAYE, Modou SENE

Les sols constituent la base du système productif en Afrique subsaharienne. Au Sénégal, il est difficile d'envisager une amélioration de la productivité agricole sans une restauration de la fertilité des sols, naturellement faible et qui s'est dégradée après plusieurs décennies d'exploitation minière. Les premières recherches avaient donc pour objectif de mieux connaître les propriétés des sols. La cartographie alliait le double souci de délimiter l'extension spatiale des types de sol et de déterminer leurs propriétés. Deux tendances se dégageaient : celle de l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération), axée sur la cartographie systématique et la compréhension des mécanismes de pédogenèse, celle de l'IRAT (Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières) et de l'IRHO (Institut de recherches pour les huiles et oléagineux), orientée vers la résolution de problèmes de production agricole identifiés sur le terrain. Conscients de la difficulté de promouvoir des systèmes de production artificialisés, à forts intrants, dans un contexte écoclimatique caractérisé par le risque, les scientifiques ont cherché à comprendre les équilibres agroécologiques suivant le principe « bien connaître pour bien agir ».

La cartographie

Une carte pédologique complète du Sénégal à l'échelle 1/1 000 000 a été réalisée en 1965 à partir des documents les plus récents de l'époque, complétés par une photo-interprétation et des observations dans les endroits qui n'avaient pas été encore cartographiés (Maignien, 1965). Chaque unité cartographique y correspond à un paysage pédologique dénommé par le sol dominant. La notion de complexe ou de juxtaposition de sols a été évitée, car elle complique et rend moins explicite la représentation graphique. A côté de cette carte, la couverture la plus complète correspond aux cartes de reconnaissance à l'échelle 1/200 000, qui couvrent la Casamance, le Sénégal-Oriental, le Ferlo-Sud, le Fouta-Oriental. Toute la vallée du fleuve Sénégal est couverte à l'échelle 1/50 000. Au-delà des unités pédologiques, les aptitudes culturales des différents types de sol sont établies et quantifiées.

De nombreuses cartes à échelle plus grande, de 1/20 000 à 1/5 000, ont été dressées dans le cadre de projets de mise en valeur agricole. En 1985, une cartographie à l'échelle 1/500 000 de tout le territoire national a été réalisée à partir de l'imagerie satellitaire dans le cadre d'une étude globale sur les ressources naturelles du Sénégal financée par l'USAID (United States Agency for International Development, DAT *et al.,* 1986). La plupart des unités cartographiques y sont regroupées sous forme d'association de sols.

La carte des milieux naturels du Sénégal-Oriental a été établie à l'échelle 1/500 000 (Bertrand et Valenza, 1982). Les auteurs n'ont voulu privilégier aucune des utilisations possibles ou envisageables et ont préféré se démarquer des cartes dites de vocation ou d'aptitude à certains types de production ou d'activités humaines, car l'écologie, au sens où ils l'entendent, doit garder une certaine neutralité, seule garantie de sa crédibilité. Cette carte s'appuie sur une typologie écologique à quatre niveaux, proche des structures humaines traditionnelles : écorégion-ethnie, écofaciès-tribu, écotope-village ou clan, écovariant-famille. A l'échelle 1/500 000 seuls les deux premiers niveaux d'organisation peuvent être cartographiés : l'écorégion et l'écofaciès. L'avantage d'une telle méthode de cartographie, qui repose sur des critères explicatifs naturels tels que le paysage, est qu'elle permet d'opérer plus vite en faisant l'économie de données souvent redondantes. Elle fournit des documents fort utiles, qui peuvent orienter les études de potentialités à l'échelle d'un pays ou d'une grande région (Khouma, 1995).

Les types de sol et leur dégradation

Les types de sol

Les sols du Sénégal sont assez bien connus. Dans la classification française, ces sols peuvent être, pour simplifier, répartis en treize catégories (Khouma, 2000) :
– les sols minéraux bruts sur dune littorale (0,2 %) ;
– les sols minéraux bruts de cuirasse sur schiste (2,4 %) ;
– les sols minéraux bruts de cuirasse sur grès argileux (8,1 %) ;
– les sols gravillonnaires sur cuirasse (11,6 %) ;
– les sols bruns rouge subarides sur sable (14,2 %) ;
– les sols ferrugineux tropicaux faiblement lessivés sur sable (dior, 19,9 %), qui englobent les sols dek, hydromorphes, en position dépressionnaire ;
– les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur grès sablo-argileux (17,2 %) ;
– les sols ferrugineux tropicaux lessivés cuirassés sur schiste (12,4 %) ;
– les sols ferrallitiques faiblement désaturés sur grès sablo-argileux (6,2 %) ;
– les sols halomorphes sur alluvions argileuses (1,9 %) ;
– les sols hydromorphes sur argile de décantation (0,2 %) ;
– les sols hydromorphes sur argile (3,3 %) ;
les sols sulfatés acides sur sable (2,5 %).

La dégradation des sols

Le sol constitue la base de la production végétale. Que le sol vienne à se dégrader ou même parfois à disparaître, il en résulte immédiatement de profondes modifications de toutes les autres composantes de l'écosystème, pouvant même aller jusqu'à leur

disparition. La dégradation est un processus graduel dont les conséquences sont rarement subies par leurs auteurs. Elle touche surtout les générations à venir, d'où la moindre importance accordée à cet aspect par les paysans confrontés à des problèmes de survie.

L'érosion

L'érosion éolienne affecte toute la moitié nord du pays avec une forte intensité dans la partie nord-ouest. On observe un enlèvement de la partie superficielle des terres arables, mais aussi le recouvrement de champs, de bâtiments, de clôtures et de routes par des masses de terre indésirables. L'ampleur de l'érosion hydrique dépend de l'intensité des pluies, de la couverture du sol, du modelé et des propriétés du sol. Elle se manifeste surtout dans la moitié sud du pays et le long de la vallée du fleuve Sénégal.

La salinisation et l'alcalinisation

Au Sénégal, la salinisation est surtout d'origine marine, ancienne ou actuelle, et se caractérise par des infiltrations de la mer dans une nappe phréatique littorale qui est douce au départ. La contamination fait suite à une remontée du niveau phréatique (zone des Niayes). La salinisation marine ancienne est liée à la dernière transgression marine, qui a laissé des surfaces d'eaux piégées, qui sont devenues de véritables lagunes (delta du fleuve Sénégal). Des sédiments marins (source de remontées salées) ont également été déposés lors de cette transgression. La présence de vases marines imprégnées de salant marin le long de certaines côtes et estuaires (deltas du Sénégal et du Saloum, Casamance) donne naissance aux sols salés spéciaux appelés sols sulfatés acides. Une salinisation secondaire d'origine anthropique liée à l'utilisation d'une eau d'irrigation peu chargée en sels sur des sols à mauvais drainage est assez fréquente dans les périmètres irrigués. Dans ce cas, l'intensité du pouvoir évaporant est telle qu'il se produit par moment des remontées capillaires entraînant les sels vers les couches superficielles du sol.

L'alcalinisation résulte surtout d'un processus secondaire lié à l'irrigation dans le delta et la vallée du fleuve Sénégal. Les eaux du fleuve possèdent une alcalinité résiduelle calcite importante. Les conséquences sont une élévation du pH (alcalinisation) et une augmentation du sodium échangeable, préjudiciable au maintien d'une bonne structure du sol. L'alcalinisation est un phénomène potentiellement dangereux, mais qui n'a pas encore atteint des proportions alarmantes dans la vallée du fleuve Sénégal selon les investigations menées dans le cadre du Pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués soudano-sahéliens (PSI).

L'acidification

L'acidification résulte pour une bonne part de la décalcification du complexe absorbant. Elle peut induire dans les sols exondés une toxicité aluminique. Un inventaire mené en 1974 donnait une estimation des superficies atteintes par l'acidité (Piéri, 1974, *in* Bèye, 1977) :
– 25 % de la surface cultivée dans les régions de Thiès et Diourbel ;
– 15 % de la surface cultivée dans le Sine-Saloum ;
– 50 % de la surface cultivée en Casamance continentale ;
– 6 % de la surface cultivée dans le Sénégal-Oriental.

Soit environ 430 000 ha ou 21,50 % du total des terres cultivées.

L'appauvrissement des sols en éléments nutritifs

L'appauvrissement des sols en éléments nutritifs est dû au lessivage en profondeur des éléments solubles de la couche humique. La pratique qui consiste à brûler tous les résidus et végétaux présents dans les champs avant le semis est une source de perte importante de carbone et d'azote. Le blocage du phosphore par les oxydes de fer peut entraîner une non-disponibilité des nutriments dans les sols ferrallitiques faiblement désaturés et dans les sols dont la fertilité est épuisée à la suite d'une exploitation traditionnelle excessive. L'exportation par les récoltes non compensée (grains, paille, racines) contribue à la baisse inéluctable de fertilité des sols cultivés, surtout si les fanes d'arachide sont exportées vers les élevages urbains et périurbains, comme c'est souvent le cas.

La dégradation biologique

La dégradation biologique des sols se traduit par une diminution de la matière organique, et corrélativement par une diminution de la faune et de la microflore. En général plus la culture est intensive, plus elle utilise d'intrants (fertilisants et surtout pesticides) et plus la vie du sol est pauvre. Or dans le sol, l'activité biologique contrôle les processus importants qui déterminent sa fertilité : taux ou vitesse de décomposition, de minéralisation, de dénitrification et de lixiviation. En fait, il y a une étroite relation entre l'activité microbienne et la teneur en eau du sol. Ainsi, il existe un seuil critique de la teneur en eau en dessous duquel les processus biologiques tels que les taux de diffusion de l'oxygène et des éléments nutritifs sont inhibés (Scholes *et al., in* Woomer et Swift, 1994). La faiblesse de la fixation symbiotique est souvent due à une forte acidité ou à une forte basicité.

Les propriétés des sols et les bilans minéraux

Malgré la diversité des sols du Sénégal, la production agricole provient essentiellement des sols ferrugineux tropicaux peu ou pas lessivés, des sols ferrugineux tropicaux lessivés sans taches ou à taches et concrétions et des sols ferrallitiques faiblement désaturés. Malgré leur potentiel de fertilité relativement élevé, les vertisols, les sols bruns calcaires, les sols alluviaux et de mangrove sont encore relativement peu cultivés, car ils nécessitent une artificialisation du milieu, qui dépasse souvent les moyens des paysans.

LES PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES

Mis à part la zone du fleuve Sénégal, les sols sont très voisins et se caractérisent par un faible pourcentage d'argile, qui croît vers l'est et le sud du pays, et par une prépondérance des sables. Leurs teneurs en phosphore (carence chimique la plus fréquente) et en matière organique sont faibles ainsi que leur capacité d'échange cationique.

Les sols ferrugineux tropicaux sont pauvres en colloïdes organominéraux et ont une faible activité physico-chimique de surface. Cette faiblesse s'explique par la surface spécifique colloïdale d'adsorption très limitée en raison de leur texture

grossière sableuse et des teneurs peu élevées en éléments fins, mais aussi par l'argile dominante, la kaolinite, dont la capacité d'échange cationique (CECa) est faible, et les colloïdes minéraux qui sont à « charge variable » (sesquioxydes, kaolinite, silice colloïdale à faible activité physico-chimique de surface) (Piéri, 1989). Les sols ferrugineux tropicaux ont un faible pouvoir fixateur des anions phosphates en raison de leur surface spécifique réduite et des sites d'adsorption peu nombreux, qui ne permettent pas une rétention importante de ces anions.

Les sols alluviaux de la vallée du fleuve Sénégal sont pauvres ou très pauvres en matière organique et en azote total, deux éléments assez liés l'un à l'autre. Ils sont également pauvres ou très pauvres aussi bien en phosphore total qu'en phosphore assimilable. Quant aux valeurs de pH, elles sont soit voisines de la neutralité, soit légèrement acides. Cependant, la présence de sels entraîne une modification du pH, notamment dans les horizons de profondeur. On enregistre alors soit une élévation du pH en liaison avec une alcalinisation du milieu par fixation de sodium sur le complexe absorbant — des valeurs de pH de 9,0 et 9,3 peuvent alors être atteintes en profondeur des vertisols, et même 9,9 pour d'autres types de sol (Ndiaye, 1997a) —, soit une acidification importante, en présence d'une salinité de type sulfaté, et la libération d'ions SO_4^{--}. C'est ainsi que des pH extrêmes ont été enregistrés dans les sols salés : 3,6, 2,8 et même 1,8 (Bèye, 1975 ; Khouma et Touré, 1981 ; Touré, 1981).

Les propriétés physiques et hydrodynamiques

Le caractère sableux ou sablo-argileux des horizons superficiels, la prédominance de la kaolinite et de sesquioxydes de fer dans la fraction argileuse et la diminution rapide de la teneur en matière organique avec la mise en culture conditionnent l'ensemble des propriétés physiques de la plupart des sols du Sénégal.

Les propriétés physiques

Les sols ferrugineux tropicaux et les sols ferrallitiques ont une densité réelle un peu supérieure à celle du quartz, qui varie suivant la teneur en argile (Nicou, 1975). Elle est de 2,66 dans les horizons supérieurs à Bambey, de 2,6 à Nioro et de 2,7 à Séfa. Quant à la densité apparente, elle varie suivant l'histoire culturale du sol. Sous culture et en l'absence de travail du sol, les densités apparentes sont de l'ordre de 1,6 à 1,7. On enregistre par conséquent des porosités relativement faibles : de 37 à 40 %. Les densités réelles des sols alluviaux sont variables : 2,3 à 2,6. Il en est de même des densités apparentes, qui varient de 1,4 à 1,8 (Boyadgiev, 1976). La structure de ces sols est peu développée. A l'état sec il y a une faible quantité d'agrégats nuciformes ou grumeleux. Pour les sols dior et dek, on trouve 5 et 9 % d'agrégats et l'indice d'instabilité varie entre 0,2 et 0,5 (Nicou, 1975). Quant aux sols alluviaux, ils ont une porosité très mauvaise à travers le profil, liée à une dégradation de la structure par l'hydromorphie et, le cas échéant, par la salinisation. La cohésion des sols ferrugineux tropicaux et des sols ferrallitiques est faible à l'état humide et très forte à l'état sec. Les mesures au pénétromètre indiquent des forces en moyenne deux fois plus élevées en sol dek qu'en sol dior (Nicou, 1975). De plus les valeurs enregistrées sont fonction de l'humidité du sol (Sène, 1995).

Les caractéristiques hydrodynamiques

Aussi bien pour les sols de Séfa que pour ceux de Bambey, le coefficient d'infiltration (K) est faible. En effet, ce coefficient mesuré au laboratoire varie entre 0,5 cm/h et 4 cm/h. (Nicou, 1975). En revanche, en l'absence de croûte de battance, les mesures de perméabilité effectuées sur le terrain par la méthode de Muntz donnent des valeurs nettement plus élevées que celles mesurées au laboratoire sur échantillon remanié : 20 à 50 cm/h à Bambey et 10 à 20 cm/h à Séfa. Les mesures de perméabilité au laboratoire sur échantillons à structure intacte paraissent le mieux rendre compte des phénomènes d'infiltration observés sur le terrain. A Bambey les valeurs obtenues par cette procédure sont de l'ordre de 5 cm/h, tandis qu'à Séfa la perméabilité est de l'ordre de 0,5 cm/h dans les vingt premiers centimètres du sol cultivé.

Il convient cependant de noter que les caractéristiques hydrodynamiques pour un horizon de sol donné concernent la relation entre la teneur en eau, d'une part, et la pression de l'eau et la conductivité hydraulique, d'autre part. Quant à la capacité au champ pour l'eau, elle est en moyenne de 8 à 9 % d'humidité pondérale pour les sols dior, de 10 à 11 % pour les sols dek et de 14 à 15 % pour les sols de Séfa. Les points de flétrissement se situent aux environs de 2 % d'humidité pondérale pour les sols dior, de 3 % pour les sols dek et de 5 % pour les sols de Séfa. L'eau utile des horizons de surface varie de 6 à 10 % suivant les sols. En ce qui concerne les sols hollaldé de la vallée du fleuve Sénégal (sols à caractère vertique) la quantité d'eau utile dans la partie argileuse est de 100 à 110 mm/m (le problème de ces sols tient à la difficulté de l'enracinement et les réserves dites utiles calculées par différences entre les pF 3 et 4,2 restent théoriques) tandis que dans la partie à texture légère, elle est de 30 à 40 mm/m. Les caractéristiques hydriques et hydrodynamiques des sols ferrugineux tropicaux, notamment des sols dior, ont une assez grande variabilité spatiale, ce qui a une incidence sur la prévision des bilans de consommations moyennes d'une culture et de pertes moyennes (en eau et en éléments minéraux) à l'échelle spatiale, ce sont d'ailleurs les premières études mettant en évidence ces questions de variabilité spatiale (Imbernon, 1981 ; Cissé, 1986).

L'ÉVOLUTION DE LA FERTILITÉ

Selon Piéri (1991), l'évolution de la fertilité doit être évaluée dans les sols cultivés par la variation des stocks et des flux des facteurs de production majeurs (eau, éléments minéraux, matière organique), par l'évolution de l'organisation morphologique des sols, particulièrement de leur structure et de la porosité qui en résulte, et par l'évolution des systèmes de régulation physico-chimiques et biologiques qui assurent une meilleure efficience des facteurs de production.

Les systèmes à faibles intrants

Les systèmes à faibles intrants englobent les systèmes traditionnels et les systèmes semi-intensifs avec apport d'une fumure minérale légère sans travail du sol. Les connaissances actuelles et les résultats des études réalisées permettent de tirer un certain nombre d'enseignements (Tourte, 1971 ; Badiane, 1993 ; Sarr, 1981 ; Tourte *et al.,* 1964 ; Siband, 1972 ; Siband, 1974 ; Diatta, 1980).

La culture traditionnelle après défrichement affecte profondément les sols : le taux de matière organique baisse considérablement, de 30 % en douze ans et de près

de 66 % au bout de quarante-six ans. On enregistre également une dégradation de certaines caractéristiques physiques sur sol rouge et beige de Casamance consécutive à la baisse du taux de matière organique : densité apparente, porosité totale, instabilité structurale, perméabilité et résistance à la pénétration (Charreau et Tourte, 1967). On constate également une chute de la plupart des indices de richesse chimique des sols (pH, N, Ca, Mg, K, P). Cette évolution chimique s'accompagne d'une compaction et d'une réduction de la porosité dues notamment à la baisse de la teneur en matière organique. En effet, il existe des niveaux critiques de matière organique pour le maintien des propriétés physiques des sols (Piéri, 1989). L'évolution des sols en culture traditionnelle après défriche herbacée est voisine de celle relevée après déforestation. C'est ainsi qu'on note une augmentation de la sensibilité à l'érosion hydrique, qui constitue l'une des principales contraintes des sols rouges ferrallitiques de Casamance. Des pertes en sol de l'ordre de 21 t/ha/an en moyenne ont été enregistrées à Séfa sur sol nu, contre 4,9 t/ha/an pour une jachère herbacée et 0,1 t/ha/an pour une forêt protégée (Charreau et Nicou, 1971). Par ailleurs, environ 430 000 ha de terres, soit 21,5 % des terres cultivées, nécessiteraient un chaulage du fait de leur forte acidité (Piéri, 1976). Les systèmes traditionnels et semi-intensifs n'assurent le maintien des composantes physiques de la productivité des terres qu'au prix d'une très faible intensité culturale (peu d'années de culture continue suivies de longues années de jachère). Mais les jachères ont tendance soit à disparaître, soit à voir leur durée fortement réduite.

Cependant, les parcs naturels, notamment les parcs à *Faidherbia albida,* malgré leur surexploitation, contribuent à réduire la dégradation et l'épuisement de la fertilité des terres cultivées grâce aux apports de matière organique.

L'étude menée dans le bassin arachidier sur l'évolution des propriétés des sols cultivés sur quarante années fait ressortir une évolution contrastée des sols, liée à leur mode de gestion (Badiane *et al.,* 2000). Les sols cultivés près des habitations, communément appelés champs de case, ou *toll keur,* qui bénéficient d'un apport régulier de fumure organique sous forme de déjections animales et de déchets ménagers, conservent ou améliorent leur potentiel de production sur les trente à quarante dernières années. Les sols cultivés loin des habitations, les champs de brousse, ou *toll diati,* sont affectés par une baisse graduelle de leur teneur en matière organique.

On note cependant une plus grande intégration agriculture-élevage, qui est un moyen de compenser la baisse de fertilité des sols par le biais du fumier produit par les animaux. Des contrats de parcage entre agriculteurs et éleveurs sont conclus dans certaines zones. Ils permettent aux agriculteurs de bénéficier de la fumure organique et aux éleveurs d'être rétribués en céréales ou en prêt de terre. La stabulation fumière diffusée par la SODEFITEX (Société nationale de développement des fibres textiles) depuis 1985 repose sur l'amélioration de l'alimentation et de la santé des animaux de trait, qui sont abrités dans un habitat amélioré favorisant la production d'un fumier de bonne qualité. La vulgarisation de ces étables fumières participe à la transformation d'une agriculture dans laquelle les animaux sont de plus en plus intégrés à l'exploitation et non ajoutés.

Les systèmes intensifs

Les systèmes intensifs se caractérisent par des apports de doses relativement importantes d'engrais minéral, de matière organique ou de fumure organominérale, en présence de travail du sol.

L'évolution des caractéristiques des sols de tels systèmes concerne surtout le pH, le taux de matière organique et les propriétés du sol qui en dépendent, comme la capacité d'échange cationique (Piéri, 1982 ; Cissé, 1986 ; Badiane, 1993). On note une baisse du pH et du taux de calcium et de magnésium échangeables ainsi que l'accumulation d'aluminium échangeable dans les sols ferrugineux tropicaux. Cette acidification est d'autant plus accentuée que les sols sont plus sableux et les doses d'engrais azoté plus élevées. En effet, le rôle de l'azote minéral dans les sols est central. Il commande notamment les pertes en éléments alcalins. A chaque kilo d'azote déficitaire dans le bilan correspond une perte équivalente de 3 kg de CaO et MgO, ce qui contribue très largement à l'acidification des terres (Piéri, 1991). Il apparaît également que le bilan minéral et le bilan hydrique doivent être couplés pour parvenir à une meilleure estimation quantitative. En effet, le report d'eau d'une saison des pluies à une autre est nettement amélioré par le labour d'enfouissement de fin de cycle (Chopart, 1975). Par ailleurs, un apport de compost, enfoui par un labour, à la dose de 10 t/ha sur le mil entraîne une forte réduction du ruissellement (Pérez *et al.,* 1996).

Le recours aux calculs de bilans minéraux peut se concevoir théoriquement pour les différents éléments en procédant, soit à une évaluation de la balance entrées-sorties, soit à une évaluation de la variation du stock minéral des sols. Cependant, il y a un réel problème de précision dans l'évaluation des entrées et sorties minérales et des problèmes associés à une approche ponctuelle lorsque l'on cherche à comprendre des processus dynamiques à plus long terme : le danger d'extrapoler à des échelles supérieures des ensembles limités de données spécifiques à une situation locale. C'est pourquoi, puisque les termes du bilan sont difficiles à mesurer avec précision et que les flux minéraux de redistribution interne au sol sont souvent peu quantifiés, on ne saurait atteindre une grande précision dans le calcul des bilans minéraux. Malgré leurs insuffisances, les bilans minéraux peuvent contribuer à l'élaboration de stratégies d'amélioration de la gestion de la fertilité des sols.

L'azote dans les systèmes cultivés

Depuis une cinquantaine d'années, la recherche fait une large part à l'approche systémique, de l'écologie microbienne des sols (Dommergues et Mangenot, 1970) au système agraire (Tourte et Billaz, 1982), afin d'en tirer des lois de comportement, fondement nécessaire à toute optimisation ou intensification rationnelle. Cette nouvelle approche de l'agrosystème appliquée à la zone tropicale sèche a permis de mieux comprendre le comportement des sols sableux. Ainsi, dans le prolongement de plusieurs travaux (Drouineau *et al.*, 1953 ; Birch, 1958), deux processus capitaux ont été mis en évidence : l'« explosion » biologique intense mais éphémère qui suit la première pluie et l'effet rhizosphérique, qui prend en quelque sorte le relais du premier (Dommergues, 1962).

L'augmentation de la production céréalière de la zone tropicale sèche impose une stratégie d'économie de l'azote du fait que cet élément majeur est rare et cher. Les phénomènes biologiques du pic de minéralisation, de l'effet rhizosphérique et de la fixation biologique de l'azote et les phénomènes de transfert dans le sol (lixiviation), en surface (érosion et ruissellement) et dans l'atmosphère (volatilisation et dénitrification) sont les déterminants majeurs de la productivité des sols sableux tropicaux.

L'approche développée ici concerne essentiellement la parcelle. Nous sommes conscients qu'une approche rationnelle de l'économie de l'azote doit prendre en compte les échelles supérieures, comme cela a été le cas lors de la mise en valeur des sols gris de Casamance (Wetselaar et Ganry, 1982) et pour les pratiques paysannes qui opèrent des transferts de fertilité à l'échelon des terroirs villageois.

Le bilan de l'azote

Les études sur les termes du bilan de l'azote prennent en compte les entrées (inputs) et sorties (outputs) d'azote dans le système de culture céréale-légumineuse et son fonctionnement interne, d'un point de vue quantitatif (les racines et les exsudats racinaires) et qualitatif (le pool d'azote mobilisable, Nd, qui joue un rôle central dans l'élaboration du rendement). Ces concepts de base et les développements méthodologiques (Wetselaar et Ganry, 1982) ont été appliqués aux grandes zones écologiques du Sénégal.

On distingue trois approches du bilan de l'azote. Le bilan « apparent » de l'azote permet de faire ressortir les tendances à la dégradation ou à l'amélioration de la fertilité du sol. Le bilan de l'azote engrais s'exprime par la relation suivante : 100 – (NiS % + CRU %) = solde du bilan N (où CRU % est le coefficient réel d'utilisation de N engrais et NiS %, la part de l'engrais immobilisé dans une couche donnée du sol). Le bilan réel de l'azote a été largement utilisé au Sénégal pour interpréter les essais de longue durée (Ganry, 1990 ; Badiane, 1993).

Le pool d'azote de la plante

Dans le pool d'azote de la plante (Ganry, 1990), on distingue trois compartiments selon l'origine de l'azote : « fixation de N_2 (N atmosphérique) », « sol » et « engrais ». Pour les céréales, malgré un fort effet direct de l'engrais azoté, les coefficients réels d'utilisation de l'azote sont faibles : 25 % pour le mil et 35 % pour le maïs, en moyenne. Cet azote a surtout pour effet de mobiliser l'azote du sol, qui constitue en moyenne 50 % de l'azote total pour le maïs et 70 % pour le mil ayant reçu une dose d'engrais optimale ou suboptimale. D'autre part, il existe des différences entre les céréales : la part de l'azote total provenant de l'engrais chez le maïs est supérieure à celle du mil. De plus, le maïs, de par son bon indice de rendement (poids de la matière sèche des grains par rapport au poids de la matière sèche totale des parties aériennes), valorise mieux l'azote absorbé (Blondel, 1971c). Ces résultats sont à la base des recherches visant à optimiser l'utilisation de l'azote par les céréales.

Pour les légumineuses, la technique isotopique a permis d'évaluer et de mettre en évidence les principaux facteurs régissant la fixation : le facteur variétal (chez le soja, selon la variété, la fixation peut assurer de 73 à 81 % de l'alimentation azotée et l'indice de rendement, donc la part d'azote exporté, passe de 79 à 85 %) ; le facteur hydrique et le fort effet dépressif de la sécheresse, qui affectent la fixation avant d'affecter la croissance et peuvent entraîner une fourniture accrue d'azote

aux dépens du sol (cet effet peut être aggravé par les apports d'engrais en surface) ; le facteur « nutrition phosphorique » ; le facteur « inoculation » et l'obligation d'inoculer lorsque le *Rhizobium* spécifique fait défaut (il est recommandé d'inoculer le sol plutôt que les semences en raison du risque d'un effet dépressif de l'inoculation sur la germination) ; le facteur « potentiel mycorhizien du sol » (par exemple, on améliore le rendement et la fixation d'azote du soja par l'inoculation d'endomycorhizes dans les sols où le potentiel d'infection est faible, d'où l'intérêt de connaître le rôle des pratiques paysannes sur le potentiel mychorizien du sol) ; le facteur « azote minéral du sol », dont l'effet inhibiteur sur la fixation rend délicate la pratique des fumures starter, mais dont l'effet peut être réduit par la culture associée céréale-légumineuse (la céréale jouant le rôle de pompe à azote) et un choix variétal judicieux.

Les sorties d'azote correspondent principalement aux exportations dues aux récoltes et aux animaux (pâturages). Il faut souligner l'intérêt stratégique du recyclage sur l'exploitation des résidus de récolte, de battage et de cuisine et du fumier.

Le pool d'azote du sol

Les principales entrées d'azote dans le sol sont la fertilisation minérale, les précipitations atmosphériques, les eaux d'irrigation, la fertilisation organique et les arbres. L'apport d'azote par la fertilisation organique n'est pas un input s'il s'agit de restitutions (de pailles, par exemple), mais l'est en cas d'apport exogène (de fumier), qui réalise de fait un transfert de fertilité d'une zone généralement non cultivée vers une zone cultivée (Allard *et al.,* 1982 ; Badiane, 1993). L'apport d'azote par les litières d'arbre constitue un input (NFix) dans le cas des arbres fixateurs d'azote et lorsque l'arbre puise ses nutriments en profondeur au-delà du système racinaire des cultures, ce qui est le cas des espèces phréatophytes (Dommergues *et al.,* 1999).

La lixiviation de l'azote a été suivie sur plusieurs sites du Sénégal (Blondel, 1971a, 1971b, 1971c). A Bambey, malgré un bilan hydrique largement déficitaire, on observe en quelques semaines pendant la saison des pluies une lixiviation qui est en relation directe avec la pluviométrie : 1 mm de pluie provoque une descente des nitrates de 0,7 cm. La lixiviation de l'azote a été étudiée dans les sols sableux du Sénégal à l'aide de bougies poreuses de prélèvement de solution du sol (Piéri, 1982 ; Cissé, 1986). La détermination du bilan hydrique et la connaissance des teneurs minérales de la solution du sol ont permis d'estimer en culture semi-intensive des pertes en azote comprises entre 10 et 50 kg/ha sous arachide et négligeables sous mil. Ces pertes présentent une grande variabilité spatiale et temporelle.

Après le modelé du paysage et les états de surface des sols, deux autres facteurs, la pluviométrie (intensité instantanée et quantité) et la végétation, contrôlent l'érosion et le drainage dans les zones tropicales. L'érosion est plus intense au début de la saison pluvieuse quand la végétation n'est pas suffisamment développée. Les pertes d'azote par érosion ont été estimées dans le sud du Sénégal sous divers couverts végétaux : sous culture, elles seraient comprises entre 2 et 20 kg/ha (Charreau et Nicou, 1971).

La volatilisation de l'azote, étudiée dans des conditions simulant celles du champ, peut représenter jusqu'à 40 % de l'urée apportée en surface en sol sableux. Elle est liée à la texture du sol. L'enfouissement de l'urée réduit fortement les pertes et

les annule au-delà de 5 cm (Ganry, 1990). Les risques de dénitrification sont généralement faibles sauf en présence de matière organique fraîche lorsque la nitrification est associée à l'hydromorphie.

Les techniques agronomiques

Pour les systèmes céréales-légumineuses, les éléments du bilan de l'azote permettent de quantifier les flux d'entrée et de sortie à partir desquels il est possible de raisonner une stratégie d'économie de l'azote (Ganry, 1990 ; Ganry et Badiane, 1991). Il est ainsi possible de réduire fortement les pertes d'azote en localisant l'engrais azoté sur la céréale et d'accroître l'offre en azote du sol par une gestion raisonnée de la matière organique apportée (en quantité et en qualité) destinée à générer un pool d'azote mobilisable optimal. C'est ainsi que le compostage, y compris celui du fumier, et l'agroforesterie sont préconisés (Guèye *et al.,* 1986 ; Ganry et Guèye, 1991 ; Ndiaye, 1997b). Il est aussi possible d'accroître la fixation biologique de l'azote pour alimenter le pool d'azote mobilisable du sol, et d'augmenter ainsi sa part dans la satisfaction des besoins en azote de la céréale tout en limitant l'usage de l'engrais.

Les pratiques mises en œuvre doivent favoriser la fixation de l'azote par la légumineuse (choix variétal, potentiel mycorhizien du sol, techniques d'évitement de la sécheresse, phosphatage) et l'utilisation de la source d'azote du sol par la céréale (adéquation entre l'offre et la demande, systèmes racinaires adaptés), mais aussi améliorer le statut organique, l'activité biologique, notamment l'activité de la biomasse microbienne (Blondel, 1971d ; Feller et Ganry, 1982 ; Badiane *et al.,* 1999), et les propriétés physiques du sol (Sène, 1995).

Les recherches sur l'économie de l'azote ont abouti à des recommandations concernant l'importance du pool d'azote mobilisable du sol, les modalités d'apport de l'urée et la maximisation de la fixation d'azote des légumineuses. L'effet de l'engrais azoté et, plus généralement, l'alimentation azotée de la céréale sont régis par le pool d'azote du sol utilisable par les plantes, ou pool d'azote mobilisable. Son rôle est d'autant plus important que l'indice de rendement de la céréale est bas. Contrairement à l'enfouissement de paille, la paille compostée ou le fumier composté accroît le pool d'azote mobilisable et contribue de ce fait à renouveler la fourniture d'azote à la plante. Dans un contexte de faible disponibilité en résidus organiques et en fumure azotée, il faut tenter d'assurer cet entretien en compostant les pailles directement ou par l'intermédiaire des animaux et en maximisant la source d'azote exogène constituée par la légumineuse en rotation avec la céréale. En raison des risques élevés de pertes d'azote par volatilisation, les modalités d'apport de l'engrais azoté sont primordiales. L'apport localisé de l'urée réduit fortement les pertes, et permet de n'effectuer qu'un seul apport au lieu de deux (ce qui est moins contraignant). L'alimentation hydrique est devenue la principale contrainte ces quinze dernières années à la suite de la baisse de la pluviosité. Les trois principaux facteurs qui affectent cette alimentation hydrique sont la pluviométrie, la profondeur de l'enracinement, l'intensité et la date des épisodes secs au cours de la saison des pluies à un stade critique de développement des cultures. Les techniques culturales doivent permettre à la plante d'exploiter au maximum l'humidité du sol afin d'accroître l'indice de satisfaction en eau aux stades reproductifs importants.

Les micro-organismes du sol

L'étude des sols est indissociable de celle des organismes qui y vivent, qu'il s'agisse de plantes supérieures, de la macrofaune ou des micro-organismes. Les multiples interactions de ces organismes exercent un contrôle sur la nature et la forme des composés minéraux ou organiques des sols, ainsi que sur leurs propriétés physiques essentielles, en particulier leur structure. Ces interactions constituent les cycles biologiques, où sont impliqués les éléments majeurs déterminant la fertilité des sols tels que l'azote, le phosphore, le potassium et le soufre.

La fixation biologique de l'azote

L'azote est un facteur essentiel de la croissance des plantes. Au Sénégal, les sols sont pauvres en azote (0,02 % à 0,08 %) et la contribution de l'azote du sol est donc très faible. L'usage des engrais minéraux est, même pour un seul cycle cultural, limité par leur coût élevé, la lixiviation et, dans certains cas, la pollution de la nappe phréatique. La fixation biologique de l'azote, particulièrement la fixation symbiotique, joue donc un rôle essentiel dans le maintien, voire l'amélioration de la fertilité des sols. Les recherches visent donc à évaluer la contribution de cette fixation biologique de l'azote, mesurée par les techniques courantes comme l'activité réductrice de l'acétylène, l'indice de nodulation des légumineuses et l'utilisation de l'azote marqué. Les études concernent les légumineuses annuelles ou pérennes, en particulier le niébé *(Vigna unguiculata),* le voandzou *(Vigna subterranea),* le haricot vert *(Phaseolus vulgaris)* et le kad *(Faidherbia albida).*

Le niébé est une légumineuse à graines qui n'a pas besoin d'être inoculée parce que les sols renferment en grand nombre des *Rhizobium* efficients, capables d'induire sa nodulation. Des variétés hautement fixatrices d'azote ont été identifiées et sélectionnées : Ndiambour, Ndoute et 58-57, qui fixent en condition naturelle entre 80 et 110 kg/ha d'azote. L'utilisation de ces variétés dans les schémas de sélection permet de cultiver le niébé dans le centre-nord, tout en maintenant la fertilité des sols, très faible dans cette région.

Le voandzou est une légumineuse à graines cultivée dans le sud-est, dans de petites exploitations de moins de 1 ha, sans apport d'engrais azoté ou autres amendements, avec des rendements de 0,9 à 1,2 t/ha. Les graines du voandzou sont riches en méthionine, acide animé essentiel pour l'organisme humain. Contrairement au niébé, le voandzou a besoin d'être inoculé avec des *Rhizobium* appropriés. Un criblage variétal a permis de sélectionner la variété 83-131 qui, cultivée en serre et en association avec la souche de *Bradyrhizobium,* n'a cependant fixé que très peu d'azote. Néanmoins, son inoculation au champ avec la souche ISRA113 a permis d'augmenter le rendement en grains de 51 % en 1986 et de 33 % en 1988 par rapport au témoin non inoculé.

Au Sénégal, le haricot est une culture de rente. Il est cultivé dans les Niayes pendant la saison sèche froide, de novembre à mars. Les rendements obtenus, de 4 à 4,5 t/ha, requièrent de grandes quantités d'engrais azoté, entre 300 et 400 kg/ha d'urée, qui sont l'une des causes de la pollution en nitrate de la nappe phréatique. Cela explique l'intérêt de l'inoculation du haricot, bien que cette plante soit connue pour son faible pouvoir fixateur d'azote (Graham et Temple, 1984) et

que, dans la zone des Niayes, où il répond positivement à l'inoculation avec des souches de *Rhizobium,* une dose starter de 20 kg/ha d'azote soit souvent nécessaire pour amorcer la fixation (Diouf *et al.,* 1999). Avec cette inoculation, le rendement en gousses progresse de 65 %. Cependant, les souches de *Rhizobium* contenues dans les inoculums ne sont pas toutes compatibles avec les fongicides utilisés sur les semences de haricot fournies au Sénégal.

Le kad est un arbre fixateur d'azote très répandu au Sénégal. Sa feuillaison inversée lui confère un rôle essentiel dans la fertilisation des sols et l'alimentation du bétail. Les premières mesures effectuées en conditions contrôlées montrent que cet arbre a un faible potentiel fixateur d'azote (Ndoye *et al.,* 1995), qu'il convient d'améliorer.

Le phosphore

Au Sénégal, les sols sont très pauvres en phosphore assimilable : 10 à 50 ppm. La carence des sols en phosphore se manifeste par une diminution de la croissance des plantes et une réduction de leur capacité fixatrice d'azote si elles en sont aptes. Dans ces conditions les champignons mycorhiziens jouent un rôle important en améliorant la nutrition phosphatée. Ces champignons agissent en synergique avec les *Rhizobium* sur le développement et la croissance des légumineuses. Des résultats ont été enregistrés pour le niébé, le voandzou et le kad associés au champignon à vésicules et à arbuscules *Glomus mosseae.*

Avec le niébé, la symbiose mycorhizienne s'établit 10 jours après l'inoculation. L'effet synergique est observé à partir du 20^{e} jour avec une amélioration de la croissance (+ 20 %), de la teneur en phosphore (+ 175 %) et de la fixation d'azote (+ 67 %). Toutefois, aussitôt après l'inoculation, les plantes passent par une phase critique due à l'invasion des tissus du cortex racinaire. Il est alors important d'apporter une petite quantité de phosphore soluble au moment de l'inoculation.

Dans le cas du kad. associé avec la souche de *Bradyrhizobium* ISRA226, l'inoculation avec *G. mosseae* n'améliore pas la croissance de l'arbre. En revanche, on observe une amélioration de la teneur des feuilles en azote (+ 35 %), en phosphore (+ 137 %), en potassium (+ 50 %), en calcium (+ 37 %) et en magnésium (+ 48 %).

Ces transformations d'origine microbienne montrent que la microflore rhizosphérique affecte profondément le développement et la physiologie des plantes. Cela explique l'importance de l'inoculation des semences avec des micro-organismes. Au Sénégal, un programme de production d'inoculum de *Rhizobium* a débuté en 1978 au CNRA (Centre national de recherches agronomiques) de Bambey. Les inoculums de *Rhizobium* sont actuellement produits pour la culture du haricot dans la zone des Niayes.

Les perspectives

Les acquis de la recherche pédologique vont de la connaissance de la nature des sols à celle de leur évolution sous culture. Les potentialités et les contraintes des grandes unités de sol des paysages sénégalais sont assez bien connues. Les sols dior de par leur nature sableuse s'épuisent lentement mais inexorablement dans le contexte d'une agriculture minière, qui prélève au sol des éléments qu'elle ne lui restitue pas dans les mêmes proportions. Dans les conditions actuelles, la quantité

moyenne d'engrais apportée chaque année est inférieure à 15 kg/ha et dans la réalité ces engrais sont principalement apportés dans les Niayes et dans la zone cotonnière. Et pourtant, aucune amélioration technique prise isolément n'a autant augmenté les rendements que les engrais minéraux. Les impératifs d'efficacité, de durabilité et de préservation de l'environnement incitent cependant à orienter les efforts vers des technologies combinant engrais minéraux et engrais organiques.

Une certaine activité biologique génératrice d'azote minéral permet au sol de conserver sa capacité productive, mais bien en dessous de ce qu'elle peut offrir. Les sols plus argileux du sud sont plus riches, mais restent fragiles à cause de leur grande sensibilité à l'érosion hydrique et leur déficience en phosphore. Sans une pluviométrie abondante, la mise en valeur des sols sulfatés acides reste marginale et confinée à la partie amont des vallées secondaires, qu'il convient surtout de protéger des intrusions de sel. Les sols alluviaux des vallées du Sénégal, de la Gambie et de l'Anambé offrent cependant l'essentiel du potentiel en sols irrigables du pays qu'il convient de mieux exploiter.

Des souches performantes de *Rhizobium* adaptées aux sols sénégalais ont été identifiées et leur production en grande quantité est en cours en ce qui concerne le haricot vert cultivé dans la zone des Niayes, où le recours à de fortes doses d'engrais azoté est la pratique la plus courante.

Pour produire plus et durablement, il est aussi impératif de maîtriser l'érosion et l'épuisement rapide de la réserve organique des sols, deux causes fondamentales de dégradation de la plupart des sols. Pour ce faire, il existe un ensemble de propositions techniques, dont la mise en œuvre par les agriculteurs rencontre de nombreuses difficultés. La restauration de la fertilité des sols et la gestion durable des sols qui doit lui succéder dépassent le cadre purement agronomique.

Pour améliorer la gestion de la fertilité des sols, on dispose de moyens d'intervention : politique des prix, sécurité des régimes fonciers, accès au crédit et aux marchés, rapport entre le prix des intrants et le prix des produits, approvisionnement en engrais et distribution, accès à l'information sur les méthodes de gestion améliorée de la fertilité des sols (gestion de la matière organique, lutte contre les pertes d'éléments nutritifs dues au ruissellement et au lessivage).

La recherche doit à présent concevoir des technologies qui optimisent l'utilisation de nouvelles sources de fertilisation organique, accessibles et pérennes : promouvoir les techniques accélérées de compostage et les systèmes associant polyculture et élevage, par exemple. L'établissement de normes d'interprétation de résultats d'analyses de sols reste aussi un domaine à approfondir.

Références bibliographiques

Allard J.L., Bertheau Y., Drevon J.J., Sèze O., Ganry F., 1982. Ressources en résidus de récolte et potentialités pour le biogaz au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 38 : 213-221.

Badiane A.N., Khouma M., Sène M., 2000. Gestion et transformation de la matière organique : synthèse des travaux de recherches menés au Sénégal depuis 1945. CILSS, CTA, ISRA, Dakar, 132 p.

Badiane A.N., 1993. La statut agronomique d'un sol sableux de la zone centre-nord du Sénégal. Thèse de doctorat, INPL, Nancy, 200 p.

Badiane A.N., Ganry F., Jacquin F., 1999. Les variations au champ de la biomasse microbienne d'un sol cultivé : conséquences sur la réserve organique mobilisable (cas d'un sol ferrugineux tropical au Sénégal). Compte rendu de l'Académie des sciences, Sciences de la terre et des planètes, 328 : 45-50.

Bertrand R., Valenza J., 1982. Méthode de cartographie des milieux naturels du Sénégal-Oriental : évaluation des possibilités agrosylvopastorales. L'Agronomie tropicale, 37 : 329-339.

Bèye G., 1975. Acid sulphate soils of West Africa, problems of their management for agricultural use. *In :* International rice research conference, 21-24 avril 1975. IRRI, Los Banos.

Bèye G., 1977. Dégradation des sols au Sénégal, situation actuelle et perspective. ISRA, CNRA, Bambey, 21 p.

Birch H.F., 1958. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. Plant and Soil, 10 : 1-31.

Blondel D., 1971a. Contribution à l'étude de lessivage de l'azote en sol sableux (dior) au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 26 : 687-696.

Blondel D., 1971b. Contribution à la connaissance de la dynamique de l'azote minéral en sol sableux au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 26 : 1303-1361.

Blondel D., 1971c. Rôle de la plante dans l'orientation de la dynamique de l'azote minéral en sol sableux. L'Agronomie tropicale, 26 : 1362-1371.

Blondel D., 1971d. Rôle de la matière organique libre dans la minéralisation en sol sableux, relation avec l'alimentation azotée du mil. L'Agronomie tropicale, 26 : 1372-1377.

Boyadgiev T.C., 1976. Etude agropédologique de la vallée et du delta du fleuve Sénégal. Projet de recherche agronomique et de développement agricole pour la mise en valeur du bassin du Sénégal, PNUD, FAO/RAF 73/060 OMVS.

Charreau C., Nicou R., 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. Bulletin agronomique IRAT n. 23.

Charreau C., Tourte R., 1967. Le rôle des facteurs biologiques dans l'amélioration du profil cultural dans les systèmes d'agriculture traditionnelle de la zone tropicale sèche. *In :* Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. IRAT, Tananarive, p. 1498-1517.

Chopart J.L., 1975. Influence du labour et de la localisation de l'engrais en profondeur sur l'adaptation à la sécheresse de différentes cultures pluviales au Sénégal. ISRA, CNRA, Bambey, 172 p.

Cissé L., 1986. Etude des effets d'apports de matière organique sur les bilans hydriques et minéraux et la production du mil et de l'arachide sur un sol sableux dégradé du centre-nord du Sénégal. Thèse de doctorat, INPL, Nancy, 184 p.

DAT, RSI, USAID, 1986. Cartographie et télédétection des ressources de la république du Sénégal : étude de la géologie, de l'hydrologie, des sols, de la végétation et des potentiels d'utilisation des sols. USAID, Dakar, 653 p.

Diatta S., 1980. Etude de l'évolution sous culture des sols de plateau en Casamance continentale : bilan de six années d'étude. ISRA, CNRA, Bambey, 13 p.

Diouf A., Ndoye I., Spencer M.M., Nef-Campa C., Guèye M., 1999. Need for inoculation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Senegal and assessment of nitrogen fixation using ^{15}N isotope dilution technique. Symbiosis, 27 : 251-257.

Dommergues Y.R., 1962. Contribution à l'étude de la dynamique microbienne dans les sols de la zone tropicale sèche. Annales d'agronomie, 4 : 469-479.

Dommergues Y.R., Duhoux E., Diem H.G., 1999. Les arbres fixateurs d'azote : caractéristiques fondamentales et rôle dans l'aménagement des écosystèmes méditerranéens et tropicaux. CIRAD, FAO, IRD, Editions Espaces, Paris, 500 p.

Dommergues Y.R., Mangenot F., 1970. Ecologie microbienne du sol. Masson, Paris, 795 p.

Drouineau G., Lefèvre G., Blanc-Aicard D., 1953. Minéralisation de l'azote organique au cours de la saison sèche sous climat méditerranéen. Compte rendu de l'Académie des sciences de Paris, 238 : 424-426.

Feller C., Ganry F., 1982. Décomposition et humification des résidus végétaux dans un agrosystème tropical. III. Effet du compostage et de l'enfouissement de divers résidus de récolte sur la répartition de la matière organique dans différents compartiments d'un sol sableux. L'Agronomie tropicale, 37 : 262-269.

Ganry F., 1990. Application de la méthode isotopique à l'étude des bilans azotés en zone tropicale sèche. Thèse de doctorat, université Nancy I, 335 p.

Ganry F., Badiane A., 1991. Utilisation efficace des engrais pour accroître la production végétale : efficience de l'urée apportée sur maïs. *In :* Alleviating soil fertility constraints to increase crop production in West Africa, Mokwunye A.U. (éd.). Nijhoff, Dordrecht, Developments in Plant and Soil Sciences, p. 227-237.

Ganry F., Guèye F., 1991. Fiches techniques d'étude et de préparation des composts et composts-fumiers en zone soudano-sahélienne. IRAT, CIRAD, ISRA, 12 p.

Graham P.H., Temple S.R., 1984. Selection of improved nitrogen fixation in *Glycine max* (L.) Mer. and *Phaseolus vulgaris*. Plant and Soil, 82 : 315-327.

Guèye F., Ganry F., Truong B., 1986. Elaboration d'un compost enrichi en phosphore par le phosphate naturel : étude agronomique. *In :* Séminaire CRDI-FIS. ORSTOM, Paris, p. 145-153.

Imbernon J., 1981. Variabilité spatiale des caractéristiques hydrodynamiques d'un sol du Sénégal : application au calcul d'un bilan sous culture. Thèse de doctorat, INP, Grenoble, 152 p.

Khouma M., 1995. Identification et évaluation des ressources en sols dans la moyenne vallée du fleuve Gambie et problématique de leur gestion par les systèmes d'information géographique. Thèse de doctorat, Faculté des sciences agronomiques de Gembloux, 146 p.

Khouma M., 2000. Les grands types de sols du Sénégal. *In :* XIV^{e} réunion du sous-comité ouest et centre africain de corrélation des sols, Cotonou, 9-13 octobre 2000. 21 p.

Khouma M., Touré M., 1981. Effect of lime and phosphorus on the growth and yield of rice in acid sulphate soils of the Casamance (Senegal). *In :* Proceedings of

the Bangkok symposium on acid sulphate soil, Dost H., Van Bremen N. (éd.). ILRI Publication n. 31, p. 237-250.

Maignien R., 1965. Notice explicative de la carte pédologique du Sénégal au 1/1 000 000. ORSTOM, Dakar-Hann, 66 p.

Ndiaye J.P., 1997a. Gestion de la fertilité des sols des plaines irrigables au Sahel : cas du delta et de la vallée du fleuve Sénégal. *In :* Irrigated rice in the Sahel: prospects for sustainable development, Miezan *et al.* (éd.). p. 213-224.

Ndiaye M., 1997b. Contribution des légumineuses arbustives à l'alimentation azotée du maïs (*Zea mays* L.) : cas d'un système de culture en allées dans le centre-sud du Sénégal. Thèse de docteur-ingénieur, INPL, Nancy, 136 p.

Ndoye I., Guèye M., Danso S.K.A., Dreyfus B., 1995. Nitrogen fixation in *Faidherbia albida,* compared with that of *Acacia raddiana, Acacia seyal* and *Acacia senegal* estimated using the ^{15}N isotope dilution technique. Plant and Soil, 172 : 175-180.

Nicou R., 1975. Caractéristiques principales des sols sableux et sablo-argileux du Sénégal : problèmes agronomiques de leur mise en valeur. ISRA, CNRA, Bambey, 23 p.

Pérez P., Boscher C., Sène M., 1996. Une meilleure gestion de l'eau pluviale par les techniques culturales (sud du Sine-Saloum). Agriculture et développement, 9 : 20-29.

Piéri C., 1976. L'acidification des terres de cultures exondées au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 31 : 339-368.

Piéri C., 1982. La fertilisation potassique du mil *Pennisetum* et ses effets sur la fertilité d'un sol sableux du Sénégal. Revue de la potasse, 27 : 12.

Piéri C., 1989. Fertilité des savanes : bilan de trente ans de recherches et de développement agricole au sud du Sahara. Ministère de la Coopération, CIRAD-IRAT, Paris, 444 p.

Piéri C., 1991. Les bases agronomiques de l'amélioration et du maintien de la fertilité des terres de savanes au sud du Sahara. *In :* Savanes d'Afrique, terres fertiles ? Actes des rencontres internationales. Ministère de la Coopération, CIRAD, Paris, p. 43-73.

Sarr P.L., 1981. Analyse des effets induits par l'intensification des cultures sur quelques caractéristiques physico-chimiques d'un sol ferrugineux tropical du Sénégal (Nioro-du-Rip). Thèse de doctorat, université Montpellier II, 100 p.

Sène M., 1995. Influence de l'état hydrique et du comportement mécanique du sol sur l'implantation et la fructification de l'arachide. Thèse de doctorat, ENSA, Montpellier, 174 p.

Siband P., 1972. Etude de l'évolution des sols sous culture traditionnelle en Haute-Casamance : principaux résultats. L'Agronomie tropicale, 27 : 574-591.

Siband P., 1974. Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. L'Agronomie tropicale, 29 : 1228-1248.

Touré M., 1981. Improvement of acid sulphate soils: effect of lime, wood ash, green manure and preflooding. *In* : Proceedings of the Bangkok symposium on acid sulphate soil, Dost H., Van Bremen N. (éd.). ILRI Publication n. 31, p. 223-236.

Tourte R., 1971. Thèmes légers, thèmes lourds, systèmes intensifs : voies différentes ouvertes au développement agricole du Sénégal. L'Agronomie tropicale, 26 : 632-671.

Tourte R., Billaz R., 1982. Approche des systèmes agraires et fonction recherche-développement : contribution à la mise au point d'une démarche. L'Agronomie tropicale, 37 : 223-232.

Tourte R., Vidal P., Jacquinot L., Fauche J., Nicou R., 1964. Bilan d'une rotation quadriennale sur sole de régénération au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 19 : 1034-1072.

Wetselaar R., Ganry F., 1982. Nitrogen balance in tropical agrosystems. *In :* Microbiology of tropical soils and plant productivity, Dommergues Y.R., Diem H.G. (éd.). Nijhoff, La Haye, p 1-35.

Woomer P.L., Swift M.J., 1994. The biological management of tropical soil fertility. Wiley, 243 p.

Les ressources sylvopastorales

Amadou Tamsir DIOP, Oussouby TOURE,
Alexandre ICKOWICZ, Alioune DIOUF

Au Sénégal, le premier souci du Service de l'élevage a été de s'attaquer, par des campagnes systématiques de vaccination, aux maladies les plus fréquentes, ce qui a permis d'améliorer sensiblement la situation sanitaire du cheptel et d'accroître les effectifs. L'alimentation en eau et en fourrage est cependant restée un problème.

La création de points d'eau dans les régions où les pâturages étaient disponibles a été privilégiée face à l'impossibilité d'aménager des pâturages. Un véritable programme d'hydraulique pastorale a été mis en place au début des années 1950. En 1953, la première mission de prospection botanique a été réalisée par Adam dans une zone allant du nord au centre du Sénégal, à l'initiative du Service des eaux et forêts en relation avec l'IFAN (Institut fondamental d'Afrique noire).

Avec la sécheresse des années 1970 et ses conséquences sur le cheptel et sur les zones de pâturages, des dispositifs de suivi d'évolution des pâturages ont été implantés pour évaluer l'impact des perturbations climatiques et des aménagements hydrauliques. Pour améliorer la situation nutritionnelle du cheptel, des techniques de complémentation, mais aussi d'amélioration et de gestion des potentiels fourragers des zones de pâturages, ont été mises au point. Le cheptel des différentes zones d'élevage a été inventorié et ses performances sur parcours ont été évaluées. Ces travaux se sont poursuivis dans les années 1980 grâce à l'imagerie satellitaire et à l'avion afin de mieux apprécier les possibilités de valorisation des fourrages naturels par les ruminants domestiques des zones tropicales et de déterminer le comportement des animaux.

Ces recherches en sylvopastoralisme ont impliqué plusieurs institutions de recherche nationales de pays comme la France et l'Allemagne et des organismes internationaux, comme la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture). L'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles) par l'intermédiaire du LNERV (Laboratoire national de l'élevage et de recherches vétérinaires) basé à Dakar-Hann et des CRZ (Centres de recherche zootechnique) de Dahra-Djoloff et de Kolda a mené d'importantes études dans ce domaine avec des équipes constituées de chercheurs nationaux et de l'IEMVT (Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux), qui est devenu le département

d'élevage et de médecine vétérinaire du CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement).

L'IRD (Institut de recherche pour le développement, anciennement ORSTOM, Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération) a étudié durant plusieurs années, dans la partie nord de la zone sylvopastorale, l'écologie des espèces végétales. En relation avec l'ISRA, il a mené des activités sur le suivi de la biomasse herbacée et des feux de brousse grâce à l'UTIS (Unité de traitement d'images satellitaires) basée au CRODT (Centre de recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye).

Dans les années 1980, l'EISMV (Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaire) a conduit des activités dans le domaine du sylvopastoralisme, par l'intermédiaire de nombreuses thèses et de la formation en aménagement pastoral intégré au Sahel. L'ISE (Institut des sciences de l'environnement) a réalisé des études importantes dans la zone du lac de Guiers. Depuis 1980, le CSE (Centre de suivi écologique) étudie la dynamique des écosystèmes pastoraux et a mis au point des méthodes d'inventaire, qui utilisent les vols systématiques de reconnaissance et l'imagerie satellitaire.

Les principaux résultats

L'inventaire et la cartographie des pâturages

Les cartes ont d'abord été établies en interprétant les photographies aériennes, dont les premières sont disponibles à partir de 1954. L'inventaire floristique et la classification de la végétation reposaient sur l'analyse phytosociologique.

Pour estimer la production fourragère herbacée, on utilisait des méthodes comme la fauche d'un carré de 1 m^2 répétée plusieurs fois selon l'hétérogénéité de la strate. La production fourragère des ligneux a été évaluée grâce aux relations allométriques, dont les paramètres sont obtenus en mesurant plusieurs individus. La méthode fondée sur la mesure de la circonférence à la base était considérée comme la plus satisfaisante.

La valeur alimentaire des espèces végétales a été déterminée à partir d'analyses bromatologiques, dont les résultats sont regroupés dans la base de données Aliatrop et publiés sous forme de tables de valeur nutritive. Les cartes établies à différentes échelles (tableau I) fournissent la capacité de charge des principaux groupements végétaux et leur possibilité d'utilisation selon la période.

A partir de 1980, l'imagerie satellitaire a amplifié les possibilités de suivi des ressources fourragères et permis, avec le calcul de l'indice de végétation de déterminer les variations d'activité chlorophyllienne d'un pâturage, c'est-à-dire de la biomasse verte. Les premières applications de cette évaluation de la biomasse herbacée, réalisées au début des années 1980 dans la région sahélienne, ont permis d'établir régulièrement des cartes de biomasse envoyées aux différentes structures de développement œuvrant dans la zone (CSE, 1987, 1988, 2002). L'utilisation du bilan hydrique pour suivre le disponible fourrager a également été testée en zone sylvopastorale (Dieye, 1983).

Tableau I. Cartes des pâturages du Sénégal.

Année	Auteur	Région	Superficie (ha)	Echelle
1963	J. Raynal	CRZ de Dahra	6 500	1/50 000
1967	G. Fotius	Ferlo oriental	2 000	1/200 000
1966	J. Audru	Delta du Sénégal	200	1/100 000
1967	G. Fotius	Kanéméré	6 500	
1967	M. Mosnier	Gallayel	180	
1968	A.K. Diallo	Ferlo sud	400	
1970	G. Boudet	Haute et Moyenne-Casamance	2 000	1/200 000
1972	J. Valenza et A.K. Diallo	Nord-Sénégal	3 500	1/200 000
1977	J. Valenza	Ferlo Boundou		

En saison sèche, l'exploitation du canal thermique de NOAA/AVHRR permet de localiser les feux de brousse et d'évaluer les dégâts dans les zones de pâturages. De même, à la demande de divers services du développement rural, l'imagerie satellitaire a été utilisée pour établir des cartes d'occupation des sols.

Grâce à ces résultats d'inventaire et de cartographie, la productivité des espaces pastoraux est mieux maîtrisée. Les services chargés du développement rural ont à leur disposition, dans des délais relativement courts, des informations qui leur permettent de mieux planifier leurs activités.

Le mode d'exploitation des ressources sylvopastorales

L'effet de la charge animale

Au CRZ de Dahra, les essais effectués de 1963 à 1965 ont montré que la fauche répétée des parcelles à la même période entraîne une diminution sensible des graminées tardives et, à un degré moindre, des graminées fines alors qu'elle favorise le développement des légumineuses (Valenza, 1968). Si le feu précoce a peu d'effet sur la composition floristique, le feu tardif, au contraire, a une influence certaine et marquée dès la première année, avec la multiplication des graminées au détriment des légumineuses. Le parcage, comme la mise en défens, modifie très peu la végétation, tout au moins pendant les premières années.

En zone sylvopastorale (ZSP), l'analyse diachronique de la strate ligneuse grâce aux photographies aériennes indique que la dégradation est plus importante à proximité des forages (Barral *et al.,* 1983). Plus le forage est ancien, plus la diminution de la densité des ligneux à proximité est sévère. Le dispositif de suivi mis en place dans cette région de 1974 à 1984 révèle que la pression animale sur les pâturages naturels a un effet néfaste dans les zones proches des abreuvoirs, mais que des espèces de bonne valeur pastorale se développent un peu plus loin (Valenza, 1984). Dans les zones plus éloignées des forages, l'effet dépend essentiellement du type de sol. Les données satellitaires d'une résolution de

1,1 km, obtenues ensuite par le CSE, ne signalent pas d'effet lié au forage (Hanan *et al.,* 1991). Elles indiquent que la production primaire des herbacées est même plus élevée aux abords des forages que dans les pâturages les plus éloignés.

Autour du forage de Widou Thiengoli, l'intensité de charge qui serait optimale pour la strate herbacée conduit à une dégradation permanente des ligneux (Miehe, 1990). Une adaptation annuelle de la charge du bétail aux variations de la production de la strate herbacée constitue la meilleure forme de gestion des pâturages en région sahélienne. Ce qui rejoint la stratégie de la mobilité, qui a toujours été adoptée par les éleveurs.

Dans les parcelles mises en défens (1980-2003), la diversité de la strate herbacée ne s'améliore pas et les plages nues augmentent, réduisant ainsi la biomasse herbacée. Cet état de fait serait dû à l'absence de piétinement, de transport et d'enfouissement des graines par les animaux. Ce phénomène se rencontre dans les zones très éloignées des forages (Barral *et al.,* 1983). Dans les zones situées aux alentours immédiats des forages, la porosité des sols diminue, notamment en profondeur. Cette compaction des sols n'est pas défavorable au développement de la biomasse herbacée.

En Haute-Casamance (Mbaye, 2000 ; Ickowicz et Mbaye, 2001) des dispositifs de mesure d'impact du feu et de la pâture sur la végétation forestière montrent que, en tenant compte de la saison et de l'état de développement de la végétation, on peut obtenir grâce à la circulation des troupeaux des effets soit de débroussaillement, soit de stimulation de la repousse des ligneux. En jouant sur l'intensité et la période de pâture ou de défens, des calendriers de gestion peuvent ainsi être mis au point par rapport à leur impact sur les ressources naturelles.

L'évolution de la mobilité

Selon les enquêtes menées de 1999 à 2001 dans les zones pastorales, la mobilité pastorale demeure une forme d'exploitation majeure des espaces sylvopastoraux. Elle a toutefois évolué dans le temps et dans l'espace (Gomez, 1979 ; Barral, 1982 ; Santoir, 1983 ; Sy, 2003). En effet, si au départ elle était l'apanage des éleveurs peuls, elle est aujourd'hui aussi pratiquée par les agroéleveurs sérères du bassin arachidier, pour faire face à la réduction de leur espace pastoral. L'amplitude des mouvements s'est aussi accrue. Les espaces les plus reculés comme la Falémé ne sont pas épargnés. Chez les Peuls, la mobilité des petits ruminants a aussi augmenté, de même que la durée de leur séjour pendant les transhumances, tandis que celle des bovins s'est réduite dans certaines zones.

L'évolution de l'occupation des espaces

Les enquêtes socio-économiques en zone sylvopastorale (Santoir, 1994) montrent que la population de la zone s'est accrue en moyenne de 1 % par an entre 1976 et 1992. Les forages n'ont donc pas eu pour effet un accroissement spectaculaire de la population, bien au contraire, ils ont plutôt provoqué un émiettement de la population.

Avec le développement des ouvrages hydrauliques, la région nord du Sénégal a aussi connu une nouvelle structuration de l'espace. Chaque forage est maintenant caractérisé par une aire de desserte. Selon les résultats des vols systématiques de

reconnaissance, la densité du cheptel bovin est variable selon les zones de forage (Sharman, 1982).

Autour des forages, des agglomérations plus ou moins développées se sont constituées. Elles sont occupées actuellement pour l'essentiel par une population d'allochtones au milieu peul, qui vivent d'autres activités que celles des éleveurs peuls : agents de l'administration, commerçants…

Le campement d'hivernage par opposition à celui de saison sèche tend à devenir un lieu d'habitation permanent. Son mode d'implantation révèle une tendance à la dispersion. Dans ce système pastoral, l'occupation de l'espace n'est pas anarchique. Le processus de fixation des Peuls en zone sylvopastorale n'a donc pas entraîné une agrégation de la population dans les campements (Touré, 1985).

Concernant les activités agricoles, on note le déclin des cultures dans la vallée du fleuve Sénégal : 49 % de la population y a renoncé, dont 62 % entre 1973 et 1978, après la sécheresse et la mise en place des aménagements hydroagricoles de la vallée du fleuve Sénégal. Des activités maraîchères ont été expérimentées autour de la plupart des forages avec l'appui de partenaires du développement.

Dans le débat sur les causes de la désertification des écosystèmes pastoraux, les recherches ont permis d'éclairer le public notamment en ce qui concerne le rôle de l'animal. Elles ont aussi permis de l'informer sur les modifications de l'espace liées à son exploitation à des fins de productions animales.

Le comportement alimentaire du cheptel

La préférence alimentaire des ruminants domestiques

Les régimes ont été déterminés par la méthode de la collecte du berger, développée à partir de 1981 dans le cadre d'un projet sur l'alimentation du bétail tropical (Guerin, 1987 ; Guerin *et al.,* 1988). Destinée initialement à identifier les principales espèces d'intérêt fourrager, cette méthode simple a été comparée à d'autres méthodes plus quantitatives et plus lourdes à mettre en œuvre. Une méthode indirecte par analyse microhistologique des débris végétaux dans les fèces a également été utilisée (Guerin *et al.,* 1988 ; Mandret, 1989 ; Planton, 1989). Un atlas de référence pour identifier les espèces pastorales à partir de fragments tissulaires a été constitué. Des méthodes fondées sur des animaux à l'œsophage fistulé ont permis de comparer et de calibrer les méthodes et d'apprécier leurs valeurs respectives sur le plan de l'estimation pondérale de la composition des rations (Guerin, 1987 ; Guerin *et al.,* 1988).

A l'aide de ces méthodes, la composition botanique des régimes du cheptel a été décrite en fonction de la saison et des types de parcours dans les différentes zones agroécologiques. Ces études ont mis en évidence la complémentarité des bovins, ovins et caprins. Les bovins consomment essentiellement des herbacées (80 %) et plus particulièrement des graminées (jusqu'à 90 %), les caprins ont un régime composé essentiellement de ligneux (jusqu'à 85 %) alors que les ovins ont un régime intermédiaire. En fonction de la saison et de la composition des

pâturages, cette complémentarité dans l'exploitation des ressources peut devenir concurrence lorsque les herbacées ont été consommées.

A partir de ces observations, il a été possible d'identifier les espèces recherchées par les ruminants et d'ébaucher des modèles de prévision de la composition du régime en fonction de celle des pâturages (Guerin *et al.,* 1988). L'importance des résidus de récolte, des jachères ou des adventices dans le régime des ruminants a été évaluée en milieu agropastoral hétérogène, ainsi que la fréquentation de l'espace agricole (Guerin *et al.,* 1988 ; Richard *et al.,* 1993 ; Ickowicz et Mbaye, 2001).

La composition chimique et la valeur nutritive des régimes

La composition chimique et la valeur nutritive des régimes, déterminées à partir d'échantillons représentatifs des régimes obtenus par différentes méthodes (collecte du berger, fèces, fistule de l'œsophage ou du rumen), ont été analysées en fonction des pâturages et des saisons. Des essais de digestibilité et d'alimentation ont été menés sur des fauches de pâturages naturels pour évaluer leur valeur nutritive (Guerin *et al.,* 1989 ; Richard *et al.,* 1990). Grâce aux nombreux essais réalisés, il a été possible d'établir des équations de prédiction de la valeur nutritive des rations ingérées sur parcours, qui reposent sur la connaissance de la composition chimique des fourrages ou de celle des fèces (Guerin *et al.,* 1989).

Des différences sensibles ont été observées entre les saisons, d'une part, et entre bovins et petits ruminants exploitant les mêmes parcours, d'autre part. Pendant la saison des pluies, la dMO (digestibilité de la matière organique) des rations atteint 70 % et la teneur en MAD (matières azotées digestibles), 12 %. Ces taux chutent rapidement au début de la saison sèche. Sur parcours agropastoraux, l'accès aux résidus de récolte en décembre améliore le niveau nutritionnel des troupeaux, qui, aux autres périodes, est généralement moins bon que sur parcours naturels, surtout pour les bovins (Guerin *et al.,* 1990). La qualité des pâturages des zones sahéliennes est supérieure. En zone sahélo-soudanienne et soudanienne, la qualité des régimes ne s'améliore avec la consommation des résidus de récolte que durant une courte période de l'année (Guerin, 1987 ; Guerin *et al.,* 1990 ; Ickowicz *et al.,* 1998).

Le niveau d'ingestion des ruminants

Les quantités ingérées par les ruminants tropicaux, estimées par la collecte totale des fèces d'animaux au pâturage et par l'évaluation de la digestibilité des rations ingérées (Guerin, 1987), sont plus élevées au pâturage qu'en stabulation pour un même fourrage (Guerin, 1987) en raison du choix opéré par les animaux. Les maximums d'ingestion ont été enregistrés en saison des pluies et en saison sèche fraîche, les minimums à la fin de la saison sèche. Pour les bovins sahéliens, les normes habituelles (2,5 kg de matière sèche pour 100 kg de poids vif) semblent surestimer leur consommation, qui varie de 1,5 à 2,5 kg de matière sèche pour 100 kg de poids vif. Chez les ovins, 3,0 kg de matière sèche pour 100 kg de poids vif est une estimation acceptable avec des variations de 1,8 à 3,6 kg de matière sèche pour 100 kg de poids vif.

La répartition des activités du cheptel

Le taux et la durée de fréquentation des différents types de parcours par le cheptel ont été déterminés en observant directement le bétail, de même que la nature des espaces pâturés et la durée de séjour des troupeaux (Sharman, 1982 ; Guerin *et al.,* 1988 ; Richard *et al.,* 1993). En général, dans les espaces pastoraux, la matinée est consacrée aux déplacements vers les pâturages, à midi et dans l'après-midi, le bétail pâture et le soir est consacré au retour. Les petits ruminants s'abreuvent le matin et les bovins le matin ou le soir au retour. L'activité des animaux est influencée par le berger, qui optimise le temps consacré au pâturage et à l'abreuvement. Ainsi, au fur et à mesure que la saison sèche avance, le temps de pâturage s'allonge jusqu'à faire disparaître complètement le temps de repos.

Les différentes zones de pâturages (jachères, pâturages naturels ou postculturaux) sont fréquentées en fonction de la superficie qu'elles occupent dans le terroir, de l'importance du cheptel dans la zone et de la durée de la saison des cultures. Dans les systèmes agrosylvopatoraux, les jachères sont surtout des pâturages de saison des pluies (Guerin *et al.,* 1990 ; Ickowicz et Mbaye, 2001). Dans le sud du bassin arachidier, les pâturages postculturaux et les pâturages naturels demeurent les sites d'accueil exclusifs des animaux domestiques. Les bovins passent plus de temps dans les jachères et les friches que les petits ruminants.

Dans le nord du bassin arachidier, qui est occupé par les Sérères pendant la saison des pluies, les parcelles en jachère sont transformées en parcs à bœufs, où les animaux du village sont enfermés. En saison sèche, la totalité du terroir est ouverte au cheptel local, auquel vient se joindre celui des transhumants de la zone sylvopastorale. Les champs de céréales sont fréquentés en premier lieu par les bovins. De plus en plus la disparition de la jachère oblige les troupeaux bovins à transhumer hors du terroir pendant les trois quarts de l'année. A la frontière du bassin arachidier et de la zone sylvopastorale, les terrains en jachère ou en friche servent surtout de parcours aux animaux des transhumants peuls du nord pendant la saison sèche.

En Casamance, dès le début de la saison des pluies, le troupeau bovin est attaché au piquet la nuit dans la forêt et les jachères servent de pâturages aux petits ruminants. A partir de septembre, les champs de céréales récoltés accueillent en premier lieu les petits ruminants, qui sont rejoints par les bovins après la récolte des champs, vers décembre-janvier.

Les déplacements des troupeaux jouent aussi un rôle important dans la circulation de la matière organique sur les terroirs. Les suivis réalisés en Haute-Casamance montrent que les troupeaux, en consommant les ressources du terroir puis en les restituant de façon semi-pilotée sous forme de fèces, peuvent maintenir la fertilité de plus de 30 % du terroir sans autres intrants (Ickowicz *et al.,* 1998 ; Manlay *et al.,* 2004a, 2004b). Une meilleure intégration de l'élevage permet ainsi de lutter contre la baisse de fertilité des terres agricoles. L'aménagement du terroir et l'amélioration des ressources fourragères peuvent conduire à l'agriculture durable.

Ces recherches ont permis de mettre au point des outils méthodologiques de suivi des troupeaux sur pâturages naturels en région sahélienne et de recueillir des données pour mieux gérer les troupeaux selon le mode extensif. Elles contribuent ainsi à pérenniser l'exploitation des espaces pastoraux par le cheptel.

L'amélioration de l'exploitation des ressources naturelles

La récolte et la conservation des fourrages naturels

L'étude de la collecte et de la conservation des fourrages s'est poursuivie de 1990 à 1994, en station à Sangalcam, dans la zone sylvopastorale à Dahra et dans la région de Kolda. Des faucheuses à traction bovine ont été adaptées à la traction asine, puis diffusées dans le cadre des activités du programme national de vulgarisation agricole (PNVA). Une vingtaine de faucheuses à traction asine ont été réhabilitées.

Des essais de fanage de fourrages naturels, en station et au champ, ont permis de préciser l'évolution de la perte en eau selon le temps et les facteurs environnementaux (Diop *et al.,* 1992). Des techniques de conditionnement des fourrages adaptées aux conditions socio-économiques de la zone ont été testées. En zone subhumide, dans la région de Kolda, les contraintes de la fenaison ont été identifiées et un programme sur les réserves fourragères a été proposé. Des agropasteurs ont été formés en 1992 dans le cadre des activités du projet forestier de Dabo (Diop, 1991).

Le transport de l'eau

Un prototype de charrette pour âne à trois brancards a été conçu dans les ateliers du LNERV, en collaboration avec les artisans de la région de Dakar. Les essais ont été menés près du forage de Tatki, puis à Widou Thiengoli, dans le cadre d'un projet de villages pilotes de la Direction de l'environnement (Diop, 1991). Actuellement, des modèles de charrettes semblables se rencontrent près de certains forages de la zone sylvopastorale.

Les politiques d'hydraulique

La disponibilité des ressources en eau

Les enquêtes et les vols systématiques de reconnaissance ont été utilisés pour évaluer les charges animales. Dans le Djoloff, une partie du Ferlo, la charge animale était estimée à 1 bovin pour 100 ha, au début du siècle, et à 1 bovin pour 24 ha, entre 1950 et 1975 (Barral *et al.,* 1983). Dans la partie nord du Ferlo, elle était estimée à 1 bovin pour 9,3 ha, en 1982 (Sharman, 1982). Les estimations réalisées près des forages de Thiel et de Thiargny en 1994 donnent des résultats similaires (ISRA, 1995).

C'est principalement pour les petits ruminants qu'un accroissement spectaculaire a été noté. En effet, si en 1973 l'effectif de bovins était trois fois supérieur à celui des petits ruminants (Fayolle, 1974), en 1982 les petits ruminants étaient deux fois plus nombreux que les bovins (Sharman, 1982). Les données de ces dernières années confirment cette tendance (ISRA, 1995).

Bien que l'évolution de l'effectif des ruminants au cours du siècle doive être analysée avec prudence, elle reflète un changement dans les pratiques d'élevage en zone sylvopastorale. Les petits ruminants se multiplient rapidement et peuvent être facilement vendus à la faveur d'un investissement en zébus. Le développement des charrettes a été un facteur déterminant pour l'élevage des petits ruminants en améliorant le transport et la disponibilité de l'eau sur les parcours. La multiplication des charrettes a entraîné celle des équidés mais surtout des asins. La répartition des espèces bovines a connu des modifications selon le nombre de forages.

L'augmentation de la disponibilité en eau a permis de réduire la mortalité et, avec des stratégies comme l'abreuvement au campement, des performances zootechniques nettes sont obtenues surtout chez les petits ruminants. Mais aucune amélioration de la production laitière en saison sèche, période pendant laquelle fonctionnent les forages, n'a été notée. Une forte baisse est constatée dès la fin de la saison des pluies.

L'EXPLOITATION DES SOURCES D'ABREUVEMENT

D'après les enquêtes menées entre 1999 et 2001 sur les sources d'abreuvement en zone sylvopastorale, le type de récipients et les moyens de transport ont changé depuis les années 1970. En effet, les premiers récipients, qui correspondent à la première génération de forages, avaient une capacité de moins de 30 l. Ils ont été remplacés par des récipients un peu plus grands, dont le transport se faisait à dos d'ânes. Puis des chambres à air pouvant contenir 1 000 l d'eau les ont remplacés. De 1975 à 1991, le nombre de charrettes a été multiplié par dix, et ces dernières années, l'utilisation de véhicules pour le transport de l'eau est de plus en plus fréquente (Santoir, 1994).

Après la mise en place des premiers forages, 49 % des troupeaux fréquentaient, en saison sèche, les forages et 33 %, les puits. Seuls certains éleveurs dont le campement était éloigné d'un point d'eau souterrain (9 %) continuaient à conduire leurs troupeaux au fleuve Sénégal. Aujourd'hui, la plupart des troupeaux de petits ruminants ne vont plus s'abreuver dans le fleuve ou le lac de Guiers en saison sèche. L'effectif du bétail abreuvé à la maison est cependant passé de 0 % en 1970 à 8 % actuellement.

Pour les bovins, 91 % des troupeaux s'abreuvent au forage en saison sèche et le reste au puits, ce dernier étant moins utilisé que dans le passé (45 % avant 1970). Cette situation est valable dans toute la zone sylvopastorale à quelques variantes près (à l'ouest par exemple). Tous les habitants utilisent le forage pour leur alimentation en eau.

L'ABREUVEMENT DU CHEPTEL AU FORAGE

Ces mêmes enquêtes indiquent que si, en 1988, 54 % des troupeaux de la zone sylvopastorale venaient au forage une fois tous les deux jours, 42 % tous les jours et 4 % selon le besoin, en 2000, 3 % des troupeaux de bovins et 16 % de ceux de petits ruminants ne sont jamais venus au forage et 39 % des troupeaux l'ont fréquenté chaque jour. Parmi les petits ruminants qui s'abreuvent un jour sur deux, bon nombre sont abreuvés à la maison. Certains éleveurs alternent aussi forage et puits.

Dans le centre de la zone sylvopastorale, 28 % des éleveurs maintiennent l'abreuvement quotidien des bovins mais 11 % laissent les bovins venir au forage selon leur besoin, ce qui n'était pas le cas dans les années 1970. A l'ouest comme au sud, on observe une tendance à l'abandon de l'abreuvement quotidien des bovins, qui est passé, entre 1988 et 2001, de 48 à 33 %, dans l'ouest, et de 69 à 47 %, dans le sud. Dans le nord, le pourcentage de bovins qui viennent au forage tous les deux jours reste élevé, mais la tendance générale est à la diminution : 76 % en 1988 contre 59 % en 2001.

Vers la fin de la saison sèche, ceux qui ne partent pas en transhumance exploitent des pâturages situés entre des aires de desserte de forages contiguës, ce qui leur permet d'utiliser deux forages. Contrairement aux petits ruminants, les bovins ne sont jamais gardés. Entre 1988 et 2001, le nombre d'éleveurs dont les animaux viennent au forage sans berger n'a pas évolué.

L'IMPACT DU CHEPTEL SUR LA FAUNE

Au début du XX^{e} siècle, la zone sylvopastorale était peuplée d'une faune diversifiée (Vallier, 1906). En effet en début d'hivernage, des espèces sauvages comme les éléphants venaient dans le Ferlo et se retiraient vers le sud-est de la région dès que les eaux diminuaient. En 1982, les vols systématiques de reconnaissance n'ont permis d'identifier que quelques espèces en nombre réduit et uniquement dans la partie orientale de la zone sylvopastorale : gazelles *(Gazella rufifrons),* phacochères *(Phacocherus africanus),* autruches *(Struthio camelus)* et chacals *(Canis adustus)* (Sharman, 1982). Les enquêtes auprès des populations indiquent surtout les hyènes *(Hyena hyena),* les phacochères et les chacals. Avec l'augmentation du cheptel à la suite des campagnes de prophylaxie, de l'implantation des puits et de la campagne d'éradication des fauves, une forte réduction de la faune a été constatée en zone sylvopastorale. Les derniers lions y ont été signalés vers 1950, au début des programmes d'hydraulique (Service de l'élevage et des industries animales, 1950).

La politique de construction des forages n'a donc fait qu'achever un processus enclenché plusieurs décennies auparavant. La partie orientale de la zone sylvopastorale, où la plupart des espèces sauvages venaient se réfugier, a été érigée par la suite en réserve de faune, mais, depuis une décennie, l'implantation de forages tend à détruire les habitats des dernières espèces sauvages, comme les autruches. La réintroduction de ces espèces est en cours dans le Ferlo grâce aux informations obtenues par les recherches sur les zones pastorales. Actuellement, une collaboration étroite se développe entre le service chargé des parcs nationaux et celui de l'élevage pour mieux gérer les aires protégées dans les espaces pastoraux.

L'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTIVITÉ DES ESPACES PÂTURÉS

L'effet de l'épandage des phosphates naturels de Taïba et de Thiès sur les pâturages naturels a été étudié de 1994 à 1996 (Diop *et al.,* 2003). Il ressort de cette étude que l'effet de la dose est peu marqué sur les sols lors de la première année dans la zone sahélienne et qu'il se fait sentir dans la zone soudanienne par la suite. Cet effet est quasiment inexistant sur la composition floristique et sensible uniquement à partir de la deuxième année dans la région soudanienne pour la

biomasse. L'effet du type s'est manifesté avec la biomasse et la présence des légumineuses surtout avec le phosphate naturel traité. La teneur des fourrages en P_2O_5 est influencée à partir de la deuxième année en zone soudanienne et moins en zone sahélo-soudanienne, où sa variation du fait de l'application se précise par la suite, il en est de même du rapport phosphocalcique, qui évolue aussi dès la deuxième année en région soudanienne.

Les perspectives

Le Sénégal mène depuis plus de quarante ans des recherches en sylvo-pastoralisme. Grâce à une collaboration entre institutions nationales, d'une part, et avec des institutions étrangères, notamment françaises comme le CIRAD et l'IRD, d'autre part, des progrès importants ont été réalisés dans la connaissance des ressources pastorales et de leur gestion. Des méthodes d'inventaire et de suivi de plus en plus efficientes ont été mises au point pour la plupart des ressources, de même que des techniques d'exploitation et de restauration des espaces. Les compétences des chercheurs se sont renforcées avec la formation d'étudiants du pays et de la région à l'EISMV, à l'ISE et à l'ENSA (Ecole nationale supérieure agronomique). Des équipements de plus en plus performants ont été acquis, renforçant la renommée des institutions de recherche. La création de divisions chargées du pastoralisme dans les services nationaux du développement va accroître les possibilités de valorisation des résultats obtenus.

Cependant, le financement des activités étant pour une large part issu de l'appui extérieur, des périodes d'interruption plus ou moins longues ont caractérisé la plupart des programmes. Pour ces raisons, la formation des jeunes chercheurs, l'entretien des infrastructures et des équipements de recherche et leur remplacement ont rencontré des difficultés. Cette dégradation progressive a parfois occasionné des restructurations dont le seul objectif était de réduire le coût des activités. Sur le plan scientifique, les travaux sur le mode d'exploitation des ressources pastorales par les populations elles-mêmes n'ont pas été suffisants. Certaines stratégies comme la mobilité ont été jugées obsolètes et inefficaces. De même, certaines disciplines des sciences sociales n'ont été intégrées que très tard dans les recherches sur le pastoralisme. L'organisation des structures de recherche n'a pas toujours permis d'atteindre les objectifs visés. En effet, l'exécution des programmes a parfois manqué de cohérence tant au sein des institutions qu'entre elles.

Mais actuellement, les recherches en sylvopastoralisme semblent bénéficier d'un capital de confiance de la part des bailleurs de fonds sur le plan international. Et les défis auxquels les systèmes pastoraux sont confrontés sont bien réels : conditions écologiques difficiles et préjugés défavorables font de l'élevage pastoral une activité jugée non rentable et destructrice de l'environnement.

Pour l'avenir, il est possible de définir un certain nombre de thèmes prioritaires de recherche et d'action :
– définir l'importance des productions issues des zones pastorales dans l'économie nationale ;
– analyser les contraintes de production et d'intégration économique des systèmes pastoraux ;
– étudier l'impact des systèmes de production et des modes d'appropriation des ressources sur les écosystèmes pastoraux et leur dynamique ;

– étudier la problématique de l'accès aux ressources dans le contexte de la décentralisation et la reconnaissance du pastoralisme dans la législation foncière ;
– analyser les processus et les dynamiques d'utilisation des espaces pastoraux et de valorisation de leurs ressources ;
– modéliser et proposer des outils d'évaluation, de suivi environnemental et d'intervention à différentes échelles ;
– élaborer des techniques d'amélioration des performances, des modes d'exploitation durable des ressources des espaces pastoraux et des techniques de restauration des milieux dégradés ;
– renforcer les mécanismes de valorisation des résultats de recherche dans le domaine du sylvopastoralisme.

La mise en commun des moyens humains et financiers des différentes institutions pourra constituer un point fort dans cette nouvelle dynamique. C'est en cela que le groupe d'intérêt scientifique sur le pastoralisme, qui regroupe plusieurs institutions, est un exemple à saluer.

Références bibliographiques

Audru J., 1966. Etude des pâturages naturels et des problèmes pastoraux dans le delta du Sénégal (république du Sénégal) : 1 carte en couleurs au 1/100 000. Etude agrostologique de l'IEMVT n. 15.

Barral H., 1982. Le Ferlo des forages : gestion actuelle et ancienne de l'espace. ORSTOM, Dakar.

Barral H., Bénéfice E., Boudet G., 1983. Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo : synthèse de fin d'études d'une équipe de recherches pluridisciplinaires. ISRA, GERDAT, ORSTOM, Paris, 172 p.

Boudet G., 1970. Pâturages naturels de la Haute et Moyenne-Casamance. Etude agrostologique de l'IEMVT n. 27.

CSE, 1987-2002. Bilan du suivi de la végétation : hivernage 1987-2002.

Diallo A.K., 1968. Pâturages naturels du Ferlo-Sud (république du Sénégal). Etude agrostologique de l'IEMVT n. 23.

Dieye K., 1983. Evaluation des ressources fourragères naturelles par le bilan hydrique : cas du Ferlo. *In :* Colloque de Dakar, 16-18 novembre 1983. Projet écosystèmes pastoraux, UNEP, FAO, ISRA, Dakar, 9 p.

Diop A.T. *et al.,* 1992. Constitution des réserves fourragères par fenaison. Cahiers d'information ISRA, 5 : 20 p.

Diop A.T., 1991. Note préliminaire sur l'amélioration du système de transport de l'eau en zone sylvopastorale : utilisation d'un nouveau type de charrette. LNERV, Dakar, 8 p.

Diop A.T., Badiane A., Sall C.E., Diène M., 2003. Improvement of rangelands in Senegal through the utilization of natural phosphates. *In :* VIIth international rangeland congress, Durban, 26 juillet-1 août 2003, p. 1182-1184.

Fayolle A.F., 1974. Valorisation du cheptel bovin, zone sylvopastorale de la république du Sénégal : rapport d'enquêtes. EMVT, LNERV, Dakar-Hann, 126 p.

Fotius G., Valenza J., 1966. Etude des pâturages naturels du Ferlo oriental (république du Sénégal). Etude agrostologique de l'IEMVT n. 13, 180 p.

Gomez O.S., 1979. Contribution à l'étude de la transhumance au Sénégal : ses conséquences sur l'exploitation du cheptel et sur le développement économique et social des populations pastorales. Thèse de doctorat vétérinaire, Dakar, 107 p.

Guerin H., 1987. Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliens et sahélo-soudaniens : étude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal. Thèse de docteur-ingénieur, ENSA, Montpellier, 213 p.

Guerin H., Friot D., Mbaye N., Richard D., Dieng A., 1988. Régime alimentaire de ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. II. Essai de description du régime par l'étude du comportement alimentaire, facteurs de variation des choix alimentaires et conséquences nutritionnelles. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 41 : 427-440.

Guerin H., Richard D., Friot D., Sall C., Bernard G., 1990. Complémentation des ovins en croissance sur des parcours pastoraux et agropastoraux d'Afrique tropicale sèche. *In :* 41e réunion annuelle de la Fédération européenne de zootechnie.

Guerin H., Richard D., Lefèvre P., Friot D., Mbaye N., 1989. Prévision de la valeur nutritive des fourrages ingérés sur parcours naturels par les ruminants domestiques sahéliens et soudaniens. *In :* XVIe congrès international des herbages, Nice. Vol. 2, p. 879-880.

Hanan N.P., Prévost Y., Diouf A., Diallo O., 1991. Assessment of desertification around deep wells in the Sahel using satellite imagery. Journal of Applied Ecology, 28 : 173-186.

Ickowicz A., Mbaye M., 2001. Forêts soudaniennes et alimentation des bovins au Sénégal : potentiel et limites. Bois et forêts des tropiques, 270 : 47-61.

Ickowicz A., Usengumuremyi J., Richard D., Colleie F., Dupressoir D., 1998. Interactions entre jachères et systèmes d'alimentation des bovins : choix techniques et dynamique de développement (zone soudanienne, Sénégal). *In :* Jachère et systèmes agraires, 29 septembre-03 octobre 1998, Niamey. IRD, Montpellier, p. 123-138.

ISRA, 1995. Caractérisations des unités pastorales de Thiargny et de Thiel : rapport d'étape. ISRA, CRZ, Dahra, 50 p.

Mandret G., 1989. Régime alimentaire de ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. III. Caractères épidermiques des principales espèces végétales consommées au pâturage : constitution d'un atlas de référence en vue de l'étude du régime alimentaire. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 42 : 237-243.

Manlay R.J., Ickowicz A., Masse D., Floret C., Richard D., Feller C., 2004a. Spatial carbon, nitrogen and phosphorus budget of the West African savanna. I. Element pools and structure of a mixed-farming system. Agricultural Systems, 79 : 55-81.

Manlay R.J., Ickowicz A., Masse D., Feller C., Richard D., 2004b. Spatial carbon, nitrogen and phosphorus budget of the West African savanna. II. Element flows and functioning of a mixed-farming system. Agricultural Systems, 79 : 83-107.

Mbaye M., 2000. La gestion actuelle des pâturages naturels forestiers soudaniens en Casamance : les conséquences sur l'alimentation du bétail et la productivité de l'élevage. Thèse de doctorat, université Cheikh Anta Diop, Dakar, 277 p.

Merlin P., 1951. L'hydraulique pastorale en A-OF. Bulletin des services de l'élevage et des industries animales de l'Afrique-Occidentale française, 4 : 169-206.

Miehe S., 1990. Inventaire et suivi de la végétation dans les parcelles pastorales à Widou Thiengoli : résultats des recherches effectuées de 1988 à 1990 et évaluation globale provisoire de l'essai de pâturage contrôlé après une période de 10 ans. 108 p.

Mosnier M., 1967. Pâturages naturels de la région de Gallayel (république du Sénégal). Etude agrostologique de l'IEMVT n. 3.

Planton H., 1989. Régime alimentaire de ruminants domestiques (bovins, ovins, caprins) exploitant des parcours naturels sahéliens et soudano-sahéliens. IV. Essai de description du régime par analyses microhistologiques d'échantillons de collecte du berger, bols œsophagiens et fèces recueillis sur des bovins et ovins. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 42 : 245-252.

Raynal J., 1963. Etude botanique des pâturages naturels de CRZ de Dahra Djoloff (république du Sénégal) : 1 carte en couleurs 1/50 000. ORSTOM, Paris.

Richard D., Ahokpé B., Blanfort V., Pouye B., 1993. Utilisation des zones agricoles et pastorales par les ruminants en zone soudanienne (Moyenne-Casamance, Sénégal). *In :* VI^{e} congrès international des terres de parcours, Montpellier, France, avril 1991. CIRAD, Montpellier, p. 754-756

Richard D., Guerin H., Friot D., Mbaye N., 1990a. Teneurs en énergies brute et digestible de fourrages disponibles en zone tropicale. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 43 : 225-231.

Santoir C., 1983. Raison pastorale et politique de développement : les Peuls sénégalais face aux aménagements. ORSTOM, Paris, 185 p.

Santoir C., 1994. Essai d'estimation de la population pastorale de la zone des six forages. ORSTOM, Dakar, 3 p.

Service de l'élevage et des industries animales, 1950. Rapport mensuel, 5^{e} circonscription : Matam-Podor.

Sharman M.J., 1982. Résultats du vol systématique de reconnaissance au Ferlo de juin 1982. ISRA, UNEP, FAO, Ecosystèmes pastoraux sahéliens, Dakar, 26 p.

Sy O., 2003. Dynamique des ressources en eau et évolution de la mobilité pastorale en zone sylvopastorale. Thèse de doctorat, UCAD-ISE, Dakar, 217 p.

Touré O., 1985. Etude de l'organisation sociale et familiale des sociétés pastorales du Ferlo occidental et de son évolution. Mémoire de titularisation, ISRA, Dakar, 127 p.

Valenza J., 1968. Etude dynamique de différents types de pâturages naturels en république du Sénégal. *In :* XI^{e} congrès international des pâturages, Surfers Paradise, 13-25 avril 1968.

Valenza J., 1977. Etude des pâturages naturels du Ferlo Boundou. IEMVT, ISRA, Dakar.

Valenza J., 1984. Surveillance continue des pâturages naturels sahéliens sénégalais : résultats de 10 années d'observation. ISRA, LNERV, Dakar-Hann, 2 vol., Agrosto n. 44.

Valenza J., Diallo A.K., 1972. Etude des pâturages naturels du Nord-Sénégal : 1 carte en couleurs au 1/120 000 en 3 feuilles. Etude agrostologique de l'IEMVT n. 34.

Vallier, 1906. Exploitations dans le Ferlo (1904-1905). Bulletin du Comité de l'Afrique française, supplément, septembre 1906.

Les ressources halieutiques

Mariama BARRY, Tidiane BOUSSO, Moustapha DEME, Taib DIOUF,
André FONTANA, Birane SAMB, Djiby THIAM

Les pêches maritimes occupent la première place des secteurs primaires de l'économie sénégalaise avec un chiffre d'affaire estimé en 1999 à 262 milliards de francs CFA, soit 2,5 % du PIB national. Par ailleurs, avec 28 % des exportations totales (premier poste devant l'arachide et les phosphates), ce secteur contribue de façon déterminante à l'équilibre de la balance commerciale du Sénégal. Une grande partie des débarquements, évalués en 1992 à 410 000 t, est destinée aux marchés du pays et participe donc à la satisfaction des besoins alimentaires nationaux. Les pêches emploient, directement et indirectement, 600 000 personnes, soit 17 % de la population active.

Les pêches maritimes ont connu un remarquable développement au cours des trois dernières décennies et le gouvernement s'attache à mettre en œuvre une politique qui, tout en assurant la pérennité de la ressource, permette de retirer le maximum de richesses de l'exploitation halieutique. Pour cela, les autorités s'appuient, entre autres, sur l'expertise scientifique du CRODT (Centre de recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye). Ce centre, autrefois sous la tutelle de la DOPM (Direction de l'océanographie et des pêches maritimes) et confié en gestion à l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération), a été en 1974 transmis à l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles), qui y a domicilié son département de recherche sur les productions halieutiques.

A l'inverse des activités liées à l'agronomie, à la zootechnie, à l'aquaculture ou pour partie à la foresterie, la pêche est une activité de cueillette qui concerne une ressource aux caractéristiques spécifiques. En effet, cette ressource est vivante, sauvage, non appropriée et de dimension finie. Elle est en outre accessible à plusieurs types d'engins de pêche et diverses formes d'exploitation. Ces particularités vont donc sous-tendre une double préoccupation des recherches halieutiques : la gestion rationnelle du potentiel halieutique et l'aménagement d'un secteur d'activité caractérisé par l'intervention de multiples acteurs.

Par rapport à l'attente des autorités, le CRODT s'est donc fixé trois grands objectifs scientifiques : l'évaluation et le suivi des ressources halieutiques, la compréhension de la dynamique des systèmes d'exploitation et la fourniture des bases techniques des mesures d'aménagement des pêcheries.

Pour atteindre ces objectifs, le CRODT mène actuellement vingt-deux activités réparties dans trois programmes de recherche pluridisciplinaires : ressources et milieux, dynamique des systèmes d'exploitation, gestion et aménagement des pêcheries et de leurs milieux. Les recherches mettent en œuvre des méthodes spécifiques, qui visent à la fois à acquérir l'ensemble des informations pertinentes sur le milieu, la ressource et les systèmes d'exploitation, mais aussi à développer des outils de traitement et d'analyse de ces données dans le contexte particulier des pêches sénégalaises.

Ainsi, l'un des atouts du CRODT est d'avoir développé depuis une trentaine d'années un système d'enquête et de collecte des statistiques des pêches artisanales et industrielles au niveau des ports répartis le long du littoral. Ces statistiques, recueillies suivant des protocoles d'échantillonnage établis scientifiquement, sont regroupées au sein d'une base de données structurée et informatisée. Des programmes et modèles permettent ensuite d'effectuer toutes sortes d'analyses pour déterminer un certain nombre de paramètres biologiques et démographiques des espèces exploitées, de développer des modèles d'évaluation de stocks et enfin de suivre et d'expliquer les évolutions des systèmes d'exploitation.

Les évaluations de ressources sont également réalisées à partir de campagnes de navires océanographiques, par chalutage pour les ressources démersales et par écho-intégration pour les pélagiques côtiers. Au cours de ces campagnes, sont aussi recueillies les données visant à approfondir les connaissances sur la biologie et le comportement des espèces présentes. Pour suivre les stocks de thonidés, le recours aux campagnes de marquage est indispensable. Elles permettent d'évaluer la pression de pêche subie par ces ressources, de préciser leur comportement et leur schéma migratoire et de contrôler le taux de croissance des principales espèces.

La connaissance de l'environnement hydroclimatique sur le plateau continental requiert des navires océanographiques spécialement équipés, qui effectuent des mesures et des prélèvements, analysés ensuite en laboratoire (températures, salinités, sels nutritifs, phyto et zooplancton…). Parallèlement, l'étude globale et l'analyse diachronique des conditions thermiques de surface du domaine maritime sénégalais ont pu être réalisées grâce à la création, en partenariat avec l'IRD (Institut de recherche pour le développement), de l'UTIS (Unité de traitement d'images satellitaires), aujourd'hui localisée à l'université de Dakar.

Enfin, toutes les études socio-économiques font appel aux méthodes spécifiques à ce type de discipline : mise au point de questionnaires, échantillonnages stratifiés, enquêtes, interviews, analyses statistiques des résultats.

Le CRODT a la responsabilité institutionnelle de la définition des travaux de recherche, mais si certaines opérations sont sous la maîtrise complète de ses agents, d'autres activités peuvent être exécutées dans le cadre de projets et de conventions signés avec des partenaires. Ce partenariat peut être national, avec des institutions sénégalaises comme l'université de Dakar, bilatéral, avec l'IRD en France, l'ACDI (Agence canadienne de développement international) au Canada et le JICA (Japan International Cooperation Agency) au Japon, multilatéral avec la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) et l'Union européenne, régional avec les cinq autres pays de la CSRP (Commission sous-régionale des pêches), qui regroupe la Mauritanie, le Sénégal, la Gambie, la Guinée-Bissau, la Guinée et les îles du Cap-Vert.

Ce chapitre présente le contexte des pêches sénégalaises : milieu, ressources, contexte socio-économie. Il expose l'état des connaissance sous forme de courtes synthèses, établies sur la base des principaux résultats fournis par les publications scientifiques, mais également à partir des informations extraites des nombreuses analyses non référencées effectuées à la demande pour le ministère de la Pêche.

Le cadre physique et hydroclimatique

D'une longueur approximative de 700 km, le littoral sénégalais est délimité au nord (16°03 N) par la frontière avec la Mauritanie et au sud (12°20 N) par la frontière avec la Guinée-Bissau. Entre 13°35 N et 13°40 N, la Gambie forme une enclave dans ce littoral.

La ligne de côte est essentiellement sableuse à deux exceptions près : l'avancée rocheuse de la presqu'île du Cap-Vert et les formations de mangrove qui occupent le delta du Sine-Saloum et les estuaires des fleuves Gambie et Casamance.

Le plateau continental, de 0 à 150 m de profondeur, représente une superficie de 8 700 milles carrés, soit environ 20 % de la zone économique exclusive (ZEE) sénégalaise. Large de 27 milles au niveau de Saint-Louis, ce plateau continental se réduit à 5 milles devant la presqu'île du Cap-Vert pour s'élargir jusqu'à 50 milles vers la Casamance. Le fond présente un certain nombre d'accidents topographiques (plusieurs canyons sous-marins dont le plus spectaculaire est celui de Cayar et quelques lignes de falaises de 10 à 15 m de haut).

Domain (1977) a cartographié ce plateau continental et en a identifié toutes les composantes sédimentologiques. Schématiquement, un faciès vaseux (vase et sable vaseux) domine au nord de la presqu'île du Cap-Vert et un faciès plutôt sableux (sables fins à très fins), au sud. Les fonds rocheux continus se présentent sous forme de bancs allongés parallèlement à la côte, particulièrement dans le nord entre 10 et 20 m. De nombreux pointements rocheux isolés parsèment les fonds, surtout au sud de la presqu'île du Cap-Vert.

Quatre cours d'eau d'importance inégale débouchent sur le littoral sénégambien. Deux fleuves aux débits appréciables : le Sénégal, avec des débits moyens en période de crue de 3 515 m^3/s, et la Gambie, avec des débits moyens de 556 m^3/s, qui drainent vers la mer des quantités relativement importantes d'apports terrigènes ; deux autres fleuves, qui doivent plutôt être considérés aujourd'hui comme des estuaires inversés, le Sine-Saloum et la Casamance, par lesquels ne transitent plus que des volumes négligeables d'eau douce et de matériel détritique.

L'hydroclimat du plateau continental a été étudié par de nombreux auteurs (Rebert, 1982 ; Roy, 1989 ; Touré, 1990 ; Touré et Gningue, 1991 ; Citeau, 1992). Schématiquement, deux grandes saisons marines caractérisent le domaine maritime sénégalais. Une saison froide, de la mi-novembre à la mi-mai, au cours de laquelle des vents de secteur nord (alizés) atteignant des vitesses de 5 à 7 m/s provoquent des remontées d'eaux profondes froides, ou upwellings, riches en sels nutritifs. Ces eaux froides et salées, qui envahissent progressivement tout le plateau continental, peuvent descendre à des températures de 15 à 16 °C. Une saison chaude, de juin à novembre, durant laquelle des eaux chaudes (28 à 30 °C) d'origine tropicale et pauvres en éléments nutritifs remontent du sud et occupent l'ensemble du domaine océanique côtier.

Le mécanisme privilégié d'enrichissement du plateau continental est donc l'upwelling côtier qui, par l'extraordinaire apport en nutriments qu'il provoque, va induire un développement de l'ensemble de la chaîne alimentaire marine (Medina-Gaertner, 1985 ; Gningue *et al.,* 1990 ; Diouf, 1991a).

Ces processus physiques, chimiques et biologiques sont toutefois soumis à de fortes variabilités saisonnières et interannuelles, qui vont avoir des répercussions sensibles sur l'abondance et la disponibilité des ressources marines. Plusieurs auteurs se sont précisément attachés à analyser les relations entre ces variations des conditions de milieu, les potentiels halieutiques et les activités de pêche ciblant ces potentiels (Cury, 1989 ; Cury et Roy, 1991 ; Demarcq et Samb, 1991 ; Fréon, 1988 ; Roy, 1992 ; Samba et Laloë, 1991).

Les ressources halieutiques marines

On distingue trois grandes catégories d'organismes marins en fonction de leur biotope : les pélagiques côtiers, qui vivent en pleine eau sur le plateau continental ; les démersaux, côtiers et profonds, dont le cycle de vie est lié étroitement au fond marin et à la nature du sédiment ; les pélagiques hauturiers, qui vivent en pleine eau, mais au-delà du plateau continental.

Les ressources pélagiques côtières

Ces ressources ont fait l'objet de nombreux travaux scientifiques, de multiples groupes de travail et de plusieurs campagnes de navires océanographiques (Boely, 1979 ; Medina-Gaertner, 1985 ; Camarena-Luhrs, 1986 ; Samb, 1986 ; Fréon, 1988 ; Cury, 1989 ; Levenez, 1994 ; FAO, 2002 ; Samb, 2002). Les pélagiques côtiers se composent de deux groupes : les petits pélagiques côtiers qui sont des espèces planctonophages et les thonidés côtiers constitués d'espèces prédatrices.

Les petits pélagiques côtiers

Les petits pélagiques côtiers sont généralement de petite taille, vivent en bancs importants et se nourrissent exclusivement de plancton. Ce sont des espèces à croissance rapide et à vie courte. Les périodes de reproduction se situent le plus souvent en saison froide avec deux maximums, au début et à la fin de la période d'upwelling. Sous l'action des conditions environnementales, l'intensité, la durée et le succès de la reproduction peuvent cependant considérablement varier d'une année à l'autre, ce qui peut alors être la cause de fortes variations dans les effectifs de certaines classes d'âge. Deux nourriceries importantes sont localisées au large du Cap-Blanc en Mauritanie et sur la Petite-Côte du Sénégal. La plupart de ces espèces ont des exigences très strictes en matière de température et de salinité et l'alternance saisonnière des eaux froides et des eaux chaudes devant les côtes du Sénégal est à l'origine de déplacements périodiques de fractions parfois considérables de populations. Ces espèces constituent les ressources marines les plus abondantes, avec en moyenne près de 71 % des prises totales réalisées dans les eaux sénégalaises.

Quatre grandes familles regroupent 94 % des espèces pêchées :
– les clupéidés (84 %) avec la sardinelle ronde ou allache *(Sardinella aurita),* la sardinelle plate *(Sardinella maderensis),* l'alose rasoir *(Ilisha africana)* et l'ethmalose ou bonga *(Ethmalosa fimbriata) ;*
– les carangidés (8 %) regroupant le chinchard noir *(Trachurus trecae)* et le chinchard jaune *(Decapterus rhonchus) ;*
– les scombridés (2 %) représentés par les maquereaux (*Scomber japonicus* et *S. scomberus*) ;
– les engraulidés avec l'anchois commun *(Engraulis encrasicolus)* présent, mais en proportion insignifiante, lorsque les eaux sont très froides.

Parmi les espèces capturées secondairement en raison de leur comportement semi-pélagique, on peut citer : le pelon *(Brachydeuterus auritus),* le plat-plat *(Chloroscombrus chrysurus),* la ceinture ou poisson sabre *(Trichiurus lepturus)* et le sompatt *(Pomadasys jubelini).*

L'évaluation des biomasses et du potentiel de ces pélagiques côtiers est assez délicate à réaliser. Leur caractère migratoire impose en effet que, quelle que soit la méthode utilisée (évaluation directe par écho-intégration ou indirecte par analyse des statistiques de pêche), la couverture de recueil et d'analyse des données concerne l'ensemble de la zone de distribution, c'est-à-dire intègre toute la région allant du sud du Sénégal au nord de la Mauritanie et pour certaines espèces jusqu'au Maroc. Par ailleurs, les caractéristiques biologiques de ces espèces et leur sensibilité aux conditions environnementales font que leur abondance peut fluctuer naturellement dans des proportions importantes.

Les efforts de recherche entrepris depuis près de trois décennies par les pays de la sous-région, la collaboration régionale qui s'est instaurée et fortifiée au cours des ans, en particulier sous l'égide de la FAO, l'organisation de nombreux groupes de travail, le développement de partenariats scientifiques avec des pays du Nord et la participation de navires océanographiques français et norvégiens pour réaliser périodiquement des campagnes d'écho-intégration ont permis de faire progresser les connaissances sur le comportement et les évolutions d'abondance de ces populations. Il faut toutefois admettre qu'en raison de la nature de cette ressource, la marge d'incertitude reste, et restera encore, appréciable et qu'il demeure extrêmement délicat de fixer un potentiel exploitable pour chacun des pays concernés.

Le groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des stocks pélagiques de la région nord-ouest africaine, dont les derniers travaux remontent à avril 2003, a émis des conclusions concernant les espèces cibles que sont les sardinelles et les chinchards.

Ainsi, l'évolution des biomasses de sardinelles présente des fluctuations importantes tant à l'échelon de la sous-région (entre 1,5 et 3 millions de tonnes) qu'à celui de la zone sénégambienne (entre quelques centaines de milliers de tonnes et 1,4 million de tonnes). Compte tenu de ces évolutions, le groupe de travail de la FAO a recommandé de maintenir, par précaution, un niveau de prise de 500 000 t pour les deux espèces de sardinelles sur l'ensemble de la sous-région. Pour les deux espèces de chinchards, les résultats obtenus indiquent que le potentiel sous-régional s'élèverait à 417 000 t par an.

Les petits thonidés côtiers

Les petits thonidés côtiers sont représentés par plusieurs espèces de scombridés : les plus importantes sont la bonite à dos rayé *(Sarda sarda),* la thonine *(Euthynnus alletteratus),* le maquereau bonite *(Scompberomorus tritor),* la palomette *(Orcynopsis unicolor),* le wahoo *(Acanthocybium solandri)*. Toutes ces espèces se déplacent en petits bancs sur le plateau continental à la recherche de proies et leur reproduction a lieu essentiellement en saison chaude. Elles font l'objet d'une pêcherie artisanale et sportive à la ligne. L'évaluation de ces ressources se fait dans le cadre de l'ICCAT (Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique) et on estime le potentiel actuel pour la zone sénégalo-mauritanienne à 10-15 000 t.

LES RESSOURCES DÉMERSALES CÔTIÈRES

Les ressources démersales côtières sont définies comme l'ensemble des espèces vivant entre la côte et l'isobathe 150 m, sur le fond ou au voisinage immédiat de celui-ci. Elles comprennent des poissons (rouget, dorade, mérou, sole, capitaine), des crustacés (crevette, langouste, crabe) et des mollusques (yett, poulpe, seiche, calmar).

Les poissons

En fonction du gradient thermique lié à la profondeur, Domain (1980) distingue trois grands peuplements : le peuplement littoral, le peuplement intermédiaire et le peuplement du rebord du plateau.

Strictement côtier, le peuplement littoral est inféodé aux sédiments meubles baignés par des eaux chaudes et susceptibles de subir des dessalures en zones d'estuaire. En fonction des saisons hydroclimatiques, l'aire de distribution de ce peuplement s'étale plus ou moins vers le large : limité aux zones d'estuaires en saison froide, il s'étend jusqu'à 40 m de profondeur en saison chaude. Les espèces du peuplement littoral évoluent dans un milieu caractérisé par une forte productivité biologique, où les jeunes plutôt planctophages et les adultes plutôt benthophages sont assurés de trouver une nourriture abondante. Parmi les principales espèces de poisson de ce peuplement, on peut citer : le pelon *(Brachydeuterus auritus),* le plat-plat (*Chloroscombrus chrysurus)*, l'otolithe sénégalais *(Pseudotolithus senegalensis),* la sole (*Cynoglossus* spp.), le cordonnier bossu *(Scyris alexandrinus),* le plexiglas *(Galeoides decadactylus),* le machoiron (*Arius* spp.), l'otolithe nanka *(Pseudotolithus typus)* et le sompatt *(Pomadasys jubelini).*

Le peuplement intermédiaire est composé de 39 espèces majoritairement à affinités d'eaux froides. Il occupe la partie centrale du plateau continental. Son aire de distribution varie également en fonction des saisons : localisé entre 20 et 70-80 m en saison froide, son biotope remonte à 40 m en saison chaude. En fonction de la nature du fond, on distingue un peuplement de fonds meubles et vaseux caractérisé par le pageot *(Pagellus bellottii),* un peuplement de fonds meubles et sableux avec trois espèces importantes, le rouget *(Pseudupeneus prayensis),* le pagre à points bleus *(Sparus caeruleosticus)* et le mérou de Gorée *(Epinephelus goreensis)* et enfin un peuplement de fonds durs surtout développé de Dakar à la

Casamance entre 40 et 60 m avec le diagramme gris *(Plectorhinchus mediterraneus),* le gros dentex rose *(Dentex filosus),* le denté à taches rouges *(Dentex canariensis)* et le mérou royal *(Mycteroperca rubra).*

Le peuplement du rebord du plateau continental est constitué d'espèces qui vivent dans des eaux dont les caractéristiques varient peu au cours de l'année (température moyenne de 15 °C et salinité de 35,5 ‰). Le biotope de ce peuplement correspond à une bande vaseuse et sablo-vaseuse entre 80 et 200 m de fond répartie de chaque coté de la rupture de pente du plateau observée vers 100-120 m. Trente-trois espèces, dont treize présentent un intérêt commercial, constituent ce peuplement. On peut citer la brotule *(Brotula barbata),* l'apogon *(Synagrops microlepis),* la dorade rose *(Dentex angolensis, Dentex macrophtalmus)* et le saint-pierre *(Zeux faber)*.

Les crustacés

Parmi les crustacés côtiers qui font l'objet d'une exploitation commerciale, les crevettes sont les espèces les plus abondantes : la crevette blanche *(Penaeus notialis),* la crevette tigrée *(P. kerathurus)* et, depuis une dizaine d'années, la crevette royale *(P. monodon)*. Bien que nettement moins abondants, la langouste verte *(Panulirus regius),* le crabe bleu *(Portunus validus)* et, dans une moindre mesure, la cigale de mer (*Scyllarus* spp.) sont également des espèces recherchées.

La crevette blanche présente trois aires de distribution en mer : un stock sud en Casamance, de part et d'autre de la frontière maritime du Sénégal et de la Guinée-Bissau, un stock entre la frontière gambienne et le Saloum et un stock nord au niveau de Saint-Louis. Cette distribution est déterminée par la granulométrie du sédiment, les caractéristiques hydrologiques exigées pour le développement de la fraction adulte en mer et par la nécessaire proximité de zones aux eaux dessalées indispensable à la réalisation des phases larvaire et juvénile en estuaire (Lhomme, 1981 ; Le Reste *et al.,* 1986). Le cycle biologique particulier de la crevette blanche a pour conséquence de permettre une exploitation artisanale en estuaire au moyen de filets fixes ou traînant et une exploitation industrielle en mer par chalutage.

Les mollusques

Les mollusques pêchés au Sénégal sont principalement des céphalopodes — seiche *(Sepia officinalis),* poulpe *(Octopus vulgaris)* et calmar *(Loligo vulgaris)* — et des gastéropodes — yett (*Cymbium* spp.).

Il existe peu de données sur le stock de calmar présent au Sénégal, mais son abondance est notable dans les captures depuis quelques années. Son exploitation saisonnière par la pêche artisanale près de la fosse de Kayar et les captures, fortes mais occasionnelles, opérées par les chalutiers indiqueraient qu'il existe effectivement une certaine disponibilité de cette espèce.

La seiche est surtout abondante au sud du Cap-Vert de la côte à 150 m de fond. Cette espèce effectue des migrations nord-sud, qui sont liées à la température, et des migrations de la côte vers le large, qui sont essentiellement en rapport avec la reproduction (Bakhayokho, 1980). Deux périodes de ponte intense ont lieu de février à juin et d'août à septembre.

Espèce à croissance rapide et à vie courte (15 mois), le poulpe se rencontre sur tous les types de fond, de la côte à 400 m de profondeur, avec une abondance maximale entre 15 et 100 m sur les sédiments de sable fin à grossier ayant une teneur élevée en carbonate. Son abondance est extrêmement variable suivant les années. Une première explosion démographique de poulpes a été signalée au Sénégal pendant l'été 1986 et une deuxième explosion démographique s'est produite en 1999, année où les captures ont atteint 40 000 t (Caverivière *et al.,* 2002). Les variations de l'abondance du poulpe semblent être en relation avec des facteurs de l'environnement, en particulier ceux qui ont une influence sur la survie des larves et des juvéniles.

Les yetts (*Cymbium pepo* et *Cymbium glans*) sont des mollusques gastéropodes vivipares présents sur les fonds sableux de 0 à 20 m de profondeur, où ils s'enfouissent (Morinière, 1980). Les yetts peuvent atteindre une dizaine de kilos. Ils sont capturés principalement par la flottille artisanale utilisant des filets dormants sur la Petite-Côte mais les densités maximales sont observées entre Joal et Sangomar. Les prises artisanales sont de l'ordre 6 800 t.

La biologie et l'écologie des espèces

La biologie et l'écologie des principales espèces de poissons démersaux côtiers ont fait l'objet de nombreuses études (Domain, 1980 ; Bakhayokho, 1980 ; Champagnat, 1983 ; Champagnat et Domain, 1978 ; Thiam, 1978 ; Franqueville, 1983 ; Lopez, 1979 ; Chabanne, 1987).

L'alternance des températures entre saison froide et saison chaude induit des migrations chez les espèces démersales dites à affinité saharienne, ou espèces d'eaux froides : *Dentex gibbosus, Sparus coeruleostictus, Pagellus bellottii, Epinephelus aeneus* (Cury et Worms, 1982), *Pomatomus saltator*. En effet, dès le déclenchement de l'upwelling, ces espèces, localisées d'août à octobre dans les eaux mauritaniennes, migrent vers le sud pour se stabiliser vers 10°-16° N en février-mars. En juin, avec l'affaiblissement des alizés, les eaux tropicales chaudes envahissent les couches superficielles et repoussent vers le nord ces espèces d'eaux froides.

Pour les espèces à affinité guinéenne ou espèces d'eaux chaudes, les schémas migratoires sont moins nets. Les déplacements semblent affecter un certain nombre d'espèces appartenant surtout au peuplement littoral. De janvier à juin, les populations concernées sont concentrées dans une frange très côtière près de l'embouchure du fleuve Sénégal et surtout dans le complexe estuarien qui s'étend du Saloum à la Guinée. En juin, un rapide mouvement vers le nord se développe. Il n'affecte que les adultes d'espèces au comportement semi-pélagique qui se déplacent très près de la côte.

En ce qui concerne l'abondance des espèces démersales côtières, toutes les analyses effectuées à partir des données collectées lors des nombreuses campagnes d'évaluation par chalutage, mais également par le traitement des statistiques de pêche concordent pour indiquer que la biomasse globale en poissons démersaux du plateau continental a considérablement diminué au cours des deux dernières décennies. Cette baisse concerne logiquement les fonds de 0 à 60 m puisque c'est dans ces profondeurs qu'est concentrée la plus grande partie de ces ressources. Les diminutions enregistrées sont globalement de l'ordre

de 50 %, mais peuvent atteindre 75 % pour plusieurs espèces (Thiam, 2000 ; Caverivière et Thiam, 1992 ; Gascuel *et al.,* 2003). Le dernier symposium du projet SIAP (Système d'information et d'analyse des pêches), projet de la CSRP financé sur le FED (Fonds européen de développement), tenu à Dakar en 2003 a confirmé ces conclusions.

Pour la crevette blanche, bien que moins fortes, ces diminutions d'abondance n'en sont pas moins réelles. Le développement relativement récent en mer d'une espèce de crevette allochtone, *Penaeus monodon,* dont les postlarves se seraient échappées accidentellement de stations d'aquaculture, est à signaler.

En revanche, les céphalopodes sont les seules espèces dont la biomasse, malgré des fluctuations annuelles, paraît en nette augmentation. Comme cela a déjà été démontré dans d'autres régions, cette tendance serait liée à une diminution de la biomasse de poissons et indiquerait donc un déséquilibre de l'écosystème.

Les ressources démersales profondes

Les ressources démersales profondes sont localisées sur le talus et la pente continentale entre 150 et 1 000 m de profondeur. Des campagnes de prospection et d'évaluation ont permis d'y recenser 200 espèces dont un certain nombre d'intérêt commercial (Caverivière *et al.,* 1986) :
– des crustacés avec la crevette rose *(Parapenaeus longirostris),* la crevette nacrée *(Aristeus varidens),* la crevette royale *(Plesiopenaeus edwardsianus),* le crabe rouge *(Chaceon affinis)* et la langouste rose *(Palinurus mauritanicus) ;*
– des poissons avec les merlus (*Merluccius senegalensis* et *M. polli*), les dentés à gros yeux *(Dentex macrophthalmus),* les rascasses (*Helicolenus dactylopterus* et *Scorpaena* spp.), le saint-pierre *(Zeus faber),* le mérou noir *(Epinephelus caninus),* les requins-chagrins (*Centrophorus* spp.) et les baudroies (*Lophius* spp.) ;
– des céphalopodes représentés essentiellement par les calmars (*Todarodes* spp., *Todaropsis* spp.) et les poulpes (*Octopus* spp.).

Le potentiel exploitable, toutes espèces confondues, a été estimé à environ 20 000 t dont 3 500 à 5 000 t de crevettes et de crabes rouges, 6 000 à 8 000 t de merlus, 500 à 700 t de baudroies, les autres espèces commerciales de poissons, sélaciens, céphalopodes et la langouste rose constituant des prises accessoires non négligeables.

Les ressources pélagiques hauturières

Les ressources pélagiques hauturières regroupent un certain nombre d'espèces qui présentent des caractéristiques communes : elles sont prédatrices, vivent en bancs, se déplacent en pleine eau (entre la surface et 300 m de profondeur) au-delà du plateau continental et effectuent des migrations souvent importantes. Ces ressources hauturières ont fait l'objet de très nombreuses études réalisées notamment au Sénégal (Cayré et Diouf, 1983, 1984 ; Cayré, 1985 ; Charneau, 1988 ; Diouf, 1981, 1983, 1991b ; Diouf *et al.,* 1998 ; Fonteneau, 1981, 1998 ; Fonteneau et Marcille, 1988 ; Fonteneau et Pallares, 1996 ; Foucher, 1994 ; Hallier *et al.,* 1996 ; Hallier et Delgado de Molina, 2000). Les recherches ont porté sur la biologie, l'écologie et l'éthologie des principales espèces, mais également sur les

pêcheries qui exploitent ces stocks. Les pélagiques hauturiers sont représentés par trois familles : les scombridés, les istiophoridés et les xiphiidés.

Les scombridés

Les scombridés regroupent 49 espèces. Parmi celles-ci, les thonidés tropicaux majeurs font l'objet d'une exploitation industrielle internationale intense : albacore *(Thunnus albacares),* listao *(Katsuwonus pelamis)* et patudo *(Thunnus obesus)*. Ces trois espèces effectuent des migrations de grande amplitude rythmées par les déplacements saisonniers des masses d'eaux qui conditionnent les exigences physiologiques nécessaires à la croissance et à la reproduction de ces populations. Ces thonidés se reproduisent en zone équatoriale, dans des eaux chaudes où la température est supérieure à 24 °C. Leur cycle migratoire se fait entre les zones de ponte-nourisseries au large de l'Afrique et les zones d'alimentation dans tout l'Atlantique, atteignant même les côtes des Etats-Unis. La zone guinéo-sénégalo-mauritanienne se trouve sur le parcours migratoire des espèces, ce qui explique la saisonnalité des pêcheries hauturières, très actives de mai à octobre.

Compte tenu du caractère migratoire de ces espèces, il est extrêmement délicat de fixer un potentiel par pays. Pour la zone sénégalo-mauritanienne, il est toutefois réaliste de considérer que les captures potentielles annuelles pour les thonidés tropicaux majeurs pourraient être estimées à 25 000-30 000 t. Cette estimation correspond à la moyenne des captures enregistrées ces dernières années dans la zone concernée pour toutes les pêcheries confondues, ce qui indiquerait que ces stocks sont aujourd'hui pleinement exploités.

La connaissance précise des stocks de thonidés impose des concertations internationales régulières entre scientifiques issus des pays concernés par la ressource ou par son exploitation. L'ICCAT joue ce rôle depuis trente ans et l'exploitation scientifique de son importante base de données permet de porter des appréciations sur l'état de la ressource et de recommander des mesures pour en assurer la conservation. Les principales conclusions indiquent qu'aujourd'hui les thonidés majeurs ainsi que les poissons porte-épée sont pleinement exploités, voire surexploités pour certaines espèces. Les résultats des groupes de travail de l'ICCAT sont néanmoins à l'origine de certaines dispositions réglementaires qui semblent porter leur fruit (Diouf *et al.,* 1998).

Les istiophoridés et les xiphiidés

Les istiophoridés (voiliers et marlins) et les xiphiidés (espadons) constituent en revanche les cibles privilégiées des pêcheries sportives. Les espèces présentent au Sénégal sont par ordre d'importance le voilier atlantique *(Istiophorus platypterus),* le marlin bleu *(Makaira nigricans)* et, de façon plus anecdotique, l'espadon *(Xiphias gladius).* Ces espèces prédatrices se déplacent en très petits bancs et leur pêche a lieu généralement à la limite du plateau continental en période de transition et en saison chaude. La reproduction se situe dans des eaux tropicales et subtropicales au printemps et en été. La répartition de ces espèces est plus côtière que celle les thonidés majeurs, seul le marlin peut effectuer des migrations transatlantiques. Pour les voiliers, le potentiel est estimé à 800-1 000 t et pour le marlin, à 300 t.

Les ressources algales

Les espèces algales sont inféodées à une bande côtière rocheuse située au sud de la presqu'île du Cap-Vert et sur la Petite-Côte sur les fonds de 2 à 10 m. Une douzaine d'espèces d'algue a été dénombrée dans l'inventaire des échouages au Sénégal (Mollion, 1979 ; Dème-Gningue, 1985), mais trois espèces constituent 80 à 90 % du volume total des dépôts : *Ulva lactuca, Hypnea musciformi* et *Hypnea cervicornis*.

La répartition de ces algues est très variable et change en fonction des facteurs climatiques. Elles s'échouent entre décembre et juillet sur deux grandes zones : le Cap-Vert avec Ngor (*Ulva lactuca* et *Sargassum* sp.), Hann (*U. lactuca, Codium* sp., *Anatheca* sp.), Thiaroye (*Cladophora* sp., *U. lactuca, Aghardiella tenera* et *Bryopsis* sp.) ; la Petite-Côte entre Mbour et Joal avec comme espèces dominantes *Hypnea musciformis, H. cervicornis, Codium* sp., *Sargassum* sp. et une phanérogame, *Cymodocea nodosa*.

La production annuelle est extrêmement variable (1 000 à 15 000 t) et semble être liée à l'intensité de l'upwelling. Les recherches sur l'utilisation des algues comme fertilisant ont donné d'excellents résultats (Dème-Gningue, 1985) et les expérimentations menées sur une dizaine de plantes vivrières ont démontré que la fumure algale améliorait très nettement les rendements culturaux.

Les ressources halieutiques estuariennes et continentales

Les milieux continentaux et estuariens du Sénégal appartiennent à deux types de systèmes fluviaux aux caractéristiques très différentes. Leur faune n'en est pas moins diversifiée puisque Bousso (1997) a inventorié 104 espèces de poissons, Albaret (1987) 75 espèces en Casamance et Diouf (1996) 114 espèces dans le Saloum. Par ailleurs, des crevettes, comme *Penaeus notialis* et *P. kerathurus,* sont également présentes dans tous les estuaires. L'huître *(Crassostrea gasar)* est abondante en zone de mangrove et les mollusques (*Cymbium pepo* et *Arca senilis*) sont présents dans les estuaires de la Casamance et du Saloum.

Plusieurs travaux ont été menés dans les estuaires. Ils s'inscrivent dans le cadre de programmes mis en place par le CRODT et l'IRD de 1985 à 1996, pour la compréhension des milieux estuariens en général et des estuaires de la Casamance (Le Reste *et al.,* 1986), du Sine-Saloum et du fleuve Sénégal (Diouf *et al.,* 1988).

Sur ces trois sites, les recherches ont porté sur l'environnement physico-chimique, la ressource, l'exploitation halieutique et la socio-économie des pêches (Bousso, 1996, 1997 ; Diouf, 1996 ; Cormier-Salem, 1999 ; Diaw, 1992).

Concernant les milieux strictement continentaux, très peu de travaux ont été réalisés. Certaines estimations empiriques font état d'un potentiel de 76 000 t pour des captures évaluées à 40 000 t. Les derniers recensements ont dénombré 13 000 pêcheurs, dont une proportion vraisemblablement importante de pluriactifs. Les pêches continentales ont connu un développement soutenu au cours des

années 1960 grâce à un environnement climatique favorable. Depuis les années 1970, elles sont en nette régression en raison de la sécheresse, de la construction de barrages et des aménagements hydroagricoles. Les pêches continentales sont donc confrontées aujourd'hui à de multiples difficultés, qui entraînent, entre autres conséquences, une raréfaction des ressources.

Dans le domaine de l'aquaculture, les résultats obtenus portent sur la maîtrise des paramètres biologiques de l'huître de palétuvier en vue d'aider au développement d'une ostréiculture organisée (Diadhiou, 1995). Par ailleurs, en crevetticulture, les tests d'introduction d'espèces allochtones de crevette ont été concluants pour *Penaeus monodon.*

Le contexte socio-économique des pêches maritimes

La population concernée

La pêche maritime procure aujourd'hui aux nationaux 64 000 emplois directs, dont près de 94 % sont fournis par le secteur artisanal. Les activités induites (transformation artisanale et industrielle, mareyage, intermédiaires portuaires, construction et réparation navale, etc.) créent de très nombreux emplois à terre. Au total, ce sont des centaines de milliers d'emplois qui proviennent de la pêche et on estime à 17 % la proportion de main-d'œuvre active liée directement ou indirectement à cette activité. Quatre types d'agent économique occupent une place prépondérante.

Les pêcheurs sont issus de trois grandes communautés : les Wolofs de Guet-Ndar (Saint-Louis), les Lébous du Cap-Vert et de la Petite-Côte, les Sérères Nyominkas des îles du Saloum. Les pêcheurs artisans sont exclusivement sénégalais et leur jeunesse — la majorité a entre 18 et 35 ans — joue en faveur de la pérennité de cette activité. Certains pêcheurs (Guet-Ndariens) ont une activité exclusivement tournée vers la mer, d'autres s'adonnent à des activités saisonnières comme l'agriculture pluviale (Nyominkas des îles du Saloum) ou le maraîchage (Lébous de Dakar et de la Grande-Côte).

Les mareyeurs constituent une catégorie professionnelle aux fonctions diverses : financement de la pêche artisanale, achat de poisson sur les plages, conditionnement et transport vers les usines, l'intérieur et l'extérieur du pays. Le mareyage est une activité fortement dominée par les hommes d'un âge moyen de 40 à 45 ans. Certains mareyeurs ont intégré toute la filière de la pêche en diversifiant fortement leurs activités (Chaboud, 1982).

Les artisans transformateurs sont en majorité des femmes. La transformation artisanale remplit une fonction sociale très importante. Certains transformateurs, en nombre limité certes, interviennent dans la filière et sont essentiellement présents à Joal et à Kafountine. Ce sont surtout des migrants venus de pays de la sous-région, qui valorisent des espèces (requins, raies) n'entrant pas dans les habitudes de consommation des Sénégalais. La région de Thiès reste la zone de concentration de cette activité (Durand et Conway, 1982 ; Ndiaye, 1997).

Les usiniers ont fortement influencé les orientations de la pêche artisanale. Sous leur impulsion, de nouveaux types de pêche artisanale sont apparus et se sont développés uniquement pour l'exportation (céphalopodes notamment). Globalement, près de 60 % de l'approvisionnement des usines exportatrices de poissons est assuré par les unités de pêche artisanale. La perspective de profits rapides a conduit de nombreux usiniers à rejoindre ce secteur. Mais, la rareté de la ressource et l'existence de capacités déjà importantes ont engendré une situation de surcapitalisation et de sous-utilisation des capacités de production, qui a fragilisé de nombreuses entreprises.

L'ORGANISATION DES ACTEURS ÉCONOMIQUES

Dème *et al.* (2001) ont analysé l'organisation au Sénégal des acteurs économiques impliqués dans le secteur des pêches. Les coopératives et les sections villageoises (décret 60-17 du 20 mai 1960) mises en place avec le soutien de l'Etat ont montré leur limite et, aujourd'hui, l'accent est mis davantage sur la constitution de groupements d'intérêt économique, organisations beaucoup mieux adaptées à une réelle participation du pêcheur à la gestion de ses activités. Le secteur artisanal en compte actuellement près d'un millier, qui regroupent plus d'une dizaine de milliers de membres.

A l'échelon national, il existe six organisations socioprofessionnelles reconnues : deux concernent le secteur artisanal toutes activités confondues, deux sont exclusivement axées sur le mareyage et deux regroupent la majorité des acteurs de la pêche industrielle.

Cependant, la multiplicité de ces organisations et la concurrence féroce à laquelle elles se livrent laissent peu de place à une coopération et à une concertation interprofessionnelles constructives. A cela s'ajoute le manque d'expertise au sein des organisations. D'où l'impérative nécessité de créer une interprofession forte et responsabilisée.

LE CONTEXTE ÉCONOMIQUE ET FINANCIER

Le problème du financement du secteur a fait l'objet de plusieurs études (Dème, 1983, 1991 ; Dème et Kébé, 1996). Pour la pêche artisanale, la CNCAS (Caisse nationale de crédit agricole du Sénégal) a été le principal opérateur de crédit. Cependant, malgré les importants efforts consentis depuis 1991, les interventions de la CNCAS ne rencontrent pas le succès escompté en raison de plusieurs insuffisances : faiblesse du portefeuille (encours de 3,2 milliards de francs CFA en dix ans d'intervention sur la pêche artisanale), conditions limitatives de l'accès au crédit, taux d'intérêt prohibitifs, absence de garanties constantes, mise en place des crédits à des périodes inopportunes (hors campagne), réseau insuffisamment décentralisé ne favorisant pas un système de crédit de proximité. La conséquence en est un faible taux de bancarisation des pêcheurs, qui se trouvent confrontés à de réels problèmes pour rembourser les prêts consentis.

Le système informel, où les mareyeurs interviennent fortement, pallie en grande partie les insuffisances du système institutionnel de financement. Il faut noter que ce marché informel reste très convoité en dépit des taux prohibitifs auxquels sont consentis les crédits et malgré les conflits qui naissent régulièrement entre prêteurs et emprunteurs.

Concernant la pêche industrielle, le FPE (Fonds de promotion économique) a été le principal opérateur. Le FPE, instauré en 1991 dans le cadre de la politique nationale de promotion du secteur privé, avait pour objectif de lever les principales contraintes du financement de la pêche industrielle largement diagnostiquées par la recherche : insuffisance de ressources pour satisfaire des besoins en investissement lourds, taux d'intérêt élevés, faiblesse des garanties et de l'autofinancements des promoteurs. A ce jour on constate que le financement FPE des projets de pêche industrielle est relativement faible (seulement 8 %) par rapport aux autres secteurs de l'activité économique.

Le contexte commercial

L'importance grandissante des pêches dans la balance du commerce extérieur a incité l'Etat à soutenir une politique de croissance par les exportations. Un certain nombre de facteurs ont favorisé la connexion croissante du secteur à l'exportation (Dahou *et al.,* 2000). Dans la plupart des cas, il s'est agi de stimulations exogènes au jeu du marché, qui ont semblé renforcer le motif de spéculation au détriment du développement durable des activités. C'est le cas de la subvention à l'exportation qui, dans un contexte de pénurie de devises, a consacré l'importance prise par les produits halieutiques dans la structure des exportations sénégalaises. Mais c'est aussi celui de la dévaluation imposée par les institutions financières multilatérales. Il reste que la dévaluation a largement stimulé la demande externe. Elle a sans doute encouragé la recherche de profits rapides et n'a pas moins favorisé les « rentes » que d'autres interventions publiques.

L'extraversion croissante du secteur halieutique a également son origine dans des stimulations qui ne sont pas liées à l'ajustement. C'est notamment le cas de la Convention de Lomé qui, à partir de 1982, a considérablement renforcé la compétitivité des pays ACP sur le marché européen et occasionné des gains de parts de marché non négligeables. On estime aujourd'hui que le marché européen absorbe jusqu'à 66 % des exportations de produits halieutiques sénégalais.

Si ces dispositifs d'incitation ont favorisé les exportations, les opérateurs n'ont guère adapté leur outil productif, ni créé de valeur ajoutée. La part des produits entiers étant nettement prépondérants dans les exportations (80 %), les usiniers ont privilégié la croissance par les volumes au détriment d'une valorisation locale des produits halieutiques.

Ces incitations publiques à l'exportation de produits halieutiques ont créé dans le même temps sur le marché national une diminution de l'offre accompagnée d'une augmentation des prix, dangereuse pour la sécurité alimentaire du pays.

Le contexte juridique et réglementaire

Le Sénégal, signataire de la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (1982), par la loi du 16 août 1984 portant ratification de ladite convention a porté sa zone économique exclusive à une largeur de 200 milles marins. Concernant la pêche maritime, les droits d'usage et les normes d'utilisation des potentialités halieutiques nationales sont réglementés par les dispositions fixées par le Code de la pêche qui, depuis celui de 1976, a été abrogé et remplacé à deux reprises, en 1987 et en 1998. La recherche halieutique a produit des connaissances et

analyses spécifiques, qui ont largement contribué à l'élaboration de ces textes réglementaires : propositions argumentées et raisonnées pour la définition de nouveaux types de licences, analyses pour délimiter les zones de pêche, réflexions sur les mesures de réglementation envisagée pour la pêche artisanale, etc. (Dème et Dioh, 1993 ; Dème, 1988 ; Kébé, 1982 ; Dieng *et al.,* 1998 ; Dahou *et al.,* 2000).

De même, dans le cadre des négociations pour la signature d'accords de pêche avec des pays tiers, la recherche apporte systématiquement son expertise scientifique pour définir les quotas et l'effort de pêche susceptibles d'être appliqués.

Les perspectives

Des conditions géographiques et hydroclimatiques particulièrement favorables confèrent au domaine maritime sénégalais une productivité exceptionnelle, qui autorise le développement de ressources halieutiques variées et abondantes. Cette productivité élevée ne doit cependant pas voiler l'état de pleine exploitation dans lequel se trouve aujourd'hui la majorité des stocks exploités.

Si l'on considère les petits pélagiques côtiers, malgré des biomasses instantanées importantes, ces espèces, qui migrent pour leur majorité dans l'espace de la sous-région, restent fragiles en regard de leur sensibilité aux conditions environnementales et à l'exploitation qui ne porte que sur un nombre réduit de classes d'âge. C'est pourquoi la conjonction d'une péjoration climatique (réchauffement des eaux) et d'une intensité de pêche exagérée peut conduire, comme on l'a déjà observé dans d'autres régions d'upwelling, à l'effondrement des populations.

La situation des stocks de poissons démersaux côtiers est encore plus alarmante car leur biomasse a considérablement chuté en raison d'un effort de pêche beaucoup trop important. Fait aggravant, les faibles niveaux d'abondance observés aujourd'hui font que les modèles prévisionnels utilisés par les scientifiques sont maintenant incapables d'extrapoler les évolutions possibles. Les conclusions du projet SIAP sont à ce titre particulièrement éloquentes : « L'étude des peuplements semble indiquer une instabilité des structures et des profils d'espèces plus erratiques d'une année à l'autre. La structure des peuplements apparaît ainsi fragilisée et semble entrer dans une dynamique imprévisible ».

L'apparition d'espèces dites émergentes, comme les céphalopodes, doit par ailleurs être appréhendée avec une certaine réserve. En effet, ces populations sont fluctuantes et peu robustes, car très sensibles aux conditions d'environnement et d'exploitation. Aussi faut-il voir dans ces explosions massives une opportunité temporaire intéressante pour les armateurs et les économies nationales, mais certainement pas une tendance extrapolable pour le long terme.

Concernant les thonidés hauturiers, il apparaît également que le niveau d'exploitation optimal soit atteint et qu'il ne faille plus attendre de bénéfices biologiques d'une intensification de cette pêche.

Devant la baisse des rendements, les pêcheurs artisans et industriels ont bien sûr réagi en modifiant leur stratégie de pêche ou leur tactique commerciale et en explorant toutes les possibilités de report d'effort sur des espèces peu ou pas

encore exploitées. Mais force est de constater que les opportunités de développement de la production se réduisent avec le temps et deviennent aujourd'hui extrêmement limitées. Une reconstitution des biomasses reste toujours possible, mais cette évolution devra obligatoirement passer par une réduction drastique de l'effort de pêche. Les conséquences socio-économiques d'une telle mesure devront alors être analysées et accompagnées par l'Etat.

Tous les constats qui sont établis aujourd'hui sur le contexte des pêches maritimes et continentales ont été prévus et annoncés par la recherche depuis plusieurs années. On ne peut donc que regretter l'absence de mesures réglementaires plus énergiques (ne serait-ce que sur la base du principe de précaution) destinées à assurer la préservation du patrimoine halieutique. Ces tendances ne sont malheureusement pas spécifiques au Sénégal, mais concernent toute la sous-région, d'où l'urgente nécessité d'arriver, au moins pour les stocks partagés, à une gestion sous-régionale concertée des ressources.

Rappelons enfin que, pour être acceptées et suivies, toutes les décisions et mesures relatives à la conservation des ressources, et à fortiori à la gestion des pêcheries, ne peuvent être envisagées uniquement à travers le seul critère de « potentiel exploitable ». La réalisation de tels objectifs exigent en effet une analyse globale qui requiert la prise en compte des données et indicateurs portant à la fois sur l'environnement écosystémique marin, mais également sur le contexte humain, économique, financier et juridique de l'activité. Cette réserve montre l'importance que peut revêtir une recherche halieutique pertinente, c'est-à-dire abordée dans le cadre d'un système, pour sa fonction d'aide à la décision.

Références bibliographiques

Albaret J.J., 1987. Les peuplements de poissons de la Casamance en période de sécheresse. Revue d'hydrobiologie tropicale, 20 : 291-310.

Bakhayokho M., 1980. Pêche et biologie des céphalopodes exploités sur les côtes du Sénégal. Thèse de doctorat, université de Bretagne occidentale, 119 p.

Boely T., 1979. Biologie des deux espèces de sardinelles (*Sardinella aurita* et *Sardinella maderensis*) des côtes sénégalaises. Thèse de doctorat, université Paris VI, 219 p.

Bousso T., 1996. La pêche artisanale dans l'estuaire du Sine-Saloum (Sénégal) : approches typologiques des systèmes d'exploitation. Thèse de doctorat, université Montpellier II, 293 p.

Bousso T., 1997. The estuary of Senegal River: the impact of environnemental changes and the Diama dam on resource status and fishery conditions in African inland fisheries. *In :* Aquaculture and the environment, Remane K. (éd.). FAO, Rome, Fishing News Books, p. 45-65.

Camarena-Luhrs T., 1986. Les principales espèces de pélagiques côtiers au Sénégal : biologie et évaluation des ressources. Thèse de doctorat, université de Bretagne occidentale, 188 p.

Caverivière A., Thiam M., 1992. Indices d'abondance et niveaux d'exploitation des espèces démersales du plateau continental sénégalais : estimations à partir des

résultats des campagnes de chalutage stratifié (1986-1991). Documents scientifiques CRODT n. 132, 147 p.

Caverivière A., Thiam M., Jouffre D., 2002. Le poulpe *Octopus vulgaris :* Sénégal et côtes nord-ouest africaines. IRD, Paris, Colloques et séminaires, 385 p.

Caverivière A., Thiam M., Thiam D., Lopez A., 1986. Rapport de synthèse des quatre campagnes conjointes hispano-sénégalaises de chalutages sur les stocks profonds du Sénégal (1982-1984). Archives scientifiques CRODT n. 151, 232 p.

Cayré P., 1985. Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique du listao *(Katsuwonus pelamis)* de l'océan Atlantique. Thèse de doctorat, université Paris VI, 181 p.

Cayré P., Diouf T., 1983 . Etat des stocks de listaos *(Katsuwonus pelamis)* de l'Atlantique est par analyse des cohortes et modèles de production par recrue. ICCAT, Collective Volume of Scientific Papers, 31 : 38-63.

Cayré P., Diouf T., 1984. Croissance du thon obèse *(Thunnus obesus)* de l'Atlantique d'après les études de marquage. ICCAT, Collective Volume of Scientific Papers, 20 : 180-188.

Chabanne J., 1987. Le peuplement des fonds durs et sableux du plateau continental sénégambien : étude de sa pêcherie chalutière, biologie et dynamique d'une espèce caractéristique, le rouget *(Pseudupeneus prayensis).* Thèse de doctorat, université de Bretagne occidentale, ORSTOM, 325 p.

Chaboud C., 1982. Le mareyage au Sénégal. Documents scientifiques CRODT n. 87, 64 p.

Champagnat C., 1983. Pêche, biologie et dynamique du tassergal *(Pomatomus saltator)* sur les côtes sénégalo-mauritaniennes. ORSTOM, Travaux et documents n. 168.

Champagnat C., Domain F., 1978. Migrations des poissons démersaux le long des côtes ouest-africaines de 10° à 24° de latitude nord. Cahiers ORSTOM, série océanographique, 16 : 239-261.

Charneau D., 1988. L'économie du thon au Sénégal : intégration nationale et internationale de la filière. Documents scientifiques CRODT n. 109.

Citeau J., 1992. Les satellites météorologiques, une approche nouvelle de la connaissance du climat du Sahel. Thèse de doctorat, université Paul Sabatier, Toulouse, 110 p.

Cormier-Salem M.C., 1999 . Rivières du sud : sociétés et mangroves ouest-africaines. IRD, Paris, 416 p.

Cury P., 1989. Approches modélisatrices des relations à court, moyen et long terme entre la dynamique des stocks de poissons pélagiques côtiers et les fluctuations climatiques. Thèse de doctorat, université Paris VII, 258 p.

Cury P., Roy C., 1991. Pêcheries ouest-africaines : variabilité, instabilité et changements. ORSTOM, Paris.

Cury P., Worms J., 1982. Pêche, biologie et dynamique du thiof *(Epinephelus aeneus)* sur les côtes sénégalaises. Documents scientifiques CRODT n. 82, 88 p.

Dahou K., Dème M., Thiam D., Coulibaly D., Sène A., Ndiaye G., 2000. Impacts socio-économiques et environnementaux de la libéralisation du commerce sur la gestion durable des ressources naturelles : étude de cas sur le secteur de la pêche sénégalaise. PNUD, ENDA, CRODT, Document technique, 96 p.

Demarcq H., Samb B., 1991. Influence des variations de l'upwelling sur la répartition des poissons pélagiques au Sénégal. *In :* Pêcheries ouest-africaines : variabilité, instabilité et changements, Cury P., Roy C. (éd.). ORSTOM, Paris, p. 290-306.

Dème M., 1983. Les exportations de poisson de la pêche artisanale sénégalaise. Documents scientifiques CRODT n. 85, 1-28.

Dème M., 1988. Etude économique et financière de la pêche sardinière sénégalaise. Documents scientifiques CRODT n. 107, 66 p.

Dème M., 1991. Les politiques d'investissement et d'intervention de l'Etat sénégalais dans le secteur de la pêche : problématique générale et actions de recherches. Documents scientifiques CRODT n. 128, 27 p.

Dème M., Dioh B.C., 1993. Aménagement, législation et développement des pêches artisanales au Sénégal : bilan et analyse d'impact. *In :* Symposium sur la méthodologie d'évaluation des ressources exploitées par la pêche artisanale au Sénégal. CRODT, Dakar, 20 p.

Dème M., Kébé M., 1996. Commercialisation du poisson frais au Sénégal : perspectives d'amélioration. Infopêche, 24 p.

Dème M., Seck I., Sarr D., 2001. Les groupes dans le domaine de la pêche artisanale sénégalaise : description, vulnérabilité et importance relative de la pêche par rapport à leurs moyens d'existence. PMEDP, FAO, ISRA, Rapport technique n. 1, 15 p.

Dème-Gningue I., 1985. Les algues marines du Sénégal : étude de leur action fertilisante en cultures maraîchères. Thèse de doctorat d'ingénieur, université de Dakar, 105 p.

Diadhiou A.D., 1995. Biologie de l'huître de palétuvier *Crassostrea gasar* (Dautzenberg) dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal) : reproduction, larves et captage du naissain. Thèse de doctorat, université de Brest.

Diaw M.C., 1992. La pêche artisanale : une étude de cas sur la problématique de l'aménagement. *In :* Recherches interdisciplinaires et gestion des pêcheries, Brêthes J.C., Fontana A. (éd.). CIEO, Halifax, 228 p.

Dieng O. *et al.,* 1998. Organisations informelles de contrôle de l'effort de pêche tout le long du littoral sénégalais. Document de travail du CREDETIP, 52 p.

Diouf P.S., 1991a. Le zooplancton au Sénégal. *In :* Pêcheries ouest-africaines : variabilité, instabilité et changements, Cury P., Roy C. (éd.). ORSTOM, Paris, p. 103-116.

Diouf P.S., 1996. Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest : l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine-Saloum. Thèse de Doctorat, université Montpellier II, 267 p.

Diouf P.S., Bousso T., Fontana A., 1988. Compte rendu du séminaire sur l'environnement aquatique et la pêche dans le delta et la vallée du fleuve Sénégal. CRODT, Dakar, 120 p.

Diouf T., 1981. Pêche et biologie de trois scombridae exploités au Sénégal : *Euthynnus alleteratus, Sarda sarda, Scomberomorus tritor*. Thèse de doctorat, université de Bretagne occidentale, 159 p.

Diouf T., 1983. Les istiophoridés en Atlantique est : études des pêcheries et quelques aspects de la biologie du voilier. ICCAT/CRODT, Documents scientifiques, p. 442-457.

Diouf T., 1991b. Les pêcheries thonières de l'Atlantique : bilan de l'évolution durant la période récente. *In :* Recueil des documents du programme international de l'année albacore, Pallares P., Fonteneau A. (éd.). ICCAT, Collective Volume of Scientific Papers, 36 : 289-305.

Diouf T., Fonteneau A., Ariz J., 1998. Analyse des effets du moratoire de la pêche sous objets flottants par les senneurs de l'Atlantique tropical est. ICCAT, Document n. SCRS/98/137, 20 p.

Domain F., 1977. Carte sédimentologique du plateau continental sénégambien : 3 feuilles, 1 notice. ORSTOM, Paris, 17 p.

Domain F., 1980. Contribution à la connaissance de l'écologie des espèces démersales du plateau continental sénégalo-mauritanien : les ressources démersales dans le contexte du golfe de Guinée. Thèse de doctorat, université Paris VI, 342 p.

Durand M.H., Conway J., 1982. La transformation artisanale, son rôle dans l'écoulement des produits de la mer au Sénégal. *In :* Aspects de la recherche en socio-économie dans la pêche artisanale sénégalaise. Documents scientifiques CRODT n. 84.

FAO, 2002. Rapport du groupe de travail de la FAO sur l'évaluation des petits pélagiques au large de l'Afrique nord-occidentale, Banjul, 5-12 mars 2002. FAO, Fisheries Report n. 686.

Fonteneau A., 1981. Dynamique de la population d'albacore *(Thunnus albacares)* de l'océan Atlantique est. Thèse de doctorat, université Paris VI, 324 p.

Fonteneau A., 1998. Atlas des pêcheries thonières tropicales, captures mondiales et environnement. ORSTOM, 191 p.

Fonteneau A., Marcille J., 1988. Ressources, pêche et biologie des thonidés tropicaux de l'Atlantique centre-est. FAO, Documents techniques sur les pêches n. 292, 391 p.

Fonteneau A., Pallares P., 1996. Interactions between tuna fisheries: a global review with specific examples from the Atlantic Ocean. *In :* Proceedings of the second FAO consultation on interaction of Pacific tuna fisheries, Shomura R.S., Majkowski J., Harman R.F. (éd.). FAO Fisheries Technical Paper n. 365, p. 84-123.

Foucher E., 1994. Dynamique saisonnière et spatiale de la ressource dans les pêcheries thonières de l'Atlantique tropical est. Thèse de doctorat, ENSA, Rennes.

Franqueville C., 1983. Biologie et dynamique de population des daurades *(Pagellus bellottii)* le long des côtes sénégambiennes. Thèse de doctorat, université Aix-Marseille II, 276 p.

Fréon P., 1988. Réponses et adaptations des stocks de clupeidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation : analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. Thèse de doctorat, ORSTOM, 287 p.

Gascuel D., Barry M., Laurans M., Sidibé A., 2003. Evaluation des stocks démersaux en Afrique du Nord-Ouest. FAO, Rome.

Gningue I., Roy C., Touré D., 1990. Variabilité spatiotemporelle de la température, des nitrates et de la chlorophylle devant les côtes du Sénégal. Documents scientifiques CRODT n. 122, 21 p.

Hallier J.P., Delgado de Molina A., 2000. Le canneur : un dispositif de concentration des thons. *In :* Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons, Le Gall J.Y., Cayré P., Taquet M. (éd.), octobre 1999, Martinique.

Hallier J.P., Diouf T., Mbareck M., Foucher E., 1996. La pêcherie de canneurs de Dakar : un exemple de pêche responsable. *In :* Symposium thon, ICCAT, Ponta Delgada, Açores.

Kébé M., 1982. La pêche cordière au Sénégal. Documents scientifiques CRODT n. 81, 19 p.

Le Reste L., Fontana A., Samba A., 1986. L'estuaire de la Casamance, environnement, pêche, socio-économie : actes du séminaire, Ziguinchor, 19-24 juin 1986. CRODT, 328 p.

Levenez J.J., 1994. Synthèse bibliographique des connaissances sur la biologie de quelques espèces de poissons. *In :* Symposium sur l'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise : tome 2. ORSTOM, p. 121-141.

Lhomme F., 1981. Biologie et dynamique de *Penaeus notialis* au Sénégal. Thèse de doctorat, université Paris VI, 248 p.

Lopez J., 1979. Ecologie, biologie et dynamique de *Galeoides decadactylus* du plateau continental sénégambien. Thèse de doctorat, université de Bretagne occidentale, 165 p.

Medina-Gaertner M., 1985. Etudes du zooplancton côtier de la baie de Dakar. Thèse de doctorat, université de Bretagne occidentale, 141 p.

Mollion J., 1979. L'exploitation des algues au Sénégal : situation actuelle et perspectives. Bulletin de l'Association d'avancement scientifique national, Sénégal, n. 67.

Morinière P., 1980. Biologie et pêche du yett, *Cymbium pepo* (Lightfoot, 1786), au Sénégal. Documents scientifiques CRODT n. 77, 43 p.

Ndiaye J.L., 1997. Une activité dynamique au sein d'un système complexe : place et rôle de la transformation artisanale dans le système de pêche maritime au Sénégal. Thèse de doctorat, université Montpellier III.

Rebert J.P., 1982. Hydrologie et dynamique des eaux du plateau continental sénégalais. Documents scientifiques CRODT n. 89, 99 p.

Roy C., 1989. Fluctuation des vents et variabilité de l'upwelling devant les côtes du Sénégal. Oceanologica Acta, 12 : 361-369.

Roy C., 1992. Réponses des stocks de poissons pélagiques à la dynamique des upwellings en Afrique de l'Ouest : analyse et modélisation. Thèse de doctorat, ORSTOM.

Samb B., 1986. Seasonal growth, mortality, recruitment pattern of *Sardinella maderensis* of Senegal. *In :* Consultation d'experts FAO/DANIDA, Hirtshals, 5-30 mai 1986. FAO Fisheries Report n. 389, p. 257-271.

Samb B., 2002. Case study of small pelagic fish resources in Northwest Africa. *In :* Consultation d'experts sur l'aménagement concerté des stocks partagés, Bergen, 7-10 octobre 2002. FAO Fisheries Report n. 695.

Samba A., Laloë F., 1991. Upwelling sénégalo-mauritanien et pêche du tassergal *(Pomatomus saltator)* sur la côte nord du Sénégal. *In :* Pêcheries ouest-africaines : variabilité, instabilité et changements, Cury P., Roy C. (éd.). ORSTOM, Paris, p. 307-310.

Thiam D., 2000. Trajectoire des indices d'abondance des principales espèces démersales d'export du Sénégal. *In :* Impacts socio-économique et environnemental de la libéralisation du commerce. PNUE.

Thiam M., 1978. Ecologie et dynamique des cynoglosses du plateau continental sénégambien. Thèse de doctorat, université de Bretagne occidentale, 181 p.

Touré D., 1990. Contribution à l'étude de l'upwelling de la baie de Gorée et de ses conséquences sur le développement de la biomasse phytoplanctonique. Thèse de doctorat, université Pierre et Marie Curie, 186 p.

Touré D., Gningue I., 1991. Variations spatiotemporelles de la biomasse phytoplanctonique sur le plateau continental sénégalais. *In :* Pêcheries ouest-africaines : variabilité, instabilité et changements, Cury P., Roy C. (éd.). ORSTOM, Paris, p. 90-102.

Les systèmes productifs

Michel BENOIT-CATTIN, Cheikh Oumar BA

Les éléments de l'hétérogénéité des ressources disponibles pour l'agriculture, au sens large, ont été présentés dans les chapitres précédents. Au fil des ans et selon les thèmes abordés, plusieurs zonages agroécologiques ont pu être proposés intégrant l'hétérogénéité du milieu et les grands types de mise en valeur.

Depuis ses origines, la recherche agronomique a cherché à déployer un dispositif expérimental couvrant au mieux cette diversité géographique des systèmes de production (Tourte, 1965). Au cours des années 1980 le dispositif était le plus complet mais il a dû être réduit faute de moyens humains et financiers pour le maintenir et l'exploiter. Il articulait un centre national, des stations régionales et tout un réseau de points d'appui et d'expérimentation multilocale (PAPEM). Ces infrastructures permettaient à des équipes régionales de travailler au plus près des réalités locales.

C'est dans ce cadre multilocal que les premiers travaux systématiques avec les paysans ont été entrepris. Dès le début des années 1960, autour des principaux PAPEM des paysans plus particulièrement dynamiques ont été repérés et retenus comme paysans correspondants. Un réseau de sites d'expérimentation en milieu réel, à l'échelle de coopératives, a été proposé et un commencement de mise en place a été réalisé dans le cadre du projet des unités expérimentales du Sine-Saloum (1968-1981). Un ouvrage collectif récapitulatif a été publié présentant le contexte, les actions, les résultats du projet des unités expérimentales auquel il sera fait plusieurs fois référence dans ce texte (Benoit-Cattin, 1986). Si les autres unités prévues n'ont jamais vu le jour, trois villages ont été suivis par la recherche dans la région de Thiès-Diourbel avant la mise en place des équipes régionales de recherche sur les systèmes de production et la création d'un département ad hoc.

Auparavant, les géographes, en particulier ceux de l'ORSTOM (Office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer, devenu IRD, Institut de recherche pour le développement), avaient entrepris des études de terroirs dans le bassin arachidier, en Casamance (Pélissier, 1966) et dans la vallée du fleuve. Les terrains les plus anciens ont été revisités dans les années 1980 (Dubois *et al.,* 1987). Par ailleurs, le développement agricole était impulsé par des sociétés régionales de développement — la SODEVA (Société pour le développement et la vulgarisation agricole) dans le bassin arachidier, la SAED (Société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé) dans la vallée du fleuve, la SOMIVAC (Société pour la mise en

valeur de la Casamance) en Casamance, la SODEFITEX (Société nationale de développement des fibres textiles) au Sénégal-Oriental —, qui chacune disposait d'un système de suivi-évaluation réalisant diverses enquêtes. Les premiers travaux de suivi-évaluation ont débuté avec la SATEC (Service d'appui technique et commercial) dans le bassin arachidier. Ils ont connu leur apogée dans les années 1970-1980, en phase avec les recherches sur les systèmes de production. La SAED a été la dernière à maintenir un dispositif au-delà de l'ajustement structurel. Les confrontations entre les travaux localisés de la recherche et les approches régionales de suivi-évaluation alimentaient les réflexions à l'échelle des régions comme du pays en matière de politique et d'actions de développement agricole.

Enfin, l'administration produisait des statistiques de superficies, productions et rendements à partir des informations transmises par les CERP (Centres d'expansion rurale polyvalents) présents dans chaque arrondissement. Cet ensemble d'observations et d'analyses a contribué à une bonne connaissance des réalités agricoles et rurales du Sénégal jusqu'à ce que les restrictions budgétaires dues à l'ajustement structurel le remettent en cause.

Sur toute la période et pour de nombreuses années encore, la croissance démographique du Sénégal va se poursuivre. Le Sénégal est le pays le plus urbanisé de la sous-région ouest-africaine avec les densités rurales les plus élevées. Malgré une émigration vers les villes et vers l'étranger, la population rurale continue de croître. Il y a donc de moins en moins de superficie cultivable par actif agricole alors que celui-ci devrait nourrir de plus en plus de personnes. Pour la recherche agronomique, la réponse à ce défi démographique passe par l'augmentation durable de la productivité des sols grâce à la fumure et au recours à des variétés améliorées et par une amélioration de la productivité du travail à certaines périodes critiques comme les semis, le désherbage et la récolte de l'arachide grâce à la mécanisation en traction animale.

Les principaux résultats

Au fil des ans et des travaux conduits dans les villages, les concessions, les unités de production et les régions, les concepts et méthodes se sont améliorés et les connaissances se sont enrichies sur les structures, le fonctionnement et les performances des systèmes productifs à ces différentes échelles. De nombreux écrits à caractère méthodologique ont été produits à partir de travaux réalisés au Sénégal (Benoit-Cattin *et al.,* 1998 ; Benoit-Cattin et Faye, 1982 ; Couty et Lericollais, 1982 ; Couty *et al.,* 1984 ; Faye *et al.,* 1986 ; Faye et Landais, 1986 ; Jouve et Tallec, 1994 ; Milleville, 1984 ; Minvielle, 1978).

Les systèmes agraires villageois

Les structures agraires ont tout d'abord été étudiées par les géographes dans le cadre de monographies de « terroirs » et d'études régionales. Pour la recherche agronomique, le fonctionnement des systèmes agraires villageois a été analysé dans le cadre des unités expérimentales avec une entrée principale par les problèmes fonciers (Benoit-Cattin, 1986). Dans le chapitre consacré à l'espace villageois et à sa gestion, il est fait état des notions retenues pour décrire un

système agraire villageois : le territoire du village peut être découpé en espaces habité, cultivé et pâturé ; dans les espaces cultivés et pâturés on peut distinguer différents terroirs (essentiellement selon la position morphopédologique et le mode de gestion de la fertilité). Avec l'aide d'un dessinateur professionnel il est proposé une synthèse sous forme de bande dessinée (Benoit-Cattin, 1986).

Par la suite, les équipes « systèmes » régionales ont travaillé au niveau de villages et ont analysé leurs systèmes agraires notamment en Casamance (Sonko, 1986) et dans la basse vallée du fleuve Sénégal. Dans le reste de la région du fleuve les chercheurs de l'ORSTOM ont poursuivi leurs travaux pluridisciplinaires (Bonnefond et Caneill, 1981 ; Boivin *et al.,* 1995 ; Didierlaurent *et al.,* 1985 ; Lericollais, 1993). Les travaux les plus récents réalisés dans le delta l'ont été dans le cadre du suivi-évaluation réalisé par la SAED (Bélières et Touré, 2001).

Plus récemment, en 2002, dans le cadre du projet collaboratif de l'ISRA-BAME (Bureau d'analyses macroéconomiques), du CNCR (Conseil national de concertation et de coopération des ruraux) et de l'INSAH (Institut du Sahel) intitulé « Initiative transfert de technologies », d'importants travaux de caractérisation biophysique, socio-démographique et économique ont été conduits dans la région de Kolda et dans le bassin arachidier (Ndoye-Niane et Bâ, 2002 ; Faye, 2002). En 2003 et 2004, des études de caractérisation socio-économique des villages de la zone des Niayes ont été menées dans le cadre du partenariat entre l'ISRA-BAME et le PPMEH (Projet de promotion des petites et moyennes entreprises horticoles). Un échantillon de 30 villages a fait l'objet d'une caractérisation assez approfondie (Ndoye-Niane et Bâ, 2004).

Les systèmes productifs régionaux

Rendre compte des apports de chacun des travaux évoqués ci-dessus serait fastidieux et peu cohérent. En guise de récapitulation générale et actualisée des connaissances acquises sur les agricultures régionales, on a repris ici le zonage agroécologique proposé dans le plan stratégique de l'ISRA (1998-2003). Sur le plan agroécologique, le Sénégal est découpé en huit zones, qui présentent une grande diversité d'agrosystèmes intégrés dans de grands ensembles sous-régionaux fondés sur les systèmes de production.

Les systèmes nord-sahéliens à pastoralisme dominant, de 200 à 400 mm de pluie, correspondent à la zone du fleuve (haute et moyenne vallée) et à la zone sylvopastorale du Sénégal. Ils se caractérisent par un pastoralisme transhumant.

Les systèmes agropastoraux sahéliens, entre 400 et 800 mm, sont subdivisés en systèmes à agriculture sèche (Niayes et centre-nord du bassin arachidier) et systèmes à agriculture humide (sud du bassin arachidier). Les systèmes de production varient : pastoralisme strict, systèmes à prédominance céréalière (mil notamment en association avec le niébé), association agriculture-élevage avec prédominance de légumineuses (arachide), intégration agriculture-élevage avec diversification des céréales associées à des légumineuses.

Les systèmes agropastoraux soudaniens, entre 800 et 1 200 mm, se caractérisent par la présence d'arbres, d'arbustes et de hautes graminées (Sénégal-Oriental - Haute-Casamance, Basse et Moyenne-Casamance). Les systèmes de production sont les suivants : à dominante de cotonnier, association agriculture-élevage avec cotonnier, association agriculture-élevage sans cotonnier, foresterie et agroforesterie.

Les systèmes halieutiques correspondent au Sénégal à la zone maritime.

Deux systèmes se caractérisent par la disponibilité de l'eau à tout moment de l'année : les systèmes irrigués (aménagement des grandes vallées alluviales) et les systèmes périurbains (eaux de surface et souterraines peu profondes, proximité des villes pour leur approvisionnement). Ils sont fondés principalement sur des techniques intensives de production (intrants et main-d'œuvre). Les systèmes irrigués (zone du fleuve, Basse et Moyenne-Casamance) sont des systèmes de production de type formel avec 300 à 500 ha aménagés et une maîtrise totale de l'eau (cas de la SAED au Sénégal), d'initiative privée (groupement de paysans ou d'opérateurs avec des exploitations de 50 à 200 ha) ou d'initiative privée à caractère industriel et commercial sur 1 000 ha et plus. Les systèmes périurbains (Niayes) sont caractérisés par la diversité des productions végétales (maïs et arachide, cultures maraîchères, fruitières et florales) et des productions animales (embouche bovine et ovine, élevage caprin, production laitière, élevage aviaire).

La zone de la Basse et Moyenne-Casamance

La zone de la Basse et Moyenne-Casamance s'étend sur 14 632 km^2 soit 7,5 % du territoire national et couvre la région de Ziguinchor et le département de Sédhiou. Sa population, majoritairement rurale (entre 63 et 87 %), est estimée à environ 680 000 habitants, ce qui représente plus de 10 % de la population totale. La pluviométrie, relativement satisfaisante, dépasse 1 000 mm en moyenne par an. La zone de la Basse et Moyenne-Casamance, qui dispose d'un fort potentiel de ressources naturelles, a une importante vocation agricole. La superficie en terres arables (sols lourds et profonds) est évaluée à 1 million d'hectares, les ressources en eaux souterraines sont peu exploitées, les fourrages naturels sont abondants (hautes graminées), les ressources forestières (arbres, arbustes) représentent 43,5 % des potentialités nationales et les ressources halieutiques sont peu exploitées. Pourtant au cours des deux dernières décennies, le potentiel agricole de la région n'a cessé de se réduire et la zone de la Basse et Moyenne-Casamance est devenue déficitaire sur le plan vivrier. La sécheresse n'a pas épargné la région et les populations ont exercé des pressions fortes sur les systèmes de production : agriculture, élevage, pêche, foresterie (Diouf, 1984).

Les principales cultures vivrières sont le riz, le mil, le sorgho, le maïs et le fonio. L'arachide, le coton et, dans une moindre mesure, le sésame constituent les principales cultures de rente. Face à l'augmentation de la salinité des sols, de l'acidité et de la toxicité du fer et de l'aluminium dans les rizières, les surfaces en riz ont été compensées par une extension des cultures pluviales grâce au défrichement de la forêt. L'arachide est devenue la première culture de la région. Le maïs, le mil et le sorgho ont aussi progressé. La production fruitière est importante, avec 26 000 t en moyenne annuelle. Le maraîchage villageois se développe mais reste en dessous de ses potentialités de production. L'élevage bovin et porcin connaît un développement notoire et l'aviculture constitue un secteur prometteur. Les eaux fluviales, estuariennes et maritimes de la zone favorisent le développement des activités de pêche et de pisciculture.

Les produits de cueillette dans les systèmes forestiers fournissent des recettes non négligeables dans la zone. Enfin, les techniques de transformation se développent notamment pour le lait (fromage), l'huile de palme et le sésame.

La zone du Sénégal-Oriental et de la Haute-Casamance

Sur le plan administratif, la zone du Sénégal-Oriental et de la Haute-Casamance couvre la région de Tambacounda et les départements de Kolda et Vélingara. Cette vaste zone (73 335 km^2 soit 37 % de la superficie nationale), la moins peuplée de toutes les régions agricoles, compte environ 850 000 habitants. Elle présente une grande variabilité sur le plan des densités, qui vont de 4,2 à 36,5 habitants au km^2 (les populations désertent les foyers de maladie du sommeil et d'onchocercose). Excepté dans sa partie septentrionale, la région du Sénégal-Oriental et de la Haute-Casamance bénéficie d'une pluviométrie supérieure à 700 mm, qui sécurise les productions. Elle renferme d'importantes ressources naturelles (sols, cours d'eau, flore et faune), réparties cependant de façon très irrégulière. Les terres agricoles disponibles sont encore faiblement utilisées et les réserves forestières sont les plus importantes du pays. Les caractéristiques hétérogènes du milieu physique et du peuplement ont contribué à l'émergence et à la diversification des systèmes de production.

La riziculture de bas-fonds et la culture du sorgho sur sols lourds prévalent tandis que le mil et le maïs connaissent un important développement, grâce notamment à une forte extension des surfaces cultivées. Au total, les systèmes de culture céréalière couvrent environ 55 % des superficies cultivées. L'arachide, qui a connu une forte extension (30 à 39 % des emblavures), et le coton, dont la production est en baisse (13 % des emblavures), constituent les deux principales cultures de rente. Les systèmes de production horticole restent peu exploités en dépit de bonnes conditions agroécologiques. L'élevage d'un cheptel trypanotolérant prévaut en Haute-Casamance (Kolda et Vélingara), dont la vocation pastorale est établie. Les potentialités halieutiques et piscicoles sont importantes dans la zone (bassin de l'Anambé) mais sous-exploitées.

La zone du Sénégal-Oriental et de la Haute-Casamance constitue probablement la grande région agricole du Sénégal mais son enclavement n'a pas favorisé la mise en valeur de son potentiel agricole.

La zone sud du bassin arachidier

Le sud du bassin arachidier correspond à l'ancienne région du Sine-Saloum, aujourd'hui scindée en deux régions administratives (régions de Fatick et de Kaolack). La zone se caractérise par une pression foncière forte (23 945 km^2 pour une population de 1 314 000 habitants avec des densités dépassant 60 habitants au km^2), par une dégradation du milieu (érosion éolienne et hydrique), par une baisse de la pluviométrie, qui varie de 600 à 800 mm, et par une forte hétérogénéité des systèmes de production. Toutefois, la zone sud du bassin arachidier est l'une des premières régions agricoles du Sénégal et ce, malgré une baisse de productivité ces dernières années.

Dans cette région à vocation agricole pluviale, l'arachide et le mil sont de loin les cultures dominantes, avec 90 % des superficies emblavées, et contribuent pour plus de 50 % à la production nationale (productions supérieures à 300 000 t). Au mil s'ajoutent le maïs et le sorgho comme cultures vivrières. Quant aux cultures de rente, aux cotés de l'arachide viennent le maïs, le coton et le niébé. Les productions horticoles sont secondaires dans la zone malgré des potentialités non négligeables. Les productions animales sont importantes et l'élevage est de type

transhumant ou sédentaire, auquel cas il est intégré à l'agriculture. Les surfaces forestières (30 % de la superficie) sont soumises à de fortes pressions du fait notamment de l'action conjuguée des systèmes de culture et d'élevage. Dans le domaine des productions halieutiques, l'existence d'un domaine maritime, qui s'étend de la pointe de Sangomar jusqu'à la frontière gambienne, et d'un domaine continental constitué par l'estuaire du Sine-Saloum et ses affluents offre des potentialités de pêche non négligeables.

La zone centre-nord du bassin arachidier

La zone centre-nord du bassin arachidier couvre les régions administratives de Diourbel et de Thiès et le département de Kébémer dans la région de Louga. Elle s'étend sur plus de 7,4 % du territoire national (14 783 km^2) et concentre près de 25 % de la population totale (1 726 000 habitants). Comme partout ailleurs au Sénégal, cette zone est marquée depuis plus de vingt ans par une baisse importante de la pluviométrie (entre 400 et 600 mm en moyenne annuelle). La pression anthropique et l'évolution climatique ont contribué à une dégradation accélérée des écosystèmes et induit des changements profonds dans les systèmes d'exploitation. Aujourd'hui, cette zone est celle des systèmes de production agropastoraux sahéliens à agriculture sèche et à élevage traditionnel et parfois même à pastoralisme strict. La zone centre-nord du bassin arachidier est actuellement confrontée à l'épuisement du patrimoine foncier tant au niveau de la fertilité des sols qu'à celui des ressources ligneuses.

De type pluvial, les productions végétales sont marquées par la prédominance de deux cultures (mil à 52,5 % et arachide à 38,9 %) très peu intégrées à l'élevage et à la foresterie. Le niébé occupe 6,9 % des surfaces cultivées et le sorgho, 1,6 %. Les cultures maraîchères (pomme de terre) et fruitières (mangues et agrumes) sont concentrées dans la région de Thiès. Autrefois caractérisée par les performances de ses systèmes agroforestiers, la zone est aujourd'hui marquée par de faibles potentialités forestières et par le vieillissement des parcs agroforestiers. La pêche constitue une activité considérable dans la zone. Les ports de débarquements de Mbour, Cayar et Joal ont une importance majeure dans la pêche artisanale à l'échelon national. Enfin, l'élevage des bovins, des petits ruminants et des volailles contribue pour une bonne part à l'économie rurale de la zone, où l'embouche bovine est l'une des plus importantes du Sénégal.

La zone du fleuve

Cette région agroécologique s'étend le long de la rive gauche du fleuve Sénégal depuis Saint-Louis jusqu'à Bakel exclu. Elle compte environ 700 000 habitants répartis sur 44 127 km^2 (22,3 % du territoire national), soit une densité moyenne des plus faibles (15 habitants au km^2) après la zone du Sénégal-Oriental et de la Haute-Casamance. Les systèmes de culture pluviale occupent 35 % des superficies, où domine le mil suivi du sorgho (Matam), du béref (Podor), du niébé et de l'arachide (Dagana). Traditionnellement, les producteurs pratiquent des cultures de sorgho, maïs et niébé sur les berges humides du fleuve au fur et à mesure du retrait de la crue (systèmes de décrue). L'aménagement des barrages de Diama et Manantali, qui permettent de réguler les fluctuations annuelles du débit du fleuve, a réduit progressivement les cultures pluviales et de décrue au bénéfice de l'agriculture irriguée. Cette dernière offre un bon potentiel d'amélioration de la productivité pour les cultures

céréalières (riz et maïs) dans le delta du fleuve et la moyenne vallée (zone des systèmes irrigués). La dégradation de l'environnement due aux bouleversements écologiques, à la salinité croissante des terres irriguées du delta, aux vents asséchants et à l'intensification de la riziculture par l'utilisation abusive d'intrants (engrais, pesticides) et les problèmes fonciers constituent les caractéristiques majeures de la zone, qui tente aujourd'hui de diversifier ses productions (cultures horticoles, sorgho, arachide, pêche continentale). La moyenne et haute vallée présentent les caractéristiques des systèmes sahéliens agropastoraux à pastoralisme dominant.

La zone sylvopastorale

Dans la partie nord du Sénégal, la zone sylvopastorale, communément appelée Ferlo, couvre la région de Louga, excepté le département de Kébémer. Cette zone s'étend sur près du quart du territoire national (56 269 km^2) et abrite environ 850 000 habitants. Cette zone, caractérisée par la faiblesse et par l'irrégularité des pluies (200 à 400 mm) limitant les cultures, est à vocation essentiellement pastorale (systèmes sahéliens à pastoralisme dominant). Les systèmes de production sylvopastoraux (bovins et petits ruminants) sont organisés suivant un mode extensif transhumant selon les disponibilités fourragères (pâturages naturels) et hydriques (existence de points d'eau temporaires ou permanents et d'un réseau de forages profonds). La zone abrite 22 % du cheptel national de bovins et 30 % de celui de petits ruminants (Ndione, 1985). Au cours des dernières années, on a constaté une détérioration progressive des conditions écologiques liée aux pressions des systèmes de production qui menacent les ressources ligneuses et fourragères. Dans le sud de la zone, les systèmes agrosylvopastoraux dominent et le niébé, le béref et les cultures maraî-chères s'ajoutent à l'élevage. L'embouche bovine et le confiage des vaches en lactation autour de Dahra, encouragé par la mise en place d'un dispositif de collecte du lait, se développent en marge des systèmes pastoraux traditionnels. Enfin, la remise en eaux de la basse vallée du Ferlo suscite beaucoup d'espoir, avec notamment le développement potentiel des systèmes de production halieutiques et irrigués.

La zone maritime

La zone maritime se définit comme une unité géographique englobant le plateau continental sénégalais et le littoral maritime, où se déroulent les activités liées à l'exploitation des ressources halieutiques (systèmes de productions halieutiques). L'hydroclimat du plateau continental se caractérise par une saison chaude, de juin à octobre, et froide, de novembre à mai, marquée par la remontée de l'upwelling (remontée d'eaux froides riches en sels minéraux), qui favorise le développement de la faune et de la flore marines. La partie terrestre de cette zone est un territoire commun aux cinq zones agroécologiques à façade maritime. Les fleuves Sénégal, Sine-Saloum et Casamance, dont les estuaires sont rattachés aux zones agro-écologiques correspondantes, et le fleuve Gambie favorisent les apports terrigènes riches en matière organique. Les productions halieutiques constituent une source importante de devises pour l'économie du pays. Même si le Sénégal reste un producteur important, certaines ressources se raréfient (poissons démersaux) du fait de leur exploitation abusive, notamment par les industriels de la pêche. Ces dernières années, l'organisation des professionnels de la filière s'est notablement améliorée avec un intérêt particulier pour toutes les décisions, innovations et tendances les concernant.

LES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Au Sénégal comme ailleurs, les travaux agroéconomiques se situent spontanément au niveau de l'exploitation agricole. Compte tenu de la complexité des organisations sociales rencontrées, plusieurs auteurs ont cherché à préciser le concept d'exploitation agricole car, pour permettre des comparaisons pertinentes dans le temps et dans l'espace, il importait d'en définir la nature. Dans le prolongement des propositions de Kleene (1976), une synthèse a été proposée et un ouvrage spécifique publié à partir des travaux réalisés sur les unités expérimentales, mais généralisables au moins l'Afrique soudano-sahélienne (Benoit-Cattin et Faye, 1982). Selon ces travaux, l'exploitation agricole familiale est l'unité de production constituée par l'ensemble des membres d'un groupement familial qui partagent la même cuisine et dont l'aîné assure la charge en y affectant une partie de sa production en contrepartie du travail que lui allouent les autres membres du groupement. Le reste du temps de travail est utilisé librement pour cultiver sur les parcelles appartenant au groupement et gérées par l'aîné et dont la production est appropriée individuellement.

Soulignons que l'expérience montre que la claire perception de ces différents aspects est nécessaire pour une exécution correcte des enquêtes et pour une interprétation pertinente des données.

Les typologies

En premier lieu, il importe de rendre compte de la diversité structurelle des exploitations en les classant en grands types : les petites, les moyennes, les grandes en référence à leur dimension foncière et à la main-d'œuvre disponible. De façon complémentaire, le degré de mécanisation est une variable importante à la fois pour apprécier la diffusion des messages techniques et pour expliquer les différences de performances.

Les exploitations agricoles des unités expérimentales ont été classées selon diverses typologies, l'équipe système de Casamance en a proposé une (Sall, 1987), et les études réalisées par le service de suivi-évaluation de la SAED spécifient systématiquement les types d'exploitation concernés (Bélières et Touré, 2001). C'est également par une typologie que les stratégies antirisques des exploitations du bassin arachidier ont pu être analysées (Piraux *et al.,* 1996).

Dans le cadre du projet de ISRA et du NRBAR (Natural Resource Based Agricultural Research, projet de recherche agricole basé sur la gestion des ressources naturelles), des études de caractérisation des ménages ruraux ont été conduites et ont abouti à des typologies (Ndoye, 1996). Plus récemment, en 2003, des études de caractérisation socio-économique des exploitations horticoles de la zone des Niayes ont été menées dans le cadre du projet collaboratif de l'ISRA-BAME et du PPMEH. Sur la base d'un certain nombre de variables de caractérisation discriminantes, les exploitations horticoles des Niayes sont regroupées en types distincts (Ndoye-Niane et Bâ, 2004).

Le suivi d'exploitations

Au-delà du classement des exploitations à un moment donné, la recherche réalise souvent des suivis pluriannuels. Ainsi, dans le bassin arachidier certains éléments d'intensification des systèmes productifs étaient déjà plus ou moins répandus :

culture attelée, variétés améliorées, engrais, etc. Dans le cadre restreint du projet des unités expérimentales, la recherche agronomique avait réussi, essentiellement par un encadrement plus efficace, à accélérer les processus d'évolution des exploitations vers plus d'intensification.

En termes de suivi-évaluation, il s'agissait d'analyser les conditions et les effets de cette intensification. Pour cela, un échantillon d'unités de production avait été constitué dès le début de l'opération, en 1969, et était régulièrement suivi, des observations technico-économiques étant réalisées chaque année : démographie, matériel de culture, cheptel de trait, superficies cultivées, techniques culturales. L'évaluation portait sur les rendements, l'efficacité des techniques, les revenus, l'endettement, l'autofourniture en céréales. Après plusieurs années, il a été nécessaire de reprendre les analyses en introduisant le facteur temps et quelques préalables méthodologiques ont dû être réglés concernant l'indexation des prix, la notion d'actif et la mesure de la productivité.

Un certain nombre d'analyses sur la dynamique des exploitations suivies ont été effectuées à partir de ces observations. Dans le contexte analysé, extension et intensification ne sont pas antinomiques mais complémentaires et les outils de l'intensification trouvent d'abord leur efficacité économique dans l'extension des surfaces. Le semoir et la houe attelés permettent de cultiver mieux, mais aussi de cultiver plus : quand la terre disponible le permet, l'extension des surfaces a un effet immédiat et proportionnel, alors que l'augmentation des rendements est plus laborieuse, moins stable.

Comme ailleurs, on retrouve les enjeux sociaux et économiques fondamentaux que sont le contrôle du foncier et la maîtrise de la force de travail. L'élevage bovin joue un rôle spécifique : les bovins sont successivement marqueurs d'espace, supports de production, moyens de production et de thésaurisation de précaution.

Les travaux réalisés dans le cadre du projet des unités expérimentales ont été enrichis et confirmés par le suivi, en 1976, du projet de colonisation des terres neuves au Sénégal-Oriental. Sur ces terres très proches de l'une des deux unités, mais à l'époque sous-occupées, l'administration entendait organiser les migrations pour délester les zones surpeuplées du vieux bassin arachidier et en même temps faire réaliser une agriculture intensive par les migrants. Malgré les règles fixées, ceux-ci se sont avant tout préoccupés d'occuper l'espace d'où des pratiques extensives. Ils ont recréé leurs structures socio-économiques, adaptées au nouveau contexte mais dans le respect des règles traditionnelles (méconnues des concepteurs de l'opération).

En partenariat avec le PPMEH, l'ISRA-BAME a mis en place un important dispositif de suivi et d'analyse des exploitations horticoles dans la zone des Niayes pour pérenniser le système de crédit mis en place par le PPMEH. Un échantillon de 150 exploitations horticoles a fait l'objet d'une caractérisation socio-économique et d'un suivi rapproché pour évaluer la performance technique et économique des activités de production horticole (Ndoye-Niane, 2004a, 2004b). Depuis 2003, l'ISRA-BAME travaille, avec le CNCR, la DAPS, l'ANCAR (Agence nationale de conseil agricole et rural), la SODEFITEX, la SAED et le CIRAD, sur un dispositif de suivi et d'analyse des exploitations agricoles familiales. Conçu dans le cadre du projet « Comprendre les exploitations agricoles familiales pour élaborer des politiques agricoles avec les paysans », ce dispositif est mis en œuvre dans les zones du bassin arachidier, de la vallée du fleuve Sénégal et du Sénégal-Oriental - Haute-Casamance. Il vise à proposer un observatoire des exploitations agricoles familiales.

Le fonctionnement et la gestion des unités de production

Toujours sur les unités expérimentales, le suivi des unités de production et la réflexion interdisciplinaire ont permis de mieux comprendre les mécanismes techniques, économiques et sociaux de fonctionnement des exploitations agricoles et de mieux structurer les méthodes d'investigation.

L'analyse des processus d'intégration de l'innovation technique dans les exploitations agricoles a permis, par exemple, de faire des propositions quant à la mécanisation des exploitations. D'autres analyses permettront de perfectionner une méthode de conseil de gestion aux exploitants, mais aussi de faire des propositions argumentées, car expérimentalement fondées, aux concepteurs et gestionnaires du développement agricole régional.

La mise au point de ce conseil de gestion illustre plus particulièrement la recherche-action mise en œuvre dans les unités expérimentales. En effet, l'originalité et la fécondité des travaux poursuivis pendant plus de dix ans dans le cadre de ce projet viennent de ce que l'analyse et l'action ont toujours été associées. L'analyse des situations, puis des évolutions, guide les actions, alors que les résultats des actions enrichissent les analyses dynamiques. Ces actions ne sont pas limitées aux exploitations mais ont concerné également leur environnement : les coopératives, le régime foncier, la lutte contre l'érosion, les méthodes de vulgarisation.

Jusqu'à la fin du projet, en 1981, le conseil de gestion pluriannuel mis en place fin 1977 a concerné les actions de vulgarisation technique, tant pour l'agriculture que pour l'élevage, et fourni la matière première pour la poursuite des analyses sur la dynamique des exploitations agricoles. Cette méthode a également été adaptée au niveau d'un département pilote par la société régionale de développement tant qu'elle a eu les moyens de fonctionner (en 1979-1980).

Précisons que ce conseil s'adressait aux exploitations ayant des difficultés pour entamer ou poursuivre leur processus d'intensification et non à celles qui fonctionnaient bien. Un diagnostic était porté sur l'exploitation par le conseiller. A partir des règles intégrant toutes les connaissances acquises antérieurement, des propositions à moyen terme étaient négociées avec l'exploitant, un suivi et d'éventuels réajustements annuels étant ensuite réalisés.

Si l'élaboration de la méthode du conseil de gestion a induit une véritable synthèse des connaissances acquises elle a également mis en lumière de nouveaux problèmes pour les chercheurs. Ces problèmes tournent pour l'essentiel autour des blocages économiques et sociaux auxquels se heurtent un certain nombre de petites exploitations.

Une première analyse de ces blocages a mis en évidence les problèmes de gestion quotidienne, ou plutôt saisonnière, de l'exploitation en tant qu'unité de consommation : si la production céréalière du chef d'exploitation ne couvre pas les besoins de la famille ou, plus fréquemment, si des excès de vente impliquent des achats ultérieurs à des prix plus élevés, l'exploitant se trouve souvent pris dans un enchaînement endettement-remboursement, voire liquidation du capital productif. Tous ces problèmes, qui hypothèquent les tentatives de gestion annuelle et pluriannuelle, seront repris après le projet des unités expérimentales dans diverses situations du bassin arachidier et en Casamance (Jolly *et al.,* 1991 ; Goetz *et al.,* 1987)

La mécanisation

L'agriculture sénégalaise se distingue dans la sous-région par son niveau de mécanisation. La culture traditionnelle est désormais en traction animale — asine, équine et plus rarement bovine. Tous les équipements ont été testés si ce n'est mis au point au CNRA (Centre national de recherches agronomiques) de Bambey avant d'être largement diffusés en milieu rural grâce au programme agricole, accompagné par les encadreurs de la SODEVA, entre autres. La mécanisation des opérations culturales et du traitement des récoltes est développée dans un chapitre spécifique ainsi que pour certaines filières.

Si la mécanisation résulte d'une action publique soutenue sur une quinzaine d'années, la modernisation des techniques de postrécolte au village procède essentiellement d'initiatives privées.

La fertilisation

Les engrais sont une composante essentielle de la productivité durable de l'agriculture. Le recours à la fertilisation, organique et minérale, a été l'une des voies recommandées pour la mise en place d'une agriculture durable, productive, créatrice de richesse et respectueuse de l'environnement. Mais la pratique de la fertilisation n'est que faiblement adoptée et ce, en dépit des résultats positifs des essais en station comme en milieu paysan. Les principaux déterminants de l'achat de l'engrais sont le niveau des récoltes en céréales, le pouvoir d'achat, l'achat des semences, l'investissement dans les activités moins risquées, comme l'élevage, le commerce et le matériel agricole, et la disponibilité de l'engrais sur les marchés hebdomadaires en quantité et en temps opportun, un mois avant et un mois après la première pluie (Kelly, 1991).

Par ailleurs, des études ont été conduites par le BAME pour évaluer la rentabilité de l'utilisation tant des engrais chimiques qu'organiques. Ainsi, les coûts additionnels, les bénéfices additionnels ainsi que le gain net et le taux marginal de rentabilité ont été déterminés à l'aide des budgets partiels des cultures. Dans le cadre du projet NRBAR, la rentabilité financière de l'utilisation du compost sur le mil a été évaluée (Ndoye, 1996) et la rentabilité du fumier enrichi au phosphate naturel sur le mil et l'arachide a fait l'objet d'une étude (Ndoye, 1997). Dans le cadre du projet collaboratif Initiative transfert de technologies, une étude d'évaluation de la rentabilité financière d'un paquet de technologies relatif à la production de sorgho et de maïs a été conduite en Casamance, dans la zone de Kolda, sur la base d'un dispositif mis en place dans les champs des paysans. Le paquet de technologies intègre des doses d'engrais minéraux, des semences de variétés améliorées et tout un itinéraire technique proposé par l'ISRA. Cette étude a permis de comparer en terme de rentabilité, le paquet de technologies proposé avec les pratiques paysannes habituelles (Ndoye-Niane, 2003).

Les études d'impacts

Le BAME compte à son actif une série d'études d'impacts sociaux, économiques et environnementaux (Sidibé, 1998). Le NRBAR avait mis en place des projets collaboratifs entre l'ISRA, le NRBAR, les organisations non gouvernementales (Winrock International, Rodale International, Africare, OSDIL, Organisation sénéga-

laise pour le développement des initiatives localisées) et les organisations de producteurs (ARAF, association régionale des agriculteurs de Fatick) afin de favoriser le transfert des technologies générées par la recherche aux utilisateurs que sont les ménages ruraux. Des études ont été conduites pour évaluer les impacts socio-économiques de ces projets de recherche-développement sur les ménages ruraux et leurs groupements. Il est ressorti de ces études, que ces projets ont eu, pour la plupart, des impacts considérables tant sur les bilans céréaliers que sur les revenus des ménages ruraux et leurs groupements. Cependant, les taux d'adoption étaient parfois faibles du fait de plusieurs contraintes qui ont fait l'objet d'une analyse. La démarche démonstrative utilisée par les projets permettait de convaincre les ménages et les groupements ruraux, utilisateurs ou non des technologies, de l'intérêt de celles-ci. Pour consolider les impacts des projets et amener les ménages ruraux à valoriser davantage les technologies, il convenait donc de lever les contraintes identifiées. Pour ce faire, un certain nombre de recommandations, qui intègrent les opinions des ménages ruraux sur les orientations des projets futurs, ont été formulées (Ndoye, 1996, 1997a, 1997b, 1998).

Les perspectives

Comme cela ressort des résultats présentés sur la base des publications disponibles, les connaissances sur les systèmes productifs agricoles sont relativement anciennes et ne se renouvellent que par des travaux personnels assez ponctuels ou à l'occasion de projets spécifiques sur des thèmes à la mode : le genre, la gestion des ressources naturelles. Depuis la suppression du département des systèmes de production il n'y a plus sur le terrain d'équipes de recherche pluridisciplinaires d'où une perte de contact avec la réalité agricole et économique en milieu rural sénégalais alors que l'environnement change : après l'arrêt du programme agricole, il y a eu l'ajustement structurel, le désengagement de l'Etat, la dévaluation du franc CFA et les ruraux, toujours plus nombreux, cherchent à compenser l'inexorable déclin de leurs performances agricoles par la diversification des activités, l'émigration et les transferts de revenus. Face à tous ces changements et aux questions qu'ils soulèvent, les équipes de recherche ont été réduites et leurs moyens fragilisés sous forme de projets ponctuels empêchant toute capitalisation comme le démontrent les écrits disponibles. Les politiques de développement agricole et rural reposent de plus en plus sur des impressions et des à priori idéologiques, avec tous les risques d'inefficacité qui en découlent. Il est nécessaire et urgent de reconstruire un minimum de capacité de recherche sur les dynamiques agricoles et rurales dans les différentes régions du pays en ayant soin d'intégrer les acquis méthodologiques antérieurs.

Références bibliographiques

Bélières J.F., Touré H.A., 2001. Impact de l'ajustement structurel sur l'agriculture irriguée du delta du Sénégal. CIRAD, Montpellier, cédérom.

Benoit-Cattin M., 1986. Recherche et développement agricole : les unités expérimentales du Sénégal. ISRA, CIRAD, FAC, Montpellier, 500 p.

Benoit-Cattin M., Bélières J.F., Touré H.A., 1998. La matrice de comptabilité rurale, outil de mobilisation des connaissances technico-économiques pour la décision de politique de développement régional : exemple du delta du fleuve Sénégal. 23 p.

Benoit-Cattin M., Faye J., 1982. L'exploitation agricole familiale en Afrique soudano-sahélienne. PUF, Paris, 94 p.

Boivin P., Dia I., Lericollais A., Poussin J.C., Santoir C., Seck S.M., 1995. Nianga, laboratoire de l'agriculture irriguée en moyenne vallée du Sénégal. ORSTOM, Paris, 562 p.

Bonnefond P., Caneill J., 1981. Systèmes de culture irriguée et unités de production paysannes sur la rive gauche du fleuve Sénégal. ORSTOM, Dakar.

Couty P., Lericollais A., 1982. Vers une méthode pratique d'analyse régionale : le cas de la vallée du Sénégal : 1957-1980. AMIRA.

Couty P., Lericollais A., Marchal J.Y., Raynaut C., 1984. Un cadre élargi pour l'étude des systèmes de production en Afrique : diagnostics sur le fonctionnement des systèmes agraires. Cahiers de la recherche-développement, 3-4 : 10-14.

Didierlaurent M., Lericollais A., Ruf T., 1985. La recherche, les structures agraires et le développement rural dans la vallée du Sénégal. ORSTOM, Dakar.

Diouf M.B., 1984. La Basse-Casamance : organisation sociale, système foncier et migration synthèse bibliographique. ISRA, Dakar, 84 p.

Dubois J.P., Lericollais A., Milleville P., Pontié G., 1987. Terrains anciens, approche renouvelée : analyse du changement dans les systèmes agraires au Sénégal.

Faye J., Bingen R.J., Landais E., 1986. Conception et mise en œuvre des recherches sur les systèmes de production au sein d'un programme national de recherche : l'expérience de l'ISRA. ISRA, BAME, Dakar, 19 p.

Faye J., Landais E., 1986. Méthodes pour la recherche sur les systèmes d'élevage en Afrique intertropicale. ISRA, Dakar, 733 p.

Faye M., 2002. Caractérisation des exploitations impliquées dans les zones de Thiès et Diourbel : projet collaboratif USAID-INSAH-CNCR-ISRA-ANCAR, Initiative transfert de technologies. ISRA, BAME, Dakar.

Goetz S.J., Diagana B., Diallo K., 1987. Le projet de sécurité alimentaire de l'ISRA-MSU : note méthodologique. ISRA, BAME, Dakar, 21 p.

Jolly C.M., Kamuanga M., Sall S., Posner J.L., 1991. Situation céréalière en milieu paysan en Basse-Casamance : résultats d'une enquête de terrain. ISRA, Dakar, 41 p.

Jouve P., Tallec M., 1994. Une méthode d'étude des systèmes agraires par l'analyse de la diversité et de la dynamique des agrosystèmes villageois. Cahiers de la recherche-développement, 39 : 43-59.

Kelly V.A., 1991. Demande d'engrais de la part des exploitants dans le contexte de la nouvelle politique agricole au Sénégal : une étude des facteurs influençant les décisions d'achat d'engrais prises par les exploitants. ISRA, Dakar, 38 p.

Kleene P., 1976. Notion d'exploitation agricole et modernisation en milieu wolof, Saloum, Sénégal. L'Agronomie tropicale, 21 : 63-81.

Lericollais A., 1993. Histoires de périmètres. *In :* Atelier sur la culture irriguée dans la moyenne vallée du Sénégal. ORSTOM, Dakar, 24 p.

Milleville P., 1984. Acte technique et itinéraire technique : une méthode d'enquête à l'échelle du terroir villageois. Cahiers de la recherche-développement, 3-4 : 77-83.

Minvielle J.P., 1978. Méthodologie d'une étude sur les systèmes de production paysans dans la moyenne vallée du Sénégal. ORSTOM, Dakar.

Ndione C.M., 1985. Structure et fonctionnement de la commercialisation des bovins et de la viande bovine au Sénégal : exemple de l'axe Dahra-Dakar. ISRA, Dakar, 86 p.

Ndoye A.F., 1996. Evaluation des impacts socio-économiques du projet collaboratif Winrock International-CCF-ISRA-NRBAR sur les ménages ruraux. Mémoire de fin d'étude, ENSA, Thiès, 99 p.

Ndoye A.F., 1997a. Evaluation des impacts socio-économiques du projet collaboratif ISRA-NRBAR-Africare sur les ménages ruraux et les entreprises à base agricole. ISRA, PASE, Dakar.

Ndoye A.F., 1997b. Evaluation des impacts socio-économiques du projet collaboratif ISRA-NRBAR-OSDIL sur les ménages ruraux. ISRA, PASE, Dakar.

Ndoye A.F., 1998. Evaluation des impacts socio-économiques du projet collaboratif ISRA-NRBAR-ARAF sur les ménages ruraux et leurs groupements. ISRA, PASE, Dakar.

Ndoye-Niane A.F., 2003. Evaluation de la rentabilité financière du paquet de technologies améliorées pour les cultures de maïs et de sorgho dans la région de Kolda, Sénégal : projet collaboratif USAID-INSAH-CNCR-ISRA-ANCAR, Initiative transfert de technologies. ISRA, BAME, Dakar.

Ndoye-Niane A.F., Bâ C.O., 2002. Caractérisation socio-économiques des ménages des villages de Kolda : projet collaboratif USAID-INSAH-CNCR-ISRA-ANCAR, Initiative transfert de technologies. ISRA, BAME, Dakar.

Ndoye-Niane A.F., Bâ C.O., 2004. Caractérisation socio-économiques des exploitations horticoles de la zone des Niayes, Sénégal : projet collaboratif ISRA-BAME-PPMEH, suivi et analyse des exploitations horticoles pour une pérennisation du système de crédit du PPMEH. ISRA, BAME, Dakar.

Pélissier P., 1966. Les paysans du Sénégal : les civilisations agraires du Cayor à la Casamance. Fabrègue, Saint-Yrieix.

Piraux M., Buldgen A., Drugmant F., Fall M., Compère R., 1996. Adaptation des stratégies paysannes aux risques climatiques et à la pression démographique en région sahélo-soudanienne sénégalaise. Agricultures, 5 : 99-108.

Sall S., 1987. Une typologie des exploitations agricoles en Basse-Casamance, Sénégal. ISRA, DRSAEA, Dakar, 19 p.

Sidibé M., Kébé M., 1998. Synthèse des études d'évaluation de l'impact économique de la recherche et du transfert des technologies au Sénégal. ISRA, Dakar, 18 p.

Sonko L., 1986. Les modes d'appropriation, de gestion et de conduite des animaux au sein d'un village Diola (Boulandor) : contribution à l'étude du fonctionnement des systèmes agraires de Basse-Casamance (Sénégal). Cahiers de la recherche-développement, 9-10 : 107-112.

Tourte R., 1965. Suggestions pour une politique d'application de la recherche agronomique dans les pays en voie de développement. L'Agronomie tropicale, 11 : 1163-1176.

Filières, politiques et acteurs

Cheikh Oumar BA, Jean-François BELIERES, Michel BENOIT-CATTIN,
Matar GAYE, Adama TOURE

Les connaissances acquises sur les systèmes productifs à partir de travaux monographiques ou d'opérations de recherche-développement, comme celle sur les unités expérimentales, ont largement contribué aux réflexions sur les politiques agricoles (Diagana, 1988). La création du BAME (Bureau d'analyses macro-économiques) a confirmé les ambitions de la recherche agronomique de contribuer directement aux analyses ex-post et ex-ante sur les politiques agricoles. Ces travaux ont commencé avec la nouvelle politique agricole, le désengagement de l'Etat et l'ajustement structurel, qui posaient nombre de questions nouvelles. Le modèle de développement administré promu à l'indépendance a été remis en cause par les politiques dites d'ajustement structurel, lequel a conduit à la dévaluation du franc CFA. C'est un nouvel équilibre entre l'Etat, les marchés et les organisations civiles qu'il faut trouver.

Face aux insuffisances des politiques agricoles mises en place au cours des vingt premières années de l'indépendance et à l'aggravation tendancielle de la situation du secteur rural, le gouvernement s'est engagé en 1984 dans la définition et la mise en œuvre d'une nouvelle politique, la DPDA (Déclaration de politique de développement agricole), capable de lever les obstacles au développement agricole et agroalimentaire sénégalais. La DPDA traite de toutes les filières de l'agriculture et de l'élevage en vue de définir des programmes prioritaires, cohérents et diversifiés. Elle vise, dans le cadre du PASA (Programme d'ajustement du secteur agricole), du désengagement de l'Etat et de la dévaluation du franc CFA, à contribuer à la sécurité alimentaire des populations en préservant les ressources naturelles et à lutter contre l'érosion du tissu social (génération d'emplois, accroissement des revenus des ruraux, investissement privé) en reconquérant le marché national et en relançant les exportations. Une première vague de travaux a été conduite avec l'appui de la Michigan State University. Un séminaire sur la politique agricole au Sénégal a été organisé à Dakar en juillet 1988. Les actes publiés donnent un bon aperçu d'ensemble des travaux entrepris et de leurs premiers résultats (Bingen, 1988). L'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles) à son tour a été touché par les restrictions budgétaires liées à l'ajustement structurel et les moyens humains et financiers du BAME ont été réduits. L'effort de recherche sur les politiques agricoles s'est fortement ralenti (Ouédraogo et Ndoye, 1986). L'analyse des effets de l'ajustement structurel et de la dévaluation du franc CFA dans le bassin arachidier a

été poursuivie par un chercheur de l'ISRA qui a pu valoriser ses travaux par une thèse (Gaye, 1998). Dans la vallée du fleuve Sénégal, deux économistes de la SAED (Société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé) ont mis en place un système innovant de suivi-évaluation et en ont valorisé les résultats par une thèse soutenue fin 1999, qui analyse l'impact de l'ajustement structurel sur l'agriculture irriguée du delta du Sénégal (Bélières et Touré, 2001). Les paragraphes qui suivent proviennent pour l'essentiel de ces trois sources car elles sont les plus riches, les plus facilement accessibles et leurs enseignements sont encore pertinents. D'autres travaux sur l'économie du maraîchage et l'économie de la pêche ont été réalisés et sont présentés dans les chapitres correspondant à ces filières.

Pour rendre compte de la diversité des thèmes abordés, on commencera par présenter les principaux enseignements concernant plus spécifiquement les filières de l'arachide et du riz. Ensuite, on reviendra sur certains points importants dans le domaine des politiques agricoles en examinant successivement la sécurité alimentaire, les engrais, le crédit et les organisations de producteurs. Un paragraphe particulier sera consacré à la dévaluation du franc CFA de 1994 et à ses effets. Un dernier paragraphe fera un point particulier sur les outils et méthodes mis en œuvre.

La filière de l'arachide

Le Sénégal est un pays dont le nom est historiquement associé à l'arachide, qui est l'un des piliers de l'économie nationale. Sa culture a commencé à se développer au milieu du XIX^{e} siècle sous la colonisation française. Au cours des années 1960, elle générait environ 80 % des recettes d'exportation du pays et cette part est tombée à la fin des années 1990 aux alentours de 15 %. Malgré un recul notoire, le Sénégal conserve son rang de premier exportateur en Afrique. La zone de production, appelée bassin arachidier, couvre le tiers du territoire national et abrite 65 % de la population rurale. La taille moyenne des exploitations est d'environ 8 ha, répartis pour l'essentiel entre l'arachide et le mil, qui sont les deux principales cultures du pays. Tandis que l'arachide est par excellence une spéculation commerciale, le mil est surtout destiné à l'autoconsommation.

L'intervention de la puissance publique dans l'économie arachidière a été volontairement dirigiste. Elle s'est inscrite dans la logique d'une option doctrinale de développement par l'agriculture. Même si les instruments techniques ont évolué dans le temps, les principes fondamentaux sont restés constants au cours des deux décennies qui ont suivi l'indépendance. Les premiers signes du malaise paysan sont apparus au cours des années 1970. La filière arachidière, qui souffre de plusieurs maux dont la péjoration climatique et un environnement international moins favorable, s'enlise. Son principal pilier institutionnel, le crédit coopératif, s'effondre en 1980.

L'environnement institutionnel

L'environnement institutionnel de la filière arachidière s'est métamorphosé depuis l'annonce de la nouvelle politique agricole en 1984. Les réformes, qui touchent en particulier le système de distribution des intrants et de collecte des récoltes, se focalisent sur la limitation des interférences de l'Etat dans les mécanismes du

marché. Le désengagement de la puissance publique est présenté comme étant un « sevrage » des masses paysannes « biberonnées » depuis l'indépendance et qui ont maintenant atteint l'âge de la maturité.

L'objectif global de la recherche était d'évaluer les mesures d'ajustement sectoriel par rapport aux logiques qui les sous-tendent, à leurs hypothèses implicites et à leurs effets sur la structure, le comportement et les performances de la filière arachidière. Les principales mesures retenues sont le retrait de la puissance publique en matière d'approvisionnement du monde rural, la réforme du cadre organisationnel, la responsabilisation des producteurs et la libéralisation des marchés. Par ailleurs, la nouvelle optique procéréalière de l'Etat est une volonté affirmée avec force depuis 1985 et il convient aussi de l'apprécier. Enfin, la dévaluation du franc CFA constitue peut-être la plus radicale des mesures d'ajustement dont il fallait examiner les premières incidences sur la dynamique de l'économie rurale.

La problématique des semences

Les semences d'arachide polarisent l'attention des producteurs tout comme des huiliers. La présence de l'Etat est encore forte dans ce secteur stratégique. Il y a, d'une part, la volonté de promouvoir les opérateurs privés qui bénéficient d'un appui institutionnel spécial, d'autre part, un souci de préserver la survie de la filière arachidière pendant la phase transitoire. Depuis l'avènement de la nouvelle politique agricole, chaque campagne agricole semble spécifique à certains égards en ce qui concerne la politique semencière. Il y a tout de même une tendance qui se dégage de façon plus ou moins claire, à savoir l'assouplissement du principe de retrait des pouvoirs publics. C'est ainsi que la SONACOS (Société de commercialisation des oléagineux du Sénégal) s'implique progressivement dans la production et la distribution à crédit. Pour les opérateurs privés, cette nouvelle situation est perçue comme étant en contradiction avec leur insertion dans la filière.

La maîtrise du capital semencier devient plus aléatoire alors qu'elle est vitale pour d'autres objectifs maintenus par les pouvoirs publics. Pour l'Etat, il s'agit toujours de hisser et de stabiliser les superficies arachidières à 1 million d'hectares avec des objectifs en matière de carte variétale et de production. Lorsque les achats au comptant s'imposent, la grande majorité des producteurs préfère se rabattre sur le marché informel, où le prix des semences est plus bas et probablement leur qualité aussi. Les efforts en matière de recherche variétale ne se justifient que si l'on se donne les moyens de diffuser les cultivars mis au point dans les zones pour lesquelles ils sont conçus.

L'implication des opérateurs privés reste encore hésitante du fait des difficultés de l'écoulement. En règle générale, l'achat au comptant est la dernière option chez les paysans et, lorsqu'elle s'impose, la plupart s'approvisionnent sur le marché informel. Le critère du prix est plus décisif que celui de la qualité des produits. Les opérateurs privés arrivent à proposer des prix au comptant moins élevés que ceux de la SONACOS comme l'avaient prévu les initiateurs de la réforme. Toutefois, cela ne découle pas d'une différence de coûts de revient. Tout se passe comme si l'amélioration des facilités de crédit au niveau de la SONACOS imposait aux opérateurs privés une réduction progressive de leurs marges pour pouvoir écouler leurs stocks. Le crédit n'est envisagé que de façon exceptionnelle car la solvabilité

du paysan est toujours aléatoire. Par ailleurs, l'arachide est une marchandise qui trouve toujours preneur sur le marché. On est tenté d'en déduire que l'écoulement des semences ne peut pas être une contrainte : s'il constitue un problème, c'est parce que sur le marché informel, qui offre un débouché alternatif, la spécification « semences » n'existe pas. Le recours à ce circuit implique un déclassement de la semence au rang d'arachide ordinaire alors que son coût de revient est plus élevé.

Même si la vente au comptant occupe une bonne place chez les opérateurs privés, on peut se demander quelle est la part des achats réalisés par les paysans pour les besoins de production. L'efficience des interventions par rapport aux objectifs concernant le capital semencier ne peut être appréciée sans savoir quelle proportion du volume écoulé sert effectivement de semences.

Par rapport au commerce informel de l'arachide, le secteur formel des semences implique une rotation beaucoup plus lente du capital investi. Les opérateurs qui s'y intéressent devraient donc bénéficier de conditions plus favorables d'accès au crédit, ne serait-ce que pour compenser le coût d'opportunité non négligeable lié à la longue durée d'immobilisation des fonds.

Le fait que le circuit structuré ne vende que des semences en coque peut avoir une certaine incidence sur sa compétitivité mais cela reste une hypothèse à vérifier. En effet, on peut se demander si la composition des achats constatée chez les producteurs traduit une préférence effective pour les graines décortiquées ou si elle est simplement dictée par la structure de l'offre sur le marché informel au moment des transactions. Celles-ci se font généralement assez tard et on constate que plus on s'éloigne de la période des récoltes, plus l'arachide en coque devient rare. La question mérite d'être posée dans la mesure où certains experts recommandent à la SONACOS de mettre sur le marché des semences prêtes à l'usage pour mieux répondre à la demande.

La filière du riz irrigué

Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, les pouvoirs publics, d'abord coloniaux puis sénégalais, ont fait de l'aménagement de la rive gauche du fleuve Sénégal, et tout particulièrement du delta, une de leurs priorités d'investissement dans le secteur agricole, avec comme objectif principal de satisfaire les besoins nationaux en riz — besoins croissants et dépendants du marché mondial — en introduisant et en développant la riziculture irriguée intensive.

Le déficit céréalier continu du Sénégal est issu du système de traite mis en place par la puissance coloniale. Celle-ci avait organisé la spécialisation économique des pays colonisés en fonction de ce qu'elle considérait comme leurs avantages comparatifs : la production et l'exportation de produits agricoles à bon marché et en retour la constitution de débouchés pour les produits manufacturés de consommation courante. Ainsi, le Sénégal s'est spécialisé dans la production et l'exportation de l'arachide au détriment de la production de produits vivriers, et en particulier des céréales traditionnelles. Le déficit céréalier était comblé par l'importation du sud-est asiatique de brisures de riz, sous-produit de la transformation du paddy en riz de qualité destiné au marché de la métropole.

Les actions publiques de développement rural, portées par une politique rizicole volontariste, se sont succédé pour valoriser cette région disposant d'un réel potentiel productif lié principalement à une ressource en eau importante. Elles se sont traduites par une artificialisation croissante du milieu avec la construction d'infrastructures hydrauliques, la réalisation de grands périmètres hydroagricoles et la vulgarisation de techniques de production « modernes » issues de la recherche agronomique tropicale et des acquis de l'agriculture européenne. Le modèle de développement agricole mis en œuvre avec l'appui des bailleurs de fonds comportait tous les ingrédients pour aboutir à une révolution verte de type asiatique. Ce modèle peut être qualifié d'administré et de moderne en faisant référence, d'une part, à l'intégration verticale complète de la filière rizicole par l'Etat et, d'autre part, à la modernité des techniques et du matériel végétal vulgarisés et de l'utilisation de capitaux

Mais les résultats obtenus sont restés largement inférieurs aux prévisions aussi bien en termes de superficies aménagées et de rentabilité économique des investissements réalisés que de contribution à la satisfaction des besoins nationaux en riz.

Dès le début des années 1980, le modèle n'est plus jugé viable alors même que la riziculture commerciale « moderne » devenait la composante principale des systèmes de production de la zone. Malgré la mise en service des barrages et une concentration des investissements agricoles nationaux dans cette région, le delta et la vallée ne sont pas devenus « la Californie du Sénégal », ce qui a fait écrire à P. Engelhard que « la mise en valeur de la vallée du fleuve Sénégal relève de la mythologie (le vieux rêve édénique) et de l'idéologie autosuffisante (sortir de la dépendance et échapper au chantage alimentaire des riches, c'est produire ce qu'on consomme) » (Engelhard, 1991).

Les politiques d'ajustement structurel et de libéralisation définies dans le cadre de la nouvelle politique agricole en 1984 vont se traduire par un désengagement très progressif de l'Etat de la filière rizicole jusqu'à la dévaluation du franc CFA, en 1994. Leur mise en œuvre va modifier le modèle de développement sans pour autant que ce dernier soit véritablement remis en cause. Par la suite, le désengagement va être brutal et entraîner de profonds bouleversements dans la filière et dans la structure de l'économie régionale. Pour apprécier les effets des mesures de politique agricole prises et en raison même de son désengagement, qui lui a fait perdre ses principales sources d'informations, la SAED, l'organisme public en charge du développement rural dans la zone, a dû mettre en place un nouveau dispositif de suivi qui a abouti à la mise au point d'un tableau de représentation de l'économie agricole régionale, la matrice de comptabilité rurale (MCR).

En ce qui concerne les producteurs du delta, les résultats du suivi-évaluation ont montré l'amélioration et l'assainissement de leurs revenus. Les revenus tirés de la production ont doublé entre 1990 et 1997, passant de 1,6 à 3,2 milliards de FCFA, soit de 66 % à 79 % des revenus agricoles totaux.

De même, les autres revenus agricoles, c'est-à-dire ceux des activités en amont et en aval de la production, ont atteint 750 millions de FCFA en 1997 contre seulement 330 en 1990, alors que les impayés ont fortement régressé de 20 % à 3 % des revenus agricoles totaux sur la même période. Ces performances sont le résultat d'une adaptation des agriculteurs et de leurs organisations au nouveau contexte façonné par l'ajustement structurel. Ils ont été aidés en cela par les

mesures d'accompagnement du service public, même s'il faut reconnaître l'insuffisance de celles-ci et leur mise en œuvre tardive.

La prise en charge des fonctions laissées vacantes après le désengagement de l'Etat semble s'être bien passée, qu'il s'agisse des fonctions directement attenantes à la production agricole, comme le crédit ou les approvisionnements en intrants, ou des activités en aval et en amont de celle-ci (Diagana, 1988). Sous ce rapport il n'est pas exagéré de conclure à la réussite de la politique agricole dans son aspect institutionnel. Les déviances observées au début de la mise en œuvre des mesures peuvent être imputées aux opportunités offertes aux acteurs sans garde-fou : l'accès au capital et à la terre était trop facile.

La question des investissements dans le delta et la vallée est une question d'intérêt national, donc sensible. Les infrastructures générales collectives (barrages, endiguements des rives du fleuve, grands aménagements publics) ont déjà été réalisées et ne peuvent être redéployées dans d'autres activités que celles pour lesquelles elles étaient destinées à l'origine, en particulier l'agriculture irriguée et la production d'électricité.

Toutefois, il est encore possible de réorienter plus efficacement les infrastructures à venir et de mieux raisonner leur exploitation. Plusieurs facteurs peuvent expliquer le faible impact de tels équipements sur la production. Les effets différés des investissements lourds peuvent être avancés, mais ils ne résistent pas longtemps à l'analyse. Le comportement des producteurs, qui n'auraient pas mis en valeur les aménagements réalisés alors que de gros entretiens sur les vecteurs hydrauliques ont été effectués, peut être invoqué. Enfin, l'inefficacité de ces entretiens est aussi évoquée.

Ces deux dernières raisons ne militent guère en faveur de la poursuite des financements. En réalité, c'est le problème de l'articulation entre investissement et mise en valeur des terres qui est ainsi posé. Les programmes d'investissement doivent être assujettis à l'exploitation. En effet, conditionner l'intervention du service public (création d'aménagement ou investissement d'amélioration de la disponibilité de l'eau) à la mise en valeur effective est le seul gage de l'efficacité des infrastructures. Il ne doit pas être possible, par exemple, d'exécuter des travaux sur un axe hydraulique si les garanties d'une mise en eau annuelle d'une certaine superficie ne sont pas données, comme il n'est pas réaliste d'augmenter les superficies aménagées dans une zone quand le taux de mise en valeur est faible. Toute action de ce genre doit au préalable avoir une réponse à la question : est-ce bon pour la mise en valeur ?

De cette question découle une deuxième recommandation. Les effets d'entraînement de l'agriculture irriguée sur l'économie locale et, en particulier, sur les revenus des producteurs sont importants. Dès lors, la priorité doit être accordée à l'exploitation des terres aménagées, non seulement des périmètres publics collectifs techniquement plus fiables, mais aussi des périmètres privés. La majeure partie de ces périmètres privés est actuellement abandonnée, mais c'est le seul type de terre permettant un accroissement sensible des superficies des ménages agricoles. Leur remise en état, pour certains qui satisfont des critères d'exploitabilité avérée, doit se faire avec l'appui du service public en évitant deux problèmes qui ont été à la base des mauvaises performances du début des années 1990 : l'affectation de superficies au-delà des capacités financières, techniques et de main-d'œuvre des exploitations et l'implantation inconsidérée et

anarchique de ces périmètres. Ces dérapages peuvent être évités si des plans d'occupation et d'affectation des sols (POAS) sont définis et respectés et si la charte du domaine irrigué est adoptée et mise en application (D'Aquino *et al.,* 1999). La SAED s'y attelle, en collaboration avec les communautés rurales et les organisations paysannes, avec l'appui de certains partenaires nationaux, comme l'ISRA et l'université de Saint-Louis, et internationaux, comme le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) et la Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne.

Les autres sources d'amélioration de la production agricole concernent l'accompagnement des producteurs dans leur intégration à l'économie de marché et le renforcement des capacités de leurs organisations. Des actions sont entreprises avec l'appui des services publics, comme l'opération riz de qualité, qui vise l'amélioration de la qualité finale du paddy et du riz en faisant évoluer les pratiques paysannes et en introduisant des innovations techniques. Jusqu'à la libéralisation effective (après la dévaluation) la qualité n'avait jamais été prise en considération. En prise directe avec le marché, les producteurs ont été contraints de s'adapter. Les actions menées dans le domaine agronomique (qualité des semences et variétés à haut potentiel, fertilisation, suivi des irrigations et des périodes adéquates de drainage) ont commencé à porter leurs fruits. Mais l'intervention qui aurait l'impact le plus marquant porterait certainement sur des actions commerciales d'envergure. Le désengagement de l'Etat ne signifie pas un retrait du service public de l'organisation des marchés quand ils ne fonctionnent pas correctement. Or le problème principal auquel les agriculteurs sont confrontés est la recherche de débouchés pour les productions existantes et de nouvelles opportunités leur permettant de diversifier les spéculations. Le service public peut prendre en charge à moindre coût le rapprochement de l'offre et de la demande en menant les études de marchés nécessaires et en organisant les relations contractuelles entre les producteurs et les acheteurs potentiels.

La sécurité alimentaire

Les questions d'autosuffisance puis de sécurité alimentaire sont permanentes, que ce soit à l'échelle des exploitations, des régions ou de l'ensemble du pays. Les observations, les analyses, les modèles réalisés à ces différentes échelles convergent vers une impossibilité technique et économique de l'autosuffisance et une tendance à la dégradation de la sécurité (Dieng, 1998 ; Fall et Diagana, 1992 ; Gaye, 1994 ; Goetz, 1988 ; Martin, 1986).

Les politiques sont conçues dans une optique de production alors que les producteurs ruraux se comportent avant tout comme des consommateurs. Les observations qui illustrent cette discordance sont nombreuses. La première concerne l'utilisation déviée des crédits du programme agricole pour satisfaire des besoins non liés à la production. En réalité, le crédit à la production ne l'est que dans la mesure où les besoins essentiels de consommation sont couverts.

Le fait que bon nombre de producteurs ne perçoivent pas leur sécurité alimentaire comme synonyme d'autosuffisance prouve que leur rapport avec le marché n'est pas réductible à la fonction d'offre mais englobe aussi celle de demande. La plupart des analystes considèrent que le riz est le principal concurrent des

céréales traditionnelles pour lesquelles la production de surplus commercialisables a toujours été découragée par une politique pro-urbaine des brisures bon marché. A ce sujet, on observe que pour les paysans, la cherté du riz figure au premier rang des effets néfastes de la dévaluation. Les premières stratégies qui en découlent s'orientent non pas vers l'accroissement de la production mais plutôt vers la diminution des ventes. Selon la plupart des chefs de famille, si un prix élevé les incite à accorder plus d'attention aux céréales, c'est moins pour chercher à vendre que pour éviter d'être en position d'acheteurs.

Les engrais et les intrants

Le problème technique des engrais est discuté par ailleurs. Les travaux des économistes ont porté sur la demande d'engrais telle que l'expriment les producteurs (Kelly, 1991). D'autre part, ils se sont intéressés aux conditions de leur distribution après l'arrêt du programme agricole et du crédit (Gaye, 1989 ; Gaye, 1991a, 1991b).

Pour l'arachide, l'engrais constitue le domaine où le retrait de l'Etat laisse encore le plus grand vide. L'implication des distributeurs privés reste marginale pour des raisons liées à la demande effective assez faible et à son caractère saisonnier très marqué. Les bouleversements consécutifs à la dévaluation du franc CFA ont eu des conséquences négatives surtout avec la modification des anciennes formules en vue de juguler la hausse des prix. Seuls les producteurs contractuels de la NOVASEN (Nouvelle valorisation de l'arachide du Sénégal) ont été approvisionnés de manière relativement satisfaisante. L'encadrement rapproché et le contrôle presque total de la commercialisation grâce à des prix plus élevés que ceux des autres catégories d'arachide constituaient le principal gage de recouvrement des dettes et donc de viabilité du système, qui semble actuellement s'essouffler avec l'accumulation progressive des impayés.

Même si le besoin existe réellement chez les producteurs, ceux-ci donnent la priorité aux semences. Contrairement à ces dernières, que les paysans produisent eux-mêmes, l'autoapprovisionnement n'est pas une option pour l'engrais minéral.

En l'absence de crédit, seul l'achat au comptant ou la renonciation s'offre comme alternative. Dans la pratique, une majorité de producteurs opte pour la seconde solution, qui pose un problème que les autorités ont voulu résoudre en misant sur l'accessibilité géographique et l'incitation par le prix de l'arachide au producteur, sans beaucoup de succès. Les résultats d'estimation de la demande effective montrent que le desserrement de la contrainte semencière et la baisse du prix de cession constituent le meilleur moyen de promouvoir l'acquisition de l'engrais par les producteurs d'arachide.

De façon plus générale, les nouvelles politiques en matière d'intrants se sont focalisées sur l'offre alors que les principales contraintes se situent au niveau de la demande. Ainsi, les stratégies consistant à rendre l'engrais disponible auprès des producteurs et à la bonne période n'ont pas donné les résultats escomptés. Comparant l'engrais aux semences, la logique paysanne est qu'on ne pense pas au sel avant d'avoir assuré la substance du repas. Ce raisonnement traduit une hiérarchie des priorités, mais aussi une préférence séculaire pour les méthodes culturales extensives. Avec le système de crédit instauré sous la nouvelle politique

agricole, l'autofinancement requis est beaucoup plus élevé pour les semences afin de promouvoir une substitution au profit de l'engrais, qui bénéficie d'un traitement de faveur. Cette politique demeure sans effet face aux rigidités des préférences. L'analyse économique montre par ailleurs que la semence est le seul facteur dont la productivité marginale en valeur est supérieure au coût marginal (Kelly *et al.,* 1996). Le comportement des producteurs reste donc conforme au principe de rationalité dans l'allocation de leurs ressources.

Le crédit

Plusieurs travaux ont décrit l'organisation et le fonctionnement des diverses formes de crédit institutionnel mis à la disposition des paysans. Des éléments d'une analyse de l'efficacité technique et organisationnelle des principaux programmes mis en place ont été fournis. Certaines formes de crédit informel ont été également analysées (Gaye, 1991a, 1991b). Ce travail a permis de formuler des recommandations pour la mise en place d'une véritable politique de crédit rural.

La responsabilisation des coopérateurs est un concept fondamental dans l'esprit de la réorganisation des producteurs ruraux. Son contenu initial consistait à donner les pleins pouvoirs aux cellules de base dans la gestion du crédit. Avec le principe des apports personnels individualisés, la responsabilisation s'est vidée de son sens pour les responsables. Ils ne veulent plus des restes de leurs responsabilités, qui se réduisent à un simple rôle de gendarmes.

Le même principe de l'apport individualisé implique par ailleurs que la porte d'accès au crédit se ferme pour les plus démunis : le crédit coopératif tend à écarter ceux qui en ont le plus besoin. La question de fond est celle de savoir si le mal est nécessaire sur le plan social pour que le système soit économiquement viable.

Dans ce contexte de restriction sévère des facilités de crédit officiel, le secteur informel offre aux paysans des alternatives très limitées face à l'ampleur et à la diversité de leurs besoins. Le système de sécurisation des prêts repose sur la confiance et non sur des garanties matérielles, dont les potentialités sont très réduites. Ainsi, les rapports sociaux sont plus déterminants que les simples relations d'affaires entre producteurs ruraux et commerçants privés. Les principaux créanciers étant eux-mêmes des paysans, la demande et l'offre potentielles varient en sens inverse. Si l'on admet par exemple qu'une mauvaise récolte tend à gonfler les besoins, elle implique parallèlement une réduction des capacités de financement chez les créanciers locaux dont les revenus dépendent aussi de l'agriculture. Les solidarités communautaires traditionnelles jouent principalement dans le domaine des besoins vitaux ou sociaux et ne peuvent donc pas se substituer aux institutions de crédit visant les activités productives.

Le crédit pour les intrants s'avère indispensable alors que les opérateurs privés n'ont pas intérêt à s'y impliquer. Pour minimiser l'incidence d'une mauvaise récolte éventuelle sur le remboursement des dettes, la stratégie des opérateurs privés consiste à différer les opérations de crédit jusqu'à ce que l'hivernage devienne prometteur. Ces opérations ne peuvent dans ce cas porter que sur des besoins de consommation comme les vivres de soudure, ce qui laisse aux intrants la portion congrue.

Les organisations de producteurs

L'analyse de la diversité des pratiques (comportements techniques, économiques et sociaux des producteurs) et des situations agricoles ainsi que du fonctionnement global des exploitations a permis d'identifier les formes d'organisation paysanne capables de prendre le relais des organismes étatiques d'intervention (Bâ *et al.,* 2002).

Il a été montré que toute politique agricole doit intégrer les stratégies développées par les paysans. Devant les mutations profondes entraînées par la baisse de la pluviométrie depuis deux décennies et par les politiques d'ajustement structurel, de nouvelles stratégies sont nées : diversification des cultures, activités extra-agricoles, intégration de l'élevage dans l'agriculture...

Dans le bassin arachidier les nouvelles structures coopératives sont conçues pour être de véritables entreprises dynamiques et autonomes. Cela exige des ressources matérielles et financières qui font défaut. Les bases de viabilité et d'autonomie restent non pas à consolider mais à créer. La vocation multisectorielle qui était assignée aux sections villageoises ne s'est pas matérialisée. Seuls les cultivateurs se sentent concernés et les pouvoirs publics ont fini par accepter cette situation de fait. Comme sous l'ancien système, les femmes et les jeunes restent marginalisés.

Toute action corrective doit commencer par clarifier le statut de membre, qui ne répond pas à des critères précis. Sur le plan théorique, l'atout des sections villageoises est qu'elles sont plus petites et constituent des cadres propices à la dynamique de groupe et à l'expression des solidarités communautaires. Le principe de libre association est déterminant à cet égard mais, dans la pratique, il n'a pas été respecté.

La réforme du système coopératif n'a pas donné des structures solidaires à la fois multisectorielles, multifonctionnelles, financièrement autonomes et englobant toutes les couches de la population rurale. Les sections villageoises ne regroupent pour l'essentiel que les hommes chefs de famille producteurs d'arachide. Leur activité se limite à la centralisation des demandes de crédit. La taille plus réduite de ces cellules de base n'a pas favorisé l'expression de solidarité entre les membres. Même dans les groupements mis sur pied par les paysans eux-mêmes, l'entraide reste limitée et en aucun cas, elle ne se manifeste à travers le système de crédit externe. Le principe de la caution solidaire sur lequel reposait toute la conception du crédit agricole est perçu par bon nombre de coopérateurs comme une injustice, qui pénalise les plus intègres, et ils n'ont manqué aucune occasion pour le dénoncer. Un tel raisonnement prévaut même dans les groupements volontaristes fondés sur le choix mutuel des associés. Le constat amer des autorités est que s'il y a solidarité au sein des nouvelles organisations coopératives, c'est surtout autour du non-remboursement des crédits de masse.

L'émergence constatée de groupements de producteurs ruraux s'explique par la conjugaison de plusieurs facteurs. La définition d'un cadre organisationnel plus libéral, les opportunités espérées avec l'arrivée des organisations non gouvernementales sur le terrain et l'implantation de projets ciblant des groupes volontaristes ont joué un rôle décisif. La dynamique associative s'est développée en dehors du cadre qui était le sien au départ, celui du système coopératif officiel

restructuré. A la différence des sections villageoises, les groupements d'intérêt économique ont des profils très variés et leurs membres proviennent de toutes les couches de la population. En règle générale, les activités productives menées collectivement ou à titre individuel par le biais du groupement entrent dans un cadre de diversification.

Même si leur vocation naturelle est d'abord économique, les préoccupations d'ordre social y occupent une bonne place. Les performances d'ensemble sur ces deux plans sont relativement meilleures que celles des sections villageoises. Toutefois, le manque de moyens humains, matériels et financiers est un facteur asphyxiant pour les deux catégories d'organisation.

Les organisations paysannes sont traitées comme des structures communautaires de solidarités actives alors que les comportements et motivations de leurs membres sont individualistes. Pour les techniciens de la coopération, le nouveau cadre associatif mis en place répond à des instincts grégaires alors que, pour les populations concernées, il s'agit simplement de se conformer à une exigence collective comme condition d'accès au crédit individuel. La réforme du système coopératif est intervenue dans un contexte de restriction sévère à ce niveau. Ainsi, pendant que les autorités estiment avoir mis sur pied les meilleures structures qui aient jamais existé, « du temps où existaient les coopératives » est une expression devenue familière en milieu rural.

Dans le delta du fleuve Sénégal les organisations paysannes ont été au cœur des évolutions économiques et sociales avec des mesures de politiques qui visaient la responsabilisation des producteurs.

Les producteurs « traditionnels ou néoruraux » se sont rapidement adaptés au nouvel environnement socio-économique généré par le désengagement de l'Etat pour exploiter les opportunités qui se présentaient. Ils ont su faire évoluer rapidement les formes de leurs organisations, en adoptant et en multipliant le nombre de groupements ou en se regroupant au sein de fédérations pour avoir accès au crédit et à la terre. Les organisations investissent dans des aménagements privés, dans du matériel agricole (tracteurs de grande puissance et *cover crops*, moissonneuses-batteuses) et dans des équipements pour la transformation du riz (minirizerie).

Grâce au statut de groupement d'intérêt économique (GIE), de nombreux petits groupes s'émancipent des organisations villageoises et s'engagent dans des projets productifs à base d'agriculture irriguée. Le désengagement de l'Etat s'est donc effectivement accompagné d'une responsabilisation croissante des producteurs de base. Parallèlement à cette atomisation des organisations, les bases d'une structuration du monde rural semblaient se dessiner, dès 1990, avec l'implantation ou le développement de quatre grandes fédérations (ASESCAW, UGEN, UGIED et AFEGIED).

Par ailleurs, la SAED a organisé les usagers des grands aménagements en unions hydrauliques (dont certaines regroupent plus d'un millier de chefs de famille) à qui elle transfère la gestion technique, financière et sociale.

Mais la plupart des acteurs qui ont accédé aux postes de responsabilité de ces grandes organisations n'étaient pas préparés à assumer leurs responsabilités en respectant le nouveau jeu économique et les règles pour un bon fonctionnement des organisations. Nombre de producteurs et de responsables d'organisations

paysannes n'avaient pas pleine conscience des engagements qu'ils prenaient, vis-à-vis du crédit notamment, ou n'ont pas assumé dans la transparence leurs responsabilités, privilégiant leurs intérêts personnels au détriment des intérêts du groupe ou engageant inconsidérément la responsabilité des membres de l'organisation. La crise de la riziculture irriguée (crise amorcée par le resserrement du crédit puis amplifiée par la dévaluation et la libéralisation du secteur aval de la production rizicole) est en grande partie celle des organisations. De nombreuses organisations fortement endettées seront laissées à l'abandon. La CNCAS (Caisse nationale de crédit agricole du Sénégal) organisera des saisies pour tenter de recouvrer une partie des impayés et contraindra (en bloquant les crédits) les organisations endettées jugées « récupérables » à se réorganiser (en écartant des postes de responsabilités les anciens dirigeants incapables ou malhonnêtes) et à adopter un rééchelonnement des dettes. Les fédérations seront fortement touchées par cette crise et deux d'entre elles n'y survivront pas. Un nombre relativement restreint d'organisations sortira au contraire renforcé de la crise avec de meilleures capacités de gestion du crédit, du matériel et des aménagements.

Pour faire face aux défaillances des marchés, les agriculteurs, à travers ces organisations, ont procédé de manière progressive à l'internalisation de certaines fonctions sensibles comme la production de semences ou la transformation du paddy, engrangeant ainsi des parts de marges et réduisant les comportements opportunistes de leurs clients et fournisseurs. Ces organisations ont su recentrer leurs fonctions et se structurer pour répondre aux enjeux du marché alors qu'elles étaient fortement orientées vers la recherche de rentes de position et de représentativité au tout début du désengagement.

Certains problèmes relatifs à l'organisation de la production irriguée méritent toutefois d'être soulevés. Les performances enregistrées pour la riziculture notamment peuvent être compromises dans le court et moyen terme par les contraintes d'organisation collective de la production, d'une part, par les déviances qui couvent au sein des organisations paysannes, d'autre part. En effet, le retour aux itinéraires manuels, s'il permet la minimisation des coûts, allonge la durée d'occupation des sols et conforte l'abandon de la double riziculture. De plus, bien que l'adoption d'un nouveau matériel végétal progresse, des formules adéquates de planification des opérations de semis et de récolte à l'échelle des aménagements publics ne sont pas encore trouvées alors que la question est explicitement posée depuis des années, et discutée largement par Le Gal (1995). Les organisations en charge de ces questions ne semblent pas aujourd'hui s'activer pour résoudre le problème de la double culture. Leurs enjeux et contraintes résident plutôt dans l'affinement des règles de représentation, la maîtrise des techniques de gestion et une meilleure compréhension des mécanismes du marché pour mieux répondre aux incitations de leur environnement économique. Les études récentes effectuées sur ces organisations (Dieng *et al.,* 1999) montrent en effet des insuffisances sérieuses dans la conduite des affaires, allant à l'encontre des règles adéquates permettant de façonner les institutions pour une autogestion des périmètres irrigués, pour reprendre les termes d'Elinor Ostrom (Ostrom, 1996). La circulation interne de l'information technique et comptable y est obstruée, les responsables élus, quand ils sont qualifiés, centralisent l'essentiel des fonctions et de l'information (Bâ, 1997). Aucune procédure ne permet la reconstitution adéquate des opérations financières à défaut d'une vraie documentation de gestion. Par ailleurs, peu d'organisations mettent en pratique des règles démocratiques pour le renouvellement des dirigeants.

Enfin, du fait des résultats enregistrés ces dernières années et des opportunités de négociation avec les plus hautes sphères de l'administration et des bailleurs, les organisations paysannes ont tendance à surdéterminer leur position dans l'échiquier sociopolitique local et national (voire même international), quand elles ne privilégient pas simplement ces actions plus valorisantes au détriment de la gestion au quotidien de la production et des préoccupations de leur mandants (Dieng *et al.,* 1999).

En ce qui concerne la gestion des organisations paysannes, la mise en place d'un Centre de normalisation et de certification de leur comptabilité devrait compléter le dispositif institutionnel ayant en charge leur accompagnement. La SAED devrait aussi aider à la démocratisation des organisations avec lesquelles elle entretient des rapports contractuels formels (les unions hydrauliques qui gèrent les aménagements publics transférés) ou non (la Fédération des périmètres autogérés, les comités interprofessionnels) sur lesquelles son influence est réelle. Cette démocratisation est le gage d'une utilisation judicieuse des subventions qu'elle serait amenée à verser pour leur permettre une réelle institutionnalisation. La SAED doit approfondir le dialogue avec les organisations paysannes, mais aussi avec tous les partenaires intéressés par le développement de l'irrigation dans le delta et la vallée.

La dévaluation du franc CFA

La dévaluation de janvier 1994 a été un grand choc politique et économique. Dans les mois qui ont suivi, de nombreuses études rapides ont été réalisées. Au fil des ans les effets se sont amenuisés et l'intérêt des analystes s'est évanoui. Pour l'agriculture des analyses ont porté sur les filières de l'arachide, du coton, de la viande et du riz.

En théorie une dévaluation change les prix relatifs intérieurs des produits et donc les incitations aux producteurs et consommateurs. Le prix intérieur nominal de l'arachide augmentant, les producteurs devaient être incités à en produire davantage. Le prix du riz importé augmentant également, les consommateurs devraient être incités à en consommer moins et à se reporter sur les céréales locales dont le prix devrait également augmenter d'où une incitation à en produire davantage. Par contre, l'augmentation du prix des intrants importés incite à en réduire l'utilisation d'où une limitation dans les gains de productivité. Pour que ces mécanismes à priori favorables à l'agriculture fonctionnent il faut d'une part que les signaux de prix soient effectivement transmis et que les producteurs aient les capacités d'augmenter l'offre globale à la fois en arachide et en céréales.

Dans le bassin arachidier on a déjà mentionné les perturbations dans le domaine des semences et des engrais, qui limitent la progression de la production. Les paysans ont globalement essayé de produire le maximum d'arachide compte tenu des difficultés d'accès aux semences et aux engrais et ont réduit en proportion les superficies consacrées aux céréales pluviales : les brisures de riz sont de plus en plus systématiquement consommées par les producteurs d'arachide. Pour ce qui est du riz importé, l'ajustement structurel était accompagné de mesures de déprotection tant sur les quantités que sur les prix, qui ont annulé les effets de la dévaluation.

Pour la filière du riz, la dévaluation du franc CFA et la libéralisation des marchés d'aval ont contraint les acteurs à une utilisation des ressources beaucoup plus en adéquation avec leur rareté. L'efficacité de cette allocation peut s'apprécier dans les performances du système productif et des stratégies des acteurs à la base. Aussi, on

note dans les exploitations agricoles une forte substitution de la main-d'œuvre au capital et à la terre, avec comme résultat une meilleure productivité, réagissant favorablement à la modification du système de prix. Dès lors, la baisse des superficies cultivées ne peut plus s'interpréter comme la conséquence d'une contre-performance (elle ne l'est qu'en partie) mais participe de la stratégie d'amélioration de la productivité des agriculteurs. Du reste, elle ne s'est pas opérée de manière homogène et non différenciée : elle concerne les parcelles les moins performantes, en général sur les périmètres privés sommaires et les grandes exploitations qui disposent dans ce type d'aménagement de vastes surfaces. Les petites exploitations sont les grands bénéficiaires de cette situation. Disposant d'un foncier limité et d'une main-d'œuvre plus abondante, elles obtiennent les meilleures performances, notamment de revenu à l'hectare, qu'elles peuvent consolider grâce au travail extérieur. Cependant, le revenu total de l'exploitation reste encore faible et toute réforme foncière ou nouveau projet doit en tenir compte.

Les outils et les méthodes

Toute une gamme d'outils et de méthodes a été mobilisée pour conduire les analyses ouvrant des perspectives nouvelles pour la recherche comme pour un développement plus participatif.

Des modèles « de ferme » en programmation linéaire ont été écrits dès 1974 (Fall, 1976). Le passage obligé par des centres de calcul via des cartes perforées était lent et coûteux et a limité le recours à cette technique d'analyse et de simulation technico-économique, très efficace jusqu'à la diffusion de la micro-informatique.

Des budgets de culture ont été établis pour l'ensemble des régions du Sénégal dans les années 1980, comme préalable à un important exercice de modélisation sectorielle (Martin, 1991). Dans sa thèse, M. Gaye a établi une matrice d'analyse des politiques. Le recours à une matrice d'analyse des politiques permet d'affiner l'analyse des soutiens à l'agriculture. Dans le contexte de la matrice d'analyse des politiques, les notions de taxation de protection et de subvention intègrent aussi l'effet des dysfonctionnements qui ont d'autres origines que les politiques directement mises en œuvre. Ainsi protection et subvention sont proches dans leur essence mais ne doivent pas être confondues. La première ne concerne que les biens échangeables et se fonde sur une comparaison entre la situation réelle et celle qui aurait prévalu si tout était régi par les seules forces du marché libre. La seconde indique un effet net qui prend aussi en compte les facteurs non échangeables sur le marché extérieur. Il n'est donc pas impossible qu'une protection nominale ou effective (coefficient supérieur à 1) puisse coexister avec une taxation nette (taux de subvention négative) comme on peut le constater pour les résultats concernant le producteur.

Un constat qui semble paradoxal est que pour les produits comme pour les facteurs, l'effet consolidé des distorsions s'est largement amplifié entre 1993 et 1995 alors que dans l'esprit des nouvelles politiques il s'agit de les réduire. Le système s'est donc timidement ajusté au nouveau contexte radicalement modifié par la dévaluation. Un souci de prudence pour maîtriser les inévitables tensions inflationnistes pourrait en être la justification.

Entre 1993 et 1995, les changements observés peuvent être pour l'essentiel imputés à la dévaluation monétaire de 1994. On constate en particulier une forte accentuation de la taxe implicite sur les producteurs qui ne sont plus protégés. Globalement, la filière a cessé d'être un passif pour l'économie nationale et c'est la SONACOS qui fait figure de principal gagnant dans le nouveau contexte. Quant à la SONAGRAINES, dont la mission semble particulière, son déficit s'est résorbé sur le plan des comptes privés mais il demeure si l'on raisonne par rapport à la collectivité.

Bélières et Touré ont repensé le système de suivi-évaluation de la SAED à partir d'une adaptation de la matrice de comptabilité sociale qu'ils désignent comme matrice de comptabilité rurale. Ensuite ils ont établi une chronique de matrice de comptabilité rurale pour six années avant, pendant et après le désengagement de l'Etat et la dévaluation. Cela leur a fourni une base rigoureuse pour leurs analyses malgré des données disponibles incomplètes.

Pour eux, la matrice de comptabilité rurale pourrait être, avec les plans d'occupation et d'aménagement des sols, un instrument de négociation et de dialogue objectif et démocratique. Elle permet d'apprécier la position et le rôle des activités et des institutions dans l'économie régionale. Du reste, l'outil devrait connaître une triple appropriation, technique, sociale et politique. L'appropriation technique incombe à la SAED, qui doit en faire un instrument renouvelé et périodiquement mis à jour, mais aussi donner aux résultats qu'il fournit la validation nécessaire à leur crédibilité. L'appropriation sociale serait effective si ces résultats devenaient les références des organisations paysannes. L'appropriation politique est certainement la plus importante : on peut imaginer assez aisément l'incidence qu'une adoption de la matrice de comptabilité rurale par le Conseil régional aurait sur son crédit et la motivation supplémentaire qu'elle fournirait à la SAED pour redoubler d'effort dans l'amélioration du système de suivi-évaluation. Enfin, de par la mise en évidence des informations manquantes, la matrice de comptabilité rurale constitue un véritable instrument de programmation de la recherche.

Dans la région du fleuve des modèles multiagents ont été utilisés de façon participative (jeux de rôles) par les chercheurs, d'une part, pour améliorer les modalités de gestion des périmètres, d'autre part, pour contribuer à une meilleure gestion collective des terres (Barreteau et Bousquet, 2001 ; D'Aquino, 2001). Une voie originale de recherche-action participative pour la gestion des communs était ainsi ouverte.

Les perspectives

Toute une série de travaux a été conduite pour évaluer ex-ante et ex-post les politiques agricoles du Sénégal. Leur pertinence implique un effort soutenu de capitalisation des informations et des résultats en connexion avec les services concernés des ministères (statistiques, programmation, négociations) de l'agriculture mais aussi du commerce, de l'industrie, etc.

L'expérience démontre que la réalisation de thèses est le meilleur garant de la profondeur et de la qualité des analyses, qui contrastent avec les expertises rapides habituelles. A l'occasion de ces thèses, il importe de capitaliser tant dans le domaine des données et des méthodes que dans celui de la compréhension des

processus. Pour cela il faut un noyau de compétences stable, même s'il se renouvelle, et indépendant.

L'indépendance par rapport au secteur politique est nécessaire à la qualité et à l'objectivité des analyses, elle est assurée par une insertion institutionnelle au sein d'un organisme de recherche, comme c'est le cas pour le BAME au sein de l'ISRA, ou au sein de l'université.

Références bibliographiques

Bâ C.O., 1997. Migrations et organisations paysannes en Basse-Casamance : l'exemple du village de Suel, département de Bignona. Mémoire, CRA, Djibélor, 80 p.

Bâ C.O., Faye J., Ndao B., Seck M., 1999. Pour une agriculture familiale productive et durable dans une économie libéralisée : l'exploitation familiale, du terroir à l'environnement international, éléments de stratégie. *In :* Séminaire national des organisations paysannes du Sénégal, Mbour, 13-14 novembre 1999.

Bâ C.O., Ndiaye O., Sonko M.L., 2002. Situation et évolution du mouvement paysan sénégalais : 1960 à 2000. *In :* La société sénégalaise entre le local et le global, Diop M.C. (éd.). Karthala, Paris, p. 359-393.

Barreteau O., Bousquet F., 2001. Des systèmes irrigués virtuels aux systèmes irrigués réels : retour par les jeux de rôles. p. 163-174.

Bélières J.F., Touré H.A., 2001. Impact de l'ajustement structurel sur l'agriculture irriguée du delta du Sénégal. CIRAD, Montpellier, cédérom.

Bingen R.J., Crawford E., 1988. La politique agricole au Sénégal. ISRA, Dakar, 453 p.

D'Aquino P., 2001. Jeux de rôle et simulations multiagents. p. 373-390.

D'Aquino P., Seck S.M., Bélières J.F., Sarr M., 1999. Irrigation et développement régional : dix ans d'actions sur le fleuve Sénégal pour une planification régionale et décentralisée. Cahiers de la recherche-développement, 45 : 77-84.

Diagana B.N., 1988. La nouvelle politique agricole du Sénégal et la responsabilisation des organisations de producteurs : problèmes et options soulevées par une enquête au sud-est du Sénégal. ISRA, Dakar.

Dieng A., 1998. L'offre et la demande céréalière au Sénégal 1960-1995 : implications pour l'autosuffisance alimentaire. ISRA, NRBAR, Dakar, 27 p.

Dieng M., Camara S., Coulibaly D., Sanchez N., 1999. Diagnostic institutionnel participatif de la fédération des périmètres autogérés de Dagana. FPA, CIRAD, Saint-Louis.

Engelhard P., 1991. La vallée revisitée, ou les enjeux de l'après-barrage, cinq ans plus tard. *In :* La vallée du fleuve Sénégal : évaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements (1980-1990), Crouse B. *et al.* (éd.). Karthala, Paris, p. 46-79.

Fall A.A., Diagana B.N., 1992. Les activités non agricoles et la capacité de financement de la consommation alimentaire par les ménages ruraux du Sénégal. ISRA, IFPRI.

Fall M., 1976. Méthodes d'étude et de gestions technico-économiques des exploitations agricoles : budgets automatisés, programmation linéaire, applications aux exploitations agricoles sénégalaises (Sine-Saloum). ISRA, CNRA, Bambey, 54 p.

Gaye M., 1989. Le désengagement de l'Etat et la problématique des intrants agricoles au Sénégal. Revue sénégalaise des recherches agricoles et halieutiques, 2.

Gaye M., 1991a. Besoins en crédit et endettement informel chez les paysans : situation dans le bassin arachidier. ISRA, Dakar, 10 p.

Gaye M., 1991b. Les commerçants privés et l'approvisionnement du monde rural : cas des facteurs de productions agricole au Sénégal. ISRA, Dakar, 7 p.

Gaye M., 1994. Les cultures céréalières dans le bassin arachidier : motivations et contraintes chez les producteurs. ISRA, Dakar, 26 p.

Gaye M., 1998. Les politiques d'ajustement dans le secteur agricole sénégalais : analyse critique des implications sur la filière arachidière. Katholieke Universiteit Leuven.

Goetz S, 1988. Les stratégies de sécurité alimentaire au niveau des exploitations au sud-est du Sénégal : implications pour la politique agricole. ISRA, Dakar, p. 119-126.

Kelly V.A., 1991. Demande d'engrais de la part des exploitants dans le contexte de la nouvelle politique agricole au Sénégal : une étude des facteurs influençant les décisions d'achat d'engrais prises par les exploitants. ISRA, Dakar.

Kelly V.A., Diagana B., Reardon T., Gaye M., Crawford E., 1996. Cash crop and food grain productivity in Senegal: historical view, new survey evidence and policy implications. MSU International Development Paper n. 20.

Le Gal P.Y., 1995. Gestion collective des systèmes de culture en situation d'incertitude : cas de l'organisation du travail en double culture dans le delta du fleuve Sénégal. Thèse de doctorat, INA-PG, Paris, 233 p.

Martin F., 1986. Analyse de la situation alimentaire au Sénégal : évolution de 1974 à 1985 et perspectives. ISRA, BAME, Dakar, 96 p.

Martin F., 1991. Budgets de culture au Sénégal. ISRA, Dakar, 55 p.

Ostrom E., 1996. Pour des systèmes irrigués autogérés et durables : façonner les institutions. Inter-Réseau, Paris, 35 p.

Ouédraogo I., Ndoye O., 1986. La nouvelle politique agricole vue par les producteurs et les commerçants du bassin arachidier en 1985-1986. ISRA, Dakar, 19 p.

Troisième partie
La production et la transformation des produits

L'arachide

Amadou BA, Robert SCHILLING, Ousmane NDOYE, Mamadou NDIAYE, Amadou KANE

L'arachide, *Arachis hypogaea* L., est une plante oléagineuse originaire d'Amérique du Sud, introduite en Afrique de l'Ouest au XVI^{e} siècle. L'extension de sa culture au Sénégal s'explique par la volonté de développer sa production à des fins de transformation industrielle (Gillier et Silvestre, 1969).

Toutes les parties de la plante font l'objet des utilisations les plus diverses. Les graines, riches en protéines (48 à 50 %) et en huile (47 à 49 %), sont transformées par des procédés industriels ou artisanaux pour produire une huile, réputée pour sa stabilité à la chaleur grâce à sa bonne teneur en acide oléique, et un tourteau très apprécié en alimentation animale. Cette forme de valorisation a élevé l'arachide au rang de première culture industrielle du Sénégal.

Les graines fraîches sont utilisées grillées, bouillies et salées ou transformées en pâte d'arachide, qui entre dans la préparation de sauces. Sous ce rapport, l'arachide est une culture vivrière de première importance au Sénégal. Les coques vides servent à l'amendement des sols et à l'alimentation des animaux (support cellulosique). Les fanes constituent un excellent fourrage pour le bétail.

L'arachide de bouche, distincte de celle d'huilerie tant par sa destination que par les normes particulières qui régissent sa commercialisation, constitue une véritable culture de diversification car elle procure aux paysans des revenus substantiels. C'est l'une des premières productions à être confrontée au problème de l'application de normes sanitaires, liées à la présence d'aflatoxines.

L'intérêt économique et social de la culture de l'arachide justifie la priorité accordée à cette filière, non seulement en matière de production, mais aussi en matière de recherche agricole. En effet, les toutes premières recherches organisées en station, au Sénégal, portaient sur l'arachide. Elles ont d'ailleurs été à l'origine de la création de la station expérimentale de Bambey, en 1921. Ces recherches intéressaient également d'autres pays de l'Afrique de l'Ouest.

Ce chapitre situe l'importance économique et sociale de cette spéculation dans le dispositif de la production agricole nationale et restitue les principaux résultats des recherches sur la création variétale, les systèmes de culture et la fertilisation, la protection de la culture, les questions liées à la sûreté alimentaire et à la mise en marché des produits, l'arachide de bouche et la technologie postrécolte.

Le contexte

L'arachide dans l'économie sénégalaise

Au lendemain de l'indépendance, en 1960, la culture de l'arachide occupait une place de choix au sein des productions agricoles du Sénégal. Avec une production de 900 000 à 1 000 000 t, elle assurait jusqu'à 80 % des exportations et constituait la principale source de revenus en milieu rural (Freud *et al.,* 1997).

Durant la première décennie de l'indépendance, la politique agricole mise en œuvre a permis de réaliser un taux de croissance annuel des superficies cultivées en arachide de 4,8 %, soit le double du taux de croît démographique, de tripler la consommation d'engrais et d'enregistrer un taux de croissance annuel de la production de 5 %.

Mais il faut reconnaître que l'agriculture sénégalaise et la filière de l'arachide, en particulier, ont évolué au rythme des soubresauts des politiques agricoles et au gré des changements climatiques et des fluctuations des cours mondiaux et du marché intérieur. Ces circonstances ont eu de nombreuses conséquences : le prix en dollar constant de l'huile d'arachide a chuté de 1,4 % par an de 1950 à 1984 (Duruflé, 1994) ; les producteurs d'arachide ont perdu 40 % de leur pouvoir d'achat entre 1960 et 1996 (Freud *et al.,* 1997) ; la consommation d'engrais est passée de 105 000 t en 1974-1975 à 30 000 t en 1992-1993 (Touré, 2002).

Le programme agricole

Le programme agricole, dont l'arachide constituait le point d'ancrage, reposait sur des appuis et subventions de l'Etat et sur un système de crédit à l'équipement et aux intrants. Il a été un puissant outil de soutien à l'agriculture et a eu des effets non négligeables sur les autres productions agricoles, notamment céréalières.

Cependant, la signature des accords de Yaoundé puis de Lomé, à partir de 1965, qui consacraient la perte par le Sénégal du soutien au prix de l'arachide accordé par la France (+ 25 % par rapport au cours mondial), d'une part, les sécheresses des années 1970 et l'endettement massif du monde paysan qui en a résulté, d'autre part, ont fortement ébranlé la filière de l'arachide. La part en valeur de l'arachide dans les exportations est ainsi passée de 75 % en 1968 à 33 % en 1974. Si la période 1974-1977 annonçait une bonne reprise de la production, avec une hausse de 80 % du prix de l'arachide, les sécheresses en 1977-1978 et 1980-1981 plongeaient à nouveau le monde rural dans une profonde détresse et aboutissaient à des mesures draconiennes telles que la dissolution de la SONAGRAINES, une filiale de la SONACOS (Société nationale de commercialisation des oléagineux du Sénégal), et l'arrêt du programme agricole.

Le désengagement de l'Etat et la réorganisation de la filière

Les résultats contrastés des politiques agricoles volontaristes conduites jusque-là, combinés aux aléas climatiques et conjoncturels, ont conduit l'Etat à changer radicalement de cap en matière de politique agricole à partir des années 1980. C'est ainsi qu'a été adoptée, en 1984, la nouvelle politique agricole, qui consacrait,

entre autres, le désengagement de l'Etat du secteur de la production, une plus grande responsabilisation des producteurs et l'arrêt des subventions accordées à l'achat d'engrais. Cette politique a été relayée, entre 1985 et 1994, par un train de réformes structurelles et macroéconomiques, dont les résultats se sont révélés mitigés. L'une des conséquences de cette politique a été, en 1990, la réduction de deux tiers de la quantité globale d'engrais appliquée.

L'ÉVOLUTION DES THÈMES DE RECHERCHE

Les recherches sur l'arachide ont d'abord porté sur l'amélioration du matériel végétal, couplée progressivement à la mise au point d'itinéraires techniques incluant la fertilisation, les techniques de travail du sol et la mécanisation des opérations culturales.

Le thème de la sécheresse a pris de l'importance à partir des années 1970, avec l'accent mis sur le raccourcissement du cycle des variétés et l'adaptation physiologique à la sécheresse (Gautreau, 1982). Grâce à une démarche transdisci-plinaire et intégrée, des modèles de culture portant sur la prévision des rendements, comme le modèle Ara.B.Hy, ont été élaborés (Annerose et Diagne, 1994).

Les études sur la technologie postrécolte, la défense de la culture et la prévention de la contamination de l'arachide par l'aflatoxine ont été lancées à partir de 1978. Les recherches sur l'arachide irriguée ont connu un regain d'intérêt à partir des années 1990.

LA QUESTION SEMENCIÈRE

La prise en compte du rôle stratégique de la semence a été à la base de la création, dans les années 1970, d'un service semencier national. Ce service avait pour mission, à partir des semences de prébase fournies par la recherche, d'assurer, en collaboration avec les autres acteurs, la reconstitution annuelle d'un tiers du capital semencier, estimé à 120 000 t, et sa sécurisation. Malgré l'option de libéralisation de ce secteur, l'Etat est souvent intervenu de manière intempestive pour céder des semences aux producteurs à des conditions avantageuses, notamment à la suite de catastrophes naturelles.

LES PARTENARIATS SCIENTIFIQUES ET LES ACTEURS DE LA FILIÈRE

Les recherches sur l'arachide au Sénégal ont débuté en 1921 avec les instituts de recherche français : IRHO (Institut de recherches pour les huiles et oléagineux) et IRAT (Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières). En 1974, l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles) a pris progressivement le relais, dans le cadre d'un partenariat fort avec ces instituts. Au fil du temps, cette coopération s'est élargie aux universités américaines, dans le cadre du programme CRSP-Arachide (Collaborative Research Support Program), à l'ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) et, enfin, aux institutions membres du CORAF (Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le développement agricoles).

Le Réseau arachide est l'un des outils de coopération créé par le CORAF pour fédérer les recherches menées sur l'arachide par les quatorze instituts d'Afrique de l'Ouest et du Centre membres de l'organisation, en collaboration avec le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) et les instituts régionaux et internationaux. Sa coordination est assurée depuis 1988 par l'ISRA avec l'appui d'un correspondant domicilié au CIRAD. Plusieurs projets de recherche élaborés par ce réseau ou bénéficiant de son label ont obtenu des financements consistants. Ils couvrent des thématiques aussi diverses que l'amélioration génétique de l'adaptation à la sécheresse, la lutte contre les maladies foliaires, la mise au point de techniques de culture pour l'arachide irriguée, la lutte contre l'aflatoxine. Le Réseau arachide a organisé sept ateliers régionaux sur des thématiques jugées prioritaires par ses membres. Il a édité huit bulletins d'information, *Arachide infos,* diffusés à 800 exemplaires, sur les questions clés de la filière.

En outre, la filière rassemble de nombreux acteurs : l'Etat, qui définit les grandes orientations de recherche, assure la tutelle des organismes de contrôle des semences et des prix et veille au renouvellement du capital semencier national ; les petits et gros producteurs ; les organismes privés stockeurs ; les huiliers (SONACOS, NOVASEN) ; les transporteurs ; les opérateurs privés semenciers ; l'UNCAS (Union nationale des coopératives agricoles du Sénégal) ; l'UNIS (Union nationale interprofessionnelle des producteurs de semences), qui a pris le relais du programme autonome semencier ; le CNIA (Comité national interprofessionnel de l'arachide), qui regroupe l'ensemble des acteurs de la filière et joue un rôle central dans sa gestion.

Les principaux résultats

La recherche variétale

Les travaux de sélection ont débuté en 1924 (Mauboussin, 1970). Ils ont consisté à sélectionner dans le matériel local, puis à introduire des variétés étrangères et, enfin, à pratiquer des hybridations.

Les travaux ont d'abord porté sur l'isolement de lignées au sein des populations, sur la base de la productivité du pied (nombre de gousses), puis du poids des gousses et du poids moyen d'une gousse, avant de se fixer sur le comportement moyen des lignées. Ces travaux ont permis de constituer une collection riche et diversifiée, qui a servi de base aux hybridations ultérieures.

A partir de 1960, les objectifs de sélection se sont modifiés du fait de l'évolution des techniques culturales, notamment la mécanisation, de la pression parasitaire, des exigences du marché et de la diversité des conditions climatiques. En effet, dans le bassin arachidier, on distingue le nord, caractérisé par des saisons de pluies courtes et irrégulières, le centre-nord et le centre, qui couvrent une zone de transition avec des pluies irrégulières, le centre-sud, qui reçoit des pluies régulières, et la région naturelle de Casamance et le sud-est du Sénégal, où les pluies sont le plus souvent excédentaires (Anonyme, 1976).

Ainsi, d'importantes évolutions ont été enregistrées. Les variétés à port rampant ont été remplacées par des variétés à port érigé pour faciliter la mécanisation de la culture et réduire les pertes. Les variétés de 120 jours ont été remplacées par des variétés dont les cycles vont, du nord au sud, de 80 jours à 120 jours. La carte

variétale a été simplifiée par la diffusion de variétés plus plastiques, présentant des domaines de diffusion plus vastes et valorisables aussi bien en huilerie qu'en confiserie et en bouche.

En définitive, ces efforts de sélection ont permis progressivement « le passage des variétés rampantes de 120 jours, productives et à petites gousses, à une gamme de variétés érigées de 90 à 120 jours, productives, mieux adaptées à la sécheresse, résistantes ou tolérantes à certaines maladies et présentant de meilleures qualités technologiques » (Mortreuil et Khalfaoui, 1986). Par ailleurs, les variétés de 90 jours disponibles à ce jour n'étant pas dormantes, ce qui est préjudiciable à la quantité et à la qualité de la récolte, un nouveau programme d'hybridation visant à introduire la dormance a été entrepris (Ndoye, 2001a).

La sélection pour le cycle

L'aggravation de la sécheresse à partir des années 1970 a rendu nécessaire la recherche de variétés de cycle inférieur à 90 jours, qui s'est concrétisée par la diffusion dans la zone nord du bassin arachidier de la variété 55-437 (90 jours).

Afin de raccourcir le cycle des deux variétés vulgarisées les plus précoces 73-30 (dormante, 95 jours) et 55-437 (non dormante), un programme de sélection par rétrocroisements a été mené sur chacune d'elles. Il visait à leur transférer les allèles de précocité d'un géniteur de précocité, la variété Chico, d'origine américaine, dont les performances agronomiques sont médiocres malgré l'avantage d'un cycle très court de 75 jours (Mortreuil et Khalfaoui, 1986). Ce programme a permis de sélectionner des variétés de 80 jours (Clavel, 1999). L'une d'entre elles, GC8-35, est actuellement cultivée dans le nord du bassin arachidier et, sous irrigation, dans la vallée du fleuve Sénégal.

Les autres variétés, 55-21, 55-33, 55-112, 55-118, 73-43 et 78-936 sont encore en essai multilocal pour déterminer avec exactitude leurs domaines de recommandation. La variété 78-936 peut être utilisée comme arachide de primeur. Elle possède des gousses un peu plus grosses que celles des autres variétés et un cycle de 75 jours dans le nord du bassin arachidier.

La sélection pour la productivité

L'accroissement de la productivité est, certes, le résultat de l'expression des potentialités génétiques intrinsèques du matériel végétal et d'une bonne adaptation aux conditions de culture, mais il implique également en matière de sélection de prendre en compte la résistance aux maladies et aux déprédateurs ainsi que les caractéristiques technologiques (rendement au décorticage et poids de 100 graines saines). Il suppose, enfin, l'application correcte de bonnes pratiques culturales et de récolte dans des sols présentant un bon niveau de fertilité.

La sélection de variétés d'arachide de bouche

Les recherches sur l'arachide de bouche ont débuté très tôt avec la CGOT (Compagnie générale des oléagineux tropicaux) en Casamance. Elles ont été poursuivies par l'IRHO dans la région de Kaolack, où le climat et les sols sont différents.

Les sélections effectuées par l'IRHO, de 1952 à 1959, dans des populations locales ont conduit à deux lignées de type Guerté Niaye : 430Abis et 756A. Malheureusement, leurs caractères technologiques — gousse ovoïde et graine à méplat marqué — étaient peu prisés sur les marchés européen et nord-américain, qui réclamaient plutôt des graines allongées (Mauboussin, 1969). A partir de 1958, l'IRHO a importé un certain nombre de variétés américaines, dont GH119-20 et NC2. En 1960, l'IRAT a introduit des variétés de type Virginia-Jumbo. Ces variétés sont d'un type recherché sur le marché international, mais elles présentent les inconvénients d'un cycle très court dans les conditions de Séfa (sud-est du Sénégal) et d'une grande sensibilité à la cercosporiose et à la pourriture des gousses. Pour pallier ces inconvénients, l'ISRA a entrepris un programme d'hybridation avec GH119-20, qui a débouché sur la création de deux nouveaux cultivars, 73-27 et 73-28, dont la multiplication a débuté dans les années 1980 (Dimanche *et al.,* 1997a). Ces deux variétés, initialement destinées à la région de Tambacounda, peuvent être cultivées dans tout le sud du bassin arachidier, dans les régions de Fatick et de Kaolack (Ndoye, 2001b).

De plus, une nouvelle lignée d'arachide de bouche, H75-0, a été mise au point. Elle est en voie d'homologation. Elle dispose d'un bon potentiel de production et de bonnes qualités technologiques, notamment un poids de 100 graines supérieur à celui de GH119-20 (Ndoye *et al.,* 1996). Elle a, en outre, l'avantage d'être sélectionnée dans les conditions pluviales actuelles du Sénégal, ce qui n'est pas le cas de GH119-20 d'origine américaine. Plusieurs variétés d'arachide sont actuellement diffusées au Sénégal (tableau I).

Tableau I. Variétés d'arachide de bouche diffusées au Sénégal.

Variété	Année de diffusion	Port	Cycle (jours)
28-206	1936	Erigé	120
47-16	1958	Rampant	120
69-101	1972	Erigé	120
55-437	1967	Erigé	90
57-313	1970	Erigé	125
57-422	1970	Erigé	110
73-33	1978	Erigé	105
73-30	1978	Erigé	95
Hâtive de Séfa	1966 ?	Erigé	90
Fleur-11	1994	Erigé	90
GC8-35	1996	Erigé	80
756A	1957	Semi-érigé	120
430Abis	1957	Semi-érigé	120
GH119-20	1960	Semi-érigé	120
73-27	1980	Semi-érigé	115
73-28	1980	Semi-érigé	115

Les systèmes de culture

L'assolement

L'arachide occupe une place variable dans l'assolement. Dans les zones où prédominent les sols très sableux et érosifs, une rotation de type jachère-arachide-mil-arachide est préconisée. Dans les zones plus favorables, la rotation continue arachide-céréale peut être envisagée en veillant à maintenir un bon niveau de matière organique dans le sol pour assurer la reproductibilité de ce système (Schilling, 1993).

Les successions culturales couramment appliquées sont les suivantes (Pocthier, 1975) : mil-arachide sur sol dior dans le bassin arachidier ; mil-arachide-sorgho-arachide sur sol dek dans la zone de Ndiemane ; arachide-mil et sorgho-arachide dans le Sine-Saloum ; maïs-arachide-riz pluvial-arachide en Moyenne-Casamance.

La fertilisation minérale

Jusqu'en 1957, les essais de fertilisation visaient à mettre au point une fumure de campagne légère et rentable l'année même de son application (Poulain, 1970). Dans les années 1960, des essais multilocaux ont permis d'établir une carte de fumure (Gillier et Prévot, 1960). Ainsi, quatre formulations ont été préconisées en 1963 : NSPK à raison de 150 kg/ha de 6-20-10 (la moitié sous forme de phosphate bicalcique et l'autre sous forme de phospal) pour les régions de Fatick et de Kaolack ; NSPK à raison de 120 kg/ha de 6-20-10 (la totalité du phosphate sous forme bicalcique) pour la région de Diourbel ; NSK à raison de 100 kg/ha de 10-0-30 pour la région de Thiès aux sols riches en phosphore ; NSPK à raison de 120 kg/ha de 12-10-10 et 3 kg de nutramine pour la zone de Louga, où un complément de molybdène est apporté à la dose de 28 g/ha, incorporé à la formule du traitement fongicide des semences (Carrière de Belgarric, 1963). En 1972, la formule 8-18-27 à la dose de 150 kg/ha a été proposée pour l'arachide, le cotonnier et le niébé.

A partir de 1974, il est recommandé, pour les thèmes légers, un apport de 150 kg/ha de 10-13-8 dans le nord, de 6-20-10 dans le centre-nord, de 6-10-20 à Thiénaba et de 8-18-27 dans le centre-sud, le sud et l'est, et pour les thèmes lourds, de 150 kg/ha de 8-18-27 pour toutes les régions (Ganry et Siband, 1974). En culture irriguée, la formule 10-10-20 à la dose de 200 kg/ha dans les 15 jours qui suivent le semis est vulgarisée.

Les amendements

L'amendement phosphaté

Le Sénégal dispose d'importants gisements de phosphates tricalciques naturels : les phosphates de Taïba, qui peuvent être appliqués en phosphatage de fond à raison de 400 kg/ha, et le phosphate de Matam, qui aurait la même efficacité que le supertriple (Cissé, 1986). Dans le centre-nord, à Bambey, 100 kg/ha de phosphate de Matam, soit 30 kg/ha de P_2O_5, procurent un rendement moyen de 1,4 t/ha de gousses chez la variété 73-30 contre 2,1 t/ha de gousses sur la variété 73-33, dans le centre-sud. Dans le sud, à Séfa, 200 kg/ha de phosphate de Matam procurent plus de 2 t/ha de gousses avec la variété 69-101. La dose de 200 kg/ha de phosphate de Matam est retenue comme une dose économiquement rentable.

L'amendement calcique

L'apport de 400 kg/ha de chaux éteinte induit une augmentation de 20 % en gousses et de 8 à 31 % en fanes selon la localité (Pocthier, 1975). L'épandage de phosphogypse ou de plâtre à raison de 400 kg/ha sur les champs semenciers d'arachide de bouche se traduit par une augmentation de 5 à 15 % du taux d'embryons sains (Dimanche *et al.,* 1998).

L'amendement organique

La fumure organique de l'arachide favorise le développement végétatif au détriment des gousses. Toutefois, l'enfouissement de faibles doses de matière organique, de 1,5 à 3 t/ha, permet de réaliser une économie d'engrais minéral et induit une amélioration foncière, dont le bénéfice se fait sentir jusqu'à 3 ans après l'épandage (IRHO, 1992). De plus, la présence de fumier réduit significativement les pertes par lixiviation en azote, potassium et calcium (Cissé, 1986). En règle générale, il est recommandé d'apporter la fumure organique sur la céréale et d'épandre la fumure minérale sur l'arachide cultivée en rotation.

L'utilisation de résidus de poisson fumé comme amendement organique à la dose de 2 t/ha procure des augmentations de rendement de 0,25 à 0,7 t/ha de gousses par rapport au témoin et constitue, à cet égard, une alternative intéressante (Ndiaye *et al.,* 2000).

La fixation symbiotique d'azote

Les premières tentatives d'inoculation sur arachide ont été réalisées dans les années 1950 mais elles n'ont donné que de faibles augmentations de rendements (+ 13 %) à Louga (Jaubert, 1951). Blondel (1970) expliqua le nanisme jaune observé sur l'arachide par un effet défavorable de la baisse du pH du sol (pH < 5) sur la nodulation et sur le blocage du molybdène. On peut y remédier en relevant le pH par chaulage et par inoculation bactérienne ou par un apport de 24 kg/ha de molybdate d'ammonium couplé à un traitement fongicide des semences. Ce traitement procure des accroissements des rendements en gousses de 0,2 et 0,3 t/ha. Une arachide peut satisfaire de 43 à 70 % de ses besoins azotés par la fixation symbiotique d'azote (Ganry et Ndiaye, 1977).

Les techniques culturales

Le travail du sol et le semis

Le labour avec enfouissement a été tenté sur l'arachide en culture pluviale, mais les plus-values observées au Sine-Saloum ont été relativement faibles, de l'ordre de 12 % (Piéri, 1989). En règle générale, la culture pluviale de l'arachide se fait à plat. Le travail du sol avant le semis et à l'occasion de l'épandage de l'engrais et des désherbages se limite à des façons culturales légères.

La date de semis doit être le plus précoce possible. Un retard de 3 semaines par rapport à la première pluie utile entraîne une chute de 25 % du rendement chez les variétés hâtives de 85 à 90 jours et de 50 % chez les tardives de 115 à 125 jours (IRHO, 1989). Le semis est effectué en ligne à 3 cm de profondeur.

En fonction du port et de la longueur du cycle de la variété, les densités de populations optimales recommandées varient entre 120 000 et 160 000 plants/ha

(IRHO et IRAT, 1963). Pour des variétés de type Spanish, un minimum de 166 000 pieds/ha est nécessaire pour obtenir de forts rendements (Bockelée-Morvan, 1965).

Le désherbage

Les adventices des champs d'arachide ne sont pas spécifiques à la culture mais sont plutôt fonction des sols et des climats. Deux herbicides, la trifluraline (Treflan) et le mélange amétryne-prométryne (Gesaten) ont prouvé leur efficacité sur l'arachide (Pocthier, 1975). Cependant, la pratique la plus courante consiste à effectuer un sarclo-buttage, ou *radou baligne,* qui permet de protéger la matière organique du ruissellement en l'enfouissant dans la microbutte (Sène, 1995).

La protection de la culture

L'arachide subit tout au long de son cycle végétatif les attaques de nombreux déprédateurs dont les dégâts varient en fonction de l'état de la plante et de son stade de développement (Bâ *et al.,* 1986).

La fonte des semis

La fonte des semis est due à trois champignons : *Macrophomina phaseoli, Aspergillus niger* et *Sclerotium rolfsii.*

Macrophomina phaseoli agit sur la graine en germination, la tige, les racines et les gousses en formation et cause, le plus souvent, la mort de la plante. Les dégâts qu'il occasionne sont connus sous le terme générique de pourriture noire. Les manifestations les plus symptomatiques de l'attaque de ce pathogène sont la forte réduction de la taille des plantes et l'apparition de taches nécrotiques sur la tige, à proximité du sol. La lutte contre ce parasite consiste à traiter les semences au thirame, au captane ou au PCNB (pentachloronitrobenzène).

Aspergillus niger intervient habituellement dès les premiers stades de la croissance et entraîne le dépérissement de la plante. Après la germination, ce champignon occasionne, entre le cotylédon et l'axe hypocotylé, des lésions couvertes d'une masse noire, constituée du mycélium et des spores du parasite. Ce parasite cause des pertes de rendement variant entre 30 et 50 %. Le traitement des semences par poudrage avec des mélanges fongicide-insecticide (2 g de matière active par kg de semences) réduit sensiblement les pertes.

Les dégâts dus à *Sclerotium rolfsii* se manifestent par le jaunissement et le dessèchement des branches ou de la plante entière, mais aussi par le brunissement puis la chute des feuilles et l'apparition d'un mycélium blanc autour des organes attaqués. Les gousses attaquées pourrissent. Le poudrage des semences par les mélanges fongicide-insecticide cités plus haut limite les dégâts.

Les maladies foliaires

Les maladies foliaires les plus fréquentes au Sénégal sont la cercosporiose précoce, due à *Cercospora arachidicola,* et la cercosporiose tardive, due à *Cercosporidium (Phaesiaropsis) personatum*. Elles provoquent la chute des feuilles et des baisses de rendement de 15 à 20 %. La cercosporiose précoce apparaît généralement entre 45 et 60 jours après semis et la tardive, vers la fin du cycle végétatif. Ces deux maladies se distinguent par l'étendue et la couleur de leurs taches sur les folioles. Les rotations culturales constituent un bon moyen de

lutte. Le traitement des cultures avec des fongicides (chlorothalonil à 1 250 g/ha de matière active ou bénomyl à 200 g/ha de matière active) permet de juguler la maladie, mais ne se justifie pas toujours économiquement.

Des attaques sporadiques de rouille ont été notées sur l'arachide dans l'est du Sénégal et la zone irriguée, dans la région du fleuve. Elles sont dues à *Puccinia arachidis*. Les spores (urédospores) du parasite, qui se trouvent sur la face inférieure des feuilles sous forme de pustules, peuvent être transportées par le vent sur des centaines de kilomètres. La possibilité d'avoir 2 à 3 cycles de culture d'arachide en zone irriguée représente un véritable risque d'endémicité et de propagation rapide de cette maladie qui, en cas d'attaque sévère, peut entraîner des pertes de rendement de l'ordre de 50 %, par défoliation. Les niveaux d'attaque observés au Sénégal ne justifient pas pour l'heure la mise en œuvre de traitements.

Des cas de viroses ont été décelés dans certaines zones arachidières. Ils sont causés par le virus du rabougrissement de l'arachide (Peanut Clump Virus, PCV) transmis par *Polymixa graminis,* un champignon du sol, et le virus de la rosette (Groundnut Rosette Virus, GRV) transmis par un puceron, *Aphis craccivora* (Dollet *et al.,* 1987). Les plantes infectées par le PCV sont de petite taille et présentent de petites feuilles vert foncé et de petites gousses. Le moyen de lutte classique contre ce virus est le traitement des semences avec un mélange fongicide-insecticide ou un traitement fongicide du sol. Pour le second virus, la culture de variétés résistantes, comme la variété 69-101 diffusée au Sénégal, est efficace.

Les iules et les insectes

Les iules, ou mille-pattes, sont présents en grand nombre dans les sols des régions centrales du Sénégal. Les principales espèces étudiées sont *Peridontopyge rubescens, P. conani, Haplothysanus chapellei, Syndesmogenus mimeuri* et *Archispirostreptus tumiliporus.* Après une phase de diapause dans le sol, pendant la saison sèche, ils réapparaissent à la surface du sol et se déplacent sur plusieurs centaines de mètres. Ils causent divers types de dégât : lésions sur l'axe hypocotylé, rupture des gynophores au 45^{e} jour après semis et perforation des gousses, vers le 60^{e} jour. Ces dégâts entraînent des pertes de rendement de 15 à 20 % et constituent des voies de pénétration pour les champignons, dont *A. flavus* et *A. niger.* Les méthodes de lutte consistent à poudrer les semences au carbofuran (2 g de matière active pour 1 kg de semences), à épandre des appâts empoisonnés au carbofuran, au propoxur ou au bendiocarbe, ou à traiter le sol au 45^{e} jour après le semis avec du carbofuran (0,75 kg/ha de matière active), du diazinon (2 kg/ha de matière active) et du fonofos (2 kg/ha de matière active) (Masses, 1981 ; Bonhomme et Ndiaye, 1992). Ces produits doivent être manipulés avec précaution en raison de leur forte toxicité.

L'entomofaune de l'arachide au Sénégal réunit une trentaine d'espèces (Ndoye, 1976), mais l'intérêt de la recherche ne s'est porté que sur un nombre limité d'entre elles. *Amsacta moloneyi,* dont les larves sont phyllophages, attaque aussi bien l'arachide que le niébé. Le moyen de lutte le plus efficace consiste à pulvériser les cultures avec de l'endosulfan (800 g/ha de matière active) dès l'apparition des ravageurs. *Aphis craccivora* cause, au Sénégal, des dégâts relativement mineurs comparativement aux désastres constatés au Niger, en 1975, où des pertes de rendement de l'ordre de 48 % ont été rapportées. Outre l'utilisation de variétés résistantes (69-101), le moyen de lutte le plus indiqué consiste à pulvériser les

cultures avec de l'endosulfan (800 g/ha de matière active). Les thrips attaquent surtout les feuilles en provoquant leur décoloration. Les termites, dont l'espèce la plus fréquente est *Microtermes parvulus,* causent le plus de dégâts sur l'arachide *:* minage et cassure de la tige principale, perforation des gousses au niveau du bec, attaque des coques en surface à la recherche d'humidité après dessèchement du sol. Les pertes occasionnées par les termites sont d'importance variable. Leurs attaques au cours du cycle cultural ne font pas l'objet d'un traitement spécifique.

Les nématodes

La faune nématologique des sols au Sénégal est relativement diversifiée. Elle est dominée par *Scutellonema cavenessi,* présent aussi bien dans le sol que dans les racines de légumineuses et des céréales. Les nématodes ont un effet dépressif sur la mycorhization et la fixation symbiotique de l'azote par la plante. Le traitement de dénématisation du sol par injection de 9 kg/ha de DBCP (1-2-dibromo 3-chloropropane) à l'aide d'un stériculteur augmente significativement le nombre moyen de nodules de *Rhizobium* par pied (de 15 pour le témoin à 33 pour la parcelle traitée) et la teneur en azote du sol, qui passe de 0,138 à 0,158 ‰ (Dhery et Dreyfus, 1991). Les gains de rendement en première année d'application sont estimés à 0,4 t/ha pour les gousses et 0,625 t/ha pour les fanes. A la suite de l'interdiction de la vente du DBCP au Sénégal pour cause de toxicité, ce traitement ne se fait plus sur l'arachide ni sur aucune autre culture.

La récolte

La maturité de la gousse peut être déterminée directement, en examinant l'intensité de la coloration de la coque, ou indirectement, en calculant le nombre moyen de jours entre le semis et la maturité physiologique. Les pertes de rendement à la récolte sont d'autant plus importantes que le retard d'intervention par rapport à la date de maturité physiologique est plus important et que la teneur en eau de la surface du sol est plus faible (Sène, 1995). La récolte tardive des variétés à cycle court non dormantes comporte un risque de germination des graines.

La sûreté sanitaire et la mise en marché

L'AFLATOXINE

De nombreuses mycotoxines contaminent les denrées alimentaires : aflatoxines, ochratoxines, stérigmatocystine, fumonisine, tricothecènes, zearalénone. Cependant, les aflatoxines excrétées par *Aspergillus flavus* et *A. parasiticus,* qui contaminent de nombreuses denrées (céréales, fruits secs, coton) et dont l'arachide constitue le substrat de prédilection, retiennent davantage l'attention des consommateurs en raison de leur forte toxicité et du risque sanitaire (effet cancérogène) qu'elles engendrent aussi bien chez l'homme que chez l'animal (Bâ, 1982). Des cas de mortalité ont été signalés chez l'homme à la suite de l'ingestion de rations à base de maïs fortement contaminé par les aflatoxines. Le danger des aflatoxines a été signalé pour la première fois en 1960, en Angleterre, lors d'une hécatombe dans des élevages de dindes soumises à une ration à base de farine

de tourteaux d'arachide contaminée par cette toxine. Depuis cette époque, des recherches tous azimuts sont menées pour en venir à bout.

L'importance dans l'alimentation humaine et animale

Parmi la vingtaine de molécules d'aflatoxines identifiées à ce jour sur divers substrats, seules quatre polarisent l'attention des importateurs et consommateurs de produits arachidiers : il s'agit des aflatoxines B1, B2, G1 et G2. La B1 est la plus toxique de toutes. Les aflatoxines interféreraient avec le métabolisme de l'ADN et de l'ARN et auraient un effet dépressif sur le système de défense immunitaire.

La sensibilité à l'intoxication dépend de l'espèce (volailles), de l'âge (les sujets les plus jeunes) et de l'état nutritionnel (les sujets malnutris). La toxicité des aflatoxines se manifeste à de très faibles teneurs dans la ration : elle s'établit à quelques dizaines de microgrammes d'aflatoxines par kilo de produit alimentaire (ppb, ou parties par milliard). Elle se manifeste sous deux formes : la toxicité aiguë, qui résulte de l'ingestion de quantités importantes d'aflatoxines dans la ration, et la toxicité chronique, qui est la conséquence de l'ingestion de faibles doses d'aflatoxines pendant une période relativement longue.

La présence d'aflatoxines dans les produits arachidiers sénégalais a été signalée pour la première fois par Goarin et Goarin (1966). Une étude plus récente (Kane *et al.,* 1991) sur des échantillons de pâte d'arachide a révélé une teneur moyenne en aflatoxine B1 de 62 ppb avec un maximum de 750 ppb. Dans des essais en plein champ, les teneurs en aflatoxines enregistrées peuvent varier de plusieurs centaines à quelques milliers de ppb, selon les niveaux d'infestation des produits.

L'aflatoxine M1 *(milk aflatoxin),* que l'on trouve dans le lait, constitue un dérivé de transformation de l'aflatoxine B1 par les mammifères, les vaches laitières notamment, soumis à une ration contaminée par l'aflatoxine B1. Sa toxicité est équivalente à celle de la B1. On parle alors de toxicité de relais.

Les modalités de contamination

Aspergillus flavus et *A. parasiticus* sont des champignons saprophytes, donc doués d'une grande ubiquité. Ils se dispersent dans la nature essentiellement par l'intermédiaire des spores, propagules et sclérotes présents dans le sol (Pettit *et al.,* 1991). Leur cycle biologique s'accomplit sur une semaine, voire moins, en fonction du substrat et des conditions du milieu. Ces champignons se développent à des températures comprises entre 13 et 41 °C et leur croissance est favorisée lorsque l'humidité relative atteint 80 à 85 %. Une teneur en eau des graines de 9 à 30 % favorise la production d'aflatoxines.

La contamination avant la récolte

Au cours du développement végétatif des plantes au champ, diverses situations peuvent conduire à la contamination des gousses et des graines avant la récolte. Les blessures causées aux gynophores et aux fruits par les outils aratoires les exposent à l'invasion par divers micro-organismes du sol, en particulier *A. fla*vus et *A. parasiticus*. Après la formation des gousses, les attaques récurrentes de termites et d'iules causent des lésions et perforations sur les gousses ouvrant ainsi des voies d'implantation des champignons aflatoxinogènes dans les graines. Les

sécheresses vers la fin du cycle végétatif créent des conditions défavorables de température et d'humidité du sol pour les champignons, à telle enseigne que ceux-ci ont tendance à coloniser les gousses et les graines à la recherche de meilleures conditions de vie et de croissance.

La contamination après la récolte

Après la récolte, la contamination intervient surtout au cours du séchage, notamment lorsque l'humidité relative est élevée, supérieure à 80 %, ou lorsque la mauvaise disposition des plants mis à sécher et le faible ensoleillement ne permettent pas un séchage rapide des gousses, dont l'humidité à ce stade peut atteindre 35 %. La contamination peut aussi intervenir au battage : cette opération provoque la craquelure ou le bris des coques et favorise leur infestation par *A. flavus* et *A. parasiticus,* dont elle contribue à disperser les spores. Le transport, la manutention et le stockage à la ferme peuvent contribuer à exacerber les risques d'infestation lorsque certaines conditions hygrothermiques se trouvent réunies, par exemple en cas de réhumidification des stocks par des pluies tardives ou de transfert de poches d'humidité et de chaleur dans des infrastructures de stockage insuffisamment aérées.

Les normes et les teneurs limites à l'exportation

Les exportations de produits arachidiers vers les pays européens sont régies par une législation communautaire sur les aflatoxines (règlement CE n. 1525/98), applicable depuis le 1er janvier 1999. Celle-ci fixe les teneurs maximales admissibles à 2 ppb pour l'aflatoxine B1 et à 4 ppb pour la somme des quatre aflatoxines (B1, B2, G1, G2) si le produit est destiné à une consommation directe et à 8 ppb pour la B1 et 15 ppb pour les quatre aflatoxines s'il doit subir un traitement susceptible de réduire le niveau de contamination. Aux Etats-Unis, la valeur admissible est de 20 ppb pour la somme des quatre aflatoxines.

Depuis le 1er août 2003, l'Union européenne a édicté la directive 2002/32/CE, qui établit à un maximum de 20 ppb la teneur en aflatoxine B1 admissible dans les tourteaux d'arachide et de coton utilisés en Europe comme matière première pour l'alimentation animale.

La trituration artisanale

L'huile d'arachide de fabrication artisanale se révèle parfois fortement contaminée par les aflatoxines parce qu'elle n'a pas subi de raffinage. Cette opération consiste à démucilaginer, neutraliser, décolorer et désodoriser l'huile brute, et aboutit à une huile indemne d'aflatoxine (Bâ, 1990). Il importe donc d'améliorer la technique traditionnelle d'extraction de l'huile pour préserver la santé des consommateurs (Rouzière *et al.,* 1997).

L'assainissement de l'huile de fabrication locale a été tenté par adjonction d'attapulgite (argile dotée de propriétés adsorbantes des aflatoxines) et exposition au rayonnement solaire de l'huile conditionnée dans des bouteilles en verre ou en plastique transparent. Les résultats ont été probants et ces expériences méritent d'être approfondies (Kane *et al.,* 1993 ; Kane *et al.,* 1998).

Les méthodes de lutte

Dans la lutte contre la contamination par les aflatoxines, on distingue les méthodes préventives et les méthodes curatives (Bâ, 1990).

Les méthodes préventives visent, pour l'essentiel, à minimiser le risque de contamination des produits avant la récolte (Martin *et al.,* 1999). Elles consistent à sélectionner ou créer du matériel végétal tolérant à l'infestation par A*. flavus* et *A. parasiticus* et à mettre en œuvre de bonnes pratiques de production. Des recherches dans ce domaine se poursuivent tant à l'échelon national qu'international. Les méthodes préventives reposent aussi sur le choix du matériel végétal : des différences de comportement ont été notées entre variétés à l'égard des agents aflatoxinogènes, en milieu réel (Zambettakis *et al.,* 1981 ; Mehan *et al.,* 1989 ; Waliyar *et al.,* 1994 ; Doucouré, 1999). C'est ainsi que les variétés 55-437 et J11, cette dernière introduite de l'ICRISAT, sont connues pour leur tolérance relative à ces champignons, alors que GH119-20, l'une des meilleures variétés d'arachide de bouche introduite et largement diffusée au Sénégal, s'est révélée très sensible. L'échelle de sensibilité variétale à l'infestation est très large. Enfin, il est possible de mettre en œuvre des techniques de production appropriées. Ces techniques concernent particulièrement l'arachide de bouche.

Les méthodes curatives visent, le plus souvent, à assainir les lots déjà contaminés par les champignons aflatoxinogènes. Le tri manuel, réalisé sous lumière ultraviolette, permet de visualiser les graines contaminées par l'aflatoxine B1 en raison de leur fluorescence caractéristique, mais aussi d'éliminer les graines noires, bruchées et présentant un mycélium verdâtre, qui sont en général fortement contaminées. Le tri densimétrique permet de séparer les graines plus légères, donc vraisemblablement immatures et contaminées par les aflatoxines. Le tri colorimétrique permet de séparer les graines par un réglage des optiques sur la couleur standard du matériel végétal à traiter. Dans ces conditions, les graines dont la couleur est anormale, parce que vraisemblablement contaminées sont écartées des lots acceptés. Ce système a connu une application à l'échelon industriel, notamment dans les unités de fabrication de pâte d'arachide. La destruction par inactivation de la toxine in situ a fait l'objet de nombreux essais, qui utilisaient des agents oxydants ou alcalins pour détruire les toxines présentes dans les aliments (Bâ *et al.,* 1982). Les meilleurs résultats ont été obtenus grâce au procédé de détoxication des tourteaux d'arachide à l'ammoniac gazeux sous pression. Ce procédé appliqué au Sénégal permet d'exporter vers les pays européens un tourteau détoxiqué répondant aux normes de qualité et enrichi en azote directement disponible.

L'ARACHIDE DE BOUCHE

Les normes de qualité à l'exportation

Sur les marchés internationaux, l'appellation « arachide de bouche » (*edible groundnut,* ARB) est réservée habituellement aux produits issus de variétés à très grosses graines et à gousses de type Virginia, qui peuvent être exportés pour être consommés en coques ou, le plus souvent, en graines. L'appellation « arachide de confiserie » *(confectionery groundnut)* est réservée aux produits issus de variétés de type Valencia, Spanish ou Runner, à fruits plus petits, commercialisés en graines et souvent destinés à la fabrication de beurres, pâtes et produits divers.

Les marchés les plus exigeants, et donc les plus rémunérateurs (Etats-Unis, Union européenne, Japon), sont particulièrement sévères en ce qui concerne les teneurs en aflatoxines des produits arachidiers qu'ils importent. Ceux-ci doivent par ailleurs être absolument indemnes de parasites — adultes et larves de bruches, notamment — et des produits de leur métabolisme. Le commerce international de ces produits est organisé sur la base d'une définition très précise de catégories, fondée notamment sur le calibre (nombre de graines ou de gousses à l'once ou aux 100 g), les marchés locaux ou régionaux étant moins stricts.

Les prix obtenus à l'exportation dépendent directement des normes liées aux pratiques de conditionnement en vigueur aux Etats-Unis (Dimanche, 1988), qui s'imposent de plus en plus sur les marchés internationaux (tableau II ; Schilling, 1996). Les variétés sénégalaises se placent en position avantageuse dans cette grille, ce qui explique les bons résultats financiers de la filière lorsque le matériel végétal est de bonne qualité et que les conditions agroclimatiques sont favorables.

Tableau II. Normes techniques de l'arachide de bouche (Schilling, 1996).

Type	Catégories américaines	Nombre de graines ou gousses par 100 g	Grade, nombre à l'once (28,35 g)	Equivalence variétale en Afrique de l'Ouest
Virginia	Coques			
		56/63	16/18	
		49/56	14/16	GH-119-20
	US Fancy	45/49	12/14	73/27
	US Jumbo	35/42	10/12	73-28
		28/35	8/10	
	Graines			
	Extra-larges	98/112	28/32	GH-119-20
	Médium	112/141	32/40	73-27, 73-28
	US n°1	158/194	45/55	
	US n°2	176/211	50/60	
Runner	Graines			
	US n°1	158/194	45/55	73-33
	Médium	141/158	40/45	
	US Jumbo	123/141	35/40	
Spanish	Graines			
		176/211	50/60	Fleur-11
	US n° 1	211/246	60/70	
	US n° 2	246/282	70/80	55-437

Calibre et forme doivent être homogènes car le matériel industriel de transformation est réglé sur des normes précises. La forme doit donc être régulière, sans méplat, de façon à faciliter le dépelliculage et l'enrobage éventuels (sucre, sel). Les variétés dont les cotylédons sont bien jointifs sont appréciées car elles se fendent moins lors des manipulations et le taux de graines entières est alors plus élevé. La couleur de la pellicule doit être uniforme et conforme aux caractéristiques variétales.

Les critères organoleptiques, bien que plus difficiles à codifier, ont une grande importance. Un goût amer et une saveur rance, souvent liés à des lots anciens ou mal conservés, ainsi qu'un aspect huileux et une teneur élevée en huile sont des

facteurs défavorables. Il convient de noter que l'arachide africaine, cultivée sans excès d'eau ni d'engrais, souvent issue de variétés plus proches du type sauvage que les grosses variétés américaines, est de ce fait très appréciée. Les marchés locaux africains et asiatiques sont également sensibles à ces critères.

Le marché international des coques, beaucoup plus restreint, n'est pas moins exigeant : les coques doivent être homogènes (bi, tri ou quadrigraines), bien ceinturées entre les graines, résistantes et indemnes d'attaques d'insectes et de taches. Cette petite filière, bien maîtrisée au Sénégal lors de la première phase du projet sur l'arachide de bouche, n'est pas actuellement exploitée.

La sélection des variétés diffusées au Sénégal ainsi que l'itinéraire de culture et les traitements de postrécolte tiennent compte de ces normes (Rouzière et Bâ, 1986a).

Les techniques de production en système pluvial

Une recherche adaptative, menée de 1964 à 1980, a permis de mettre au point une méthode de culture, dérivée de l'itinéraire technique de base, qui a été validée et appliquée en vraie grandeur. Les thèmes proposés — utilisation de semences sélectionnées et traitées, amendement et fumure, protection des cultures et des stocks, opérations de battage et séchage, respect du calendrier cultural — sont plus exigeants mais se distinguent peu des recommandations générales. Ils procurent une plus-value plus intéressante que celle de l'arachide d'huilerie, ce qui en facilite la diffusion.

Plusieurs de ces thèmes, qui aboutissent à améliorer la qualité physiologique, technologique et marchande du produit, ont de ce fait un effet préventif certain sur la contamination par l'aflatoxine (Martin *et al.,* 1999). La production d'arachide de bouche constitue donc un banc d'essai et un outil de démonstration des méthodes améliorées de culture, susceptible de bénéficier, par effet d'entraînement, à l'ensemble de la production arachidière.

En plus des normes générales ou locales (Dimanche *et al.,* 1997b), le producteur d'arachide de bouche en système pluvial doit tenir compte des recommandations suivantes :
– éviter les champs présentant des arbres, souches et termitières, refuges de prédateurs susceptibles de dégrader les coques, iules et termites notamment ;
– cultiver une variété spécifique « de bouche », utiliser des semences renouvelées chaque année dont l'origine et la pureté variétale sont garanties et éliminer les pieds non conformes ;
– prohiber l'association des cultures et la présence d'arachide d'huilerie dans la rotation ;
– apporter l'engrais minéral ternaire NPK+S recommandé dans la zone et un amendement calcique chaque fois que nécessaire (indispensable pour la production semencière) ;
– assurer une protection sanitaire adéquate : traitement fongicide-insecticide des semences (produit livré avec les semences), protection contre les maladies foliaires dans les zones à risque (rouille et cercosporioses), arrachage des pieds malades en cours de culture, non-incorporation des gousses restées en terre lors de la récolte ;
– protéger le produit contre la réhumidification en cours de séchage (bâchage et réouverture des meules en cas de pluies tardives) ;
– égousser précocement (égoussage en vert et séchage rapide) les produits destinés au marché d'exportation des coques ;

– effectuer les tris et criblages requis pour répondre aux normes d'achat en fonction de la qualité, mesurée en principe par le poids spécifique (poids d'un échantillon d'un double décalitre), la propreté et la pureté variétale. Les lots non conformes seront déclassés sur les points de collecte et envoyés à l'huilerie.

Les techniques de production en système irrigué

Dans la vallée du fleuve Sénégal, les enjeux et les impératifs de diversification des cultures ouvrent à l'arachide des perspectives nouvelles. Dans le bassin arachidier, et dans les zones pluviales en général, l'irrigation d'appoint permet d'augmenter substantiellement et de sécuriser la production. Dans ces deux situations, les problèmes techniques rencontrés et le coût de l'irrigation conduisent à réserver ce mode de culture aux deux segments stratégiques de la filière que sont la semence et l'arachide de bouche.

Les bases de calcul des besoins en eau de la plante ont été définies à partir d'une caractérisation précise de la demande évaporative et de ses variations à l'échelle du pays. Les termes de l'équation entre offre (pluviométrie, réserves du sol, irrigation) et demande (besoins des cultures en fonction de la demande évaporative et du stade de végétation) ont été identifiés, quantifiés puis modélisés. La probabilité d'assurer les besoins en eau dans 80 % des cas a été cartographiée. Les coefficients culturaux de l'arachide ont été déterminés pour les principaux types variétaux. Les besoins en eau peuvent être déterminés par calcul et les quantités à apporter par irrigation sont obtenues en déduisant les pluies reçues des besoins calculés (Dancette et Forest, 1985).

L'irrigation d'appoint en saison des pluies a été étudiée dans les conditions du centre du Sénégal, dans une double perspective : apporter précocement les quantités d'eau nécessaires afin de respecter la date optimale de semis ; complémenter la pluviosité naturelle en cours de végétation, les périodes de sensibilité de la planté étant connues (Tran Minh Duc, 1978).

Des recommandations pour le développement ont été diffusées, compte tenu des contraintes climatiques (température, répartition des précipitations dans l'année), des équipements disponibles (pompage, aspersion, goutte-à-goutte) ainsi que des disponibilités en eau sur des périmètres où la priorité est généralement donnée à la production rizicole (Dancette, 1997).

Aujourd'hui, la recherche conduite par l'ISRA en liaison avec la coordination nationale de l'arachide de bouche est plus spécialement axée sur la maîtrise par l'irrigation de la qualité technologique et sanitaire de l'arachide de bouche, notamment sur la réduction de la contamination par l'aflatoxine, la plante étant vulnérable en période de stress hydrique, avant la récolte, et en cas d'humidité prolongée, après la récolte.

Les problèmes de calage de cycle et de modes de séchage prennent une acuité particulière en culture irriguée car les cultures conduites en contre-saison peuvent être exposées aux premières pluies aux stades critiques de la maturité, de la récolte et du séchage. La récolte est alors particulièrement vulnérable à l'infestation par le champignon vecteur et à la contamination par l'aflatoxine, les deux phénomènes devant être dissociés. Les premiers résultats obtenus n'ont pas encore été validés en vraie grandeur ni évalués sur le plan économique.

La maîtrise de la production irriguée d'arachide de bouche pose encore un certain nombre de problèmes, en particulier :
– la sélection de variétés adaptées à la culture irriguée, les variétés d'arachide de bouche actuelles ayant été sélectionnées pour le bassin arachidier ;
– la définition de successions culturales optimales ;
– le contrôle des maladies et prédateurs, plus virulents sous irrigation ;
– la mise au point de méthodes de séchage adaptées ;
– une meilleure connaissance de la demande locale et régionale, en plein essor ;
– l'évaluation économique des itinéraires techniques envisagés.

La technologie postrécolte

Les semences industrielles prêtes à l'emploi

Le Sénégal a acquis une expérience unique en Afrique de l'Ouest en matière de production de semences d'arachide. Il a opté pour un système communautaire de multiplication généalogique, réalisée pour l'essentiel par les agriculteurs et leurs organisations professionnelles à partir de semences de base fournies par la recherche. Le système implique aussi, à des degrés divers, le secteur commercial privé (Seck et Delbosc, 1989 ; Schilling *et al.,* 2001). La maîtrise d'un capital de sécurité destiné à assurer un taux de renouvellement suffisant et à pallier d'éventuels aléas climatiques a été jugée nécessaire.

La recherche s'est donc attachée à mettre au point des techniques de fabrication permettant de mettre à la disposition des agriculteurs des semences prêtes à l'emploi, décortiquées, traitées, de valeurs technologique et germinative contrôlées, conditionnées en sacs ou dans des conteneurs étanches (Rouzière, 1986a, 1986b, 1992, 1993).

La séquence des opérations a été mise au point par les technologues semenciers de l'IRHO et de l'ISRA en collaboration avec des opérateurs artisanaux ou industriels (Mayeux *et al.,* 1997). Le procédé de fabrication industrielle de semences prêtes à l'emploi bouche (figure 1) a été appliqué à l'échelle de plusieurs centaines de tonnes (Schilling *et al.,* 1996).

Plusieurs techniques ont été mises au point à l'échelle d'un pilote industriel : le décorticage mécanique, qui minimise les dégâts visibles et invisibles causés aux amandes ; le tri électronique colorimétrique, qui élimine les graines non conformes, en particulier les graines susceptibles d'être contaminées par l'aflatoxine, sur la base de critères de couleur ; l'enrobage des semences par voie liquide avec une préparation fongicide-insecticide ; les méthodes de conditionnement et de stockage.

Il convient de noter que ce process est en partie commun à la semence décortiquée et aux graines de consommation. L'objectif dans les deux cas est d'aboutir à des graines saines, entières, calibrées et triées, dont les unes seront traitées et conditionnées pour servir de semences et les autres, dirigées sur le marché de l'arachide de bouche.

Les problèmes qui restent à résoudre pour le segment semencier portent sur la qualité de l'enrobage insecticide-fongicide (décantation lente et bon pouvoir recouvrant), sur la solidité, l'étanchéité et le coût des emballages et sur la nécessité de travailler sur du matériel de bonne qualité, le plus tôt possible après la récolte et dans des conditions permettant de réduire les stress de tous ordres pouvant agresser les semences.

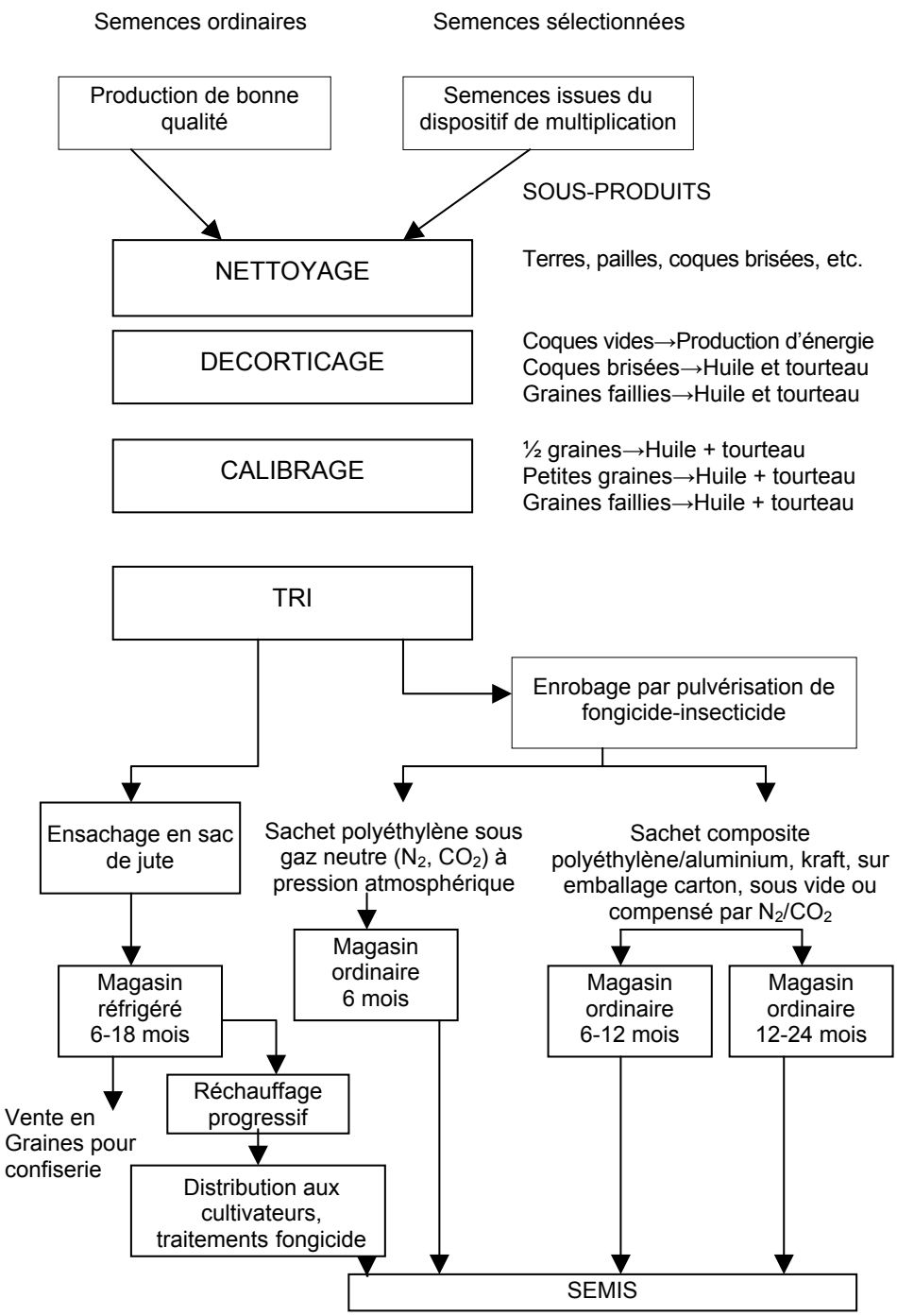


Figure 1. Procédé de fabrication industrielle de semence d'arachide prête à l'emploi. (Source : Schilling, 1996).

La conservation réfrigérée des semences

Le stockage réfrigéré est coûteux mais efficace. Un complexe réfrigéré d'une capacité de 700 t a été construit en 1975 à Louga. Il est géré par le Service semencier en liaison avec la recherche. La durée de conservation est fonction de la température réalisée : entre 0 et + 2 °C pour 18 mois de stockage (en graines) ; entre + 4 et + 6 °C pour 6 mois, l'humidité relative étant comprise entre 60 et 70 %. En pratique, des semences conservées pendant deux ans à + 6 °C ont donné des taux de germination corrects, en milieu réel, avec des densités de 107 000 pieds à l'hectare.

La stratégie recherchée consiste à conserver, en magasin réfrigéré, un stock de sécurité non traité et périodiquement renouvelé. Ce stock est écoulé sur le marché de l'arachide de bouche si les conditions d'approvisionnement favorables n'ont pas justifié la distribution exceptionnelle de semences. Là encore, les deux segments de la filière convergent sur des technologies et des équipements communs. Les difficultés rencontrées pour une utilisation comme semences tiennent à la nécessité, d'une part, de déstocker le plus tard possible avant le semis, d'autre part, d'acclimater progressivement les graines à la température et à l'humidité ambiantes afin d'éviter un choc brutal et la formation d'eau de condensation sur les graines (Rouzière, 1986a, 1986b).

La conservation des semences sous vide ou sous atmosphère contrôlée

La conservation sous vide ou sous atmosphère contrôlée consiste à placer les semences dans des conditions anoxiques, qui limitent fortement le développement des insectes prédateurs, des micro-organismes aérobies et, d'une façon générale, de toute activité biochimique.

Deux types de conditionnement peuvent être effectués après le remplissage et avant la fermeture par autocollage. L'emballage sous vide ou en compensant l'air évacué par l'injection d'un gaz inerte de type N_2 ou CO_2, est généralement utilisé pour des unités de 20 ou 25 kg. Il assure une excellente conservation en entrepôt standard non climatisé. Le conditionnement sous atmosphère modifiée à 30 % de CO_2 permet d'éradiquer totalement la bruche de l'arachide en 7 à 13 jours. Il assure une accessibilité du CO_2 supérieure à celle du N_2 et une conservation optimale du potentiel germinatif de l'ordre de 90 % au bout de 36 mois, si la qualité physiologique initiale des graines est bonne. Il est facile à mettre en œuvre à grande échelle mais il présente des risques liés à la perforation accidentelle des sacs (rongeurs, manutentions brutales).

Les travaux ont été repris par le projet Germplasm arachide (1996-2001), qui a mis au point une technique adaptée à la conservation sous vide d'échantillons de faible volume (collections, échantillons). Le projet, dans sa deuxième phase, envisage la reprise des travaux en milieu réel et à l'échelon régional.

Les perspectives

Ce bilan synthétique des recherches sur l'arachide témoigne de la place de choix que cet oléagineux occupe, aussi bien dans la politique économique et sociale de l'Etat que dans sa politique de recherche. L'importance de l'arachide n'a cessé de

croître de l'indépendance à nos jours. Les politiques agricoles définies tout au long de cette période lui ont accordé une large place en raison de son effet d'entraînement sur les autres pans du secteur agricole.

Les thématiques de recherche, ciblées et spécifiques au départ, ont été progressivement intégrées dans un programme pluridisciplinaire, ce qui a permis de mieux gérer les interfaces et les complémentarités entre les diverses recherches. Cette approche a été ainsi l'occasion de fédérer les résultats en amélioration des plantes, physiologie de l'adaptation à la sécheresse, agronomie et agrobioclimatologie pour élaborer des modèles. L'un d'eux, le modèle Ara.B.Hy, a même obtenu, en 1994, le prix du président de la République pour les sciences.

La recherche agricole continue de jouer son rôle en matière de production de semences de prébase et de conservation des noyaux génétiques. Mais on s'achemine de plus en plus vers la prise en charge exhaustive du secteur aval de cette filière par les producteurs semenciers, en lieu et place des services de l'Etat dont les missions régaliennes de contrôle et de certification demeurent.

Le partenariat avec les institutions nationales, régionales et internationales de recherche agricole dans le cadre du CORAF a permis à la recherche sénégalaise de s'ouvrir à des thématiques d'intérêt régional et de bénéficier des apports de ces institutions. C'est ainsi que le thème de la sécheresse, initialement développé sur l'arachide, s'est largement étendu dans le cadre du Réseau de recherches sur la résistance à la sécheresse (R3S), dont est issu le CERAAS (Centre d'étude régional sur l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse), laboratoire national à vocation régionale implanté au Sénégal, qui mobilise des chercheurs de la sous-région de l'Afrique de l'Ouest et du Centre et des scientifiques des centres internationaux de recherche agricole.

La sélection et l'amélioration variétales ont abouti à la création de nouvelles variétés, dont récemment Fleur-11 et GC8-35, qui sont largement cultivées. D'autres variétés sont en fin de sélection : H75-0 (arachide de bouche) et PC79-79 (huilerie). La coopération avec l'ICRISAT dans le cadre de la première phase du projet Germplasm arachide a permis d'identifier de nouvelles variétés d'arachide d'huilerie et de bouche adaptées à diverses conditions de culture et dont l'introduction est envisagée.

Les recherches sur les systèmes de culture et la fertilisation n'ont pas connu de développement significatif à la suite de l'arrêt des subventions accordées aux engrais. Toutefois, elles s'avèrent encore nécessaires, singulièrement en zone irriguée, où ces pratiques ne sont pas encore suffisamment maîtrisées.

La valorisation et la mise en marché de l'arachide se heurtent à deux contraintes majeures : l'instabilité financière de la filière de l'arachide d'huilerie et les restrictions du commerce mondial de l'arachide de bouche. Cette situation a conduit l'Etat, après son désengagement des fonctions d'encadrement, de gestion et d'exécution de la filière, à tenter à deux reprises, en 1995-1996 et en 1999, de privatiser la SONACOS, principal opérateur industriel.

Parallèlement, la diversification des cultures est prônée, ce qui pose la question de la place de l'arachide d'huilerie et de bouche sur l'échiquier agricole sénégalais. Cependant, il reste évident que la recherche d'un substitut à l'arachide n'est pas chose aisée, compte tenu des multiples utilisations dont elle fait l'objet.

Dans ce contexte, il pourrait être utile de s'investir davantage dans l'appui organisationnel aux producteurs et autres partenaires pour mieux prendre en charge la filière et de renforcer les relations entre la recherche et le développement — à cet égard la création de l'ANCAR (Agence nationale de conseil agricole et rural) vient à point nommé. Il serait aussi nécessaire de mieux explorer les possibilités d'extension de la culture irriguée de l'arachide pour la production de semences et d'arachide de bouche, au sein d'un programme de recherche-développement cohérent. Les rendements enregistrés dans ce système sont presque le double de ceux du système pluvial, et les produits sont de meilleure qualité technologique.

La promotion de petites unités de transformation et de valorisation de l'arachide s'avère indispensable pour pallier les insuffisances constatées avec la mise en place du système carreau-usine. Pour ce faire, il est nécessaire de former les producteurs à la démarche qualité, de veiller à la disponibilité des informations sur les marchés et d'exploiter les nombreux résultats de recherche en matière de technologie de l'arachide en les complétant, au besoin, par une analyse économique des procédés.

Références bibliographiques

Annerose D.J.M., Diagne M., 1994. Les modèles de culture : des outils de la recherche et du développement. Arachide infos, 5 : 5-11.

Anonyme, 1976. La sélection de l'arachide face aux contraintes du milieu : rapport annuel. 9 p.

Bâ A., 1982. Valorisation des sous-produits de l'arachide : détoxication des tourteaux contaminés par l'aflatoxine B1, production de protéines d'organismes unicellulaires à partir des sous-produits du raffinage. Thèse de docteur-ingénieur, ENSA, Montpellier, 116 p.

Bâ A., 1990. La problématique de l'aflatoxine au Sénégal. Arachide infos, 3 : 8-11.

Bâ A., Galzy, Graille J., Pina P., Frater C., 1982. Détoxication des tourteaux d'arachide contaminés par l'aflatoxine. Revue française des corps gras, 4 : 177-179.

Bâ A., Seck D., Bal A.B., Martin M., Gaikwad D.G, 1986. Défense de la culture arachidière. ISRA, DRPV, Dakar, 37 p.

Blondel D., 1970. Relation entre le nanisme jaune de l'arachide en sol sableux et le pH : définition d'un seuil pour activité du rhizobium. L'Agronomie tropicale, 25 : 589-595.

Bockelée-Morvan A. 1965. Surface foliaire de l'arachide et densité optimum de semis. Oléagineux, 20 : 9-12.

Bonhomme A., Ndiaye I.A., 1992. La problématique des iules en culture arachidière au Sénégal. ISRA, CNRA, Bambey, 5 p.

Carrière de Belgarric, 1963. Le développement de la productivité de l'arachide au Sénégal. Oléagineux, 18 : 613-620.

Cissé L., 1986. Fertilisation minérale et amendement organique : principaux résultats obtenus sur l'arachide. CNRA, Bambey, 4 p.

Clavel D., 1999. Amélioration génétique de l'adaptation à la sécheresse de l'arachide : rapport final du projet TS3-CT93-0216. ISRA, CIRAD, Dakar, 36 p.

Dancette C., 1997. Synthèse des acquis de la recherche-développement sur l'arachide irriguée dans la vallée et le delta du fleuve Sénégal de 1993 à 1996. ISRA, Dakar, 14 p.

Dancette C., Forest F., 1985. Alimentation en eau de l'arachide en zone semi-aride. *In :* Symposium sur l'agrométéorologie de l'arachide en zone semi-aride. ICRISAT, Niamey.

Dhery M., Dreyfus B., 1991.Trois traitements recommandés pour la culture de l'arachide au Sénégal : dénématisation, inoculation des semences par des *Rhizobium* sélectionnés et apport de phosphogypse. Oléagineux, 47 : 197-207.

Dimanche P., 1988. Le marché de l'arachide de bouche et de confiserie, fiche de présentation générale. Arachide infos, 1 : 12-17.

Dimanche P., Schilling R., Lançon F., 1998. Etude du développement de la filière arachide de bouche au Sénégal. CIRAD, Montpellier, 2 vol., 307 p.

Dimanche P., Schilling R., Sy O., 1997a. Etude du développement de la filière arachide de bouche au Sénégal : rapport provisoire. APROMA, 178 p.

Dimanche P., Sow I., Sall A., 1997b. La filière arachide de bouche : technologie postrécolte et valorisation des produits. Agriculture et développement, 14 : 12-20.

Dollet M., Dubern J., Fauquet C., Thouvenel J.C., Bockelée-Morvan A., 1987. Les viroses de l'arachide en Afrique de l'Ouest. Oléagineux, 42 : 291-297.

Doucouré F., 1999. Utilisation d'une souche mutante pour l'identification de variétés d'arachide tolérantes à *Aspergillus flavus* et à la production d'aflatoxines. Mémoire d'ingénieur agronome, ENSA, Thiès, 70 p.

Duruflé G., 1994. Le Sénégal peut-il sortir de la crise ? Karthala, Paris, 224 p.

Freud C., Freud E.H., Richard J., Thévenin P., 1997. La crise de l'arachide au Sénégal : un bilan diagnostic. CIRAD, Montpellier, 13 p.

Ganry F., Ndiaye M., 1977. Action de l'inoculation et action d'épandage foliaire d'une solution nutritive (NPKS) sur la fixation et le rendement de l'arachide : rapport sur l'expérimentation AIEA réalisée au Sénégal en 1976. CNRA, Bambey, 16 p.

Ganry G., Siband P., 1974. Fertilisation, production et gestion du milieu en zone tropicale sèche. IRAT.

Gautreau J., 1982. Améliorations agronomiques par le développement de variétés d'arachide adaptées aux contraintes pluviométriques. Oléagineux, 37 : 469-475.

Gillier P., Prévot P., 1960. Fumures minérales de l'arachide. Oléagineux, 15 : 783-791.

Gillier P., Silvestre P., 1969. L'arachide. Maisonneuve et Larose, Paris, p. 11.

Goarin P., Goarin S., 1966. Contribution à la connaissance de l'aflatoxine de l'arachide au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 22 : 277-293.

IRHO, 1989. Arachide et autres plantes annuelles. Oléagineux, 44 : 17-18.

IRHO, 1992. Arachide et autres plantes annuelles. Oléagineux, 47 : 282-283.

IRHO, IRAT, 1963. Propositions pour l'augmentation rapide des rendements de l'arachide au Sénégal. 22 p.

Jaubert P., 1951. Première étude au Sénégal des bactéries symbiotiques de l'arachide. Annales du CRA, 5 : 144-164.

Kane A., Bâ-Diop N., Diack T.S., 1993. Unrefined peanut oil, a source of human exposure to aflatoxins. African Newsletter on Occupational Health and Safety, supplements 2/93 : 43-47.

Kane A., Bâ-Diop N., Diack T.S., Philips T.D., 1998. Different technological processes of removing aflatoxin B1 from crude peanut oil. Revue de médecine vétérinaire, 149 : 565.

Kane A., Ndir B., Sarr A.B., Diop N., Mané Y., Diack T.S., 1991. Occurrence de l'aflatoxine B1 dans les principales denrées alimentaires vendues sur les marchés sénégalais. *In :* Alimentation et nutrition dans les pays en développement. Karthala, ACC, AUPELF, Paris, p. 143-148.

Martin J., Bâ A., Dimanche P., Schilling R., 1999. Comment lutter contre la contamination de l'arachide par les aflatoxines ? Expériences conduites au Sénégal. Agriculture et développement, 23 : 58-67.

Masses H., 1981. Lutte contre les iules (Diplopodes, Spirostreptoidea) en culture arachidière au Sénégal. Oléagineux, 36 : 555-561.

Mauboussin J.C., 1969. La sélection de l'arachide à la station de Séfa. IRAT, Bambey, 5 p.

Mauboussin J.C., 1970. La sélection de l'arachide à l'IRAT, Sénégal. *In :* Réunion légumineuses à graines. IITA, Ibadan, 6 p.

Mayeux A., Dasylva A., Schilling R., 1997. La production de semences d'arachide en Afrique de l'Ouest. Agriculture et développement, 14 : 22-30.

Mehan V.K., Bâ A., Renard J.L., 1989. Evaluation of groundnut genotypes for field resistance to seed infection by *Aspergillus flavus* and to aflatoxin contamination. IRHO, CIRAD, 40 p.

Mortreuil J.C., Khalfaoui J.L., 1986. Amélioration génétique de l'arachide au Sénégal : évolution, acquis et orientations de recherches. *In :* Réunion d'évaluation du programme Arachide, Dakar, 1-3 avril 1986. 34 p.

Ndiaye M., Yamoah C.F., Dick R.P., 2000. Fish by-product as a soil amendment for millet and groundnut cropping systems in Senegal. Biological Agriculture and Horticulture, 17 : 329-338.

Ndoye M., 1976. Situations des recherches sur les parasites entomologiques des légumineuses à graines au Sénégal. ISRA, CNRA, Bambey, 10 p.

Ndoye O., 2001a. Inheritance of fresh seed dormancy in five crosses of short duration peanut varieties (*Arachis hypogaea* L.). PhD, Texas A&M University, College Station, 162 p.

Ndoye O., 2001b. Réévaluation des variétés d'arachide de bouche. *In :* Rapport technique du programme de recherche-développement arachide de bouche, diversification. ISRA, CNIA, Dakar, p. 11-20.

Ndoye O., Senghor J.S., Sy A., Fall I., 1996. Sélection générale arachide : rapport analytique 1995. ISRA, CNRA, Bambey, 40 p.

Pettit R.E., Bâ A., Kane A., Sarr B., 1991. Moisissures de l'arachide et contamination par l'aflatoxine. Bulletin d'information, Texas A&M University, College Station, 10 p.

Piéri C., 1989. Fertilité des sols de savanes : bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. CIRAD, ministère de la Coopération, Paris, 444 p.

Pocthier G., 1975. Principaux résultats de l'expérimentation multilocale et de l'application de la recherche au Sénégal : campagne 1974-1975. CNRA, Bambey, 30 p.

Poulain J.F., 1970. La fumure minérale de l'arachide au Sénégal : bilan et perspectives. IRAT.

Rouzière A., 1986a. Stockage des arachides décortiquées en atmosphère contrôlée. I. Essais préliminaires. Oléagineux, 41 : 339-344.

Rouzière A., 1986b. Stockage des arachides décortiquées en atmosphère contrôlée. II. Essais de prévulgarisation. Oléagineux, 41 : 507-518.

Rouzière A., 1992. La préparation industrielle des semences d'arachide prêtes à l'emploi : l'expérience du Sénégal. I. Décorticage et tri des semences. Oléagineux, 47 : 649-659.

Rouzière A., 1993. La préparation industrielle des semences d'arachide prêtes à l'emploi : l'expérience du Sénégal. II. Traitement, conservation et comportement au champ. Oléagineux, 48 : 139-154.

Rouzière A., Bâ A., 1986. Opération technologie de l'arachide : présentation, réalisation, acquis et perspectives. ISRA, CNRA, Bambey, 20 p.

Rouzière A., Sarr E., Bâ A., 1997. Extraction artisanale d'huile d'arachide au Sénégal : visite d'un atelier de fabrication. Arachide infos, 7 : 2-8.

Schilling R., 1993. L'arachide. *In :* Le développement agricole au Sahel. Tome II. Recherches et techniques. Documents systèmes agraires n. 17, p. 71-87.

Schilling R., 1996. La filière semences. L'arachide de bouche. *In :* L'arachide. Maisonneuve et Larose, Paris, Le Technicien d'agriculture tropicale n. 37, p. 121-161.

Schilling R., Ndoye N., Mayeux A., 2001. Les semences d'arachide en milieu paysannal africain : éléments pour une organisation de la filière. OCL, 8 : 540-545.

Seck O., Delbosc G., 1989. Les conditions de production des stocks semenciers d'arachide. Arachide infos, 2 : 7-10.

Sène M., 1995. Influence de l'état hydrique et du comportement mécanique du sol sur l'implantation et la fructification de l'arachide. Thèse de doctorat, ENSA, Montpellier, 112 p.

Touré S.N.E., 2002. Tendances et perspectives de l'agriculture. *In :* La société sénégalaise entre le local et le global. Karthala, Paris, p. 208.

Tran Minh Duc, 1978. Irrigation d'appoint de l'arachide en zone centre-nord du Sénégal. ISRA, Dakar, 22 p.

Waliyar F., Bâ A., Hassan H., Bounkoungou S., Bosc J.P., 1994. Sources of resistance to *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in groundnut genotypes in West Africa. Plant Disease, 78 : 704-708.

Zambettakis C., Waliyar F., Bockelée-Morvan A., De Pins O., 1981. Résultats de quatre années de recherches sur la résistance de variétés d'arachide à l'*Aspergillus flavus*. Oléagineux, 36 : 377-385.

Le cotonnier

Mour GUEYE, Amadou Moustapha BEYE, Djibril BADIANE

Le cotonnier appartient genre *Gossypium* (famille des malvacées), qui comprend une trentaine d'espèces dont seules quatre sont cultivées. Parmi celles-ci, *Gossypium hirsutum* L., originaire du Mexique, fournit 95 % de la production.

La culture du cotonnier est annuelle. Elle repose sur, soit en irrigué, soit en pluvial, dans plus de 70 pays, là où des conditions de température élevée pendant la saison de culture satisfont ses besoins. De nos jours, 50 % des superficies mondiales cultivées sont irriguées et fournissent les deux tiers de la production de coton.

La culture cotonnière est exigeante. Elle nécessite l'utilisation de variétés sélectionnées, d'engrais et de produits phytosanitaires. La production économique intéressante est le coton-graine. Le rendement à l'égrenage correspond à la quantité de fibre produite par kilo de coton-graine. Il peut varier entre 30 % et 45 % en fonction de la variété, des techniques employées, des installations d'égrenage utilisées (rouleaux ou scies) et de leur réglage. La fibre naturelle de coton a conféré un rôle économique important aux pays qui ont su l'exploiter.

Au Sénégal, bien que les superficies en cotonnier soient relativement limitées (environ 2 % des spéculations annuelles totales), les exportations cotonnières représentaient 5 % des exportations totales en 1994 grâce à la haute valeur monétaire de la fibre naturelle de coton comparativement à un volume ou poids équivalent de graine ou d'huile (Ministère de l'Economie et des finances, 1995). Le coton est la deuxième culture d'exportation derrière l'arachide (17,6 %), mais loin devant les cultures maraîchères (0,4 %). Les ambitions des pouvoirs publics portent actuellement sur la production de 70 000 t de coton-graine par an (Ministère de l'Agriculture, 1986a, 1986b).

L'encadrement de la production pluviale de coton est considéré comme relativement récent, puisqu'il remonte à 1964 au Sénégal. Cette année-là, 103 ha avaient été semés en milieu paysan, sous l'impulsion et l'encadrement de la CFDT (Compagnie française pour le développement des textiles). Le rendement était de 527 kg/ha, et la production de 54,3 t de coton-graine. La progression des superficies a été continue jusqu'à la fin des années 1970, pour atteindre 48 299 ha en 1978, de même que celle des productions : 45 207 t en 1976, 47 081 t en 1982, 50 550 t en 1992. Les rendements en coton-graine atteignaient 1 310 kg/ha en 1968, 1 510 kg/ha en 1978 et 1 344 kg/ha en 1987 (Angé, 1984 ; SODEFITEX,

1996). Cette progression a été rendue possible grâce à l'introduction de techniques améliorées : variétés à haut rendement, utilisation intensive d'engrais chimiques et de pesticides, mécanisation. Actuellement des dizaines de milliers de producteurs sont intéressés par cette culture, qui est pratiquée dans les régions de Kolda, Tamabacounda, Kaolack (départements de Nioro et Kaffrine, arrondissement de Koungheul) et Fatick (arrondissement de Kahone).

La recherche d'accompagnement a travaillé avec tous les acteurs de la filière, notamment les producteurs, les agents techniques d'encadrement, les industries de la filature et le secteur agroalimentaire, et pris en compte l'ensemble de leurs préoccupations. Les recherches, définies dans le cadre d'une équipe interdisciplinaire, portent sur la sélection et l'amélioration variétales, l'agronomie, la phytotechnie et la protection phytosanitaire. Elles font intervenir l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles) et la SODEFITEX (Société de développement des fibres textiles). Dans le cadre de la coopération intergouvernementale, ces deux institutions sénégalaises sont appuyées par des institutions françaises, notamment l'IRCT (Institut de recherches du coton et des textiles exotiques) puis par le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement).

L'amélioration variétale

Les variétés sélectionnées et diffusées

Les premières variétés diffusées au début de l'opération coton en 1964, Allen 333/57 et BJA-SM67, avaient un potentiel de production plutôt faible, un rendement à l'égrenage qui oscillait autour de 30 % et des caractéristiques technologiques assez moyennes.

Le programme de sélection et d'amélioration variétale, conduit par l'IRCT puis par l'ISRA, a permis d'améliorer régulièrement la productivité, le rendement à l'égrenage et les qualités de la fibre (tableau I). Le remplacement de la variété BJA-SM67 par L299-10-75 à la fin des années 1970 a permis d'améliorer de 2 % les rendements en coton-graine et la production de fibre.

Tableau I. Performances des variétés de cotonnier sélectionnées et diffusées (Bèye, 1994).

	Variété diffusée	Rendement en coton-graine (kg/ha) et % de progrès	Rendement à l'égrenage (%) et % de progrès	Rendement en fibre (kg/ha) et % de progrès
De 1964 à 1970	BJA-SM67	924	39,8	366
De 1970 à 1984	L299-10-75		+ 2 (BJA-SM67)	
De 1986 à 1990	IRMA-96+97	+ 11 (L299-10-75)	- 0,2 (L299-10-75)	+ 13 (L299-10-75)
De 1990 à 1992	IRMA-1243	- 0,2 (IRMA-96+97)	+ 3,2 (IRMA-96+97)	+ 2,8 (IRMA-96+97)
De 1992 à 1995	STAM-F	+ 4 (IRMA-1243)	+ 0,2 (IRMA-1243)	+ 3,2 (IRMA-1243)
Depuis 1995	STAM-42	+ 2 (STAM-F)	+ 1,5 (STAM-F)	

En 1987, le remplacement de L299-10-75 par IRMA-96+97 a permis de maintenir ces performances et d'obtenir des gains additionnels sur les qualités agronomiques et technologiques, notamment sur la précocité, le poids moyen des capsules (taille et densité), la résistance à la bactériose, la longueur et les caractéristiques de la fibre. Mais son rendement à l'égrenage de 40 % devait être nettement amélioré.

En 1990, l'introduction de la variété IRMA-1243 donnait encore des espoirs de progrès plus importants. Même si sa production de coton-graine, en moyenne de 1 150 kg/ha, n'était pas significativement supérieure de celle de IRMA-96+97, elle présentait des performances supérieures pour le rendement à l'égrenage et pour la production de fibre (+ 20 kg/ha). Malheureusement, la variété IRMA-1243 a rapidement montré ses limites : une trop forte nepposité en référence au collage de la fibre. Du fait de ce défaut majeur par rapport aux exigences de la nouvelle technique de filature au HVI *(high volume instrument),* deux nouvelles variétés, STAM-F puis STAM-42, en provenance de la station d'Anié-Mono au Togo, ont été introduites, dès la campagne 1991-1992 pour la première et à partir de la campagne 1993-1994 pour la seconde. Les deux variétés présentent les mêmes performances en production de coton-graine (+ 3 %) par rapport à IRMA-1243, mais STAM-42 a fini par supplanter totalement IRMA-1243 et STAM-F grâce à un meilleur rendement à l'égrenage (+ 1,5 %), une production plus stable et des qualités technologiques nettement meilleures, notamment en longueur, ténacité et nepposité de la fibre.

Les gains en grade commercial

L'amélioration progressive de la qualité a surtout porté sur la longueur : alors qu'en 1985 la longueur de la fibre était à 100 % de 1"1/16, en 1989 plus de 70 % de la longueur de la fibre était de 1"3/32, ce qui correspond à une fibre tenace, très fine, destinée à la filature *open-end* (tableau II).

Tableau II. Longueur de la fibre et grades commerciaux.

	1970	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991
	L299-10-75		IRMA-96+97		IRMA-1243			
1"1/16 (%)	100		46,7		28,8			
1"3/32 (%)	0		53,3		71,2			
Grades supérieurs	-	95,4	99,2	77,0	99,6	88,2	99,6	99,0
Grades moyens	-	4,6	0,1	4,8	-	11,8	0,4	1,0
Grades inférieurs	-	0	0,7	18,2	0,4	-	-	-

En ce qui concerne les types de vente, des progrès significatifs ont été enregistrés avec une baisse des grades moyens, qui passent de 11 % en 1989 à 1 % en 1991, et une disparition totale des grades inférieurs à partir de 1989.

Cette amélioration de la qualité de la fibre a permis à la SODEFITEX de mieux se positionner sur le marché international, notamment sur celui relativement difficile de l'Extrême-Orient, de bénéficier d'une surcote de 15 % sur les cours mondiaux

pendant au moins deux ans (1991 et 1992) et de recevoir des prix en 1991 (16th international award for the best trade name) et en 1992 (King of West African cotton).

La sélection de variétés glandless

En 1960, l'IRCT a entrepris des travaux de sélection sur le caractère glandless (sans gossypol) afin de tirer profit, en plus de la fibre, des ressources en huile et en protéines de la graine et de mieux valoriser l'ensemble de la filière (Bèye, 1993). Des variétés assez productives et dotées d'une fibre de bonne qualité ont été mises au point et distribuées dans les pays du réseau coton (Hau, 1987).

Plusieurs variétés ont été testées au Sénégal, notamment Bulk A, Bulk B, GL7, GL8, LP5, et ont fait l'objet d'un début de multiplication (Bèye, 1994). Cependant, sur le plan agronomique, les variétés glandless se sont avérées un peu plus sensibles aux insectes que les cotonniers classiques, en particulier vis-à-vis des coléoptères phyllophages de la famille des altises. La multiplication n'a pas été poursuivie et aucune variété de type glandless n'est actuellement vulgarisée au Sénégal.

La diffusion des variétés locales

Le programme national de création variétale lancé en 1988 a permis de diffuser en 1994 de nouvelles variétés : G440, G438+444 et J700-3. Ces créations locales se caractérisent, par rapport aux témoins en grande culture notamment IRMA-1243 et STAM-F, par une production de fibre à l'hectare supérieure de presque 20 %, et une fibre assez équilibrée et peu neppeuse (Bèye, 1994). D'autre part, elles sont précoces et rustiques, ce qui constitue des atouts pour la culture dans des zones à pluviométrie limite.

Actuellement, la variété G440 est proposée pour les zones du bassin cotonnier sénégalais où la pluviométrie est inférieure à 600 mm/an en remplacement de la variété togolaise STAM-42. Cette variété a aussi été introduite dans d'autres bassins cotonniers de la sous-région à climat similaire.

Les semences et la pureté variétale

Parallèlement à ces acquis variétaux, un système cohérent de multiplication de semences parentales et de contrôle de la pureté variétale a permis à la société de développement de disposer chaque année de semences de qualité approuvée. Le système est fondé sur la saturation progressive des zones de culture.

La gestion des nucleus de base des variétés vulgarisées est assurée par l'ISRA, qui fournit chaque année à la SODEFITEX les semences de la zone Z0 et contrôle les vagues de multiplication Z1 et Z2. Notons qu'au Sénégal, toute la zone cotonnière est couverte, d'une année à l'autre, en Z3 ou Z4.

Le coefficient de multiplication utilisé est habituellement de 15. Il pourrait être porté à 25 ou 50, si les conditions de culture en parcelles isolées sont améliorées (délintage chimique et enrobage des semences, protection insecticide renforcée, épandage d'une double dose de fumure). Cela permettrait de raccourcir le processus de diffusion des variétés sur une à deux campagnes.

L'agronomie et la phytotechnie

Les recherches en agronomie et en phytotechnie ont porté essentiellement sur l'élaboration d'outils d'aide à la décision à partir des recommandations techniques sur la gestion de la fertilisation, sur la place du cotonnier dans la rotation culturale et sur le désherbage chimique.

La gestion de la fertilisation

Une série d'essais sur les doses de fertilisation raisonnée a été entreprise, aussi bien dans la zone sud du fleuve Gambie, à pluviométrie favorable, que dans la zone nord, à pluviométrie moins favorable (Guèye, 1987-1998).

Dans la zone sud du fleuve Gambie, l'apport d'urée a un effet significatif à P = 0,05 sur la production de coton-graine pour les semis précédant le 15 juillet. En revanche, l'effet de l'engrais complexe NPKSB est hautement significatif P = 0,01 sur la production de coton-graine (tableau III) et les autres composantes du rendement, notamment le développement végétatif, le nombre de capsules produites et le poids moyen des capsules. Les combinaisons de traitement NPKSB x urée testées (50 x 50, 150 x 0 et 100 x 50) se sont révélées dominantes avec des taux marginaux de rentabilité (TMR) supérieurs au taux cible de 100 % (tableau III). La combinaison (100 x 50) est la plus intéressante, avec un bénéficie net et un taux marginal de rentabilité supérieurs.

Tableau III. Rendement moyen en coton-graine et taux marginal de rentabilité calculé sur la réponse du cotonnier à la fertilisation minérale (NPKSB x urée) à Sinthiou, Vélingara et Kolda (zone sud).

	NPKSB (kg/ha)									
	0	50	100	150	200	0	50	100	150	200
	Urée (kg/ha)									
	0	0	0	0	0	50	50	50	50	50
Rendement moyen de coton-graine (kg/ha)	877	939	1 049	1 227	1 288	958	1 067	1 269	1 345	1 355
Taux marginal de rentabilité des traitements non dominés	-	-	75,1	274	-	65,2	212	1 299	-	-

Dans la zone nord du fleuve Gambie, dans la région du Sine-Saloum, la baisse du potentiel de production observée depuis la fin des années 1970 du fait d'une pluviosité réduite ne semble plus compatible avec l'application de la dose standard recommandée de 200 kg/ha d'engrais NPKSB et de 50 kg/ha d'urée. Le réajustement de la fertilisation semble nécessaire pour maximiser la marge du producteur. Dans une étude sur deux ans, qui comparait trois formules d'engrais NPKSB (8.18.27.5.1, 14.23.14.4.1 et 20.16.20.3.1), chacune appliquée aux doses de 0, 50, 100, 150 et 200 kg/ha, la plus importante variation était imputable aux

caractéristiques édaphiques et climatiques de la sous-zone. Les productions moyennes de coton-graine les plus élevées sont obtenues dans la sous-zone de Nioro (934 et 1 004 kg/ha pour les deux années), caractérisée par des sols ferrugineux tropicaux lessivés et une pluviosité élevée (515,0 mm/an) par rapport à la sous-zone de Koungheul (714 et 651 kg/ha pour les deux années), où le sol est sableux léger et la pluviométrie moyenne plus faible (443,8 mm/an). Quant à la réponse du cotonnier en fonction des formules et des doses, les marges financières calculées à partir des budgets partiels montrent que le seuil de rentabilité marginale tourne autour de 100 à 150 kg/ha quelle que soit la formule, avec une réponse plus élevée avec l'enrichissement de la formule en azote et en potassium (tableau IV).

Tableau IV. Types de formule NPK et doses d'engrais qui génèrent les marges béné-ficières les plus élevées. Données calculées à partir des budgets partiels simplifiés de la réponse du cotonnier à différents niveaux de fumure dans les sous-zones de Koungheul et Nioro (coût de 50 kg de NPK 8.18.27 = 4 165 ; 14.23.14 = 4 443 ; 20.16.20 = 4 546 ; prix du coton-graine = 100 FCFA/kg).

	Sous-zone de Koungheul				Sous-zone de Nioro			
	Formule NPK	Doses (kg/ha)	Rendement (kg/ha)	Marge (FCFA/ha)	Formule NPK	Doses (kg/ha)	Rendement (kg/ha)	Marge (FCFA/ha)
1er	20.16.20	100	800	70 908	20.16.20	100	1 266	117 508
2e	14.23.14	100	789	70 014	20.16.20	150	1 274	113 762
3e	20.16.20	150	813	67 662	14.23.14	200	1 303	112 538
4e	20.16.20	200	850	66 816	14.23.14	150	1 210	107 671
5e	14.23.14	200	825	64 728	20.16.20	200	1 148	96 616

Bien que la fertilisation azotée soit recommandée, des enquêtes ont montré que son utilisation vers 45 jours après la levée n'était pas respectée par plus de 40 % des planteurs. Les raisons avancées par ces derniers sont diverses : pas d'effet visible, doute sur sa rentabilité, utilisation sur d'autres cultures comme le maïs, pertes importantes par liquéfaction. Des référentiels d'utilisation de la couverture azotée en fonction des zones et des formules de NPK de base ont permis de noter un effet principal de l'apport complémentaire d'urée toujours significatif à P = 0,05, avec un accroissement moyen de la production de 178 kg/ha (minimum : 83 kg/ha ; maximum : 338 kg/ha) sur 6 tests pendant trois ans. Cependant, la réponse du cotonnier à la fertilisation azotée est d'autant plus importante que les conditions pluviométriques sont favorables. A Sinthiou-Malème (isohyète 600-700 mm/an), la réponse moyenne est de 149 kg/ha (minimum : 83 kg/ha ; maximum : 224 kg/ha), alors qu'à Vélingara (isohyète 800-900 mm/an) la réponse moyenne est de 207 kg/ha (minimum : 118 kg/ha ; maximum : 338 kg/ha). La précocité du semis est également déterminante pour valoriser les apports complémentaires d'urée.

Une observation importance porte sur l'interaction significative entre la réponse du cotonnier à l'urée et le type de formule de fond NPK utilisé. L'efficience de l'apport d'urée en couverture est inversement proportionnelle à la teneur en azote de la formule de fond NPK. Sans être statistiquement significatif, l'accroissement moyen de la production dû à la couverture complémentaire d'urée (sur 7 tests) est de 196 kg/ha avec la formule 8.18.27, de 171 kg/ha avec 14.23.14 et de 96 kg/ha avec 20.16.20.

La réponse à la fertilisation minérale

Sur un réseau multilocal de points d'expérimentation, représentatifs de la diversité des conditions pédoclimatiques de la zone, des études ont été réalisées sur les interactions des éléments constituant l'itinéraire technique au sein de dispositifs de type factoriel : date de semis, entretien de la culture, fertilisation minérale. L'objectif était de rechercher les combinaisons optimales des composantes en fonction des situations culturales. A ces itinéraires techniques étaient associés une espérance de rendement, le coût des charges variables et le bilan minéral estimé. Les résultats ont permis de construire des grilles de recommandations ou de concevoir des itinéraires techniques différenciés pour faire évoluer la vulgarisation de masse vers une vulgarisation à la carte, qui fait appel au conseil agricole, et d'élaborer des outils de pilotage de la culture en cours de campagne.

Neuf essais en *split-plot* conduits en station, aussi bien dans la zone sud que nord du fleuve Gambie, ont comparé les effets individuels et combinés de l'alimentation hydrique, de la date de semis (3 dates de semis en parcelle principale) et de la fertilisation minérale (5 niveaux de fumure NPKSB en parcelle secondaire). Les 3 dates de semis correspondent aux 3 groupes de levée identifiés : le 1er groupe correspond à un semis précoce D1, avant le 25 juin, le 2e groupe à un semis intermédiaire D2, 15 jours après D1, et le 3e groupe à un semis tardif D3, 15 jours après D2. Les 5 doses de fumure obéissent à une progression arithmétique de 0, 25, 50, 75 et 100 % de fumure vulgarisée, qui est de 200 kg/ha de NPKSB + 50 kg/ha d'urée en couverture 45 jours après la levée. Toutes les analyses statistiques ont montré des différences significatives entre les moyennes de rendements à P = 0,05 (tableau V).

Tableau V. Rendements de coton-graine dans les zones nord et sud du bassin cotonnier.

	Rendement de coton-graine (kg/ha) : zone nord				Rendement de coton-graine (kg/ha) : zone sud			
	D1	D2	D3	Moyenne	D1	D2	D3	Moyenne
0	1 087	878	489	818	1 281	1 067	644	862
25 % FV	1 356	1 032	582	990	1 541	1 227	801	1 039
50 % FV	1 608	1 194	709	1 170	1 718	1 400	802	1 083
75 % FV	1 975	1 477	801	1 418	1 947	1 598	861	1 190
100 % FV	2 258	1 529	838	1 542	2 135	1 645	879	1 243
Moyenne	1 657	1 222	684	1 188	1 724	1 388	798	1 084

L'effet de l'alimentation hydrique, évalué à partir de la différence de production entre le semis précoce et le semis tardif, est estimé en moyenne, sur trois ans, à 324 kg/ha de coton-graine par décade de retard du semis à partir du 25 juin, pour les zones nord du bassin cotonnier, et à 308 kg/ha de coton-graine par décade de retard du semis, pour le sud (Guèye, 1990). A partir du mois de juin, tout retard au semis de 2 semaines diminue la production d'environ 50 % dans la province de l'extrême nord du Cameroun et de 20 à 30 % dans celle du nord, mieux arrosée (Chanselme *et al.,* 1986).

Le modèle d'ajustement des courbes de réponse du cotonnier à la fertilisation de type asymptotique $y = a - b.e^{-cx}$, dit modèle monomoléculaire à 3 paramètres, est largement utilisé dans les pays du réseau coton de l'Afrique de l'Ouest (Crétenet et Vaissayre, 1986 ; Jallas *et al.,* 1987, 1989).

Pour chacune des zones, nord et sud, les valeurs moyennes du potentiel de production, l'efficience de l'engrais et les doses qui maximalisent la marge brute ont été calculées à partir de la fonction dérivée, pour chaque groupe de semis (tableau VI). Les évaluations réalisées sur les autres composantes du rendement, notamment le nombre de capsules produites, le poids moyen des capsules et les qualités de la fibre (longueur, allongement, maturité, couleur), montrent une dégradation qui s'accentue avec le retard du semis.

Tableau VI. Potentiel de production, efficience de l'engrais et doses optimales d'engrais calculés en fonction du groupe de levée pour les zones nord et sud.

	Zone nord			Zone sud		
	Potentiel de production (kg/ha)	Efficience de l'engrais (kg/ha)	Doses optimales (kg/ha)	Potentiel de production (kg/ha)	Efficience de l'engrais (kg/ha)	Doses optimales (kg/ha)
Semis précoce	2 105	1 224	345	2 234	1 306	352
Semis intermédiaire	1 358	622	223	1 624	655	224
Semis tardif	767	305	100	873	377	126

La baisse importante du potentiel de rendement et la diminution sensible de la qualité de la fibre ne justifient pas une fertilisation minérale pour un semis très tardif. En revanche, pour un semis très précoce, la productivité doit être seule prise en compte dans le calcul économique d'un apport d'engrais.

La fertilisation minérale et la maîtrise de l'enherbement

La fumure peut jouer un rôle important dans le développement de la flore adventice. Il est donc nécessaire de raisonner conjointement la fumure et l'entretien de la culture. Pour ce faire, une série de 9 essais permettant d'étudier les interactions entre ces facteurs ont été mis en place de 1987 à 1989 dans les différentes régions agroécologiques de la zone cotonnière du Sénégal. Des dispositifs en *split-plot* conduits en station, aussi bien dans la zone sud que nord du fleuve Gambie, ont comparés les effets individuels et combinés de différents niveaux de maîtrise de l'enherbement, les modalités d'entretien de la parcelle (4 niveaux d'entretien en parcelle principale) et la fertilisation minérale (5 niveaux de fumure NPKSB en parcelle secondaire).

Les résultats montrent que la fumure et l'entretien ont eu régulièrement des effets significatifs à P = 0,05, mais qu'il n'existe pas d'interaction significative à P = 0,05 entre les deux facteurs. Ce résultat, qui conforte des données antérieures (Touré et Langlais, 1989), n'a pas permis de déduire une relation de cause à effet entre les deux techniques culturales ou de prédire une réponse spécifique de la fumure en fonction du niveau d'entretien de la culture.

Le cotonnier est très sensible à la concurrence des adventices. Tout déficit d'entretien par rapport à une parcelle maintenue propre du semis à la récolte fait

baisser le rendement et affecte les autres composantes (nombre et poids des capsules). En effet, il ressort des 9 tests mis en place, et quelle que soit la zone agroécologique, que l'absence du premier sarclage 15 jours après la levée peut faire chuter la production de 42 % en moyenne, celle du deuxième sarclage 30 jours après la levée de 19 %, et celle du troisième sarclage 45 jours après la levée de 17 %. La nuisibilité des mauvaises herbes à l'égard du cotonnier n'a donc pas la même incidence tout au long du cycle cultural. Elle est maximale au stade plantule, vers 15 à 20 jours après la levée.

La réponse à la fertilisation organique

Différentes études ont été réalisées dans toutes les zones du bassin cotonnier pour valoriser au mieux les apports de matière organique. Elles ont confirmé la variabilité des caractéristiques physico-chimiques des différents types de fumier (Kapland et Estes, 1985 ; Ganry, 1983). Le pH-eau du fumier de bovin, plus proche de la neutralité (valeurs comprises entre 7,05 et 8,23), serait favorable à une décomposition rapide. Le pH-eau du fumier de cheval est généralement plus élevé (valeurs comprises entre 8,41 et 9,52). Le fumier de bovin présente des teneurs plus élevées en azote, en phosphore et en soufre que le fumier de cheval.

Le cotonnier répond positivement à l'apport de matière organique, avec une amélioration proportionnelle du rendement en coton-graine et du bilan minéral établi par le diagnostic foliaire. Ces mêmes effets ont été observés par Cissé et Vachaud (1988) et par Piéri (1989). Cependant, aucune interaction significative avec l'engrais minéral n'a été mise en évidence.

Les conditions de valorisation semblent à la portée des producteurs. Les doses les plus intéressantes se situent, en effet, entre 4 et 6 t/ha en fonction de la qualité du fumier (taux d'ensablement, maturité, teneur en eau), de son origine et des types de sol. La dose de 4 t/ha est surtout préconisée avec le fumier de bovin en stabulation. En revanche pour les fumiers moins élaborés de cheval ou de poudrette de parc, il faut aller jusqu'à 6 t/ha pour avoir des réponses intéressantes, de même que sur les sols trop légers du Sine-Saloum.

La valeur fertilisante des fumiers a été comparée à l'efficience de l'engrais minéral, en station comme en milieu réel. Avec le fumier de bovin, la dose d'amendement de 4 t/ha donne le même rendement que 50 % de la dose de fumure minérale vulgarisée. L'association de 4 t/ha de fumier avec 100 kg/ha d'engrais NPKSB donne la même production que 200 kg/ha d'engrais NPKSB. Compte tenu du prix des engrais en 1994, des économies significatives de 50 % sur le coût des engrais minéraux, soit 22 000 FCFA/ha, peuvent ainsi être réalisées. Il semble plus efficient d'introduire les apports de matière organique dans l'assolement en tête de rotation, sur la céréale, et de valoriser l'arrière-effet par une culture cotonnière.

La fertilisation en culture pluviale

Un dispositif expérimental de type essai soustractif (Braud, 1968), qui a fait ses preuves à l'échelle de l'Afrique tropicale, a été utilisé pour déterminer les formules d'engrais les plus efficientes pour la culture pluviale du cotonnier dans la zone Sénégal-Oriental - Haute-Casamance. Le principe est de comparer une formule complète NPKSB (TC) et un témoin non fertilisé (T0) à des formules incomplètes du fait du retrait alternatif de chacun des principaux éléments minéraux : sans

azote (TC-N), sans phosphore (TC-P), sans potasse (TC-K) et sans soufre (TC-S). Chaque traitement est reconduit sur lui-même pendant toute la durée de l'étude jusqu'à l'épuisement (production très faible) de l'élément minéral le plus limitant. Chaque traitement a fait l'objet de prélèvements foliaires et des observations visuelles correspondantes, afin de permettre une extrapolation à partir des bilans minéraux et des fonctions de production (Braud, 1980). La formule complète de base est composée de 35 N, 28 P_2O_5, 70 K_2O, 10 S et 2 B_2O_3 (tableau VII).

Tableau VII. Rendements et pourcentage de pertes de récolte calculé pour le retrait de chaque élément minéral de la formulation complète.

Code traitement	Composition	Zone nord		Zone sud	
		Rendement (kg/ha)	Perte par rapport à NPKSB (%)	Rendement (kg/ha)	Perte par rapport à NPKSB (%)
NPKSB	Fumure complète	954	-	1159	-
(-)PKSB	Sans azote	539	44	656	43
N(-)KSB	Sans phosphore	813	15	927	20
NP(-)SB	Sans potasse	657	31	739	36
NPK(-)B	Sans soufre	823	14	1051	9
(-)(-)(-)(-)(-)	Sans fumure	481	50	564	51

Une hiérarchisation très nette s'établit au bout de la quatrième année avec un épuisement significatif du traitement sans azote jusqu'au niveau du traitement sans fumure, quelle que soit la zone. L'azote est un élément indispensable. Son absence dans la formule induit des pertes de rendement de plus de 40 %. Il doit être le pivot de la formule minérale. Les teneurs de cet élément en pourcentage de matière des feuilles et les fonctions de production révèlent généralement un état déficitaire à l'échelle de toute la zone cotonnière (Braud, 1980).

La potasse, avec des pertes induites de plus de 30 %, est le second élément limitant. Cependant, son effet dépressif est plus accentué dans la zone sud, plus humide. L'absorption pourrait constituer un problème pour cet élément puisque, même avec un apport de 70 kg/ha d'unités fertilisantes, le bilan minéral est déficitaire pour les concentrations foliaires et les fonctions de production.

Le retrait du phosphore est beaucoup moins dépressif même s'il est relativement plus sévère en zone pluvieuse. L'effet dépressif du retrait du soufre n'est réellement apparu qu'après la troisième année de culture continue. Le bore n'a pas été étudié, mais les éléments du diagnostic foliaire indiquent une tendance au déficit dans le nord, zone moins pluvieuse.

Les formules d'engrais

Les essais soustractifs réalisés de 1988 à 1991 font ressortir le caractère limitant, par ordre décroissant, de l'azote, de la potasse et du phosphore pour les niveaux auxquels ils étaient inclus dans les formules NPK jusqu'alors vulgarisées (Guèye, 1991) : 8.18.27 (150 kg/ha) + KCl (100 kg/ha) + urée (50 kg/ha), soit 35 N + 27 P_2O_5 + 100,5 K_2O ; 6.14.35 (200 kg/ha) + urée (50 kg/ha), soit 35 N + 28 P_2O_5 +

70 K_2O. A partir de ces conclusions, il s'avérait nécessaire de revoir les équilibres N, P_2O_5 et K_2O pour plus d'efficience en tenant compte des rendements à atteindre (efficacité agronomique), de la rentabilité économique et de la reproductibilité dans le système. Un dispositif expérimental selon un arrangement composé rotatif central a été utilisé (*central composite design ;* Cochran et Cox, 1957), avec plusieurs doses d'engrais des 3 éléments N, P et K (tableau VIII). Sur la moyenne des 6 essais mis en place, les points d'inflexion de la courbe de réponse de l'azote, quand le phosphore est maintenu à 30 g/ha et la potasse à 40 kg/ha, se situent autour de la dose de 60 kg/ha. Pour le phosphore, quand l'azote est maintenu à 60 kg/ha et la potasse à 40 kg/ha, les points d'inflexion se situent autour de 30 kg/ha. Pour la potasse, quand l'azote est maintenu à 60 kg/ha et le phosphore à 30 kg/ha, les points d'inflexion se situent autour de 40 kg/ha. Cette première interprétation à partir des rendements physiques et des courbes moyennes de réponse indique un équilibre autour de 60 N, 30 P_2O_5 et 40 K_2O pour une productivité optimale dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés.

Tableau VIII. Eléments fertilisants et doses d'engrais. L'azote, le phosphore et le potassium sont apportés sous forme d'urée (46 % N), de Supertriple (45 % P_2O_5) et de chlorure de potasse (60 % K_2O).

	N	P_2O_5	K_2O
Doses (kg/ha)	0	0	0
	20	10	15
	60	30	40
	100	50	65
	120	60	80

Par rapport à cet équilibre récemment défini, les différentes formules d'engrais NPK jusqu'alors vulgarisées sont relativement sous-dosées en azote, plus ou moins correctes pour le phosphore et relativement surdosées pour la potasse : 8.18.27 (50 kg/ha) + KCl (100 kg/ha) + urée (50 kg/ha), soit 35 N + 27 P_2O_5 + 100,5 K_2O ; 6.14.35 (200 kg/ha) + urée (50 kg/ha), soit 35 N + 28 P_2O_5 + 71 K_2O.

Une étude a permis de tester trois combinaisons avec les engrais actuellement disponibles sur le marché (Guèye, 1995). La comparaison porte sur :
– 8.18.27 (150 kg/ha) + urée (100 kg/ha), soit 58 N + 27 P_2O_5 + 40,5 K_2O ;
– 14.23.14 (250 kg/ha) + urée (50 kg/ha), soit 58 N + 57,5 P_2O_5 + 35 K_2O ;
– 20.16.20 (200 kg/ha) + urée (50 kg/ha), soit 63 N + 32 P_2O_5 + 40 K_2O.

Les rendements moyens sur 5 tests sont de 1 014 kg/ha de coton-graine pour la première combinaison, de 1 029 kg/ha de coton-graine pour la deuxième et de 975 kg/ha de coton-graine pour la troisième. Ils ne sont pas significativement différents à P = 0,05, ce qui traduit une certaine plasticité de l'équilibre NPK 60-30-40 retenu quelle que soit la combinaison qui permet d'y arriver. De même, les marges brutes (128 880 FCFA/ha, 124 830 FCFA/ha et 123 750 FCFA/ha) sont très proches, pour un prix de vente du coton-graine de 170 FCFA/kg, un prix d'achat de l'engrais NPK de 162 FCFA/kg et un prix d'achat de l'urée de 192 FCFA/kg. Avec la disparition de la formule 8.18.27 sur le marché, il est recommandé d'opter pour la formule 20.16.20 à 200 kg/ha, plus un apport complémentaire de 50 kg/ha d'urée au moment du buttage vers 45 jours après semis.

La place du cotonnier dans la rotation culturale

Le cotonnier occupe une place relativement bien définie dans la rotation culturale (Nicou, 1976 ; Guèye, 1992). Les meilleurs précédents du cotonnier sont la jachère enfouie, l'arachide et le maïs. Le précédent de sorgho est généralement plus dépressif que la reconduction du cotonnier sur lui-même. En tête de rotation, le cotonnier est un très bon précédent pour toutes les céréales (mil, maïs, sorgho). Le plan de rotation quadriennale type recommandé est jachère, céréales/arachide, coton et céréales (Guèye, 1992).

Le désherbage chimique

Les adventices des champs de cotonnier ne sont pas spécifiques à la culture. Elles sont plutôt fonction du sol et du climat. Les espèces dominantes se répartissent en deux groupes : les graminées *(Pennicetum pedicellatum, Digitaria horizontalis, Dactyloctenium aegyptium, Cenchrus bilforus, Eleusine indica)* et les latifoliées *(Kyllinga squamulata, Commelina forskalei, Ipomoea eriocarpa, Hibiscus asper, Commelina benghalensis, Borreria stachydea, Cassia obtusifolia)*.

La maîtrise de ces mauvaises herbes est déterminante pour obtenir un rendement élevé (Guèye, 1990). L'efficacité, la sélectivité et la valeur pratique de plusieurs associations de matières actives herbicides ont été évaluées en milieu contrôlé et en milieu paysan par la prévulgarisation conduite par la SODEFITEX. Le Coton-Mix (diprométryne-métolachlor-paraquat : 189-126-42 g/l de matière active), le Flurone PD (fluométuron-prométryne-diuron : 250-250-250 g/l de matière active) et le Callifor G (prométryne-fluométuron-glyphosate : 250-250-60 g/l de matière active) se sont montrés très performants pour le désherbage de la culture. Ils permettent généralement de maintenir la parcelle propre (cotation CEB inférieure à 7), au moins jusqu'à 45 jours après le traitement en postsemis et en prélevée. Ils ont été largement diffusés par le développement.

Pour le désherbage sélectif du cotonnier en postlevée, seul le Gallant-Super (haloxyfop-éthoxy-éthyl : 104 g/l de matière active) est intéressant et vulgarisé par le développement. Mais son application doit être raisonnée en tenant compte de son effet limité sur les graminées.

La protection contre les ravageurs

Les changements intervenus dans les modalités de cession des intrants, associés à la baisse du revenu des producteurs, ont limité l'adoption des différents paquets techniques, en particulier les traitements phytosanitaires. A cela s'ajoute l'évolution des ravageurs, notée au cours des dernières années. Dans ce contexte, il s'avère indispensable d'adapter la protection à ces nouvelles contraintes.

Les ravageurs du cotonnier

Au Sénégal, l'entomofaune nuisible du cotonnier est assez diversifiée. Cependant, elle reste dominée par une dizaine d'espèces dont l'importance et l'incidence sur la production cotonnière varient en fonction des zones et des années (Diongue, 1986-1991, 1989). Les espèces les plus couramment rencontrées appartiennent à

3 grands groupes : les phyllophages, les piqueurs-suceurs, les carpophages ou ravageurs des capsules.

Parmi les phyllophages, on compte : *Spodoptera littoralis,* généralement peu fréquent, mais localement ou temporairement assez important, dont l'incidence peut être redoutable dans certaines circonstances ; *Anomis flava,* assez fréquent en moyenne, dont l'incidence globale va de non négligeable à notable (au cours des 5 dernières années d'observation en station, les populations ont été faibles) ; *Syllepte derogata,* assez fréquent en moyenne, dont l'incidence globale va de non négligeable à notable.

Parmi les piqueurs-suceurs, on note : *Aphis gossypii,* assez fréquent en moyenne, dont l'incidence est redoutable dans certaines circonstances (perturbation biologique à la suite de traitements mal adaptés, retard de semis) ; *Bemisia tabaci,* généralement fréquent, mais localement ou temporairement assez important, dont l'incidence est redoutable dans certaines circonstances (perturbation biologique à la suite de traitements mal adaptés, retard de semis).

Parmi les chenilles carpophages, on peut citer : *Helicoverpa armigera*, dont l'incidence est forte et générale (c'est un ravageur dont la bonne maîtrise doit être assurée pour obtenir une production intéressante) ; *Earias* sp., assez fréquent en moyenne, d'incidence globale non négligeable à notable ; *Diparopsis watersi,* généralement peu fréquent, mais localement ou temporairement assez important, dont l'incidence peut être redoutable dans certaines circonstances. Parmi les piqueurs carpophages, on rencontre *Dysdercus volkeri,* assez fréquent en moyenne, dont l'incidence globale va de non négligeable à notable.

Les techniques de lutte

Deux tournants ont été observés dans la protection du cotonnier au Sénégal, l'un porte sur la technique d'application, l'autre sur les matières actives. Jusqu'en 1973, les applications foliaires étaient réalisées sous forme de bouillie d'un concentré émulsifiable. En 1974, la technique à ultra-bas volume (UBV) a été testée et, à partir de 1978, la presque totalité des champs de cotonniers a été traitée par cette technique. La technique à très bas volume (TBV), testée en 1991, est actuellement utilisée pour la totalité des superficies cotonnières. Jusqu'en 1978, les matières actives n'étaient composées que d'organochlorés et d'organophosphorés. Une meilleure connaissance des pyréthrinoïdes a ensuite conduit à développer des associations binaires entre pyréthrinoïdes et organophosphorés. Le nombre moyen des applications est de 5 à 6 depuis 1979 avec l'introduction des pyréthrinoïdes.

Cependant, l'utilisation prolongée des pyréthrinoïdes a entraîné l'apparition de la résistance des ravageurs aux matières actives de cette famille. Des échecs dans la lutte ont été signalés pour certains ravageurs, en particulier *H. armige*ra et *B. tabaci*. Le programme de protection à 2 fenêtres, testé avec succès contre ces deux nuisibles en 1998, a été vulgarisé en 1999 sur toute la zone cotonnière. Actuellement, 5 à 6 applications, espacées de 14 jours, sont réalisées avec l'endosulfan, par exemple, pour les deux premières, et avec une association binaire composée de pyréthrinoïde et d'organophosphorés, pour les applications suivantes. La première application a lieu 45 jours après la levée.

Les acquis de la recherche

Les travaux ont porté pour l'essentiel sur la lutte chimique, qui demeure la méthode la plus efficace. Le programme a permis d'identifier les ravageurs, d'établir un réseau expérimental de suivi du complexe parasitaire, d'étudier la dynamique deq populations des principaux ravageurs, leur nuisance et leur distribution spatiale. Ils ont aussi abouti à la mise au point d'un schéma cohérent d'expérimentation phytosanitaire (stations et points d'appui pour la recherche d'accompagnement, petite et grande prévulgarisation pour la recherche-développement, vulgarisation) et à une gamme plus étendue de nouvelles molécules vulgarisables. L'usage de doses de matières actives plus faibles mais biologiquement efficaces a été recommandé et des programmes de protection moins coûteux ont été mis en place.

A partir de l'observation des fréquences et des périodes d'apparition des espèces d'insectes nuisibles réalisée sur 19 années, les carpophages sont les principaux ravageurs dans toutes les zones cotonnières (Badiane, 1995, 1996-2000). Ces insectes méritent par conséquent une attention particulière dans les programmes de recherche.

La situation sanitaire du cotonnier montre qu'il est presque impossible de mener sa culture dans les conditions agroclimatiques du Sénégal sans des mesures de protection adéquates. Pour une production élevée et continue d'un coton de qualité supérieure recherché sur le marché mondial, une protection chimique s'avère nécessaire. Actuellement, grâce aux nouvelles matières actives développées et aux matériels d'épandage relativement légers disponibles, les programmes conseillés sont devenus beaucoup plus simples et les traitements, moins contraignants. L'adoption progressive de ces nouvelles techniques a contribué de manière significative à l'amélioration des rendements.

L'impact social de la recherche

La mesure ex-post de l'impact de la recherche et de l'effort de vulgarisation sur la filière cotonnière au Sénégal a été réalisée en octobre 1994 par une équipe pluridisciplinaire composée de chercheurs de l'ISRA et de l'université Purdue. Les gains sociaux de la recherche sont évalués grâce aux outils de mesure du bien-être économique en utilisant les concepts de surplus des producteurs et des consommateurs. L'indice de performance utilisé est le taux de rentabilité interne. Les innovations technologiques résultant de la sélection, de l'amélioration variétale et des progrès de l'agronomie, de la phytotechnie et de l'entomologie ont contribué de façon significative à l'amélioration de la filière cotonnière sénégalaise.

Des variétés de plus en plus performantes ont été sélectionnées et diffusées. En passant de la variété BJA à L299 en 1983, le rendement a progressé de 4 %. Par rapport à cette dernière, IRMA-96+97, diffusée en 1988, a eu un avantage de 11 %. Le passage de IRMA-1243 à STAM-F, en 1993, a permis encore d'améliorer le rendement agronomique de 4 % et l'introduction de STAM-42 en 1996 a fourni un gain de 2 % par rapport à STAM-F. Parallèlement au rendement agronomique, la recherche variétale a contribué à l'amélioration des paramètres industriels et commerciaux de la fibre. Pour le rendement à l'égrenage, des grains de 2,9 % pour IRMA-1243, de 2,5 % pour STAM-F et de 2,3 % pour STAM-42 ont été enregistrés

par rapport à L299 cultivée de 1982 à 1988. Pour la qualité de la fibre, la longueur et le pourcentage de nepposité ont été améliorés.

De nouvelles formules d'engrais chimiques plus efficientes ont été définies, ainsi que des modalités d'utilisation de la fertilisation minérale et organique en fonction des potentialités agronomiques et climatiques des zones de production et des techniques culturales. En 1986, la formule d'engrais NPK 8.18.27 a été remplacée par la 6.14.35. Cette dernière a été abandonnée au profit de la 14.23.14, et, depuis 1993, la 20.16.20 est vulgarisée. Le passage d'une formule à l'autre a permis des gains de productivité d'environ 200 à 250 kg/ha. Les changements de formule d'engrais associés à l'utilisation des insecticides ont entraîné une baisse des coûts de production du coton de l'ordre de 13 000 FCFA/ha.

Dans le domaine de la protection du cotonnier, les progrès concernent la technique d'application des insecticides et le choix des matières actives. En 1991, le passage définitif du traitement à ultra-bas volume (UBV), qui utilise 3 l de produit commercial par hectare, au traitement à très bas volume (TBV), qui utilise 1 l de produit commercial dans 9 l d'eau, a permis des économies importantes sur les coûts de traitement.

Plusieurs intervenants de la filière ont bénéficié des retombées positives de la recherche et du transfert de technologies : le producteur par l'amélioration de la productivité et du rendement à l'égrenage, les industries textiles par l'adaptation des qualités de la fibre aux procédés de filature modernes, les industries agroalimentaires par l'augmentation de la teneur en huile des variétés diffusées. Pour le coton, la disponibilité et la qualité des informations sur les gains de rendement et sur la diffusion des technologies constituent un atout majeur pour estimer les gains sociaux de la recherche et du transfert de technologies. La méthode employée pour estimer ces gains repose sur des outils de mesure du bien-être économique (Mohamed et Sanders, 1991). Les concepts de surplus des producteurs et des consommateurs servent à quantifier l'effet des innovations technologiques sur l'augmentation de l'offre de coton. Le taux de rentabilité interne (TRI) est utilisé comme indice de l'impact social de la recherche. Pour éviter une surestimation des gains sociaux, un déplace-ment pivotant de la courbe d'offre est retenu. L'analyse financière est fondée sur les prix domestiques effectivement payés aux producteurs. Afin d'apprécier l'importance du produit secondaire que constituent les graines dans la rentabilité social du coton, l'analyse économique est réalisée en déduisant la valeur des graines du flux des bénéfices bruts.

Les coûts de la recherche comprennent les frais de fonctionnement et les salaires payés au personnel de l'ISRA. Les coûts de vulgarisation ont été estimés à partir des données fournies dans le rapport d'évaluation du Projet de développement rural du Sénégal-Oriental (PDRSO). L'estimation du coût moyen de l'encadrement à l'hectare a permis de déterminer le coût annuel de la vulgarisation.

Sans tenir compte du marché international et des subventions sur les intrants agricoles (analyse financière), le taux de rentabilité interne de la recherche et de la vulgarisation s'élève à 32,9 %. Ce taux exprime le rendement alternatif équivalent obtenu en plaçant les montants investis dans une autre activité productive. Le taux cible minimal recommandé se situe entre 10 et 12 % (Akino et Hayami, 1975). L'utilisation des prix paritaires aux importations à travers l'analyse économique, en tenant compte des subventions sur les intrants, donne un taux de rentabilité interne de 37,0 %. Sans tenir compte du sous-produit que constituent les graines

et en déduisant les subventions aux intrants du flux des bénéfices, le taux de rentabilité interne est de 33,6 %. Ce résultat est assez proche du taux calculé dans l'analyse financière.

Il ressort de ces résultats que l'investissement dans la recherche et la vulgarisation est une alternative intéressante pour l'utilisation des fonds publics. La rentabilité de l'investissement demeure de loin supérieure aux taux cibles qui sont préconisés par les instances de décision.

Références bibliographiques

Akino M., Hayami Y., 1975. Efficiency and equity in public research breeding in Japan's economics development. American Journal of Agriculture Economics, 57 : 1-10.

Angé A., 1984. Les contraintes de la culture cotonnière dans le système agraire de Haute-Casamance au Sénégal. Thèse de docteur-ingénieur, INA, Paris-Grignon, 765 p.

Badiane D., 1995. Situation parasitaire du cotonnier au Sénégal et méthodes de contrôle. Mémoire de titularisation, 85 p.

Badiane D., 1996-2000. Rapport annuel d'activités : entomologie, coton.

Bèye A.M., 1994. La recherche cotonnière sénégalaise de 1985 à 1994 : bilan et perspectives. ISRA, 8 p.

Braud M., 1968. La fertilisation minérale du cotonnier dans les pays en voie de développement : esquisse d'une méthodologie. *In :* II^{e} colloque européen et méditerranéen sur le contrôle de la fertilisation des plantes cultivées.

Braud M., 1980. Contribution à l'étude de la détermination des déficiences minérales du cotonnier par analyses foliaires. *In :* V^{e} colloque international sur le contrôle de la nutrition minérale des plantes cultivées, Castel Franco, 25 p.

Chanselme J.L., Lançon J., Lkassou C., 1986. Amélioration variétale et technologie cotonnière. In : Rapport annuel 1986-1987. MESRES, IRA, CRA, Maroua, 238 p.

Cissé L., Vachaud G., 1988. Influence des apports de matière organique sur la culture du mil et de l'arachide sur sol sableux du Nord-Sénégal. II. Développement des plantes et mobilisations minérales. Agronomie, 8 : 411-417.

Cochran W.G., Cox G.M., 1957. Experimental designs (2nd ed.). John Wiley, New York.

Crétenet M., Vaissayre M., 1986. Modèle de décision appliquée à la fertilisation minérale et protection phytosanitaire en culture cotonnière. Coton et fibres tropicales, 41 : 89-96.

Diongue I., 1986-1991. Rapports annuels d'activités : entomologie, coton.

Diongue I., 1989. Evolution récente du parasitisme du cotonnier au Sénégal et perspectives de la protection phytosanitaire. *In :* I^{re} conférence de la recherche cotonnière africaine, Lomé, 31 janvier-2 février 1989.

Ganry F., 1983. Quelques réflexions pratiques sur la valorisation agricole des fumiers et composts. *In :* La recherche agronomique pour le milieu paysan, Nianing, 5-11 mai 1983, p. 108-119.

Guèye M., 1987-1998. Rapports d'activités analytiques. ISRA, Tambacounda.

Guèye, M. 1990. Rapports d'activités analytiques 1989. ISRA, Tambacounda, 96 p.

Guèye M., 1991. Rapports d'activités analytiques 1989. ISRA, Tambacounda, 102 p.

Guèye M., 1992. Rapports d'activités analytiques 1989. ISRA, Tambacounda, 90 p.

Guèye M., 1995. Rapports d'activités analytiques 1989. ISRA, Tambacounda, 100 p.

Hau B., 1987. Development of glandless cotton in Africa. *In :* Beltwide cotton production research conference, Dallas, p. 4-8.

Jallas E., Douti P.Y., Sognibe B., 1987. Etudes des interactions entre les trois principaux facteurs de production : protection, fumure, entretien (protocole expérimental). IRCT, Anié-Mono, 28 p.

Jallas E., Douti P.Y., Joly A., Crétenet M., 1989. Contribution à l'optimisation des itinéraires techniques et aide à la décision en culture cotonnière au Togo. *In :* I^{re} conférence de la recherche cotonnière africaine, Lomé, 31 janvier-2 février 1989, p. 395-420.

Kapland P.I., Estes G.O., 1985. Organic matter relationships to soil nutrients status and aluminium toxicity in alfalfa. Agronomy Journal, 77 : 735-738.

Ministère de l'Agriculture, 1986a. Etude de la filière cotonnière du Sénégal : bilan et perspectives. Ministère de l'Agriculture, Dakar, 25 p.

Ministère de l'Agriculture, 1986b. Statistiques agricole de la république du Sénégal : année 1986-1994. Direction de l'agriculture, Division des statistiques agricoles, Dakar, 35 p.

Ministère de l'Economie et des finances, 1995. Index des valeurs des exportations au compte de l'année fiscale 1994. Ministère de l'Economie et des finances, Dakar, 45 p.

Mohamed M.A., Sanders J.H., 1991. The economics impact of Hageen Dura in the Gezira scheme, Sudan. *In :* International sorghum and millet CRSP conference, INTSORMIL Publication 92-1, Lincoln.

Nicou R., 1976. Etude de successions culturales au Sénégal : résultats et méthodes. L'Agronomie tropicale, 32 : 51-61.

Piéri C., 1989. Fertilité des terres de savanes : bilan de trente années de recherches et de développement agricoles au sud du Sahara. Ministère de la Coopération et du développement, CIRAD-IRAT, Paris, 444 p.

SODEFITEX, 1996. Rapport d'activités annuel 1995. Ministère de l'Agriculture, Dakar, 85 p.

Touré Y., Langlais C., 1989. Importance de la fumure dans la maîtrise des adventices en culture cotonnière : cas de la Côte d'Ivoire. *In :* I^{re} conférence de la recherche cotonnière africaine, Lomé, 31 janvier-2 février 1989, p. 547-554.

Les productions horticoles

Emile Victor COLY, Pape Abdoulaye SECK, Abdou Aziz MBAYE

Au Sénégal, l'horticulture a longtemps été considérée comme une activité agricole secondaire, destinée à satisfaire les besoins alimentaires des populations citadines. Son importance économique s'est accrue peu à peu à partir de 1960, du fait de la forte augmentation de la consommation de ses produits, du nombre croissant d'actifs du secteur et des revenus qu'elle génère pour les producteurs. En outre, elle joue un rôle fondamental dans l'équilibre de la balance commerciale du pays en réduisant les importations.

Au cours de ces dernières décennies, la production horticole s'est accrue considérablement. Ainsi, la production maraîchère est passée de 100 000 t en 1984 à 152 000 t en 1990-1991 et à 182 000 t en 1993-1994. Les superficies maraîchères ont connu la même progression : 6 500 ha en 1984 à 12 000 ha en 1994. Quant à la production fruitière, qui concerne essentiellement les régions de Thiès, de Saint-Louis et de la Casamance, elle est passée de 95 000 t en 1987 à 103 000 t en 1991-1992 (Ministère de l'Agriculture, 1994). Pour les deux types de production, les rendements ont connu une augmentation régulière grâce aux nouvelles variétés sélectionnées ou introduites et grâce aux techniques culturales développées par le CDH (Centre pour le développement de l'horticulture).

Pour l'essentiel, les cultures horticoles sont pratiquées dans la zone des Niayes, bande du littoral nord située entre Dakar et Saint-Louis. Le climat de type subcanarien et la disponibilité de l'eau toute l'année favorisent largement ce type d'activité. Outre cette bande littorale, les productions fruitières se rencontrent à Thiès, en Casamance et au Sénégal-Oriental. Le développement du secteur horticole se heurte à un certain nombre de contraintes : l'absence de maîtrise de l'eau, l'inaccessibilité des facteurs de production (semences, engrais, produits phytosanitaires, carburant, foncier), le sous-équipement en matériel agricole, le manque de formation et de professionnalisme des horticulteurs, l'insuffisance des méthodes et des structures de conservation, de conditionnement et de transformation des produits.

En 1984, la nouvelle politique agricole avait pour objectif principal l'autosuffisance agricole et le relèvement du niveau de vie des populations. Pour la filière horticole, le plan directeur de l'horticulture, élaboré en 1994 à la suite du conseil interministériel de 1993, visait l'autosuffisance en produits horticoles de grande consommation, particulièrement en pommes de terre et en oignons, mais aussi la

production de surplus exportables afin d'améliorer la balance commerciale du secteur agricole. Pour la zone des Niayes, la production maraîchère devait atteindre à terme 400 000 t, dont 30 000 t destinées à l'exportation. Les stratégies à mettre en œuvre reposaient sur un doublement des surfaces cultivées, mais aussi sur une intensification de la production, une meilleure maîtrise de l'eau et une meilleure organisation de la commercialisation et de l'exportation.

Les premiers tests d'adaptation des espèces maraîchères et fruitières introduites remontent à l'installation des jardins d'essai ou jardins d'acclimatation des légumes tempérés, des fruitiers et des plantes d'agrément : jardin de Richard-Toll en 1816 et jardin de Sor en 1898 (Fall et Fall, 2001). Cependant, les recherches horticoles formalisées et organisées n'ont débuté qu'avec la création, dans la zone des Niayes, des stations fruitières de Mboro et du km 15 et plus récemment du CDH, qui a abrité à partir de 1972 un important projet de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) financé par le PNUD (Programme des Nations unies pour le développement). Les analyses et expérimentations étaient réparties par culture ou groupe de cultures et portaient sur la production de semences, l'économie, la commercialisation, la phytopathologie, l'entomologie, la prévulgarisation et la formation (CDH, 1986). Les recherches, prises en charge par les experts de la FAO jusqu'en 1981, ont ensuite été confiées aux chercheurs sénégalais.

Les recherches maraîchères sont principalement menées par le CDH à Dakar et sur la station de Ndiol à Saint-Louis. Les résultats sont ensuite relayés par les CAT (Centres d'appui techniques) installés en milieu paysan, qui réalisent les démonstrations et le transfert des acquis de la recherche. En 1991, un projet régional de la FAO a pris en charge les activités de recherche-développement, et ce n'est qu'en 1999 que le Réseau africain pour le développement de l'horticulture a remplacé le projet régional de la FAO.

Ces recherches portent essentiellement sur trente-deux espèces légumières (ail, asperge, aubergines européenne et locale, baselle, bissap ou oseille de Guinée, carotte, chou cabus, chou de Chine, chou-fleur, concombre, cornichon, courgette, échalote, fraisier, gombo, haricot nain, haricot à rame, jaxatu, laitue, manioc, melon, navet chinois, oignon, pastèque, patate douce, piment, pois, poivron, pomme de terre, potiron et tomate) et treize espèces fruitières (agrumes, manguier, avocatier, litchi, pomme cannelle, cerise de Cayenne, grenadillier, goyavier, papayer solo, sapotillier, pommier, cocotier et longani).

Elles impliquent plusieurs institutions de recherche et d'enseignement nationales et internationales : l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles), l'ITA (Institut de technologie alimentaire), l'UCAD (Université Cheikh Anta Diop), les instituts et écoles d'agriculture, des organisations non gouvernementales, la FAO, des universités européennes et américaines et des institutions de recherche européennes comme le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement).

Les principaux résultats

La production maraîchère au Sénégal est caractérisée par une grande diversité de produits. Les légumes sont généralement classés soit selon l'origine ou les habitudes de consommation — légumes de type africain (manioc, patate douce, piment, jaxatu,

gombo, bissap) et légumes de type européen (pomme de terre, oignon, chou pommé, tomate, carotte, aubergine, navet, haricot vert) — soit selon la destination ou encore le marché : légumes destinés au marché local (carotte, aubergine, navet, jaxatu, gombo et piment), légumes d'exportation (haricot vert, melon, tomate, poivron, gombo).

De manière générale, l'offre de légumes de type européen est importante de janvier à juin, période correspondant aux cultures de saison. Elle est en revanche moindre pendant la saison chaude et humide, de juillet à octobre.

LE HARICOT NAIN

La sélection et l'amélioration variétale

Le haricot vert *(Phaseolus vulgaris)* est devenu au fil des années la première culture d'exportation vers l'Europe. Trois types sont cultivés : le type filet, sans fil ni graine (pour l'exportation essentiellement), le type mangetout, avec des gousses plus longues, et le type à écosser en frais, avec des gousses de 7 à 8 graines. Plus de 300 variétés ont été introduites et testées (CDH, 1986). Les variétés recommandées sont, pour le type filet, Garonel et Belna (semis d'octobre à mars), pour le mangetout, Picker, Calvy, Vadenel et Findor (semis d'octobre à juin), pour le type à écosser en grains frais ou secs, Ariel (semis d'octobre à mars).

D'autres variétés ont été introduites : Kilomètre (haricot kilomètre), Cora, Contender, Vadenel, Slankino, Nérina, Picker, La Victoire (haricot nain Bobby), Slica (haricot nain plat), Label, Royalnel, Duel et Garonel (haricot nain filet).

Le haricot à rames est cultivé principalement pour ses gousses vertes et longues, sans fil ni parchemin. La récolte se fait en saison des pluies. Une quarantaine de variétés ont été introduites et testées. Les variétés recommandées sont Blanc de Juillet et Stringless Blue Lake (semis de mai à septembre).

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font de septembre à avril avec une densité de plantation de 40 166 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). Seuls les semis de septembre à février intéressent l'exportation. La fumure de fond recommandée est de 10 à 15 t/ha de matière organique et de 200 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 150 kg/ha de 10-10-20, 20 et 40 jours après le semis. L'irrigation est de 9,2 mm/j par aspersion et de 6,4 mm/j au goutte-à-goutte. Selon le type de haricot et la variété, le rendement minimal varie entre 5 et 15 t/ha et le rendement maximal, entre 15 et 25 t/ha.

La protection phytosanitaire

Les ennemis du haricot sont peu nombreux. Huit insectes et acariens, six agents pathogènes et une maladie non parasitaire ont été recensés (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Les ennemis les plus importants sont la foreuse des gousses *(Maruca testulalis),* la noctuelle de la tomate *(Helicoverpa armigera),* l'araignée rouge *(Tetranychus urticae),* la mineuse des feuilles *(Liriomyza trifolii),* les agents pathogènes de la pourriture du collet *(Pythium aphanidermatum, Fusarium solani, Rhizoctonia solani).* Contre la foreuse des

gousses et la noctuelle de la tomate, on préconise des traitements aux pyréthrinoïdes (la deltaméthrine, entre autres). Contre la mineuse des feuilles, la cyromazine et l'abamectin sont efficaces. La lutte contre les acariens repose sur l'utilisation de l'abamectin, de l'azocyclotin, de l'endosulfan ou du soufre, si toutefois les populations ne sont pas très importantes. En revanche, les agents pathogènes de la pourriture du collet ne peuvent être évités qu'en prenant soin de désinfecter les semences au thirame.

LE MELON

La sélection et l'amélioration variétale

Le melon *(Cucumis melo)* est aussi l'une des principales cultures d'exportation. Près de 200 variétés ont été introduites et testées au Sénégal. Les variétés recherchées ont un fruit de forme sphérique ou légèrement aplatie, à écorce lisse et à chair orange, et sont préférentiellement résistantes au blanc, au mildiou et à la mouche des fruits. Les principales variétés recommandées sont Diamex, Jaune Canarie, Galia, Perlita, Cantalex, Omega F1, Proteo F1, Retato Degli, Ortolani, Védrantais et Gulfstream (CDH, 1986).

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis s'effectuent d'octobre à avril avec une densité de 22 200 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). Les semis pour l'exportation sont réalisés entre octobre et janvier. La fumure de fond recommandée est de 30 à 40 t/ha de matière organique et de 400 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 200 kg/ha de 10-10-20 à 15, 30, 50 et 80 jours après le repiquage. L'irrigation est de 7,3 mm/j par aspersion et de 5,1 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 15 et 60 t/ha et le rendement maximal, entre 30 et 80 t/ha. Des techniques de tuteurage et de taille ont été mises au point.

La protection phytosanitaire

Onze insectes et acariens et cinq agents pathogènes ont été recensés (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Les ennemis les plus importants sont la mouche des fruits (*Didacus* spp.), la coccinelle des cucurbitacées *(Henosepilachna elaterii),* les pucerons *(Aphis gossypii),* les agents pathogènes du mildiou *(Pseudoperonospora cubensis)* et de l'oïdium *(Erysiphe cichoracearum)*. Contre la mouche des fruits et la coccinelle, on préconise des traitements au diméthoate, malathion, trichlorfon, imidaclopride et méthomyl car aucune variété ne peut résister à leurs attaques. Contre les pucerons, la bifenthrine, l'imidaclopride, les pyréthrinoïdes comme la deltaméthrine et la lambda-cyhalothrine sont préconisés. La lutte contre l'agent pathogène du mildiou passe par l'utilisation de variétés tolérantes ou de produits phytosanitaires comme le manèbe, le mancozèbe, le chlorothalonil ou le métalaxyl. En revanche, les agents pathogènes de l'oïdium ne peuvent être maîtrisés qu'en prenant soin d'utiliser des produits comme la triforine, le soufre, le triadiméfon.

LA TOMATE

La sélection et l'amélioration variétale

La tomate *(Lycopersicon esculentum)* est l'une des plus importantes cultures légumières et fait aussi l'objet d'exportations vers l'Europe. Trois types sont cultivés : la tomate pour la consommation en frais, la tomate pour l'industrie et la tomate cerise. Près de 500 variétés ont été introduites ou sélectionnées (CDH, 1986 ; ISRA, 1998a). Les variétés recommandées pour la consommation en frais sont Hope nr1-H, Small fry-H, Roma, Perle rouge F1, Tropiva n. 3, Supersweet 100 F1, Calypso, Calinago F1, Darus F1, Dual Pride F1, GS12 F1, Floradade, Heinz 1370, Evita F1, Lily F1, Bar-123 F1, BR-139 F1, Touty F1, Djebel F1, Caracoli, Cristina, Elena F1, Diana F1, Mongal F1, AVRDC19, Harmor F1, Heatmaster F1, Heatwave F1, Caribou F1, Elios F1, Shiva F1, Formosa, Heinz 2274, RS902780 F1, Lignon et IPA3, pour les variétés introduites, Xina 84111 et Xina 841G, pour les variétés sélectionnées par le CDH. Les lignées résistantes au TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) sont C-8-6-M2, Pertylcv, Duotylcv et Octotylcv. Pour la transformation en concentré, les variétés recommandées sont Slumac F2, Goram, Tima, Rossol, Tom6, Rio Grande, Rio Fuego, Roma, Cigalou, F3XL77, Romitel, lignées 4 et 62 (sélectionnées par le CDH et résistantes aux nématodes).

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font toute l'année avec une densité de 25 000 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). Les semis pour l'exportation sont réalisés entre octobre et décembre-janvier. La fumure de fond recommandée est de 30 à 40 t/ha de matière organique et de 400 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 200 kg/ha de 10-10-20 à 15, 30, 50 et 80 jours après le repiquage. L'irrigation est de 7,3 mm/j par aspersion et de 5,1 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 15 et 50 t/ha et le rendement maximal, entre 30 et 100 t/ha. Des techniques de tuteurage et de taille ont été mises au point.

La protection phytosanitaire

Les ennemis d'importance économique sont la noctuelle de la tomate, le puceron vert *(Myzus persicae),* l'acariose bronzée *(Aculops lycopersici),* la mouche blanche, l'alternariose *(Alternaria solani),* le blanc *(Leveillula taurica),* la pourriture du fruit *(Rhizoctonia solani)* et la galle bactérienne *(Xanthomonas vesicatoria)* (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre les lépidoptères, la mouche blanche et les pucerons, des traitements à la bifenthrine, à la deltaméthrine, à l'imidaclopride, à la lambda-cyhalothrine, à l'acéphate et au thiamétoxame sont préconisés. L'abamectin, l'endosulfan, le cyhéxatin, l'azoxyclotin et le dicofol sont efficaces contre l'acariose bronzée. Les infestations de galle bactérienne sont maîtrisées par des produits à base de cuivre. Contre la rhizoctoniose l'application de captafol, de métirame-zinc, de manèbe, de mancozèbe, de chlorothalonil, d'iprodione, entre autres, est recommandée. La maladie du blanc est contrôlée par des applications de soufre et de triforine. Des stratégies de lutte intégrée ont été développées contre certains déprédateurs comme la noctuelle : utilisation de seuils d'intervention, application du binaire *Baculovirus*-deltamétrine ou encore pratique de lâchers préventifs et inondatifs de

trichogrammes, parasites des œufs. Ces techniques de lutte sont associées aux méthodes de production et de protection classiques (date de semis propice, variétés résistantes ou tolérantes, rotation-assolement des cultures, utilisation de voile de protection en pépinière, fertilisation raisonnée). L'utilisation des mottes permet de raccourcir la phase de pépinière d'une semaine, mais aussi de réduire les infestations de nématodes au champ grâce à une bonne protection des racines par la matière organique.

La pomme de terre

La sélection et l'amélioration variétale

La pomme de terre *(Solanum tuberosum)* est une culture importante pour la consommation. Près de 100 variétés ont été introduites ou améliorées pour le calibre des tubercules, la pelure (beige), la résistance au transport et la conservation (CDH, 1986 ; ISRA, 1998a). Les variétés recommandées sont Désirée, Nicola, Baraka, Famosa, Claustar, Pamina, Lola, Sahel, Atlas, Super Star, Yesmina, Ajiba, Blondy, Timate, Ariane, O'Sirène, Safrane, Charlotte, Première, Diamant et Alpha.

Les techniques culturales et la fertilisation

Trois périodes de culture ont été définies : la culture hâtive (plantation octobre-novembre), la culture de pleine saison (plantation décembre-février) et la culture tardive (plantation mars-avril). La densité de plantation recommandée est de 55 500 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; ISRA, 1998a ; FAO, 1998a). La fumure de fond est de 15 à 20 t/ha de matière organique et de 250 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 250 kg/ha de 10-10-20 à 15 et 35 jours après la plantation. L'irrigation est de 8,8 mm/j par aspersion et de 6,2 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 10 et 25 t/ha et le rendement maximal, entre 15 et 40 t/ha. La taille des tubercules est fonction de la densité. Une technique de production de semences pour la culture hâtive a été élaborée, ainsi que des techniques de conservation des tubercules à l'air libre dans des séchoirs. Par ailleurs, les conditions de prégermination des semences et de levée de dormance ont été étudiées. Des techniques de multiplication rapide ont été mises au point (production de plants à partir de semences botaniques, multiplication à partir de bourgeons).

La protection phytosanitaire

Sur la pomme de terre, le CDH a recensé une quinzaine d'insectes et d'acariens ainsi que six agents pathogènes occasionnant des dégâts plus ou moins sérieux. Les ennemis les plus importants sont la courtilière *(Gryllotalpa africana),* le puceron vert du pêcher, l'acarien *(Polyphagotarsonemus latus),* les agents pathogènes de l'alternariose et de la pourriture brune du collet *(Rhizoctonia solani)* (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre la courtilière, on préconise des traitements du sol au chlorpyriphos-éthyl, au diazinon et au carbofuran et la rotation des cultures (au moins trois ans sur sol sablonneux). La lutte contre le puceron vert repose sur l'utilisation de bifenthrine, de pyrimicarbe, d'acéphate, d'endosulfan, de deltaméthrine, d'imidaclopride et de méthomyl. L'acariose de la pomme de terre peut

être combattue avec des produits comme l'abamectin, le soufre, le bromopropylate, l'azocyclotin et le cyhéxatin. En outre, le chlorothalonil, le manèbe, le propinèbe, l'iprodione et le thiophanate-méthyl associé au manèbe permettent de contrôler l'alternariose. La pourriture brune du collet est maîtrisée en appliquant du carbendazime et de l'iprodione. Il est indispensable d'utiliser des tubercules sains et d'éviter de blesser les tiges lors du buttage.

LE POIVRON

La sélection et l'amélioration variétale

Le poivron *(Capsicum annuum)* est essentiellement cultivé pour l'exportation et la consommation locale par les résidents étrangers. Les variétés introduites (plus de cent) sont le plus souvent à gros fruits carrés à mi-allongés (CDH, 1986). Les variétés recommandées sont Tambel 2, Africa F1, Yolo Wonder, Indra F1, Orobelle F1, Stella F1, Bomby F1, King Arthur F1, Galaxie F1 et Earliest Red Sweet.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font d'octobre à juin avec une densité de 49 400 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). Les semis pour l'exportation se font entre octobre et janvier. La fumure de fond recommandée est de 15 à 25 t/ha de matière organique et de 500 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 200 kg/ha de 10-10-20 à 15, 30, 50 et 80 jours après le repiquage. L'irrigation est de 6,9 mm/j par aspersion et de 4,8 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 10 et 20 t/ha et le rendement maximal, entre 20 et 35 t/ha.

La protection phytosanitaire

Le poivron est attaqué tant par les insectes et les acariens (près d'une quinzaine recensés) que par les agents pathogènes. Les ennemis les plus importants sont le faux ver rose *(Cryptophlebia leucotreta),* la mouche des fruits *(Ceratitis capitata),* le blanc et la galle bactérienne (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre le faux ver rose et la mouche des fruits, on préconise des traitements à la bifenthrine, au diméthoate, au trichlorfon, à la deltaméthrine, à la lambda-cyhalothrine et à la cyfluthrine. Le soufre, le triadiméfon, la triforine, le pyrazophos permettent de contrôler le blanc. La lutte contre la galle bactérienne peut être envisagée grâce à l'utilisation de produits à base de cuivre.

L'AUBERGINE

La sélection et l'amélioration variétale

La culture de l'aubergine *(Solanum melongena)* est pratiquée essentiellement pour la consommation urbaine. Une centaine de variétés ont été introduites et testées (CDH, 1986 ; ISRA, 1998a). Les mieux adaptées sont Black Beauty, Violette Longue, Obala F1, Avan F1, Adama F1, Zebrina, Kalenda F1, Early Prolific H et Large Fruited H.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font de septembre à juillet avec une densité de 53 000 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). La fumure de fond est de 20 à 30 t/ha de matière organique et de 500 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 250 kg/ha de 10-10-20 à 40, 60 et 80 jours après le repiquage. L'irrigation est de 6,7 mm/j par aspersion et de 4,7 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 15 et 30 t/ha et le rendement maximal, entre 35 et 55 t/ha. Des techniques de taille et de greffage des plants ont été mises au point.

La protection phytosanitaire

Sur l'aubergine, les problèmes entomologiques sont plus nombreux que les problèmes pathologiques. Les ennemis d'importance économique sont la cicadelle *(Jacobiasca lybica),* la noctuelle de la tomate, le puceron vert, l'araignée rouge, la mouche blanche, le ver du fruit *(Daraba laisalis),* la rouille *(Aecidium habungense)* et la stemphiliose *(Stemphylium solani)* (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre les lépidoptères, la cicadelle, la mouche blanche et les pucerons, on préconise des traitements à la bifenthrine, à la deltaméthrine, à l'imidaclopride, à la lambda-cyhalothrine, à l'acéphate et au thiamétoxame. L'abamectin, l'endosulfan, le cyhéxatin, l'azoxyclotin et le dicofol sont efficaces contre l'araignée rouge. Les infestations de rouille sont maîtrisées avec des applications de métirame-zinc, de manèbe, de mancozèbe, de chlorothalonil, d'iprodione, entre autres. La stemphiliose est contrôlée par des applications d'iprodione, de captafol, de manèbe, de mancozèbe et de chlorothalonil.

Le jaxatu

La sélection et l'amélioration variétale

Le jaxatu *(Solanum aethiopicum),* ou tomate amère, est un légume typiquement africain. Une cinquantaine de variétés et de populations ont été introduites ou améliorées (CDH, 1986). Les plus cultivées sont Soxna, Keur Mbir Ndaw, Ngoyo, Ngalam, L10, L16 et L18. Les quatre dernières sont tolérantes aux acariens.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font toute l'année avec une densité est de 25 000 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). La fumure de fond recommandée est de 10 à 20 t/ha de matière organique et de 400 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 200 kg/ha de 10-10-20 à 20, 40 et 60 jours après le repiquage. L'irrigation est de 6,2 mm/j par aspersion et de 4,3 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 15 et 20 t/ha et le rendement maximal, entre 30 et 40 t/ha. Des techniques de levée de dormance ont été élaborées, comme le trempage des graines pendant 20 h dans une solution de 500 ppm d'acide gibbérellique.

La protection phytosanitaire

Les ennemis d'importance économique sont la cicadelle, la noctuelle de la tomate, le puceron vert, l'araignée rouge, la mouche blanche, le ver du fruit, la rouille et la stemphiliose (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre les lépidoptères, la cicadelle, la mouche blanche et les pucerons, on préconise des traitements à la bifenthrine, à la deltaméthrine, à l'imidaclopride, à la lambda-cyhalothrine, à l'acéphate et au thiamétoxame. L'abamectin, l'endosulfan, le cyhéxatin, l'azoxyclotin et le dicofol sont efficaces contre l'araignée rouge. Les infestations de rouille sont maîtrisées par des applications de métirame-zinc, de manèbe, de mancozèbe, de chlorothalonil et d'iprodione, entre autres. La stemphiliose est contrôlée par des applications d'iprodione, de captafol, de manèbe, de mancozèbe et de chlorothalonil.

LE PIMENT

La sélection et l'amélioration variétale

Le piment *(Capsicum frutescens)* est cultivé pour ses fruits très piquants. On le consomme frais ou en poudre dans les mets africains. Plus de cent variétés ou populations ont été introduites et testées (CDH, 1986). Les obtentions du CDH sont Salmon, Safi et Malika. Les variétés Jaune du Burkina, Sucette de Provence, Sha Ema, Sali F1, Tropic F1, Pical F1, Antillaise 14-5, Caribbean et Bazooka ont été introduites.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font toute l'année avec une densité de 55 500 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). Cependant, les meilleurs rendements sont obtenus en hivernage. En effet, le froid ralentit le développement de la plante. La fumure de fond est de 15 à 20 t/ha de matière organique et de 300 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 150 kg/ha de 10-10-20, à 20, 40, 60 et 80 jours après le repiquage. L'irrigation est de 8,6 mm/j par aspersion et de 6 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété et la saison de culture, le rendement minimal varie entre 5 et 20 t/ha et le rendement maximal, entre 10 et 30 t/ha. Des techniques de levée de dormance ont été élaborées comme le trempage des graines pendant 20 h dans une solution de 500 ppm d'acide gibbérellique.

La protection phytosanitaire

Les ennemis du piment les plus importants sont le faux ver rose, la mouche des fruits, le blanc et la galle bactérienne (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre le faux ver rose et la mouche des fruits, on préconise des traitements à la bifenthrine, au diméthoate, au trichlorfon, à la deltaméthrine, à la lambda-cyhalothrine et à la cyfluthrine. Des produits comme le soufre, le triadiméfon, la triforine et le pyrazophos permettent de contrôler le blanc. La lutte contre la galle bactérienne peut être réalisée avec de produits à base de cuivre.

L'OIGNON

La sélection et l'amélioration variétale

L'oignon *(Allium cepa)* est le légume le plus consommé au Sénégal, avec plus de 32 000 t/an. Près de deux cents variétés ont été introduites ou sélectionnées pour leur bulbe de coloration brun orange à violet, riche en matière sèche, leur absence de floraison en première année et leur tolérance aux thrips (CDH, 1986 ; ISRA, 1998b). Les principales variétés recommandées sont, pour la production de bulbilles, Violet de Galba et Noëlle (obtention de la recherche nationale) ; pour la production de bulbes, Violet de Galmi, Noflay, Yaakaar (obtention de la recherche nationale), Red Créole, Jaune Hâtif de Valence, Arly Texas Grenu 502 PR, Arly Harvey F1, Jaune Espagnol Tardif, Valencia, Temprana, Rouge d'Amposta, Rouge Espagnol, Tropic Brown, Grand Prix F1 PRR, Ram 735, Galil et Elad (variétés introduites).

Les techniques culturales et la fertilisation

Des techniques de semis directs et de repiquage ont été mises au point. Les semis sont réalisés en avril pour la production de bulbilles (Violet de Galmi et Noflay) et d'octobre à avril pour la production de bulbes avec une densité de 500 000 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). La production d'oignon à partir de bulbilles permet de raccourcir le cycle et de disposer de produits dès novembre, alors que l'oignon en culture normale (semis en octobre) n'arrive à maturité qu'en janvier.

La fumure de fond recommandée est de 10 à 15 t/ha de matière organique et de 200 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 150 kg/ha de 10-10-20 à 35 jours après le semis. L'irrigation est de 5,4 mm/j par aspersion et 3,8 mm/j au goutte-à-goutte. Le rendement minimal varie entre 10 et 50 t/ha et le rendement maximal, entre 30 et 80 t/ha. Des abris séchoirs ont été conçus pour conserver l'oignon. Cette technique permet d'approvisionner les marchés de juillet à octobre après les dernières récoltes de la saison sèche. Ces abris séchoirs sont largement utilisés par les coopératives de producteurs et les opérateurs économiques du secteur.

La protection phytosanitaire

Les ennemis de l'oignon sont peu nombreux. Six insectes et deux agents pathogènes ont été recensés (Collingwood *et al.,* 1984, Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Les ennemis les plus importants sont les thrips *(Thrips tabaci),* la noctuelle de la tomate, les agents pathogènes de la pourriture du bulbe *(Sclerotium rolfsii)* et la racine rose (*Pyrenochaeta terrestris* et *Fusarium* spp.). Contre les thrips et la noctuelle de la tomate, on préconise des traitements aux pyréthrinoïdes (deltaméthrine, lambda-cyhalothrine, entre autres) et à la bifenthrine. En outre, des variétés d'oignon comme Yaakaar (obtention du CDH) sont tolérantes aux thrips. Contre la racine rose, on recommande une rotation culturale d'au moins trois ans avec des cultures autres que l'oignon, l'ail, le poireau et l'échalote. Une désinfection du terrain au métam-sodium est recommandée. Certaines variétés sont moins sensibles aux agents pathogènes de la racine rose. En revanche, la racine rose ne peut être évitée qu'en prenant soin de ne pas irriguer abondamment la parcelle et en brûlant les premières plantes attaquées.

L'AIL

La sélection et l'amélioration variétale

Contrairement à l'oignon, la culture de l'ail *(Allium sativum)* n'est pas courante au Sénégal du fait de certaines croyances populaires. Ainsi, peu d'efforts de recherche et de vulgarisation ont été consacrés à cette culture bien que près de 2 milliards de francs CFA soient dépensés chaque année pour l'importation du produit (CDH, 1986 ; ISRA, 2000 ; ISRA, 2001). Les variétés recommandées sont, parmi les variétés précoces (155 jours), l'ail malien, Nango Sahel, Fabougou et l'ail local ; pour les variétés semi-tardives (180 à 188 jours), Cap-Vert, Blanc d'Egypte, Ti Blanc, Ail Madagascar, Réunion 67, Gros Ail, Gros Bleu, Ail Mussard, Ti Bleu, VFG 176 mG, VFG 180 (3-1), G50-4-1, G42-1-1 et G98-6-1 ; pour les variétés tardives (209 jours), Ti Vacoa, Ail Barret, Rouge Entre-Deux, Ail d'Afrique, Ail Rouge et Ail Gonthier.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font de septembre à novembre avec une densité de 500 000 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). Pour une bonne levée, les caïeux peuvent être trempés dans une solution fongique avant la plantation. La fumure de fond recommandée est de 10 à 15 t/ha de matière organique et de 200 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 150 kg/ha de 10-10-20 35 jours après le semis. Selon les variétés, le rendement minimal varie entre 5 et 6 t/ha et le rendement maximal est de 7 t/ha. Des techniques de tuteurage et de taille ont été mises au point.

La protection phytosanitaire

Peu d'ennemis ont été recensés sur l'ail (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Les plus importants sont les thrips, la noctuelle de la tomate, les agents pathogènes de la pourriture du bulbe et la racine rose. Contre les thrips et la noctuelle de la tomate, on préconise des traitements aux pyréthrinoïdes (deltaméthrine, lambda-cyhalothrine, entre autres) et à la bifenthrine. L'irrigation par aspersion peut fortement réduire les populations de thrips par effet mécanique. Contre la racine rose, il est recommandé de faire une rotation culturale d'au moins trois ans avec des cultures autres que l'oignon, l'ail, le poireau ou l'échalote. Une désinfection du terrain au métam-sodium est recommandée. Certaines variétés sont moins sensibles aux agents pathogènes de la racine rose. En revanche, la racine rose ne peut être évitée qu'en prenant soin de ne pas irriguer abondamment la parcelle et en brûlant les premières plantes attaquées.

LES CHOUX

La sélection et l'amélioration variétale

Le chou (*Brassica oleracea* var. *capitata, B. campestris* subsp., *B. oleracea* var. *botrytis*) est un produit de grande consommation au Sénégal, après l'oignon, la pomme de terre et la tomate. Plus de deux cents variétés ont été introduites et

testées, entre autres, le chou cabus, pour ses petites pommes sphériques, le chou de Chine, apprécié pour ses pommes sphériques allongées, et le chou-fleur, prisé par les étrangers pour ses inflorescences blanches et denses à grains fins (CDH, 1986 ; ISRA, 2000). Les variétés recommandées sont, pour le chou brocoli, Giulia F1 et Lola F1 ; pour le chou chinois, Bokchoy, Kido F1, Victory F1, Saladeer H et Chanpug Extra Early ; pour le chou-fleur, Hoggar F1, Islandia, Siria F1, Cabrera F1, Mont-Perle F1, Serrando F1, Famers Early n. 3, Wite Contessa H et Wite Top H ; pour le chou pommé, Marché de Copenhague, Bali F1, Acre d'Or, Africa Cross F1, Rotan F1, Grandslam F1, Quattro F1, Amphion F1 KK Cross F1, Alta F1, Fabula F1, Celia F1, Sahel F1, Domon F1, Venus F1, Rustica 2000 F1, Pluto F1, Fortuna F1, Tropicana F1, Amphion F1 Oxylus F1, Africa Cross F1, Savana Cross F1, Green Disk F1, Pakrite H, Fama H, Green Express H, Summer H 50 et Superette ; pour le chou-rave, Blanc Hâtif de Vienne.

Les techniques culturales et la fertilisation

Pour le chou pommé, les semis se font toute l'année avec une densité de 81 600 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). La fumure de fond est de 20 à 30 t/ha de matière organique et de 250 à 300 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 200 kg/ha de 10-10-20, 20 et 35 jours après le repiquage. L'irrigation est de 8,2 mm/j par aspersion et de 5,7 mm/j au goutte-à-goutte. Le rende-ment minimal varie entre 15 et 35 t/ha et le rendement maximal, entre 30 et 50 t/ha.

Pour le chou chinois, les semis se font toute l'année, mais essentiellement d'octobre à novembre. La fumure de fond est de 15 à 20 t/ha de matière organique et de 300 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 200 kg/ha de 10-10-20, 20 et 35 jours après le repiquage. Les doses et la fréquence d'irrigation sont les mêmes que pour le chou pommé. Le rendement minimal varie entre 10 et 30 t/ha et le rendement maximal, entre 20 et 40 t/ha.

Pour le chou-fleur, les semis se font d'octobre à mai. La fumure de fond est de 30 à 40 t/ha de matière organique et de 300 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 250 kg/ha de 10-10-20, 20 et 40 jours après le repiquage. La dose et la fréquence d'irrigation sont de 11,4 mm/j par aspersion et 8 mm/j au goutte-à-goutte. Le rendement minimal varie entre 15 et 20 t/ha et le rendement maximal, entre 20 et 30 t/ha.

La protection phytosanitaire

Le chou est attaqué par une vingtaine d'insectes et d'agents pathogènes, les trois principaux étant la teigne *(Plutella xylostella),* le borer *(Hellula undalis)* et le mildiou *(Peronospora parasitica)* (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre les lépidoptères, on préconise des traitements aux pyréthrinoïdes (deltaméthrine, lambda-cyhalothrine), aux organophosphorés (acéphate ou quinalphos) ou à la bifenthrine. Les produits à base de *Bacillus thuringiensis* sont efficaces contre ces ravageurs. La lutte contre ces lépidoptères peut être renforcée en combinant la lutte chimique aux méthodes de production et de protection classiques : date de semis propice, variétés tolérantes, utilisation de voile de protection en pépinière, fertilisation raisonnée. La lutte contre le mildiou s'effectue au moyen du manèbe, mancozèbe, chlorothalonil.

La carotte

La sélection et l'amélioration variétale

La carotte *(Daucus carota)* est un légume essentiel du fait de sa bonne valeur nutritionnelle. Sa consommation est cependant assez faible, de l'ordre de 5 000 t/an. Plusieurs variétés ont été introduites pour leur racine conique de couleur orange au cœur incolore et pour leur résistance à l'alternariose (CDH, 1986). Les variétés recommandées sont Kinko, Chanteney 6, Nantaise Améliorée, New Kuroda, Japan Cross F1, Amazonia F1, Nanthya F1, Nantes 2, Forto, Shin Kuroda, Touchon, Super Kuroda, Valor, Panther F1, Nandor H et Tabor.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font d'octobre à août (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). La fumure de fond est de 10 à 20 t/ha de matière organique et 500 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 300 kg/ha de 10-10-20, 20 et 40 jours après le repiquage. L'irrigation est de 6,7 mm/j par aspersion et de 4,7 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 10 et 25 t/ha et le rendement maximal, entre 20 et 35 t/ha.

La protection phytosanitaire

Le CDH a recensé peu d'ennemis sur la carotte. Les plus courants sont l'alternariose, le blanc et les nématodes (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre l'alternariose, on préconise des traitements au chlorothalonil et au mancozèbe, entre autres. Une bonne efficacité du soufre, du triadiméfon, de la triforine a été observée contre le blanc. La lutte contre les nématodes de la carotte, de la pomme de terre et de la tomate peut être envisagée grâce à l'utilisation du carbofuran, de l'oxamyl, de l'éthoprophos et du neem, entre autres produits recommandés par la recherche. Une rotation culturale de trois ans peut réduire sensiblement le niveau d'infestation du sol.

La laitue

La sélection et l'amélioration variétale

La laitue *(Lactuca sativa)* est très prisée par les populations autochtones. Près de deux cents variétés ont été introduites et testées pour leur pomme dense, serrée et bien coiffée et surtout pour la production en période chaude et humide (hivernage) (CDH, 1986). Les variétés recommandées sont Blonde de Paris, Madrilène, Du Bon Jardinier, Kagraner Sommer, Kinemontepas, Grosse Blonde, Paresseuse, Merveilles des 4 saisons, Soprane, Pierre Benite, Brillantine, Salad Bowl Verte, Salad Bowl, Rouge, Sierra, Masaïda, Lollita, Armada, Great Lakes, Minetto, Rexina, Verpia, Ithaca et Empire.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font d'octobre à juin avec une densité de 11 100 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). La fumure de fond recommandée est de 15 à 25 t/ha de matière organique et de 250 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 250 kg/ha de 10-10-20, à 20 et 40 jours après la plantation. L'irrigation est de 7,1 mm/j par aspersion et de 5,0 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 15 et 35 t/ha et le rendement maximal, entre 25 et 50 t/ha.

La protection phytosanitaire

Les principaux ennemis de la laitue sont les chenilles (*Helicoverpa armigera*, *Agrotis ypsilon*, *Spodoptera* spp.), les nématodes (*Meloidogyne* spp.) et la septoriose (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre les chenilles, on préconise les mêmes traitements que pour l'aubergine (diméthoate, deltaméthrine, lambda-cyhalothrine, cyfluthrine, cyperméthrine). La lutte contre les nématodes peut être envisagée grâce à l'utilisation du carbofuran, de l'oxamyl, de l'éthoprophos et du neem. Une rotation culturale de trois ans peut réduire sensiblement le niveau d'infestation du sol. En outre, le manèbe, le mancozèbe, le zinèbe et le bénomyl sont recommandés pour lutter contre la septoriose.

Le fraisier

La sélection et l'amélioration variétale

La culture du fraisier *(Fragaria ananassa)* est surtout pratiquée pour l'exportation, qui a connu son apogée avec la création de la société La Roseraie. Des tris variétaux ont été réalisés pour les variétés à gros fruits fermes, sucrés et aromatisés (CDH, 1986). Les variétés recommandées sont Selva, Chandler, Oso, Grande, Milsei-Tulda, Aliso, Tioga, Pocahontas et Gorella.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font d'octobre à novembre pour l'exportation. Sinon, ils peuvent se faire d'octobre à mars dans la région de Dakar avec une densité de 66 700 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). La fumure de fond recommandée est de 20 t/ha de matière organique, 100 kg/ha de sulfate de potasse, 100 kg/ha de sulfate d'ammoniac et 30 kg/ha de superphosphate triple. La fumure d'entretien est de 25 kg/ha de superphosphate triple, 60 kg/ha de sulfate de potasse et 100 kg/ha de sulfate d'ammoniac, une fois par mois après la plantation. L'irrigation est de 7,1 mm/j par aspersion et de 5,0 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 6 et 15 t/ha et le rendement maximal, entre 10 et 25 t/ha. L'irrigation au goutte-à-goutte combinée à un paillis de paille favorise le développement du fraisier. De même, la taille de la tige principale en saison sèche favorise le branchement de la plante.

La protection phytosanitaire

Les ennemis les plus courants sont les chenilles, l'araignée rouge et la pourriture cuir *(Phytophthora cactorum)* (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre les chenilles, on préconise des traitements au diméthoate, à la

deltaméthrine, à la lambda-cyhalothrine, à la cyfluthrine et à la cyperméthrine. Des produits comme l'abamectin, l'endosulfan, le cyhéxatin, l'azoxyclotin et le dicofol permettent de contrôler l'araignée rouge. Pour prévenir la pourriture cuir, l'achat de boutures certifiées est recommandé. En outre, il est recommandé de tremper les plants avant la plantation dans une solution de phoséthyl-Al. Dans les parcelles, les plants malades sont traités au métalaxyl.

Le gombo

La sélection et l'amélioration variétale

Le gombo *(Hibiscus esculentus)* est un légume de type africain très prisé par les Sénégalais. Certaines variétés sont cultivées pour l'exportation vers l'Europe et les Etats-Unis, qui se développe depuis quelques années. Les types recherchés ont des fruits tendres et sans fil (CDH, 1986). La recherche a sélectionné les variétés Bambara, Rouge de Thiès, Population 12 et Puso. Les variétés introduites sont Clemson Spineless, Emerald Green, Annie Oakley et Indiana.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font toute l'année. Cependant, la culture est sensible au froid. Quand la température descend en dessous de 20 °C, son développement est ralenti. La densité de plantation est de 24 700 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). La fumure de fond recommandée est de 10 à 20 t/ha de matière organique. La fumure d'entretien est de 200 kg/ha de 10-10-20 à 30, à 50 et 70 jours après le démariage. L'irrigation est de 6,3 mm/j par aspersion et de 4,4 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété et la saison de culture, le rendement minimal varie entre 3 et 10 t/ha et le rendement maximal, entre 6 et 20 t/ha.

La protection phytosanitaire

Les principaux ennemis du gombo sont la chenille du cotonnier *(Xanthodes graellsii),* la cétoine (*Pachnoda* sp.), les jassides *(Jacobiasca lybica),* les nématodes (*Meloidogyne* spp.), le flétrissement (*Fusarium* spp.) et le blanc *(Oidium abelmoschi)* (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre les chenilles, les jassides et les cétoines, on préconise des traitements au diméthoate, à l'acéphate, à la deltaméthrine, à la lambda-cyhalothrine, à la cyfluthrine, à la cyperméthrine et à la bifenthrine. Les nématodes peuvent être combattus avec du carbofuran, de l'oxamyl, de l'éthoprophos et du neem. Des applications de soufre, de triforine, de triadiméfon et de pyrazophos permettent de contrôler le blanc. Pour prévenir le flétrissement, l'achat de cultivars tolérants est recommandé, ainsi qu'une rotation d'au moins trois ans.

Le bissap

La sélection et l'amélioration variétale

Le bissap *(Hibiscus sabdariffa)* est un légume de type africain dont la culture est en pleine expansion. Les calices sont utilisés pour la fabrication de boisson rafraîchissante et les feuilles comme épinard. Depuis peu s'est ouvert un créneau pour l'exportation des calices vers l'Allemagne et les Etats-Unis pour les industries

alimentaires et cosmétiques (CDH, 1986 ; ISRA, 2001). La recherche a sélectionné trois variétés : Koor, Bissap Vert et Vimto.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font toute l'année pour la production de feuilles et en hivernage, de juin à août, pour la production de calices (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). La fumure de fond recommandée est de 10 à 20 t/ha de matière organique et de 300 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 200 kg/ha de 10-10-20 à 30, 50 et 90 jours après le semis. Bien que tolérant à la sécheresse, le bissap exige des arrosages fréquents et réguliers en saison sèche. Selon la variété, le rendement minimal en calices frais varie entre 2,5 et 6 t/ha et le rendement maximal, entre 5 et 12 t/ha. La taille de la tige principale en saison sèche favorise le branchement de la plante.

La protection phytosanitaire

Les ravageurs et maladies du bissap sont la chenille du cotonnier *(Xanthodes graellsii),* la cétoine, les jassides, les nématodes (*Meloidogyne* spp.), le flétrissement (*Fusarium* spp.) et le blanc *(Oidium abelmoschi)* (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Contre les chenilles, les jassides et les cétoines, on préconise des traitements au diméthoate, à l'acéphate, à la deltaméthrine, à la lambda-cyhalothrine, à la cyfluthrine, à la cyperméthrine et au bifenthrine. Les nématodes peuvent être combattus avec du carbofuran, de l'oxamyl, de l'éthoprophos et du neem. Des applications de soufre, de triforine, de triadiméfon, de pyrazophos permettent de contrôler le blanc. Pour prévenir le flétrissement, l'achat de cultivars tolérants est recommandé, ainsi qu'une rotation d'au moins trois ans.

LA PATATE DOUCE

La sélection et l'amélioration variétale

La patate douce *(Ipomoea batatas)* est une plante rustique cultivée pour ses tubercules de forme conique à chair blanche et sans fibres. Elle remplace la pomme de terre pour beaucoup de ménages sénégalais (CDH, 1986 ; ISRA, 1998a ; ISRA, 2001). Elle pourrait constituer dans les prochaines années une culture d'exportation vers les Etats-Unis. Les principales variétés recommandées sont Ngargu, Louga 5, Clone 45, Clone 29, Clone 2, Clone 39, Clone 45, Clone 27, Clone 19, Clone 25-44, Clone 25-32, Walo, Locale et Clone 809-24. Cette culture est en plein essor dans la région nord du fleuve Sénégal (culture irriguée et de décrue).

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font toute l'année avec une densité de 25 000 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). La fumure de fond recommandée est de 5 à 15 t/ha de matière organique et de 500 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 400 kg/ha de 10-10-20 à 30 jours après la plantation. L'irrigation est de 9,1 mm/j par aspersion et de 6,4 mm/j au goutte-à-goutte. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 15 et 60 t/ha et le rendement maximal, entre 20 et 70 t/ha. Le stress hydrique entraîne une baisse de production aussi bien des

tubercules que des feuilles. En outre, la technique du bouturage a été améliorée. Les boutures apicales de tiges non racinées sont préférées aux rejets de tubercules racinés.

La protection phytosanitaire

Les principaux ennemis de la patate douce sont le charançon *(Cylas puncticollis),* le sphinx *(Agrius convolvuli)* et les viroses (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Le charançon est sensible aux applications de deltaméthrine, de diméthoate, d'acéphate, de cyfluthrine et de cyperméthrine, entre autres. Dans les terrains infestés, il est recommandé de planter profondément les boutures ou d'effectuer une rotation d'au moins trois ans. Les chenilles sont combattues avec les mêmes produits que le charançon. L'utilisation de boutures saines est recommandée pour prévenir les viroses.

LE NAVET EUROPÉEN ET CHINOIS

La sélection et l'amélioration variétale

Le navet *(Raphanus sativus)* est peu consommé. Les variétés retenues sont Des Vertus Marteau, Shogun, Longo et Mandarin F1.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les semis se font de novembre à juin (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). La fumure de fond recommandée est de 15 à 25 t/ha de matière organique et de 300 kg/ha de 10-10-20. La fumure d'entretien est de 200 kg/ha de 10-10-20 à 15 et 20 jours après la plantation. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 10 et 25 t/ha et le rendement maximal, entre 15 et 30 t/ha.

La protection phytosanitaire

Le navet est l'une des plantes maraîchères qui compte le moins d'ennemis. Seules les chenilles peuvent perturber sérieusement son développement : *Helicoverpa armigera, Spodoptera littoralis, S. exigua, Agrotis ypsilon* (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). Les produits utilisés pour lutter contre ces chenilles sont le diméthoate, la deltaméthrine, la lambda-cyhalothrine, la cyfluthrine et la cyperméthrine, entre autres. En période chaude, on peut noter la présence de pucerons. Il est indispensable alors de procéder à des applications de bifenthrine, de pyrimicarbe, d'acéphate, d'endosulfan, de deltaméthrine, d'imidaclopride et de méthomyl.

LE MANIOC

La sélection et l'amélioration variétale

Le manioc *(Manihot esculenta)* est cultivé pour ses tubercules utilisés comme condiment dans les plats de riz ou bouillis et dégustés comme tels. Cette culture intéresse de plus en plus l'industrie alimentaire (fabrication de diverses pâtes et poudres alimentaires) et du vêtement (fabrication de gomme). Une cinquantaine de

variétés ont été introduites ou améliorées pour leur résistance à la sécheresse et leur faible teneur en acide cyanhydrique (CDH, 1986 ; ISRA, 1998a). Celles qui sont les mieux adaptées à la culture sont Kombo 2, Cololi 1, 30555, 30572, 30786, Kombo 1 et Cololi 2.

Les techniques culturales et la fertilisation

La plantation a lieu de juin à août avec une densité de 11 100 plants/ha (CDH, 1986 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998a). Les boutures sont choisies parmi les plantes mères d'au moins 8 mois exemptes de virose. Les boutures doivent avoir 5 à 6 yeux en bon état, tournés vers le haut lors de la plantation. La fumure de fond recommandée est de 5 à 10 t/ha de matière organique et de 600 kg/ha de 10-10-20. Les récoltes se font 8 mois après la plantation. Selon la variété, le rendement minimal varie entre 20 et 25 t/ha et le rendement maximal, entre 30 et 35 t/ha.

La protection phytosanitaire

Le manioc est une plante très rustique. Ses ennemis les plus importants sont la cochenille *(Phenacoccus manihoti),* l'araignée rouge, les nématodes (*Meloidogyne* spp.) et la mosaïque (Collingwood *et al.,* 1984 ; Beniest *et al.,* 1987 ; FAO, 1998b). La lutte contre les cochenilles passe par la prévention et la prophylaxie : plantation de boutures saines, trempage préalable de ces boutures dans des solutions de malathion ou de diméthoate, éloignement du champ par rapport aux champs contaminés, utilisation de variétés tolérantes. Certains auxiliaires peuvent être utilisés en appoint par le biais de lâchers inondatifs en saison sèche. La lutte contre la mosaïque est également prophylactique : prélèvement de boutures saines, utilisation de variétés tolérantes ou résistantes (clone 30-555). Les nématodes peuvent être combattus avec du carbofuran, de l'oxamyl, de l'éthoprophos et du neem.

Les agrumes

L'introduction variétale et la sélection de porte-greffe

Une gamme impressionnante de variétés d'agrumes a été introduite au Sénégal (Telemans, 1995c, 1995f). Pour ce qui est de la sélection de porte-greffe, la recherche a retenu les espèces et variétés suivantes en fonction de leur adaptation au milieu, de leur vigueur et de leur sensibilité aux maladies et ravageurs (Telemans, 1995f) : le bigaradier (comme porte-greffe du citronnier), le citrange Troyer et Carizo, *Citrus volkameriana* et *macrophylla,* les limes Tahiti, Ustis et Yuma Ponderosa, la mandarine Fremont, Osceola, Ponkan, Clémentine et Cléopâtre, les tangors Ortanique, Temple et Orlando, l'orange Washington Navels, Cadenera, Pineapple et Valencia Late, le pomelo Shambar Rouge.

Les techniques culturales et la fertilisation

Les méthodes de multiplication des espèces ont été étudiées, ainsi qu'un calendrier de semis et de greffage. Des techniques de pépinière ont été développées qui permettent des économies considérables de semences et d'eau. Ainsi, les porte-greffe sont semés avec des écartements de 7 cm (entre lignes) x 4 cm (entre graines). Le repiquage a lieu au stade 4-6 feuilles bien développées.

En pépinière (sur substrat sablonneux), la fumure est apportée toutes les deux semaines (urée : 10 g dilués dans 10 l d'eau en application foliaire). Dans les vergers, l'aménagement du terrain est important (brise-vent, irrigation, drainage). La distance de plantation est de 7 x 7 m pour les orangers, tangelos, tangors, citronniers et limettiers, de 6 x 6 m pour les mandariniers et de 9 x 9 m pour les pomelos (Telemans, 1995c, 1995f). Il est nécessaire d'apporter 30 à 40 t/ha de fumier. La pluviométrie nécessaire est de 150 mm/mois. L'irrigation localisée au goutte-à-goutte a été testée et vulgarisée. La fertilisation dépend du cycle végétatif de la plante et de son âge (Telemans, 1995c). La taille est recommandée.

La protection phytosanitaire

Les principaux ravageurs sont les cochenilles *(Ferisia virgata),* le puceron vert, le faux ver rose, la mouche des fruits, l'araignée rouge, la gommose à *Phytophthora* et la cercosporiose (Telemans, 1995f). Contre les cochenilles, il est recommandé d'utiliser le diméthoate ou le méthamidophos. Le contrôle des pucerons est effectué grâce au pyrimicarbe ou au méthomyl. Le faux ver rose ainsi que les mouches des fruits sont combattus par la deltaméthrine, le malathion, le fenthion ou le diméthoate. En outre, le dicofol, le folimat et le méthamidophos contrôlent bien les populations d'acariens. La gommose à *Phytophthora* est maîtrisée par des applications d'aliette, tandis que le bénomyl permet de réduire les infestations de la cercosporiose.

LE MANGUIER

L'introduction variétale et la sélection de porte-greffe

Les principales variétés recommandées sont Irwin, variété précoce à fruits colorés de calibre commercialisable, Zill, variété de pleine saison à production abondante et bonne tenue au transport, Eldon, variété de pleine saison très productive et d'excellente qualité gustative, Keitt, variété tardive résistante à l'anthracnose, et Kent, variété aux fruits bien colorés (Telemans, 1995a, 1995b, 1995f).

Les techniques culturales et la fertilisation

D'importants travaux ont été réalisés sur les techniques culturales (Telemans, 1995a, 1995b, 1995f). D'une manière générale, les manguiers réagissent bien à un sol fertile. Les sols très lourds à forte teneur en argile ainsi que les sols sablonneux sont à éviter. Les techniques de pépinière (semis en ligne des noyaux dans des planches) mises au point permettent des économies considérables de semences et d'eau. Dans les vergers, l'aménagement du terrain est important (brise-vent, irrigation, drainage). Les brise-vent permanents sont constitués d'arbres à développement rapide et de bon ancrage au sol comme *Casuarina, Leucaena, Gmelina, Cajanus cajan.* Les distances de plantation préconisées sont en règle générale de 8 x 8 m à 10 x 10 m. Un sous-solage profond (60 à 80 cm) de l'ensemble du terrain est recommandé et, éventuellement des apports d'amendements. Il est nécessaire d'apporter 30 à 40 t/ha de fumier. La plantation est effectuée dans un trou de 80 x 80 x 80 cm avec 50 l de fumier bien décomposé, du sulfate de potasse et du phosphate tricalcique (après analyse du sol). L'irrigation nécessaire pour les jeunes plants est de 150 l/mois pour la première année, de 300 l/mois pour la 2e année et de 500 l/mois pour la 3^{e} année

(Telemans, 1995b). L'équilibre NPK à retenir est 4-1-4. La taille, le paillage et le désherbage sont recommandés.

La protection phytosanitaire

Les principaux ravageurs sont les cochenilles *(Rastracoccus invadens),* le puceron vert, la mouche des fruits, l'araignée rouge et l'anthracnose. Contre les cochenilles, il est recommandé d'utiliser le diméthoate, le malathion ou le méthamidophos. Le contrôle des pucerons est effectué grâce au pyrimicarbe ou au méthomyl. Les mouches des fruits sont combattues avec des produits tels que la deltaméthrine, le malathion, le fenthion ou le diméthoate. En outre, le dicofol, le folimat et le méthami-dophos contrôlent bien les populations d'acariens. L'anthracnose est maîtrisée par des applications de manèbe, de bénomyl, de pyrazophos et de produits à base de cuivre.

L'AVOCATIER

L'introduction variétale et la sélection de porte-greffe

Les principales variétés recommandées sont Zutano, à fruits moyens de bonne qualité (teneur en huile de 15 à 18 %), Fuerte, à petits fruits de bonne qualité gustative (teneur en huile de 16 à 18 %), et Lula, variété précoce à fruits de bonne saveur (teneur en huile de 8 à 12 %) (Telemans, 1995d, 1995f).

Les techniques culturales et la fertilisation

D'une manière générale, les avocatiers réagissent bien à un sol fertile. Les sols très lourds à forte teneur en argile ainsi que les sols sablonneux sont à éviter (Telemans, 1995d, 1995f). Des techniques de pépinière (semis en ligne des noyaux dans des planches) ont été développées qui permettent des économies considérables de semences et d'eau. Dans tous les vergers, l'aménagement du terrain est important. Les brise-vent permanents sont constitués d'arbres à développement rapide et de bon ancrage au sol comme *Casuarina*, *Leucaena*, *Gmelina*, *Cajanus cajan*. Les distances de plantation préconisées sont de 8 x 8 m. Si la mécanisation est possible, il est recommandé de sous-soler profondément (60 à 80 cm) l'ensemble du terrain. Il est nécessaire d'apporter 30 à 40 t/ha de fumier. La plantation est effectuée dans un trou de 80 x 80 x 80 cm, avec 50 l de fumier bien décomposé, du sulfate de potasse et du phosphate tricalcique (après analyse du sol). En l'absence de pluies, les jeunes plants doivent être irrigués tous les 7 à 8 jours à raison de 15 à 40 l d'eau par plant suivant la saison et la nature du sol (Telemans, 1995d). Un arbre adulte a besoin de 700 mm d'eau par an. L'équilibre NPK à retenir est 4-1-3 (Telemans, 1995d). La taille, le paillage et le désherbage sont recommandés.

La protection phytosanitaire

Les principaux ravageurs sont *Phytophthora* et l'anthracnose. Contre *Phytophthora,* la lutte curative étant difficile, la lutte préventive culturale est recommandée : choisir le terrain, des plants sains et vigoureux et de bons porte-greffe, éviter les excès d'eau pendant l'irrigation. L'anthracnose est contrôlée avec des produits à base de cuivre, du manèbe, du bénomyl ou du thiophanate-méthyl.

LE COCOTIER

L'introduction variétale

Les principales variétés recommandées sont les cocotiers communs d'Afrique de l'Ouest, des Seychelles, des Nouvelles-Hébrides, des îles Laccadive (Inde), Ramona (Philippines), de Ko-Samui (Thaïlande), de Tahiti, de Kapperdon (Inde) et de San Blas (Panama) et les variétés Vert Pumilla, Jaune Eburnea, Rouge Régia, Port Bouet 121 (PB 121) et Port Bouet 111 (PB 111) (Telemans, 1995e, 1995f).

Les techniques culturales et la fertilisation

Les cocotiers ne souffrent pas de la sécheresse dans les zones à 1 500 mm de pluie par an. Ces palmiers requièrent un fort éclairement et un taux d'humidité toujours élevé (80 à 90 %). Ils préfèrent des sols aérés et correctement drainés (Telemans, 1995e, 1995f). Des techniques de pépinière permettent des économies considérables de semences et d'eau. Dans tous les vergers, l'aménagement du terrain est important. Les brise-vent permanents sont constitués d'arbres à développement rapide et à bon ancrage au sol comme *Casuarina, Leucaena, Gmelina, Cajanus cajan.* Les distances de plantation préconisées sont de 7 x 7 m, soit 200 plants/ha. Il est nécessaire d'apporter 30 à 40 t/ha de fumier. La plantation est réalisée dans un trou de 100 x 100 x 100 cm avec un apport de 50 l de fumier bien décomposé, de sulfate de potasse et de phosphate tricalcique (selon les résultats de l'analyse préalable du sol). La dose mensuelle d'irrigation est de 125 mm (Telemans, 1995e). Tous les ans, il est nécessaire d'apporter 50 à 100 kg de fumier bien décomposé par arbre. L'équilibre NPK à retenir est 1-2-3 (Telemans, 1995e). La taille, le paillage et le désherbage sont recommandés.

La protection phytosanitaire

Les principaux ravageurs sont les cochenilles *(Aspidiotus destructor),* les charançons (*Diocalandra* sp. et *Rhina nigra*), les coléoptères *(Oryctes rhinoceros)* et les chenilles (*Zophopetes* sp.). Contre les cochenilles, il est recommandé d'utiliser le diméthoate, le malathion ou le méthamidophos. Le contrôle des charançons, des autres coléoptères et des chenilles est effectué grâce à la deltaméthrine, à la lambda-cyhalothrine, au méthamidophos, au diméthoate ou au méthomyl.

Les filières horticoles

Les recherches sur les filières horticoles devaient permettre de mieux orienter les activités vers des productions dignes d'intérêt grâce aux données collectées sur les marchés, d'appréhender les mécanismes de formation des prix ainsi que leurs fluctuations et de maîtriser les circuits de commercialisation. L'ensemble de ces connaissances fournit aux producteurs un conseil adapté et aux décideurs, des informations fiables leur permettant une prise de décision juste.

L'organisation de la production

On distingue trois types d'exploitations : les petites exploitations familiales, de 0,2 à 0,5 ha en moyenne, qui assurent de près de 90 % l'approvisionnement du marché intérieur en légumes, les exploitations moyennes, entre 0,5 et 20 ha, et les exploitations agro-industrielles, qui possèdent plus de 20 ha et ont leur propre personnel d'encadrement.

L'évolution de la production de légumes

Les enquêtes menées de 1972 à 1985, ainsi que les données recueillies de 1986 à 2000 montrent que la production de légumes a varié dans le temps. Les surfaces emblavées annuellement tournent autour de 12 000 ha en moyenne pour une production d'environ 100 000 t. La zone des Niayes fournit à elle seule près de 80 % de la production (CDH, 1986).

La commercialisation

On distingue deux types de circuits de commercialisation : les circuits traditionnels, où les intermédiaires entre le producteur et le consommateur sont très nombreux, et les circuits modernes, pour certaines filières comme l'oignon, la tomate industrielle, la pomme de terre et la banane, où les intervenants sont les coopératives, les commerçants agréés, les grossistes et les détaillants (Seck, 1985b). Il existe aussi des circuits de commercialisation pour l'exportation (Seck, 1985a).

Les études fournissent également des informations sur la commercialisation des légumes des zones de production aux marchés de gros de Castors et Thiaroye dans la région de Dakar (Seck, 1985a, 1985b ; CDH, 1986). Elles analysent les débarquements tant en volume qu'en valeur, identifient les principales zones d'approvisionnement et mettent en exergue les mécanismes de la formation des prix. Ces prix dépendent de plusieurs facteurs : origine, prix d'achat au producteur, quantité offerte, qualité et calibre.

La consommation

Une enquête effectuée au début des années 1980 montre que les légumes les plus consommés sont, par ordre décroissant, l'oignon, le chou blanc, la tomate, la pomme de terre et l'aubergine (Sow, 1981).

Une étude plus récente estime les besoins en légumes de la région de Dakar jusqu'à l'horizon de l'an 2001 à partir d'une projection de l'évolution de la population et d'investigations sur la consommation (Seck, 1991). Elle permet d'identifier les facteurs limitant la production maraîchère et d'évaluer les possibilités de satisfaction des besoins pour chaque type de légume.

Le système d'information sur les prix

Dans la région de Dakar et plus récemment dans la région de Saint-Louis, des enquêtes ont été menées dans plusieurs marchés pour suivre l'évolution des prix des principaux légumes (CDH, 1986 ; ISRA, 2000). Les prix maximaux se situent

généralement en hivernage, période pendant laquelle les pullulations de déprédateurs entraînent une baisse de la production.

Ce système d'information élaboré pour les produits horticoles a été adapté aux produits vivriers. Il a aussi permis de développer en vraie grandeur un réseau d'information, le système Manobi, pour les producteurs, qui leur permet de connaître, pour toutes les zones de production, les quantités de légumes débarquées quotidiennement, ainsi que leur prix.

Les perspectives

Les résultats obtenus par la recherche sont transférés en milieu paysan et diffusés auprès des producteurs grâce aux essais multilocaux, par les services nationaux de développement (Société des terres neuves, Programme national de vulgarisation agricole) ou par les organisations non gouvernementales. Plus récemment, l'ANCAR (Agence nationale de conseil agricole et rural) s'est placée comme interlocuteur privilégié de la recherche pour le transfert de ses résultats en milieu paysan.

L'utilisation simultanée de nouvelles variétés et d'itinéraires techniques améliorés a permis d'augmenter la productivité ainsi que le volume de la production maraîchère et fruitière en un pas de temps très court et d'accroître le volume des exportations avec la création de la société Bud-Sénégal, qui a largement bénéficié des services et conseils de la recherche. En outre, la production a été étalée dans le temps, ce qui permet d'approvisionner régulièrement les marchés. Les pénuries de légumes ou de fruits pendant et juste après la période d'hivernage ne sont plus qu'un mauvais souvenir depuis une quinzaine d'années grâce à la sélection ou à l'introduction de nouvelles variétés maraîchères ou fruitières.

Des résultats ont aussi été obtenus dans le domaine de la protection des cultures. De 1973 à 1985, des tests d'efficacité de produits chimiques ont été effectués pour contrôler les déprédateurs. Ces produits chimiques peuvent ne plus être d'actualité ou être retirés des listes de produits autorisés en agriculture. Il convient donc de se rapprocher des services de la protection des végétaux avant toute utilisation.

Pour ce qui concerne l'orientation future des programmes, la recherche doit adopter une démarche qui intègre les préoccupations des producteurs, des exportateurs et des opérateurs privés. Elle doit, en particulier, conduire des activités répondant aux besoins des utilisateurs et mettre en place des essais dans les conditions réelles et en vraie grandeur. Elle doit aussi collaborer avec les producteurs, les exportateurs et les organismes de développement, pour permettre un transfert plus aisé des résultats, et favoriser la coopération entre chercheurs de disciplines différentes, dans un souci de complémentarité, et entre organismes, avec l'ITA en particulier pour la conservation et la transformation semi-industrielle.

Pour l'amélioration et la sélection variétales, l'accent doit être mis sur l'introduction ou la sélection de variétés pour l'exportation (haricot, melon, tomate, pomme de terre, gombo, piment, patate douce, fruitiers exotiques et fruitiers sauvages) et de variétés tolérantes au froid pour certains légumes de type africain comme le gombo et le piment. Il est également nécessaire d'élargir la gamme des variétés pour les légumes de type africain cultivés principalement en saison chaude et

humide ainsi que pour les fruitiers et de relancer le programme sur les tubercules (manioc et patate douce) afin d'élargir la gamme de variétés susceptibles d'intéresser les industriels de la transformation ainsi que les exportateurs.

Pour ce qui concerne les techniques culturales, il est indispensable de mettre au point une fertilisation raisonnée selon le type de sol et la culture sur la base des intrants disponibles sur le marché, de définir des doses d'irrigation selon le mode d'irrigation pour certaines cultures maraîchères et fruitières exigeantes en eau et d'établir des itinéraires techniques adaptés aux cultures marginales ou nouvelles.

Pour la protection phytosanitaire, les travaux doivent s'orienter vers des méthodes de lutte adaptées à chaque déprédateur ou groupe de déprédateurs, fondées sur une analyse écologique du complexe plante-déprédateur-écosystème. En outre, une évaluation économique objective de l'impact du déprédateur devrait déboucher sur un système d'avertissement en vue d'appliquer une protection intégrée, respectueuse de l'environnement et soucieuse de la santé des producteurs et des consommateurs. Cette démarche permettra aussi, par l'application d'un cahier de charges bien défini par le producteur, d'obtenir un produit de qualité avec un label de production et de protection intégrées. Aujourd'hui des tentatives de labellisation des produits maraîchers (production biologique, production et de protection intégrées) et fruitiers (provenance Sénégal, production biologique) sont répertoriées. L'analyse socio-économique du secteur agricole permettra d'appuyer sa structuration professionnelle.

Références bibliographiques

Beniest J., D'hont-Defrancq M., Coly E.V., De Maeyer L., 1987. Guide pratique du maraîchage au Sénégal. Clairafrique, Dakar, Cahiers d'information n. 1, 144 p.

CDH, 1986. Les cultures maraîchères au Sénégal : bilan des activités du CDH de 1972 à 1985. CDH, Dakar, 265 p.

Collingwood E.F., Bourdhouxe L., Defrancq M., 1984. Les principaux ennemis des cultures maraîchères au Sénégal. CDH, Dakar, 95 p.

Fall C.A., Fall A.S., 2001. L'horticulture, une activité agricole majeure. *In :* Cités horticoles en sursis ? L'agriculture urbaine dans les grandes Niayes au Sénégal, Fall S.T., Fall A.S. (éd.). CRDI, Ottawa, p. 19-31.

FAO, 1998a. Les pépinières maraîchères en Afrique soudano-sahélienne. FAO, Rome, 90 p.

FAO, 1998b. La production et la protection intégrées appliquées aux cultures maraîchères en Afrique soudano-sahélienne. FAO, Rome, 155 p.

ISRA, 1998a. Bilan du plan quinquennal de l'ISRA 1990-1995. ISRA, Dakar, 91 p.

ISRA, 1998b. Rapport annuel 1998. ISRA, Dakar, 88 p.

ISRA, 2000. Rapport annuel 1999. ISRA, Dakar, 68 p.

ISRA, 2001. Rapport annuel 2000. ISRA, Dakar, 78 p.

Ministère de l'Agriculture, 1994. Plan directeur de l'horticulture : diagnostic et politique de développement horticole. Ministère de l'Agriculture, Dakar, 115 p.

Seck P.A., 1985a. Les prix au détail des légumes dans sept marchés de la région de Dakar. CDH, Dakar, Note d'information BAME, 22 p.

Seck P.A., 1985b. Approvisionnement de Dakar en légumes à partir de la zone des Niayes : description des circuits de commercialisation et typologie des agents économiques. BAME, Dakar, 42 p.

Seck P.A., 1991. Progrès techniques et satisfaction des besoins légumiers dakarois : un regard sur l'horizon de l'an 2001. Réflexions et perspectives, 2 (1), 3 p.

Sow I., 1981. Etude de la consommation de légumes à Pikine-Guédiawaye. CDH, Dakar, 32 p.

Telemans B., 1995a. La culture des manguiers au Sénégal. CDH, Dakar, Fiche technique, 7 p.

Telemans B., 1995b. Techniques de production de mangues pour l'exportation. CDH, Dakar, Fiche technique, 8 p.

Telemans B., 1995c. La culture des agrumes au Sénégal. CDH, Dakar, Fiche technique, 8 p.

Telemans B., 1995d. La culture des avocatiers au Sénégal. CDH, Dakar, Fiche technique, 6 p.

Telemans B., 1995e. La culture du cocotier au Sénégal. CDH, Dakar, Fiche technique, 9 p.

Telemans B., 1995f. Rapport final. CDH, Dakar, 31 p.

Le riz

Thiaka DIOUF, Abdoulaye FALL

Au Sénégal, le riz représente 34 % du volume de la consommation céréalière, mais la production nationale couvre à peine 25 % des besoins, qui s'élèvent à 600 000 t/an (RORAO, 2000). Malgré la disponibilité en terres aménagées et en eau en toutes saisons, la production reste encore très faible et ne dépasse pas 130 000 t de riz usiné. Les rendements moyens se situent entre 4 et 5 t/ha, alors que leurs potentiels sont estimés entre 8 et 10 t/ha.

Les régions de culture — nord, sud, Sine-Saloum — présentent des contraintes, qui ont des effets négatifs sur la production rizicole :
– les contraintes climatiques liées à la sécheresse, aux températures extrêmes et aux vents chauds et secs chargés de sable (Harmattan) ;
– les contraintes édaphiques liées à la nature des sols (forte teneur en argile dans la vallée du fleuve Sénégal, faible teneur en argile dans le sud assimilable à des fondés légers), à la salinité, à l'acidité, aux carences en éléments nutritifs assimilables par les plantes et à la toxicité d'éléments en excès (Casamance) ;
– les contraintes biotiques liées aux parasites, aux maladies, aux adventices et aux oiseaux (parc de Djoudj) ;
– les contraintes techniques liées au non-respect des itinéraires techniques, à la faible technicité des producteurs, à la qualité des semences produites par les agriculteurs, à la vétusté et à l'insuffisance du matériel agricole et des équipements de transformation ;
– les contraintes socio-économiques et financières liées à la commercialisation, au manque de crédit d'investissement pour le renouvellement du matériel agricole, à la non-annualisation du crédit de campagne, à l'absence de subvention et au coût élevé des facteurs de production.

Le riz est présent en Afrique depuis des temps immémoriaux. A l'origine était cultivée l'espèce annuelle *Oryza glaberrima* Steud., dont on pense qu'elle a pu être sélectionnée à partir de *breviligulata* Chev. et Roer. plus de 2 000 ans avant notre ère (Carpenter, 1978). Cette espèce est aujourd'hui encore cultivée par les paysans africains vivant dans les écosystèmes marginaux qui parsèment le continent, du Sénégal à Zanzibar, dans une multitude d'environnements climatiques et hydrologiques, et singulièrement en Afrique de l'Ouest. Au Sénégal, l'espèce *Oryza glaberrima* est cultivée en Moyenne et Haute-Casamance, dans les îles du Saloum et dans le sud du bassin arachidier.

Créé en 1824 par le Baron Roger, le premier jardin expérimental a été confié à un jardinier pépiniériste du nom de Richard, qui léguera son nom à la ville de Richard-Toll (le champ de Richard). D'autres structures visant les mêmes objectifs ont été créées : les stations de recherches rizicoles de Séfa en Moyenne-Casamance, en 1949, de Richard-Toll, en 1961, et de Djibélor en Basse-Casamance, en 1967.

Les principaux résultats

L'amélioration et la sélection variétales

Pour l'amélioration et la sélection variétales, beaucoup de travaux ont été réalisés par l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération), l'IRAT (Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières), l'ADRAO (Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest) et l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles).

La région du Fleuve

En matière d'introduction, d'hybridation et de mutagenèse, les premiers travaux remontent aux années 1950 (Magne, 1975). Tous les acquis en la matière ont fait l'objet d'une synthèse (Poisson, 1970). Durant la période 1976-1986, beaucoup de variétés ont été vulgarisées au Sénégal et dans la sous-région par l'ADRAO (Coly et Godderis, 1986). Dans le cadre de ses activités de recherche, le programme sur le riz irrigué de l'ADRAO, basé au Sénégal, a obtenu d'importants résultats. Trois variétés ont été homologuées : Sahel 108, à cycle court, Sahel 201 et Sahel 202, à cycle moyen. Six nouvelles variétés dont trois de cycle court (100 j) et trois de cycle moyen (125 j) sont en cours d'évaluation en vue de leur homologation. Une vingtaine de variétés de riz aromatiques (parfum naturel) à forte valeur marchande ont été sélectionnées entre le Basmati et des variétés irriguées (Jaya, Sahel 108) de la sous-région ouest-africaine.

La Casamance

En amélioration variétale, deux séries de variétés issues de croisements entre des variétés locales et des variétés introduites, portant les noms de leurs stations de création (SE pour Séfa et DJ pour Djibélor) ont été mises au point par Magne (1975). Parmi ces variétés on peut citer : SE319G, SE302G, SE152G, SE288D, DJ8-341, DJ11-509, DJ11-510, DJ12-223, DJ12-539, DJ346D et DJ684D. Bèye (1997) a fait homologuer dix variétés : DJ8-341, DJ11-509, Tox 728-1, ITA123, BG90-2, BW248-1, BR51-46-5, WAR1, WAR77-3-2-2 et WAR81-2-1-3-2.

La gestion intégrée de la riziculture irriguée et pluviale

La gestion intégrée consiste à effectuer successivement l'ensemble des opérations culturales constituant l'itinéraire technique de manière cohérente et ordonnée. Les composantes de la gestion intégrée que sont les techniques culturales et le calendrier cultural (préparation du sol, dose, date et mode de semis, date de récolte, irrigation et drainage, fertilisation et protection phytosanitaire) ont fait l'objet

de nombreux travaux tant, pour le riz irrigué (Poisson, 1970 ; Trinh, 1976, 1978 ; SAED, 1984 ; Jamin, 1983 ; ADRAO, 1986 ; JICA, 1991 ; Dingkuhn, 1992 ; Ndiaye et Barry, 1995 ; Diouf, 1996a) que, pour le riz pluvial (IRAT, 1970, 1972, 1974 ; IRAT et ISRA, 1975 ; Bèye et Touré, 1979 ; Poctier, 1981 ; ISRA, 1989). Tous ces travaux ont abouti à l'élaboration de fiches techniques synthétiques.

Pour la riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal de Dagana à Matam, il est indispensable de planifier la campagne à temps, de bien préparer le sol et d'utiliser des semences de qualité. Le semis est réalisé à la volée, à la dose de 80 à 120 kg/ha, avec des semences prégermées dans une faible lame d'eau, de 3 à 5 cm. Le repiquage est effectué 20 à 25 j après le semis, à la densité de 30 à 40 kg/ha, avec un écartement de 20 cm entre les lignes et entre les plants. En contre-saison chaude, les variétés à cycle court sont semées entre le 15 février et le 15 mars. En hivernage, les variétés à cycle moyen sont semées au plus tard le 1er août, et les variétés à cycle court en semis tardif. La fertilisation minérale de fond est de 150 kg/ha de 18-46-0 et celle de couverture, de 100 kg d'urée au tallage et 100 kg d'urée à l'initiation paniculaire. Pour le désherbage chimique, le propanil (Weedone, 8 l/ha au stade 2-3 feuilles dans 200 l d'eau) est recommandé dans le delta, et le Ronstar 25 CE (4 l/ha sur sol humide), dans la moyenne vallée. La lame d'eau doit avoir une hauteur de 5 à 15 cm selon le stade végétatif du riz. La récolte est effectuée 40 jours après l'épiaison.

Pour le riz pluvial et submergé, la préparation du terrain est réalisée par un épandage d'engrais NPK, un labour d'enfouissement de matière verte à l'automne précédent et un passage d'offset en sec et canadien en humide. Le semis est réalisé avec des semences de bonne qualité, de préférence certifiées et des variétés adaptées au type de riziculture : DJ8-341 et DJ11-509, pour la riziculture pluviale stricte, Tox 728-1, pour la riziculture pluviale de nappe, ITA123, BG90-2, BW248-1 et BR51-46-5, pour la riziculture irriguée et de bas-fond, WAR1, WARD77-3-2-2 et WAR81-2-1-3-2, pour la riziculture de mangrove. Le semis superficiel (3 cm de profondeur) est effectué vers le 20-25 juin et pas avant le 15 juin, avec un interligne de 30 cm en Casamance et de 45 cm au Sénégal-Oriental. Dans les rizières de bas-fond, le semis est réalisé à la volée ou en ligne, à la dose de 70 kg/ha si l'interligne est de 0,45 cm et de 100 kg/ha si l'interligne est de 0,30 cm. En rizières salées ou acides, les plantules sont repiquées 20 à 25 j après le semis, à la dose de 30 à 40 kg/ha, avec un écartement de 15 à 20 cm.

Le désherbage manuel est effectué par un premier binage très tôt, vers le 15^{e} j de végétation, un deuxième binage, 10 à 15 j après le premier et un troisième binage avant le 40^{e} j de végétation, date au-delà de laquelle il est préférable de s'abstenir de tout travail du sol pour ne pas endommager le système racinaire. Le désherbage chimique est réalisé en Casamance et au Sénégal-Oriental à l'aide de Ronstar CE 250, à raison de 4 l/ha en postsemis dans 150 à 200 l d'eau.

La fumure de fond est de 250 kg/ha de 9-23-30 et celle de couverture correspond à un premier épandage de 100 kg/ha d'urée au tallage, soit 20 j après le semis pour toutes les variétés, et un second épandage de 100 kg/ha d'urée au 45^{e} j après la levée.

L'INTENSIFICATION DE LA RIZICULTURE

Dans l'optique d'une intensification de la riziculture par la double culture, de nombreux travaux ont été réalisés dans le delta et la vallée du fleuve Sénégal (Couey *et al.,* 1969 ; Trinh, 1978 ; ADRAO, 1986 ; Dingkuhn, 1992 ; Miezan et Diack, 1995 ; JICA, 1991 ; Diouf, 1996b). Les premières expérimentations ont été satisfaisantes (Couey *et al.,* 1969). Les rendements annuels obtenus variaient entre 9,12 et 14,12 t/ha/an.

Les études menées pour identifier les variétés adaptées aux conditions de culture ont permis d'expérimenter différentes successions riz-riz. La culture de saison sèche chaude suivi de la culture d'hivernage donne les meilleurs rendements, de l'ordre de 15 à 20 t/ha. Pour la triple culture, système fondé sur le repiquage, les rendements varient entre 17 et 24 t/ha/an avec des occupations de rizières de 299 à 314 j.

Les recherches menées par l'ADRAO pour caler le cycle sur le calendrier cultural ont abouti à la classification des variétés par saison (Dingkuhn, 1992). A partir de ces données, un logiciel, Ridev, a été conçu pour établir les calendriers culturaux. Dans une dynamique complémentaire, des recherches ont été conduites sur la double culture, qui a été testée en milieu réel dans le delta et la moyenne vallée (Diouf, 1996b, 1999). Les rendements obtenus varient, selon les localités et pour une même localité entre les paysans, de 10,37 à 15 t/ha dans le delta et de 9,94 à 13,40 t/ha/an à Donaye.

LA RÉCOLTE, LE BATTAGE ET LA TRANSFORMATION

La récolte est conditionnée par l'état de maturité des grains. Le paddy doit être bien mûr, bien sec et exempt d'impuretés et donné à l'usinage le maximum de rendement. A cet effet, la récolte doit être effectuée au moment opportun, le paddy séché convenablement, et le battage et les opérations annexes bien menés (vannage, ensachage, stockage). Pour cela, des référentiels techniques ont été mis au point pour aider les producteurs à récolter à temps (Poctier, 1981 ; Diouf, 1996b). Pour la zone pluvieuse de Casamance et du Sénégal-Oriental, la date de récolte est fixée au 45^{e} j à compter du début de l'épiaison. Pour la zone sèche du fleuve, la date de récolte est fixée au 40^{e} j à compter du début de l'épiaison. La récolte ne doit être ni trop précoce ni trop tardive. On peut estimer qu'il est possible de récolter quand la maturité a atteint 80 % de pleine maturité. La fauche peut être mécanique, avec une moissonneuse, ou manuelle, à la faucille ou au couteau. Elle doit être effectuée quand la parcelle est à sec. A cet effet, on recommande de drainer la parcelle 10 à 15 jours avant la récolte. Le séchage est une opération qui permet de ramener le taux d'humidité du paddy récolté (situé entre 16 et 22 % s'il est récolté à la bonne période, et plus élevé si le temps est humide) à un taux d'humidité de moins de 15 %. L'essentiel est d'atteindre un taux d'humidité de 14 % à l'ensachage.

Le battage est l'opération qui consiste à séparer les épillets des panicules, sans les briser ni les décortiquer. Le battage peut être effectué manuellement dans un mortier avec un pilon, par piétinement, sur fûts métalliques, sur barre horizontale supportée par des piquets ou mécaniquement avec une moissonneuse-batteuse ou une batteuse fixe. Dans un cas comme dans l'autre, le battage est effectué en fonction des conditions socio-économiques des producteurs (taille des parcelles, mode de

culture, équipement, technicité, disponibilité en main-d'œuvre) et des conditions du milieu (climat, prédateurs). Le non-respect du calendrier cultural par les producteurs peut aussi affecter la qualité du paddy et le rendement à l'usinage. Une fois le battage terminé, le paddy est vanné, séché une seconde fois avant d'être décortiqué.

Deux contraintes majeures influent sur la qualité du riz transformé : le mélange de variétés livrées en vrac et le manque de trieuse pour séparer les différentes fractions du riz décortiqué : entier, intermédiaire et brisures. De même, l'utilisation de matériel de transformation inapproprié entraîne des pertes de rendement à l'usinage.

Le décorticage artisanal produit un mélange de brisures et riz entier peu apprécié des consommateurs. De multiples activités de triage manuel se sont développées pour séparer les différentes fractions afin de lever cette contrainte. Des rizeries industrielles ou semi-industrielles ont adopté une stratégie de segmentation du marché et mis en vente trois types de riz : brisures, riz intermédiaire et riz entier. Les conditions de récolte du riz conduisent à usiner un produit trop sec, ce qui se traduit par un fort taux de brisures. La possibilité de valoriser la production par la mise en marché du riz entier, à plus haute valeur marchande, est ainsi limitée. Les périodes de récolte, les techniques de récolte et de stockage jouent également un rôle fondamental dans le maintien de la qualité technologique (rendement et taux de brisures). Il importe d'identifier les différents facteurs techniques de la qualité du riz en étudiant l'évolution de la qualité technologique des principales variétés au cours des opérations de préséchage au champ, de récolte, de battage, de séchage, de stockage et de transformation.

Les aspects socio-économiques

Les principaux acquis en économie et sociologie rurales s'articulent autour de cinq grandes composantes, qui répondent de façon générale aux préoccupations du secteur agricole, en particulier, à celles de la filière du riz, pour laquelle des connaissances et des référentiels sont disponibles.

La caractérisation porte sur les systèmes et infrastructures de production et les acteurs de la filière impliqués en amont et en aval de la production. L'objectif est de mettre au point des référentiels sur l'état des connaissances et sur l'évolution des facteurs en termes d'outils d'aide à la décision. Les recherches ont permis de réaliser une typologie des systèmes de production, de leur fonctionnement et de leur incidence sur la production et de caractériser leurs contraintes et potentialités. Le découpage du pays en zones agroécologiques homogènes, qui reflètent la diversité des situations à l'échelon des systèmes de production, sert de cadre de référence (ISRA et BAME, 1996).

Plusieurs études sur la filière du riz ont été menées afin d'évaluer ses performances commerciales et de développer des systèmes d'information sur les marchés : observatoire sur l'évolution saisonnière des prix en fonction des localités tant à l'échelle du producteur qu'à celle du consommateur, suivi rapproché de l'approvisionnement en facteurs de production en zone irriguée et en zone sèche et difficultés liées au crédit, variation des prix du paddy versés aux producteurs, effet de la dévaluation sur le prix du riz (Gaye, 1997 ; Randolph, 1997 ; Fall, 1999 ; Fall *et al.,* 1996).

Dans le domaine de l'économie de la production et de la compétitivité de la filière, des études ont été conduites sur le crédit, le principal bailleur de fonds étant la CNCAS (Caisse nationale de crédit agricole du Sénégal) avec un financement de la culture irriguée d'un montant de 35 milliards de francs CFA pour le riz et la tomate entre 1987 et 1999 (SAED, 2000). Cependant, les taux de recouvrement sont très faibles à cause du rythme lent de commercialisation du paddy. En conséquence, le remboursement des prêts accordés pour la culture d'hivernage est en retard, ce qui conduit à une réduction du crédit. Les travaux menés par l'USAID (United States Agency for International Development) sur la compétitivité du riz local ont montré que le total des subventions allouées à la production du paddy s'élevait à 88,4 FCFA/kg (USAID, 1991). Le riz produit dans la vallée sans subventions revient à 300 FCFA/kg alors que le riz importé coûte 130 FCFA/kg (Kite, 1993). Cette différence est liée à la dévaluation du franc CFA et à l'absence de subventions pour les facteurs de production.

L'impact des politiques agricoles ou des réformes institutionnelles sur les producteurs de riz a aussi fait l'objet d'études. Le transfert des fonctions marchandes, d'intermédiation et de fourniture d'intrants de l'Etat au secteur privé a favorisé l'accès à la terre, aux capitaux et aux intrants agricoles et a facilité l'allocation de ces ressources entre les activités rizicoles et les autres activités agricoles (Gaye, 1997). Le transfert des responsabilités de collecte et de transformation aux producteurs et celui des importations et de la vente en gros au secteur privé doivent augmenter l'efficacité des marchés (Sidibé, 1993). La double culture du riz est à même d'améliorer sensiblement le revenu des producteurs et d'accroître l'offre de riz local.

L'analyse de la rentabilité financière fondée sur les budgets partiels de culture, qui prennent en compte les recommandations de la recherche et les pratiques courantes, montre que l'apport de la fertilisation minérale sur la culture du riz en zone irriguée est rentable pour le producteur, à un certain seuil (Ndiaye et Barry, 1995 ; Fall *et al.,* 1996). En zone pluviale, l'apport de fumure organique et de compost est rentable dans la pratique de la riziculture (Sall, 1992). Les études sur l'adoption des technologies et l'impact économique des recherches sur le bien-être des populations montrent que le taux d'adoption varie en fonction des technologies.

Les perspectives

La recherche sur le riz a permis d'élaborer des référentiels techniques pour la conduite de la culture, qui devraient permettre de couvrir les besoins nationaux en riz. Cependant, les performances de la riziculture sont en deçà de ses potentialités du point de vue des rendements, de l'intensité culturale et de la qualité de produit transformé. L'amélioration de la qualité du paddy à la production requiert l'emploi de semences sélectionnées et l'application des techniques culturales appropriées, mais également le suivi d'un calendrier cultural strict pour obtenir un paddy par cuve à une humidité voisine de 14 %. Le riz produit au Sénégal connaît des difficultés liées à sa faible compétitivité, à sa mévente et à la libéralisation de la filière. Cette mévente est généralement liée à la qualité du riz transformé et au riz importé. En conséquence, il est impératif que la filière locale du riz mette l'accent sur la qualité et améliore ses performances, du point de vue tant de la production que de la transformation.

Pour que les acquis de la recherche soient réellement utilisés, un appui devra être apporté aux producteurs afin qu'ils s'approprient les innovations et maîtrisent les itinéraires techniques. Il est également indispensable de leur fournir l'information et la formation qui leur permettront de relever leur niveau de technicité dans la conduite de la culture.

Des recherches devront être entreprises, en liaison avec les politiques agricoles, sur la qualité, sur les nouveaux types de riz (Nerica, riz parfumé) et sur les variétés tolérantes aux conditions du milieu (salinité, froid, toxicité ferreuse, etc.), ainsi que sur les nouveaux modes de consommation du riz (galettes ou *neem*, *dempeting,* riz paddy frais grillé, écrasé et vanné, snacks salés ou sucrés, lait de riz).

Références bibliographiques

ADRAO, 1986. Bilan des activités de la station pendant la décennie 1976-1986. ADRAO, Station régionale du riz irrigué, Saint-Louis.

Bèye G., Touré M., 1979. Bilan de 12 années de recherches rizicoles en Basse-Casamance, 1967-1979. Station de recherches rizicoles, Djibélor.

Bèye M., 1997. Commission d'homologation de variétés de riz. ISRA, CRA, Djibélor.

Carpenter A.J., 1978. The history of rice in Africa. *In :* Rice in Africa, Buddenhagen I.W., Persley G.J. (éd.). Academic Press, Londres, p. 3-10.

Coly A., Godderis W., 1986. Amélioration variétale du riz irrigué. Station régionale de riz irrigué, ADRAO, Saint-Louis.

Couey M., Bloc D., Ehemba T., 1969. Double récolte annuelle : recherches rizicoles à Richard-Toll en 1968-1969. IRAT, Fleuve.

Dingkuhn M., 1992. Bases physiologiques et écologiques du cycle de cultures des variétés de riz dans le Sahel. ADRAO.

Diouf T., 1996a. Recherches rizicoles en phytotechnie, 1992-1995. ISRA, DRCSI, Saint-Louis.

Diouf T., 1996b. Synthèse des recherches sur la double culture du riz dans le fleuve. ISRA, PSI, Dakar, Travaux et études n. 2.

Diouf T., 1999. Les itinéraires techniques pour une double culture de riz : synthèse des résultats du Pôle régional de recherche sur les systèmes irrigués. PSI, CORAF.

Fall A.A., 1999. Systèmes d'exploitation agricole dans le delta et la moyenne vallée du fleuve Sénégal : allocation optimale des ressources à l'aide d'un modèle de programmation linéaire, le GAMS. ISRA, INSAH.

Fall A.A., Sidibé M., Fisher M., 1996. Impact social de la recherche sur les variétés de riz Sahel dans la vallée du fleuve Sénégal. ISRA, BAME, Dakar.

Gaye M., 1997. La filière riz au Sénégal face aux réformes structurelles. ISRA, IFPRI.

IRAT, 1970. Recherches rizicoles en Casamance. IRAT, Service phytotechnie riz.

IRAT, 1972. Synthèse des activités et résultats 1971 de l'IRAT au Sénégal et sur la rive mauritanienne du fleuve Sénégal. CNRA, Bambey.

IRAT, 1974. Les recherches de l'IRAT au Sénégal : synthèse 1973. CNRA, Bambey.

IRAT, ISRA, 1975. Recherches rizicoles en Casamance : rapport d'activité 1974-1975. ISRA, Station rizicole, Djibélor.

ISRA, 1989. Recherches pluridisciplinaires sur le riz pluvial et submergé: principaux résultats de la campagne 1988. ISRA, CRA, Djibélor.

ISRA, BAME, 1996. Plan stratégique URA : politique agricole et socio-économie. ISRA, BAME.

Jamin J.Y., 1983. Bilan des acquis de la recherche agronomique dans la vallée du fleuve Sénégal. ISRA, Saint-Louis.

JICA, 1991. Etude expérimentale du développement agricole : rapport final. JICA.

Kite R., 1993. Senegal: implications for the rice policy dialogue. USAID, Dakar.

Magne C., 1975. Recherches rizicoles en Casamance : amélioration du riz. *In :* Rapport d'activités 1974-1975. ISRA, Djibélor.

Miezan K., Diack S., 1995. Senegal release three new varieties selected by WARDA. *In :* Annual report 1994. WARDA, Bouaké.

Ndiaye J.P., Barry B., 1995. Fonctions de production isoquentes et doses optimales d'azote, de phosphore et de potassium pour quelques cultures dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal. ISRA, DRCSI, CRA, Saint-Louis.

Poctier G., 1981. Fiches techniques pour l'expérimentation agronomique, campagne 1981. ISRA, CNRA, Bambey.

Poisson C., 1970. Bilan de 25 années de recherches rizicoles à Richard-Toll, Sénégal. IRAT.

Randolph F.T., 1997. The economy of rice production in Senegal, background paper for the dai rice sector study.

RORAO, 2000. Réseau des observations du riz en Afrique de l'Ouest : Sénégal.

SAED, 1984. Le riz. CNAPTI.

SAED, 2000. Suivi de la campagne agricole et financement dans la vallée et le delta du fleuve Sénégal. SAED, DPDR.

Sall S., 1992. Analyse économique des essais agronomiques en Basse et Moyenne-Casamance. ISRA, Dakar.

Sidibé M., 1993. Effets des politiques macroéconomiques sur le niveau de protection de la filière du riz local irrigué. ISRA, BAME, Dakar.

Trinh T.T., 1976. Le cycle végétatif du riz : incidence des contraintes climatiques dans la vallée du fleuve Sénégal. CNADA, Kaédi.

Trinh T.T., 1978. Les cultures céréalières : recherches agronomiques et développement agricole, bassin du fleuve Sénégal, organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal. FAO, Rome.

USAID, 1991. Senegal agricultural sector analysis. USAID, Dakar.

Les céréales

Abdou NDIAYE, Amadou FOFANA, Mamadou NDIAYE, Demba FARBA MBAYE, Maniével SENE, Ibrahima MBAYE, Jacques CHANTEREAU

Les travaux sur les cultures vivrières — mil, sorgho, maïs et niébé — ont commencé en 1935. En 1986, la nouvelle politique agricole visait une autosuffisance alimentaire de 80 % en l'an 2000. Pour ce faire, les superficies en céréales devaient doubler et la production tripler, grâce à un accroissement moyen des rendements de 50 %. Ces objectifs, ambitieux en termes de production mais réalistes en termes de rendement espéré, constituent le cadre dans lequel la recherche devait intervenir.

De 1960 à 1974, la recherche agronomique sur les céréales a été dirigée et animée par le CNRA (Centre national de recherches agronomiques) de Bambey, géré par un institut français, l'IRAT (Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières). Des acquis non négligeables ont été obtenus par les chercheurs, notamment des solutions techniques permettant d'accroître la productivité : gamme de variétés pour les différentes espèces, fumures minérales, techniques culturales, matériels agricoles, protection des cultures et des stocks, technologie postrécolte.

Loin de dresser la liste exhaustive des techniques et produits engendrés par ces recherches, ce chapitre se propose de les illustrer par quelques acquis essentiels, dont l'impact est toujours perceptible sur le développement agricole du Sénégal.

Le mil

Le mil (*Pennisetum typhoides* Stapf. et Hubb.), aliment de base des populations, est de loin la céréale la plus importante au Sénégal, tant pour les superficies emblavées que pour la production. Il est cultivé dans tout le pays, notamment dans la région de Kaolack, qui représente 26 % des superficies cultivées et 39 % de la production nationale, estimée à plus de 528 000 t. Les rendements moyens en milieu paysan varient entre 0,5 et 0,6 t/ha. La faiblesse de ces rendements résulte de la combinaison de plusieurs contraintes d'ordre abiotique, essentiellement la sécheresse, et d'ordre biotique : maladies (mildiou, charbon et ergot), insectes (mineuses, foreurs et cantharides) et occasionnellement mauvaises herbes *(Striga hermonthica).* A ces contraintes, s'ajoutent un épuisement progressif des sols, la non-utilisation de technologies appropriées et le manque d'encadrement des producteurs.

LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

Le matériel végétal

Les premiers travaux ont débuté en 1931 et concernaient l'amélioration des mils traditionnels : le mil hâtif, ou Souna, et le mil tardif, ou Sanio. La sélection récurrente appliquée par Etasse (1965) sur trois populations locales de mil Souna à partir 1961 a abouti successivement à la création de la variété synthétique Souna-2, en 1965, puis Souna-3, en 1969, vulgarisée dans la zone centre-sud et est en 1972. Cette variété de 90 jours de structure traditionnelle se caractérise par des épis cylindriques et compacts, un assez bon tallage, une résistance au charbon, une tolérance au mildiou et un rendement de l'ordre de 2,5 à 3 t/ha en station mais seulement 0,77 t/ha en milieu réel.

A partir de 1968, le programme d'amélioration variétale s'est orienté vers l'amélioration du rapport grain/paille par un raccourcissement de la tige, parfois très grande chez les mils traditionnels, au profit de la taille et du nombre de grains de l'épi. Cette sélection a produit des populations naines à moitié et aux trois quarts Souna (90-95 jours) avec une nette amélioration des caractères de l'épi et du grain et de la résistance aux maladies.

En 1970, les travaux sur la création de variétés naines par le GAM (Groupe d'amélioration du mil) ont abouti à deux synthétiques expérimentales, GAM-73 et GAM-75, de taille courte et d'architecture fine, qui donnent de bons résultats en conditions d'irrigation et de forte fertilisation mais qui sont moins performantes que les variétés traditionnelles dans les conditions paysannes (Bilquez, 1975). La seconde phase de ce programme a mis en évidence l'intérêt des tests génétiques entre les structures parentales et de l'élargissement du matériel végétal existant à d'autres constituants exogènes avant la synthèse des variétés. Au total, sept nouvelles variétés ont été proposées à la vulgarisation ; elles n'ont cependant pas été adoptées par les paysans (Ndoye, 1977-1987). Parmi elles, les variétés synthétiques GAM-8501, GAM-8301 et GAM-8201, élargies aux populations aux trois quarts africaines, et la variété GAM-8303, de structure plutôt consanguine, performante et stable par rapport aux témoins locaux et aux variétés IBV-8001 et IBV-8004 de l'ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), ont été testées dans presque toutes les régions du Sénégal, en collaboration avec la SODEFITEX (Société nationale de développement des fibres textiles) dans sa zone d'intervention. Elles confirment leurs performances, en particulier en systèmes de culture mil sur arachide (GAM-8203) et mil sur mil parqué (GAM-8301), avec des rendements de plus de 1 t/ha. La bonne adaptation de GAM-8203 pour la zone sèche de Louga et de GAM-8501 pour la zone d'intervention de la SODEFITEX semble également confirmée.

Parallèlement, les travaux de l'ICRISAT conduits à partir de 1970 ont abouti à la création des variétés IBV-8001 (85 jours), IBV-8004 (75 jours) et IBMV-8402 (75 à 80 jours), qui sont vulgarisées dans la zone nord et centre-nord. Ces trois variétés possèdent une résistance ou une tolérance au mildiou (Gupta, 1986 ; Gupta *et al.,* 1991 ; Gupta et Ndoye, 1991). La création d'hybrides a été reprise en 1982 par l'ICRISAT et s'est intensifiée avec les nouvelles lignées mâles stériles introduites d'Inde (81A et 111A). Le meilleur hybride résistant au mildiou et au charbon est ICMH-8413 (81A x IBMI-8207), avec une production de grains de 31 à 52 % supérieure à Souna-3 (Ndoye et Gupta, 1987a, 1987b ; tableau I).

Tableau I. Principales variétés de mil vulgarisées.

Variétés	Année de Vulgarisation	Domaine de recommandation	Durée du cycle (j)	Rendement moyen en milieu réel (t/ha)
Souna-3	1969	Centre-sud, Sénégal-Oriental, Casamance	90	3,5
IBV-8001	1980	Centre-sud	80	3,4
IBV-8004	1980	Centre-nord, Louga	75	2,6
IBMV-8402	1984	Centre-nord	80	2,5

Les résultats obtenus en collaboration avec le ROCAFREMI (Réseau ouest et centre africain de recherche sur le mil) et l'INSAH (Institut du Sahel) montrent que les formules hybrides donnent des plus-values substantielles de productivité mais que leur utilisation à grande échelle impose la production et la commercialisation des semences.

De nouvelles obtentions plus productives que les variétés actuellement recommandées (13 à 22 % de plus-value de rendement) sont actuellement proposées pour des tests en milieu paysan. Il s'agit de ICTP-8203 et GB-8735, pour la zone nord, de ISMI-9301 et ISMI-9305, pour la zone centre-nord, et de SOSAT-C88 et ICMV-IS-88305, pour la zone centre-sud.

Le système de culture

Le mil est cultivé soit en culture pure continue dans les champs de case ou en rotation avec l'arachide dans les champs de brousse, soit en culture associée avec le niébé dans le centre-nord.

Les premières études sur la fertilisation du mil entreprises au centre de Bambey en 1951 (Tourte, 1952) ont permis de recommander, d'une part, la formule 14-7-7 NPK à la dose de 150 kg/ha pour la fumure minérale légère à rentabilité immédiate, d'autre part, une fumure forte de 10-21-21 NPK à la dose de 150 kg/ha pour les thèmes dits lourds avec phosphatage de fond de 400 kg/ha de phosphate tricalcique (Nicou, 1976). Pour optimiser le rendement et tenir compte des besoins instantanés en azote de la céréale, un apport fractionné en bandes localisées de 100 kg/ha d'azote (50 % à la montaison et 50 % à la floraison) sous forme d'urée a été préconisé (Ganry et Siband, 1974).

La courbe de réponse du mil à des doses croissantes de fumier indique qu'une dose de 1 à 3 t/ha donne une plus-value de 20 à 35 % et même double le rendement par rapport au témoin sans fumier (Badiane, 1988). L'utilisation agricole des résidus de poisson fumé à la dose de 4 t/ha tous les deux ans permet d'augmenter le rendement par rapport à la fumure minérale recommandée (Ndiaye, 1996).

L'arachide, le niébé, la jachère enfouie et le maïs sont les meilleurs précédents culturaux pour le mil. Le travail à la dent pratiqué généralement sur sol sableux avec

la houe sine peut donner une plus-value de 20 % de rendement par rapport au non-travail du sol (Sène, 1988).

Le semis en sol sec avant les pluies, pratiqué à partir du 10 juin dans le centre-sud et vers le 20 juin dans le centre-nord, donne de meilleurs résultats en terme de rendement que le semis en sol humide. Un modèle permettant de définir la densité optimale en fonction des paramètres architecturaux de la plante à partir du stade de l'anthèse a été élaboré (Pouzet, 1974). Pour la variété Souna-3, cette densité varie de 10 000 à 30 000 plants/ha avec des écartements de 90 cm x 90 cm (Gupta, 1984). Les variétés précoces, d'architecture plus réduite, supportent des densités plus fortes (Jacquinot, 1972). Le semis mécanique du mil est pratiqué avec un disque Bambey 70 n. 2 à 4 trous à la dose de 3 à 5 kg/ha (Havard, 1986).

Deux sarclo-binages sont essentiels pour lutter contre les mauvaises herbes. La récolte est effectuée à maturité et le séchage se fait soit à même le sol, soit sur un lit de paille, soit sur des claies surélevées (perroquets) où les bottes sont entreposées, soit sur des séchoirs (cribs) orientés perpendiculairement à la direction des vents dominants.

La protection des cultures

Une bonne production n'est cependant envisageable qu'avec une protection efficace contre les ennemis. Les insectes sont les plus importants du fait des dégâts qu'ils occasionnent depuis le semis jusqu'à la récolte et même pendant le stockage (Ndoye, 1979 ; Ndoye *et al.,* 1984 ; Ndoye et Gahukar, 1987 ; Bal, 1986). Ces insectes attaquent généralement les tiges (foreurs de tiges) ou l'épi (mineuse de l'épi). On peut citer les lépidoptères (*Lema planifrons* Ws, *Coniesta (Acigona) ignefusalis* Himps., *Spodoptera exempta* Wlk, *Amsacta moloneyi* Drc., *Heliothis armigera* Hbn., *Sesamia* sp., *Raghuva albipunctella* Joan) et certains diptères dont *Oedaleus senegalensis* Uv. Les cantharides sont les plus redoutables ravageurs et provoquent des pertes qui peuvent atteindre 80 à 100 %.

La lutte contre ces ravageurs passe par l'utilisation de variétés tolérantes et la lutte intégrée. Les variétés les plus performantes pour leur tolérance sont IBV-8001, Souna-3, 3/4HK-78 et ICMS-7819. Les lâchers de *Bracon hebetor,* ennemi naturel de *Heliocheilus albipunctella,* sont efficaces dans certaines conditions (Bhatnagar, 1986 ; Bal, 1986). Au cours du stockage, plusieurs techniques de lutte sont proposées : les mesures prophylactiques, l'hygiène des locaux et de la sacherie, l'utilisation des insecticides et le stockage en milieu autoconfiné (Seck, 1992).

Les maladies les plus importantes sont le mildiou (*Sclerospora graminicola*), le charbon (*Tolysposporium pennicillariae*) et l'ergot (*Claviceps fusiformis*). Les autres maladies (pyriculariose, rouille, taches zonées, viroses, bactérioses) n'occasionnent que des dégâts limités dans le temps et dans l'espace. Parmi les techniques de lutte, on peut citer la résistance variétale, la lutte chimique par traitement des semences à l'Apron-plus et les techniques culturales, comme l'arrachage et l'incinération des plants malades.

Le mil est généralement concurrencé par trois groupes d'adventices dont les dicotylédones annuelles (*Cassia obtusifolia, Commelina benghalensis, Corchorus tridens, Zornia*), qui apparaissent au début de la culture, les graminées annuelles (*Cenchrus biflorus, Digitaria* spp., *Brachiaria* spp., *Dactyloctenium aegyptium*, *Pennisetum pedicellatum, Eragrotis tremula*) et les cyperacées (*Kyllenga squamulata*,

Cyperus amabilis, Bulbostylis barbata et *Fimbristylis* spp.), qui forment le groupe le moins important. Striga hermonthica peut provoquer des dégâts importants sur cette culture, de l'ordre de 24 à 76 % (Diallo, 1985). Une gestion intégrée du foyer de mildiou, striga et mineuse des épis a été proposée pour le bassin arachidier. Elle consiste à traiter les semences avec l'Apron-plus ou l'Apron-star, à effectuer un troisième sarclage au moment du tallage et à traiter les chandelles au fénitrothion au début de la floraison.

Un vaste programme de lutte biologique sous l'égide du CILSS (Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse au Sahel), lancé en 1983, a permis de développer la lutte intégrée en procédant notamment à l'inventaire des antagonistes indigènes et à la détermination de leur rôle dans la lutte contre les principaux ravageurs dans les différents agrosystèmes. Les variétés résistantes ou tolérantes et les fongicides systémiques constituent actuellement les moyens de lutte disponibles en milieu paysan.

La sûreté et la qualité des produits

Le mil renferme généralement, du fait des opérations de battage, des impuretés dont la présence peut affecter, non seulement l'odeur et le goût des produits finis, mais aussi leur stabilité et leur acceptabilité par les consommateurs. La qualité phytosanitaire est également importante et la fumigation au Phostoxin est une méthode efficace d'élimination des insectes parasites.

La postrécolte et la mise en marché

La transformation du mil est réalisée selon deux processus. La transformation primaire comprend les opérations de battage, de tamisage et calibrage, d'épierrage, de piégeage des débris métalliques, de séparation des grains de sable, de décorticage et de mouture pour la production de semoules et de farines conformes aux besoins des consommateurs. La transformation secondaire, qui est issue des travaux de l'ITA (Institut de technologie alimentaire), repose sur des unités semi-industrielles dotées d'équipements appropriés pour la première transformation du mil en farines et semoules diverses (Ndoye, 2001). En plus des technologies visant à obtenir des granulés traditionnels (couscous, *arraw* et *tiacry*), l'ITA s'est intéressé à d'autres produits comme le pain composé, ou « pain riche », la boisson au mil, les biscuits, les crêpes de mil et la farine infantile.

LES PERSPECTIVES

La généralisation de la grille normative de recommandations sur la fertilisation doit tenir compte de la diversité des systèmes de culture et des conditions du milieu. Dans cette perspective, il est nécessaire de poursuivre la création de variétés performantes et stables, d'améliorer les techniques culturales (fumure minérale et organique) et de diversifier les produits à base de mil. Il est aussi indispensable de sauvegarder les acquis scientifiques et matériels, de valoriser et de promouvoir les produits en résolvant les problèmes liés à l'adoption de nouvelles techniques et pratiques agricoles, de sécuriser la production locale et d'améliorer le parc du matériel de transformation, notamment les moulins et les décortiqueurs.

Le maïs

Introduit en Afrique vers le XVI^{e} siècle par les explorateurs portugais, le maïs *(Zea mays* L.) est cultivé au Sénégal, principalement pour son grain, dans quatre zones : le Sénégal-Oriental, le Sine-Saloum, la Casamance et la vallée du fleuve Sénégal. Le développement de sa culture dans chacune de ces régions est lié soit au fait que le maïs y est une culture ancienne dont le produit figure traditionnellement dans l'alimentation, soit au fait que le maïs permet de traverser les périodes de soudure.

Les statistiques de la DGPA (Direction générale de la production agricole) montrent qu'actuellement les superficies et la production se répartissent assez équitablement entre les trois principales régions de culture pluviale : Sénégal-Oriental, Sine-Saloum et Casamance. La région du fleuve, qui est une zone de culture irriguée, ne dépasse pas 10 % du total national.

La production a évolué en dents de scie avec toutefois une croissance relativement constante de 1960 à 1990 et une légère baisse de 1991 à 2000. Un certain nombre de facteurs limite cette production : la sécheresse et la fertilité médiocre des sols, mais aussi le manque de variétés adaptées aux conditions pédoclimatiques, les problèmes de la protection phytosanitaire, la vétusté du matériel et l'absence de maîtrise de techniques culturales appropriées et accessibles aux paysans.

Compte tenu des rendements espérés en milieu réel et de la précocité, les travaux de sélection ont porté principalement sur les variétés locales, pour des rendements allant jusqu'à 2 t/ha, et sur les variétés à pollinisation libre fortement sélectionnées comme les variétés composites ou synthétiques, pour des rendements variant entre 2 et 4 t/ha. Le recours aux hybrides ne se justifie que pour une culture réellement intensive et des rendements supérieurs à 5 t/ha.

LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

Le matériel végétal

Les travaux ont débuté avant l'indépendance avec la MAS (Mission d'aménagement du Sénégal). A partir de 1960, l'IRAT a obtenu des résultats importants sur les stations de Richard-Toll, Guédé, Kaédi et Séfa. Ainsi dans les années 1970-1980, les variétés Early-Thaï, Maka, Diara et Penjalinan permettent déjà de répondre à bon nombre de besoins. A partir de 1984, plusieurs variétés sont vulgarisées grâce à une collaboration étroite avec les institutions nationales, régionales, comme le SAFGRAD (Réseau de recherche pour le développement des cultures vivrières en zones semi-arides), et internationales, tels le CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) et l'IITA (International Institute of Tropical Agriculture). Il s'agit de Synth-C, de Jaune Denté de Bambey (JDB) et du composite jaune extra-précoce CP75 (Camara, 1986 ; Durovray, 1976 ; Ndiaye, 1987). A partir de 1998, plusieurs formules variétales sont identifiées et proposées à la vulgarisation dans le cadre de l'élargissement de la gamme variétale et du renouvellement de la carte du maïs (Ndiaye, 2002) : des variétés hybrides jaunes à cycle intermédiaire (9903-2, Oba-Super-2(RE), 9901-

3 et 9901-5), des hybrides blancs (9705-89, 9705-7, 9916-8 et le composite TZL-Comp-4-C1, avec des rendements de 5 à 7 t/ha), des variétés composites extra-précoces avec un cycle semis-maturité de 75 à 80 jours (EV-98-TZEE-WC2, 97TZEE-W2C1 et EV-98-TZEE-Y, avec des rendements de 3 à 4 t/ha) et des variétés précoces à intermédiaires de 90 jours (Across-Pool-16-DR, TZEW-Pop x 1368-STR-C1, AK-9331-DMR, EV-DT97STR-C1, Acr-94-TZE-Comp-5-W, Synth-9243, Suwan-1 et DMR-ESR-W, avec des rendements de 4 à 6 t/ha) (tableau II).

Tableau II. Principales variétés de maïs vulgarisées.

Variétés	Année de vulgarisation	Domaine de recommandation	Durée du cycle (j)	Rendement moyen en milieu réel (t/ha)
Synth-C	1983	Saloum, Moyenne-Casamance	90	3,5
JDB	1983	Saloum, Moyenne-Casamance	90	3,0
A-Pool-16-DR	1997	Saloum, Centre-nord	80	3,5
Suwan-1	1999	Saloum, Moyenne-Casamance	100	4,5
DMR-ESR-W	1998	Saloum, Moyenne-Casamance	90	3,5
TZEE-Y	1998	Sine-Saloum, Centre-nord	80	3,0
TZEE-W	1998	Sine-Saloum, Centre-nord	80	3,0
Early-Thaï	1996	Sine-Saloum, Casamance	90	3,5
Synth-9243	1997	Saloum, Moyenne-Casamance	95	4,0

Le système de culture

Les conditions de culture du maïs en zone pluviale varient de la culture traditionnelle en champs de case à la culture pure ou associée en plein champ avec différents niveaux d'intensification. Traditionnellement cultivé sous pluie dans la région de Bakel au climat soudanien, le maïs est aussi cultivé pendant la saison froide avec la décrue du fleuve Sénégal. La culture de décrue constitue un héritage culturel paysan important dans la vallée. Il s'y ajoute la volonté du gouvernement de développer la maïsiculture irriguée, qui passerait de 11 à 38 % en systématisant la double culture et les systèmes culturaux intensifs.

En matière de fertilisation minérale, plusieurs formules ont été recommandées : en thème léger, 150 kg/ha de 8-18-27 et 100 kg/ha d'urée, en thème lourd, 300 kg/ha de 8-18-27, 400 kg/ha de phosphate tricalcique et 300 kg/ha d'urée (Durovray et Gracien, 1972). L'apport de 3 t/ha de compost et de 50 kg/ha de N (urée) permet d'obtenir un rendement de 3 t/ha de maïs-grain et de réduire ainsi les doses d'engrais azotés appliquées (Ganry, 1983). Cependant, la valorisation d'autres formes de matière organique telles que les résidus de poisson fumé peut se traduire par une augmentation de rendement de 30 à 40 % (Ndiaye, 1996).

Les travaux de Nicou (1977) ont montré que les meilleurs précédents culturaux du maïs sont l'arachide, le cotonnier, la jachère et le mil, notamment dans le Sine-Saloum et le Sénégal-Oriental. Le maïs peut aussi se succéder à lui-même, en revanche le sorgho a un effet dépressif très net sur la culture du maïs.

Le labour, le billonnage et le buttage présentent certains avantages : ils améliorent la maîtrise des adventices par enfouissement, l'infiltration de l'eau dans le sol et la protection contre le ruissellement et l'érosion (Birie-Habas et Thirovin, 1965).

La bonne densité de semis du maïs est celle qui permet de récolter entre 40 000 et 50 000 plants/ha pour les variétés intermédiaires du type Synth-C (90 jours). Cette densité est obtenue avec le semoir Super-Eco monté d'un disque de 16 trous (7 mm) et une dose de 16 à 20 kg/ha de semences.

De façon générale, le sarclage mécanique est pratiqué à la houe sine, dont les binettes sont réglables en fonction de l'écartement entre les lignes pour effectuer les premiers sarclo-binages du maïs. Un buttage léger est souvent conseillé. Des herbicides tels que Callix-combi G, Primagram-extra (Primagram et glyphosate) et Challenge M sont recommandés pour lutter contre les adventices.

La protection des cultures

Au Sénégal, peu de travaux ont été réalisés dans le cadre de la protection du maïs en raison de la faible incidence des maladies et des parasites en cours de végétation et de stockage. Cependant, le maïs peut faire l'objet d'un certain nombre d'attaques d'insectes, tels les foreurs de tiges (*Sesamia calamistis, Eldana saccharina*), les termites, les teignes des céréales (*Sitotroga cerealella*), les pucerons, les charançons du grain, les cicadelles du rabougrissement du maïs et les cicadelles vectrices de la virose à stries (Streak Virus), et de maladies, comme la brûlure des feuilles ou helminthosporiose, la curvilariose, la cercosporiose et la pourriture des tiges et des épis.

Les principales adventices rencontrées sur le maïs sont *Striga hermonthica, Borreria stachydea, Andropogon pseudapricus, Digitaria horizontalis, Cyperus amabilis, Mariscus squarosus, Bulbostylis barbata, Mitracarpus villosus, Fimbristylis hispidalus*. Pour lutter contre ces adventices, il est conseillé de combiner la lutte chimique (glyphosate et turbulytulazine, Callix-combi, Primagram-extra et Challenge M) et le sarclo-binage.

L'utilisation de variétés résistantes est une méthode de lutte largement explorée, à côté de la lutte chimique, qui n'est employée qu'en cas de fortes attaques.

La sûreté et la qualité des produits

Depuis quelques années, beaucoup de petites et moyennes entreprises et industries ont réalisé des progrès dans la transformation du maïs. Plusieurs produits ont été ainsi mis sur le marché, comme la farine, la semoule et les brisures, communément appelées « riz de maïs ». Cependant, les transformateurs sont confrontés au problème du conditionnement et de la conservation des produits de mouture, qui n'est pas sans effet néfaste sur la commercialisation et la consommation de ces produits. Mbaye (1999) recommande un emballage en polyéthylène de 100 µ d'épaisseur, doublé de polypropylène tissé pour les farines et les semoules et de propylène tissé pour les brisures.

Les perspectives

Les recherches ont révélé l'importance de la fertilisation minérale et organique et des techniques culturales dans l'intensification de la culture du maïs. Les études futures devront mettre l'accent sur les densités de semis en fonction du cycle et du type de variété, sur les techniques culturales et sur les procédés de transformation en vue de diversifier les produits et d'améliorer leur qualité.

Le fonio

Le fonio *(Digitaris exilis)* est une céréale traditionnelle cultivée depuis longtemps au Sénégal. Il joue toujours un rôle important dans la politique de sécurité alimentaire. Il est essentiellement cultivé dans les secteurs centre et sud du pays, notamment dans les régions de Kaolack, de Kolda, de Ziguinchor et de Tambacounda (Fofana, 2002 ; Collectif, 2002). Le fonio occupe des superficies relativement modestes, de l'ordre de 455 ha en moyenne, avec des rendements de 0,55 t/ha et une production annuelle maximale d'environ 2 475 t, soit 0,28 % de la production céréalière nationale. Le faible niveau de la production et de la productivité est dû au fait qu'il n'y a pas suffisamment de semences de qualité, que les techniques culturales ne sont pas maîtrisées et que le matériel agricole pour le semis, la récolte et la transformation est rare.

LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

Le matériel végétal

Le matériel végétal est essentiellement constitué de variétés locales traditionnelles, qui se différencient par leur précocité et la couleur de leur grain. Les principales variétés cultivées sont, d'une part, les types extra-précoces à précoces (60 à 75 jours), dont Gnégné Momo, qui permettent de traverser la période de soudure, d'autre part, les variétés tardives, Findimba, Siragué et Dibong, qui ont un cycle semis-maturité de 90 jours.

Le système de culture

La culture du fonio est pratiquée sur des sols peu fertiles avec des techniques rudimentaires et sans fertilisation. Le semis est effectué à la volée sur un sol préparé préalablement ou non par un pseudolabour manuel suivi d'un enfouissement des graines au râteau ou à la houe. L'entretien des cultures se fait par arrachage manuel des mauvaises herbes.

La récolte, la transformation et le commercialisation

Les plantes sont récoltées à l'aide d'une faucille et mises en bottes ou en gerbes puis séchées au soleil pendant 3 à 15 jours sur des claies surélevées pour éviter les dégâts d'insectes et de termites. Le battage est réalisé au mortier, par piétinements ou au bâton. Le décorticage est effectué de façon manuelle au mortier, en mélangeant les grains à du sable compte tenu de leur petite taille. Ce travail long et pénible est suivi d'un tamisage et de plusieurs lavages pour enlever les impuretés.

Avec la création d'un décortiqueur, la transformation du fonio est devenue semi-industrielle et permet de mettre sur les marchés un fonio décortiqué précuit, produit à forte valeur ajoutée, très apprécié par les consommateurs.

Le fonio est un produit d'autoconsommation, généralement utilisé sous forme de grains décortiqués. Il peut être consommé comme le riz, sous forme de *mafé,* couscous, de *niéling* et de bouillies. Une faible partie de la production est commercialisée, le plus souvent sous forme de grains décortiqués ou non, à des prix variant entre 200 et 250 F/kg.

LES PERSPECTIVES

La culture du fonio, céréale de soudure par excellence, pourrait se développer au Sénégal dans le cadre de la politique de diversification. Pour ce faire, il est indispensable de collecter, d'évaluer et de caractériser le matériel végétal disponible et de créer et diffuser une large gamme de variétés adaptées aux conditions pédoclimatiques. Il est aussi nécessaire d'améliorer les techniques de culture, de récolte, de battage et de transformation, en mettant au point le matériel adéquat, notamment des faucheuses et des batteuses. Enfin, il est important de promouvoir la consommation du fonio dans les centres urbains.

Le sorgho

Le sorgho *(Sorghum bicolor)* est, après le mil, la deuxième céréale pluviale cultivée au Sénégal, avec une superficie totale estimée à plus de 230 000 ha pour une production nationale de 147 000 t. Le sorgho est principalement cultivé pour son grain, qui est un aliment de base pour une grande partie de la population du pays. C'est une culture traditionnelle pratiquée en système pluvial, mais aussi en système de décrue, dans la vallée du fleuve Sénégal. Les principales régions de production sont par ordre d'importance la Haute-Casamance, le Sénégal-Oriental, la région de Kaolack et la région de Thiès. Dans la vallée du fleuve Sénégal, le sorgho est surtout produit en culture de décrue et en culture irriguée d'hivernage dans les périmètres aménagés. La culture du sorgho présente une production moyenne d'environ 0,64 t/ha, du fait de la faible productivité des variétés, de difficultés liées aux techniques culturales, d'attaques de moisissures et des problèmes liés à la sécheresse, à la médiocre fertilité des sols et au contexte socio-économique.

Les travaux d'amélioration variétale du sorgho ont été entrepris à partir de 1935 par l'IRAT. De 1960 à 1974, date de la création de l'ISRA, les études se sont poursuivies dans le cadre de la sélection d'écotypes et d'hybrides. Dans les années 1970, la demande de variétés précoces, non photosensibles et à grains blancs était pressante en raison de l'aggravation des problèmes de sécheresse, et d'importants travaux ont été menés en collaboration avec des instituts ou réseaux régionaux et internationaux, comme l'ICRISAT, le ROCARS (Réseau ouest et centre africain de recherche sur le sorgho), INTSORMIL (Sorghum and Millet Collaborative Research Support Program) et l'université du Nebraska. Ils portaient sur l'amélioration variétale, l'agronomie, la protection des cultures et des stocks et la technologie postrécolte. Ils ont fait progresser les connaissances et ont abouti à des résultats utilisables par le développement.

LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

Le matériel végétal

Le choix du matériel végétal a été essentiellement guidé par la diversité des systèmes et des types de culture : culture pluviale, irriguée ou de décrue. Pour la culture pluviale, il existe trois types de sorgho. Les sorghos de type *guinea,* constitués

essentiellement de variétés locales, sont les plus répandus en Afrique de l'Ouest. Ils sont peu productifs, photosensibles et valorisent mal les techniques d'intensification. On peut citer les populations 50-59 (précoce), 63-18 (intermédiaire) et SH60 (tardive). Les sorghos de type *caudatum,* à la base de la plupart des variétés améliorées, ont presque toujours connu une diffusion relativement limitée en raison de leur manque d'adaptation aux conditions agroclimatiques, de leur très grande sensibilité aux moisissures et de la qualité de leur grain, peu appréciée des populations rurales. Les sorghos de type *durra,* considérés par Sapin et Reynard (1968) comme constituant la totalité des sorghos de décrue, sont cultivés dans les terres limono-argileuses inondables de la vallée, ou *oualo,* lorsque la décrue intervient.

A la suite des travaux de Chantereau (1983) et de Luce (1995), un certain nombre de variétés ont été recommandées et vulgarisées pour le centre-sud et sud-est : CE-145-66, qui est stable et productive, avec un rendement moyen de 2,9 t/ha en milieu paysan mais un grain à couche brune qui donne une couleur sombre à la farine ; CE-180-33, recommandée pour le centre-nord, qui est également performante, avec un rendement de 2,8 t/ha en milieu paysan et une tolérance à la sécheresse, aux moisissures et au charbon allongé ; CE-196-7-2, avec un rendement moyen de 2,8 t/ha, qui est recommandée pour la Petite-Côte ; F2-20, avec un potentiel de rendement élevé de 5,3 t/ha, une qualité de grain appréciée et une tolérance aux moisissures, plus tardive (110 jours du semis à la maturité), qui est recommandée pour les zones à pluviométrie supérieure à 600 mm. Les hybrides CK-612A x 75-1 (85-90 jours) et CK-612A x 76-8 (100 jours) ont été proposés à la vulgarisation pour la zone centre-nord.

En culture irriguée, la sélection porte sur des lignées et des hybrides précoces adaptés à chacune des deux saisons de culture irriguée, hivernage et contre-saison froide, des périmètres irrigués de la vallée du fleuve Sénégal. Il s'agit de variétés lignées, comme CE-151-262 (90 jours) pour la culture hivernale et 75-14 pour la contre-saison froide, et de variétés hybrides, telles 612A x 68-29 recommandée pour les deux saisons, CK-612A x 73-208 pour l'hivernage et CK-612A x 75-14 et CK-612A x 68-29 pour la contre-saison froide (Trouche, 1993). Les rendements varient entre 4,2 t/ha et 7,7 t/ha pour l'hybride CK-612A x 75-14. Cependant, il convient de préciser que ces hybrides n'ont pas fait l'objet d'une production spécifique au Sénégal (tableau III).

Tableau III. Principales variétés de sorgho vulgarisées.

Variétés	Année de vulgarisation	Domaine de recommandation	Durée du cycle (j)	Rendement moyen en station (t/ha)
CE-145-66	1980	Centre-nord, Sine-Saloum	100	5,4
CE-180-33	1983	Centre-nord	90	5,3
CE-196-7-2	1983	Zone de Mbour	95	5,0
F2-20	1983	Centre-sud, Sénégal-Oriental, Casamance	110	5,3

Le système de culture

Pour le sorgho, les références agronomiques disponibles sont peu appliquées, et les systèmes de culture sont très simples (ISRA, 1987 ; Sène *et al.,* 1994). La place du sorgho dans les systèmes de culture est déterminée par son effet

dépressif sur la culture suivante, qui limite son intégration dans des systèmes de culture durables et variés (Chopart et Nicou, 1973 ; Delafond et Burgos-Leon, 1978 ; Nicou, 1980). L'effet allélopathique du sorgho, qui réduit la germination et la croissance de l'arachide, est attribué à des composés phénoliques dont l'accumulation est fortement et positivement corrélée avec la croissance du sorgho (Burgos-Leon, 1979 ; Burgos-Leon *et al.,* 1980 ; Sène, 1999 ; Sène *et al.,* 2000 ; Sène *et al.,* 2001a ; Sène *et al.,* 2001b). Dans le centre du bassin arachidier et les zones sud et est du pays, le sorgho est généralement cultivé en monoculture dans les bas-fonds ou en rotation avec le coton. La partie nord du sud du bassin arachidier connaît une tendance à l'extension de la sole de sorgho, qui révèle une transformation des assolements et des successions culturales (ISRA, 1995). Trois successions principales y sont identifiées : sorgho-sorgho dans les bas-fonds inondés ou inondables, mil-arachide ou mil-sorgho-arachide, jachère-sorgho-arachide quand la jachère couvre des surfaces importantes. Des successions triennales et quadriennales avec sorgho ont été définies dans des systèmes de culture intensifs et semi-intensifs, mais elles ne sont pas pratiquées en parcelles paysannes (Bonfils, 1963 ; Tourte, 1963 ; Tourte, 1971).

Le sorgho répond bien à la fumure minérale (Jacquinot, 1964 ; Blondel, 1971 ; Gigou, 1984). Les types de fumure proposés permettent d'augmenter les rendements de 20 à 50 % (Vidal *et al.,* 1962 ; Piéri, 1989). Le sorgho étant sensible au pH acide et basique (Blondel, 1970), les labours peuvent améliorer son rendement en modifiant les états du profil cultural (Charreau et Nicou, 1971). Sène et Trouche (1992) proposent un itinéraire technique avec trois modalités d'intensification, liées à des objectifs variés de rendements pour une gamme variétale de sorgho. Cet itinéraire technique est une synthèse de plusieurs travaux (Bonfils, 1963 ; Tourte, 1963, 1971 ; IRAT, 1968 ; Havard, 1983 ; ISRA, 1984 ; Luce, 1988, cités par Sène, 1999). Le démariage doit être réalisé avant l'initiation paniculaire, sinon il risque de limiter le nombre de grains par panicule.

L'effet allélopathique du précédent sorgho peut être limité par un apport de fumier à raison de 10 t/ha (Burgos-Leon *et al.,* 1980). Toutefois, cette solution n'est pas réaliste, car les matières organiques sont peu disponibles dans les exploitations agricoles et les procédés d'application par labour d'enfouissement sont inaccessibles aux paysans. Sène (1999) recommande soit de réduire les teneurs en composés phénoliques par voie génétique, soit d'éviter l'effet allélopathique (sans supprimer la production des composés responsables) en semant la culture suivante au milieu des interlignes du précédent sorgho.

La protection des cultures

La faible productivité des sorghos est liée à plusieurs facteurs, en particulier à la présence de ravageurs et de maladies cryptogamiques (champignons, moisissures des grains, charbon, taches grises).

Les ravageurs de la culture sont nombreux : les termites (*Microtermes* sp.) s'attaquent aux tiges et aux épis du maïs et du sorgho ; les sauteriaux provoquent des dégâts parfois importants sur le feuillage ; les chenilles défoliatrices *(Mythimna lorei)* ; les piqueurs-suceurs (*Melanaphis saccharis-Aphis sorghi,* responsable de la maladie de Ndioumane, qui se manifeste par un miellat abondant sur les feuilles) ; les foreurs de tiges *(Sesamia calamistis) ;* les chenilles défoliatrices ; les punaises

des panicules ; les ravageurs des stocks (*Sithophilus zea mays* et *Tribolium castaneum*).

Parmi les méthodes de lutte, on peut citer : la résistance variétale (par exemple l'utilisation de variétés photosensibles peut limiter les attaques de moisissures par le calage de leur cycle à la fin de l'hivernage), la lutte chimique (Laddock), la lutte biologique et les méthodes culturales (élimination des résidus de récolte, semis précoces, rotations).

Les perspectives

Bien que des progrès aient été réalisés dans tous les domaines de la culture du sorgho, des recherches doivent encore être menées sur l'amélioration variétale des types *guinea* et *caudatum* afin d'obtenir des lignées de 100 à 110 jours, vigoureuses à la levée, avec une bonne résistance aux moisissures des grains, une productivité élevée et un grain de qualité. La diversification et l'amélioration des produits transformés restent aussi une voie à explorer.

Références bibliographiques

Badiane A.N., 1988. Courbe de réponse à des doses croissantes de fumier (Thilamkha), essai de travail du sol (Sole III nord, CNRA de Bambey), essai de régénération des sols diémane : résultats 1987. ISRA, CNRA, Bambey, 9 p.

Bal A.B., 1986. L'entomofaune nuisible de l'agrosystème mil-niébé au Sénégal : statut et perspectives de contrôle. ISRA, Dakar.

Bhatnagar V.S., 1986. Rapport d'activité du programme de lutte biologique. Projet CILSS de lutte intégrée contre les ravageurs des cultures vivrières dans le Sahel.

Bilquez A.F., 1975. Amélioration des mils au Sénégal : synthèse des résultats obtenus au cours des quatre années de travail et conclusions générales. ISRA, CNRA, Bambey, 52 p.

Birie-Habas J., Thirovin H., 1965. Compte rendu d'un essai de techniques culturales sur maïs. *In* : Rapport annuel, station agronomique de Séfa. IRAT, Séfa, p. 118-119.

Blondel D., 1970. Induction d'une chlorose ferrique en sol sableux (dior) par des eaux d'irrigation calco-magnésiennes. L'Agronomie tropicale, 25 : 555-560.

Blondel D., 1971. Contribution à l'étude de la croissance en matière sèche et de l'alimentation azotée des céréales sèches au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 26 : 707-720.

Bonfils P., 1963. Evolution de la matière organique dans deux sols du Sénégal. L'Agronomie tropicale, 18 : 1254-1279.

Burgos-Leon W., 1979. Phytotoxicité induite par les résidus de récolte de *Sorghum vulgare* dans les sols sableux de l'Ouest africain. Thèse de doctorat, université de Nancy, 140 p.

Burgos-Leon W., Ganry F., Nicou R., Chopart J.L., Dommergues Y., 1980. Un cas de fatigue des sols induite par la culture de sorgho. L'Agronomie tropicale, 35 : 319-334.

Camara P.A., 1986. Amélioration du maïs : évaluation du programme maïs.

Chantereau J., 1983. Sélection d'hybrides de sorgho pour le centre-nord et le nord du Sénégal. L'Agronomie tropicale, 38 : 295-302.

Charreau C., Nicou R., 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences économiques. L'Agronomie tropicale, 26 : 209-255.

Chopart J.L., Nicou R., 1973. Effet dépressif de cultures répétées du sorgho dans les sols sableux du Sénégal. African Soils, 17 : 181-188.

Collectif, 2002. Mémento de l'agronome. GRET, CIRAD, ministère des Affaires étrangères, Paris, 1 692 p.

Delafond G., Burgos-Leon W., 1978. Effet du précédent cultural sorgho sur la qualité de semences d'arachide 57-422 au Sénégal. ISRA, CNRA, Bambey.

Diallo S., 1985. Rapport de synthèse. ISRA, CRA, Djibélor, 9 p.

Durovray J., 1976. L'amélioration variétale du maïs au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 31 : 259-264.

Durovray J., Gracien F., 1972. Les variétés de maïs pluvial au Sénégal. IRAT, CNRA, Bambey, 11 p.

Etasse C., 1965. Amélioration du mil, *Pennisetum,* au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 20 : 976-980.

Fofana A., 2002. Le fonio au Sénégal. *In :* Atelier régional sur le fonio, Bamako, 19-22 novembre 2002.

Ganry F., 1983. Sources et gestion de l'azote en zone tropicale sèche : bilan de quinze années de recherches au CNRA de Bambey, Sénégal. Etudes techniques du CNRA n. 41/83, 15 p.

Ganry G., Siband P., 1974. Fertilisation, production et gestion du milieu en zone tropicale sèche. IRAT.

Gigou J., 1984. La mobilisation des éléments minéraux par le sorgho IRAT 55 au cours de deux saisons aux pluviométries très différentes. L'Agronomie tropicale, 39 : 324-334.

Gupta S.C., 1984. Programme d'amélioration du mil : développement des pratiques culturales pour les nouvelles variétés. *In :* Rapport annuel 1983-1984. ISRA, CNRA, Bambey, 32 p.

Gupta S.C., 1986. The pearl millet improvement program in Senegal. ICRISAT, ISRA, UNDP, Cooperative Programme 1977-1985, 43 p.

Gupta S.C., Lambert A., Ndoye A.T., 1991. Registration of IBV-8001 pearl millet. Crop Science, 31 : 1382.

Gupta S.C., Ndoye A.T., 1991. Yield stability analysis of promising pearl millet genotypes in Senegal. Maydica, 36 : 83-86.

Havard M., 1986. Le semis du mil au Super-Eco en culture attelée. Machinisme agricole tropical, 93 : 15-20.

ISRA, 1987. Les systèmes de culture pratiqués dans le Sine-Saloum. ISRA, Kaolack, 9 p.

ISRA, 1995. Méthode accélérée de recherches participatives sur la jachère dans les terroirs de Médina Kébé, Gossas et Bamba Dalla Thiakho. ISRA, Kaolack.

Jacquinot L., 1964. Contribution à l'étude de la nutrition minérale du sorgho Congossane, Bambey. Bulletin agronomique IRAT-CNRA, 21 : 18-30.

Jacquinot L., 1972. Résultats et perspectives des recherches effectuées au Sénégal sur la potentialité du mil céréalier *(P. typhoides).* L'Agronomie tropicale, 25 : 1088-1095.

Luce C., 1995. Le sorgho : création variétale et étude de la diversité. CIRAD, CA, Document de travail n. 5, 95 p.

Mbaye I., 1999. Etude sur le conditionnement et la conservation de produits issus de la transformation primaire du maïs. *In :* Regional maize workshop, 4-7 mai 1999. IITA, Cotonou.

Ndiaye A., 1987. La sélection du maïs au Sénégal et l'étude de l'organisation de la variabilité génétique des populations. ISRA, Dakar.

Ndiaye A., 2002. Rapports annuels : génétique et amélioration variétale du maïs (1997-2002). ISRA, Dakar.

Ndiaye M., 1996. Valorisation agricole de résidus de poisson fumé : synthèse des travaux réalisés dans le cadre de la subvention de recherche R01 (projet NRBAR). ISRA, CNRA, Bambey, 30 p.

Ndoye A., 2001. Importance des équipements de transformation primaire et secondaire dans la promotion des produits à base de sorgho : expérience de l'ITA du Sénégal. *In :* Atelier technique du Réseau ouest et centre africain de recherche sur le sorgho.

Ndoye A.T., 1977-1987. Amélioration du mil : rapports 1975-1986. ISRA, CNRA, Bambey.

Ndoye A.T., Gupta S.C., 1987a. La culture du mil face aux contraintes de l'agriculture intensive au Sénégal. *In :* International pearl millet workshop, 7-11 avril 1986. ICRISAT, Patancheru, 285 p.

Ndoye A.T., Gupta S.C., 1987b. Research on pearl millet hybrids in Senegal. *In :* International pearl millet workshop, 7-11 avril 1986. ICRISAT, Patancheru, 285 p.

Ndoye M. *et al.,* 1984. Les problèmes phytosanitaires du mil dans le Sahel. *In :* Séminaires international sur la lutte intégrée, Niamey, 6-13 décembre 1984, p. 79-94.

Ndoye M., 1979. Contrôle cultural et lutte aménagée dans la protection des cultures céréalières contre les principaux déprédateurs dans le Sahel. ISRA, CNRA, Bambey, 61 p.

Ndoye M., Gahukar R., 1987. Les insectes ravageurs du mil en Afrique de l'Ouest et les moyens de lutte. *In :* International pearl millet workshop, 7-11 avril 1986. ICRISAT, Patancheru, 285 p.

Nicou R., 1976. Amélioration de la fertilité des sols des régions nord et centre-nord. ISRA, CNRA, Bambey, 10 p.

Nicou R., 1977. Bilan de huit années d'expérimentation des précédents culturaux au Sénégal. ISRA, IRAT, Dakar.

Nicou R., 1980. Etude des successions culturales au Sénégal : résultats et méthodes. L'Agronomie tropicale, 33 : 51-61.

Piéri C., 1989. Fertilité des sols des savanes : bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara. CIRAD, ministère de la Coopération, Paris, 444 p.

Pouzet F., 1974. Influence de la densité sur la formation du grain et celle de l'épi du mil *(P. typhoides).* ISRA, CNRA, Bambey.

Sapin P., Reynard A., 1968. La culture de décrue du sorgho dans la vallée du fleuve Sénégal : quelques techniques culturales pour son amélioration. L'Agronomie tropicale, 23 : 864 - 871.

Seck D., 1992. Importance économique et développement d'une approche de la lutte intégrée contre les insectes ravageurs des stocks de maïs, de mil et de niébé contre les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel. John Libley Eurotext, Paris, p. 328-335.

Sène M., 1988. Le travail du sol à la dent en traction bovine pour une meilleure infiltration des eaux des premières pluies sur sols gravillonnaires en bordure de plateau, Kaymor. ISRA, CNRA, Bambey.

Sène M., 1999. Analyse de l'influence des systèmes de culture sur la variabilité des rendements du sorgho (*Sorghum bicolor* L. Moensch.) et de son effet allélopathique. Thèse de doctorat, INA P-G, Paris.

Sène M., Dore T., Gallet C., 2001b. Relationships between biomass and phenolic production in grain sorghum grown under different conditions. Agronomy Journal, 93 : 49-54.

Sène M., Dore T., Pellissier F., 2000. Effect of phenolic acids in the soil under and between rows of a prior sorghum (Sorghum bicolor) crop on the germination and emergence of peanuts (Arachis hypogaea). Journal of Chemical Ecology, 26 : 625-637.

Sène M., Gallet C., Dore T., 2001a. Phenolics compounds in a sahelian sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moensch.) genotype (CE-145-66) and in the associated soil in a tropical area. Journal of Chemical Ecology, 27 : 81-92.

Sène M., Samb N., Ndiaye B.T., 1994. Effets des techniques culturales sur la variabilité des rendements du sorgho en parcelles paysannes : premiers résultats du projet R05. ISRA, CNRA, Bambey, p. 31.

Sène M., Trouche G., 1992. Fiche technique pour la culture du sorgho en zones pluviales sèches. ISRA, CNRA, Bambey.

Tourte R., 1952. Les engrais NPK : poursuite de l'étude de leurs effets sur l'arachide et le mil au Sénégal. Annales du CRA de Bambey, Bulletin agronomique, 24 p.

Tourte R., 1963. Réflexion sur l'assolement : l'exemple de la zone arachide-mil du Sénégal. L'Agronomie tropicale, 18 : 168-184.

Tourte R., 1971. Thèmes légers, thèmes lourds, systèmes intensifs : voies différentes ouvertes au développement agricole au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 26 : 632-671.

Trouche G., 1993. Synthèse de trois années de recherches sur l'amélioration variétale du sorgho. Projet SAR II, ISRA, MSU, USAID, ISRA, 11 p.

Vidal P., Bono M., Fauche J., 1962. Influence des fumures organiques et minérales sur la production des sorghos et la qualité des grains. L'Agronomie tropicale, 17 : 363-388.

Les légumineuses à graines

Ndiaga CISSE, Joseph WEY, Dogo SECK,
Momar Talla GUEYE, Mamadou GUEYE

Les aléas climatiques de 1972 et de 1975, qui ont décimé le cheptel africain alors que la population augmentait significativement, ont abouti à un déséquilibre alimentaire inquiétant. Ce déséquilibre se traduit par une insuffisance calorique aggravée par une déficience protéique sensible (FAO, 1970). Le niébé, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., déjà ancré dans les habitudes alimentaires, et le soja, *Glycine max* (L.) Merrill, une culture d'introduction, sont des sources de protéines prometteuses pour l'Afrique.

Le niébé est la plus importante légumineuse à graines des zones de savane tropicale. C'est un aliment de base apprécié pour ses feuilles, ses gousses vertes et ses graines sèches, qui peuvent être consommées et commercialisées. Certaines variétés à cycle court permettent de disposer d'un aliment de bonne qualité pendant les périodes de soudure alimentaire, des mois d'août et de septembre. La graine mûre contient 23 à 25 % de protéine, 50 à 67 % d'amidon et des vitamines B telles que l'acide folique, qui est important dans la prévention de malformation chez le nouveau-né. La graine est également riche en oligoéléments essentiels, comme le fer, le calcium et le zinc. Les fanes, qui ont une forte teneur protéique, constituent un fourrage apprécié par le bétail.

Le soja est originaire des régions asiatiques, où il est utilisé dans les préparations culinaires depuis des millénaires. Il est quasiment inconnu sur le continent africain. Ses petites graines dorées, qui sont réputées pour leur forte teneur en protéines et en acides aminés, constituent l'essentiel de l'apport protéique de la ration alimentaire en Asie.

Le niébé

Au Sénégal, la superficie totale cultivée en niébé est passée de 63 000 ha en moyenne entre 1970 et 1979 à 120 000 ha pour la période de 1995 à 2000. Le niébé est surtout cultivé dans les régions semi-arides du nord, à Louga et Saint-Louis (65 % du total), et du centre-nord, à Diourbel et Thiès (29 %). Les sécheresses graves qui y sévissent depuis 1968 ont occasionné des changements dans les systèmes traditionnels de production, et des recherches ont été conduites pour résoudre les problèmes posés par ces déficits hydriques successifs.

Le matériel végétal

La première collecte de matériel végétal effectuée au Sénégal entre 1953 et 1960 avait fourni 74 accessions (Sène, 1966). En 2002, le nombre d'accessions disponibles au Centre de recherches agronomiques de Bambey atteignait 247. La collection est subdivisée en deux groupes. Le premier est constitué des variétés de jours courts, très sensibles à la photopériode, qui commencent à fleurir quand la durée du début du jour au crépuscule devient inférieure à 12 h 30, ce qui correspond, au Sénégal, à la période comprise entre mi-septembre et fin mars. Le second comprend les variétés insensibles à la photopériode, qui sont les plus utiles dans le Sahel pour la production de gousses vertes et de graines sèches.

L'amélioration génétique du niébé a commencé au début des années 1960, avec l'identification de variétés locales très productives comme 58-57, qui a de petites graines : 12 g pour 100 graines (Sène, 1966 ; Sène et Ndiaye, 1971). Ndiambour a été obtenue en améliorant la qualité des graines de 58-57 : 16 g pour 100 graines (Sène et Ndiaye, 1974). Ndiambour et 58-57 ont un port rampant et mûrissent 75 jours après le semis.

Mougne a été développée en utilisant la variété locale photosensible Ndout comme parent (Sène et Ndiaye, 1974). L'objectif était de créer, pour la culture pure, une variété insensible à la photopériode avec la qualité des graines de Ndout. Mougne a un poids pour 100 graines de 15 g. Ses graines sont blanches et tachetées de gris.

Bambey 21 a été la première variété extra-précoce (60 jours) et à port érigé développée au Sénégal (Sène et Ndiaye, 1974). C'est la seule variété connue au monde dont la graine est entièrement blanche. Son poids de 100 graines est d'environ 17 g.

Durant la période 1961 à 1973, l'objectif majeur de l'amélioration variétale était de mettre au point des variétés à cycle court, indifférentes à la photopériode, à port dressé net (croissance déterminée), résistantes à la verse et à grosses graines crème ou crème à œil coloré (Sène et Ndiaye, 1974). A partir de 1980, la sélection visait à créer des variétés adaptées aux conditions semi-arides qui prévalent dans les zones sahéliennes, résistantes aux insectes, aux maladies et au striga, une plante parasite (*Striga gesnerioides* (Wild.) Vatke), et pourvues de graines de bonne qualité.

CB5 (California Blackeye 5) a été introduite au Sénégal en 1985 dans un programme d'urgence de lutte contre la famine, qui a duré trois ans (Bingen *et al.,* 1988). C'est une variété très précoce (60 jours), qui n'est pas vulgarisée à cause de sa sensibilité aux pucerons *(Aphis craccivora),* au chancre bactérien (*Xanthomonas campestris* pv. *vignicola*) et aux maladies de la pourriture des gousses.

Mouride a été créée pour la production de graines. Elle est résistante à la bruche (*Callosobruchus maculatus* F.), au striga, au chancre bactérien et à la virose due au CAbMV (Cowpea Aphid-borne Mosaic Virus ; Cissé *et al.,* 1995). Elle est semi-érigée et arrive à maturité environ 65 jours après le semis. Ses graines sont de couleur crème avec un œil marron. Le poids de 100 graines est de 16 g.

Mélakh est une variété à double usage, créée pour la production de graines sèches et de gousses ou haricots verts (Cissé *et al.,* 1997). Elle est résistante aux pucerons, à la virose due au CAbMV, au chancre bactérien et partiellement aux thrips

(*Megalurothrips sjostedti).* Elle est semi-érigée et très précoce (60 jours). Sa graine, blanche avec un œil marron, est de taille moyenne. Le poids de 100 graines est d'environ 19 g.

Le système de culture

Le niébé est essentiellement conduit en culture pure, en rotation avec le mil et l'arachide dans la zone sahélienne du Sénégal. Néanmoins, on le rencontre parfois en culture associée avec le mil.

La rotation mil-niébé est intéressante dans la mesure où ces deux plantes ont un effet bénéfique l'une sur l'autre : le précédent de mil peut limiter les populations de champignons responsables de la fonte des semis chez le niébé, alors que le niébé peut causer une germination « suicide » de *Striga hermonthica*, une plante parasite du mil et du sorgho qui ne s'attaque pas au niébé.

Un labour profond de 15 à 20 cm en début d'hivernage, suivi d'un passage croisé à la herse, assure des conditions optimales de levée et de croissance. Le labour nécessitant des moyens importants, les paysans procèdent généralement à une simple préparation des sols par un grattage manuel, superficiel, sans enfouissement des résidus.

Les sols sablonneux de cette zone sont très déficitaires en azote et en phosphore. La nutrition azotée du niébé est moins dépendante des éléments du sol du fait qu'il bénéficie de l'azote issu de la fixation symbiotique *Rhizobium*-légumineuse. L'inoculation artificielle n'est pas nécessaire, car le sol renferme des rhizobiums efficients, compétitifs et compatibles. Le niébé peut tirer jusqu'à 75 % de ses besoins en azote de cette association symbiotique, ce qui permet d'assurer une bonne production de graines tout en restituant une quantité non négligeable d'azote au sol. La variabilité génétique de cette fixation a été mise en évidence (Ndiaye *et al.,* 2000). L'association des racines du niébé avec des champignons appelés mycorhizes favorise aussi l'absorption du phosphore du sol. La fixation de l'azote et l'association avec les mycorhizes commencent à être efficaces trois semaines environ après le semis. Une fertilisation de 9 kg/ha de N, 30 kg de P_2O_5 et 15 kg/ha de K_2O avant le semis est suffisante pour une production de 1,5 à 2 t/ha (Thiaw *et al.,* 1993), ce qui correspond à une fertilisation de 150 kg/ha de l'engrais ternaire 6-20-10.

Le niébé est généralement semé en début d'hivernage après une pluie d'au moins 15 mm. Les besoins maximaux en eau d'un niébé de 75 jours sont estimés à 350 mm à Bambey et à 430 mm à Louga, où les moyennes pluviométriques (1966-1995) sont respectivement de 375 et 211 mm. Les semis sont effectués à la main à raison de 2 graines par poquet ou au semoir au moyen d'un disque de 8 trous. Les écartements recommandés pour obtenir des rendements maximaux sont de 50 x 50 cm, pour les variétés rampantes telles que 58-57, Mougne et Ndiambour, et de 50 x 25 cm, pour les variétés érigées et semi-érigées : Bambey 21, Mouride et Mélakh. La densité correspondant au premier écartement est de 40 000 poquets à l'hectare et au second, de 80 000 poquets à l'hectare, soit des quantités de semences variant entre 10 et 20 kg. Un prétraitement des semences au Granox OR 230 PP (carbosulfan 21,5 %, propiconazole 1,5 %) à raison de 4 g/kg de semences est recommandé pour éviter les fontes de semis.

Les mauvaises herbes sont maîtrisées par un sarclage manuel à l'hilaire deux semaines après la levée, suivi d'un sarclage mécanique à la houe à traction animale 15 à 20 jours plus tard. Si les champs sont infestés par le striga, l'arrachage manuel est recommandé avant la floraison du parasite de façon à réduire l'infestation. Cependant, la meilleure méthode de lutte est l'utilisation de variétés résistantes telles que Mouride.

Les gousses sont récoltées manuellement à maturité. Leur exposition au soleil facilite leur décorticage et vannage. Pendant le séchage, elles doivent être protégées des pluies pour éviter le développement d'une pourriture, qui peut détruire les graines.

La défense des cultures

La lutte la plus efficace et la moins onéreuse contre les ennemis de la culture est la résistance variétale. Pour certains parasites, la lutte chimique reste la seule méthode efficace.

Le seul moyen de lutter contre les chenilles d'*Amsacta moloneyi* est d'utiliser un insecticide de contact tel que l'endosulfan (800 g/ha). Les thrips sont combattus par un premier traitement à la deltaméthrine (15 g/ha) dès l'apparition des boutons floraux et par un second 7 à 10 jours plus tard. Il est plus judicieux d'effectuer les traitements en fonction de l'importance des populations de thrips. Le chancre bactérien et la virose due au CAbMV constituent les principales maladies du niébé au Sénégal et sont contrôlées par la résistance variétale.

L'infestation des récoltes de niébé par la bruche commence au champ et se poursuit pendant le stockage. En six mois, elle peut atteindre 50 % et dépasser 80 % au-delà de sept mois. Le développement de la larve entraîne une perte pondérale de la graine de 5 à 25 %. Les dégâts provoquent également une baisse sensible de la qualité des graines en réduisant la faculté germinative et en abaissant leur teneur en protéines (Seck, 1994). L'évaluation de différentes matières actives a montré l'efficacité de la deltaméthrine, du pyrimiphos-méthyl et du mélange binaire fénitrothion et cyfluthrine pour lutter contre la bruche pendant au moins six mois (Seck *et al.,* 1991). Le stockage du niébé en fûts métalliques hermétiques s'est révélé très efficace en milieu rural.

Trois espèces de plantes (*Cassia occidentalis* L., *Securidaca longepedunculata* Fresen et *Boscia senegalensis* Pers. Lam. ex Poir.) à effet insecticide se sont avérées prometteuses pour la conservation du niébé. L'huile extraite des graines de *C. occidentalis* présente des effets ovicides et larvicides. La poudre de feuilles de *S. longepedunculata*, à la concentration de 5 à 10 % (P/P), réduit voire inhibe l'émergence d'une nouvelle génération de *C. maculatus*. L'écorce de racines de *S. longepedunculata*, les feuilles fraîches broyées et les fruits frais broyés de *Boscia senegalensis* ont un effet fumigant sur la bruche du niébé (Seck *et al.,* 1996).

La postrécolte et la mise en marché

La demande des consommateurs et de l'industrie en graines de niébé et en produits transformés a incité l'ITA (Institut de technologie alimentaire) à développer une gamme de produits : farine de pâtisserie, niébé sec précuit, *sanxal* de niébé grillé, farine de niébé fermenté. Ces préparations ont été testées par des restaurants et des ménages de Dakar (Hamdy, 1990). Dix-huit recettes ont

également été composées en tenant compte des aspects économiques et des traditions culinaires. Ainsi, la farine de niébé fermenté, destinée à la préparation de l'*akara*, permet de raccourcir le temps de préparation de ce plat : pour préparer la pâte et frire le beignet il faut seulement 30 minutes avec cette farine, alors que 24 heures sont normalement nécessaires du trempage à la friture de la pâte. Le niébé sec précuit, utilisé pour préparer des salades et des ragoûts à la sauce épicée, offre de nombreux avantages : la simplicité de sa préparation, sa qualité et son prix raisonnable. Il faut jusqu'à deux heures pour cuire le niébé, alors que 15 minutes suffisent pour le niébé sec précuit obtenu à partir de la variété Bambey 21, avec une qualité égale à celle du haricot blanc cuit. Le niébé grillé peut être utilisé pour la préparation du *neleng*, un plat qui ressemble au couscous de mil. La cuisson est particulièrement importante : elle accroît la digestibilité des protéines, diminue le phénomène incommodant de flatulence et élimine quasiment tous les facteurs antinutritionnels. L'exploitation semi-industrielle de ces produits a contribué à faire accepter et adopter le niébé en milieu urbain.

L'examen de paramètres technologiques (temps et taux de décorticage, rendement en farine, temps de cuisson, indice de gonflement, tenue à la cuisson) montre que les aptitudes à la transformation de la variété Mouride (IS86-275) sont inférieures à celles de CB5 prise comme référence pour son excellent comportement (ITA, 1990, non publié).

Le soja

Les exigences physiologiques du soja situeraient sa zone potentielle d'extension dans les isohyètes supérieures à 900 mm avec une saison des pluies d'au moins 4 mois, ce qui correspond à la zone de culture pluviale du maïs : le sud de la région de Kaolack, la Casamance et le Sénégal-Oriental. Le soja a été intégré pour la première fois dans un programme de recherche en 1966. Ce programme a débuté par des introductions variétales, puis s'est diversifié pour atteindre son apogée vers 1980, où il s'affichait comme un programme de type « filière », du semis à la mise sur le marché en passant par la récolte et la postrécolte. Ce programme a été également l'occasion d'une collaboration entre les institutions nationales, comme l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles), l'UCAD (Université Cheikh Anta Diop) et l'ITA (Institut de technologie alimentaire), qu'internationales : le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement), l'IRD (Institut de recherche pour le développement), l'IITA (International Institute of Tropical Agriculture), INTSOY (International Soybean Program), l'AIEA (Agence internationale de l'énergie atomique) et l'université du Minnesota.

Le matériel végétal

Près de 300 variétés ont été introduites et testées au Sénégal. L'essentiel du matériel végétal est originaire du réseau INTSOY, qui est largement dominé par du matériel originaire des Etats-Unis. La plupart de ces variétés présente des défauts phénologiques qui n'encouragent pas leur diffusion en milieu réel. A partir de 1972, un programme de création variétale a été entrepris pour construire une nouvelle architecture de plantes mieux adaptées aux conditions spécifiques du Sénégal. Les nouvelles créations ont rapidement surpassé le matériel introduit (tableau I).

Tableau I. Caractéristiques des trois créations variétales les plus intéressantes (Larcher, 1980).

	Rendment moyen (t/ha)	Cycle (jours)	Port	HPEG* (cm)	Poids de 1 000 graines (g)	Teneur en protéines (%)	Teneur en huile (%)	Verse	Déhiscence des gousses
ISRA/IRAT 22-72	2,6	105-110	semi-dressé	15	140-150	41	23	résistant	résistant
ISRA/IRAT 44-A-73	3,5	100-105	semi-dressé	9	125-140	42	22	résistant	assez résistant
ISRA/IRAT 26-72	2,5	105-110	semi-dressé	12	150-160	43	21	résistant	assez résistant

* HPEG : hauteur du premier étage de gousses.

Le système de culture

Le soja est une culture d'introduction récente au Sénégal, destinée à une petite agriculture familiale. La définition de l'itinéraire technique de sa culture et la question de son adaptation aux contraintes locales sont les deux priorités de la recherche.

Dans la succession culturale arachide-céréale ou cotonnier, pratiquée habituellement en Casamance et au Sénégal-Oriental, le soja peut logiquement remplacer l'arachide et permettre ainsi de diversifier les cultures en tête de rotation.

Les travaux culturaux débutent par un labour aux bœufs de 10 à 15 cm de profondeur. Celui de fin de cycle donne les meilleurs rendements par rapport au labour de début de cycle (+ 22 %) ou au témoin sans labour (+ 53 %).

A l'état naturel le système symbiotique *Rhizobium*-soja n'est pas fonctionnel du fait de l'absence de la bactérie spécifique responsable de cette symbiose (Wey, 1983a). Cette déficience est corrigée par l'apport, ou inoculation, de la bactérie. La souche USDA 138 présente les meilleures dispositions pour induire une nodulation satisfaisante. Avec cette souche, une fixation biologique de N_2 de près de 130 kg/ha a été mesurée (Ganry et Wey, 1984). Un support poudreux (tourbe des Niayes) pour une inoculation par enrobage des semences et un support granulé (mélange tourbe et attapulgite) pour une inoculation du sol ont été confectionnés. L'inoculum appliqué directement sur la graine déprécie la germination (- 47 %). L'application de l'inoculum granulé dans le sillon de semis induit une nodulation équivalente sans provoquer de fonte de semis. Son meilleur impact sur le rendement s'explique par la différence de densité de plantes. Un épandeur préréglé à une dose de 20 kg/ha d'inoculum granulé (Wey et Saint Macary, 1982) a été mis au point avec un industriel local, la SISMAR (Société industrielle sahélienne de mécanique des matériels agricoles et de représentation). Un atelier pilote de production d'inoculum a également été conçu, dont une version commercialisable, affinée par le CIRAD à Montpellier, est vendue sous le nom d'UPIL (Unité de production d'inoculum liquide). Ces modèles ont été diffusés dans de nombreux pays par la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture ; Wey, 1983b).

Les autres éléments nutritifs sont couverts par le stock du sol et par les apports d'engrais. L'association endomycorhizienne, qui facilite l'absorption du phosphore, est présente (Ganry *et al.,* 1985). Les faibles besoins en phosphore, de 15 kg/ha dont 11 exportés par les grains, sont assurés par un apport de 40 à 50 kg/ha de P_2O_5. La demande potassique est plus importante, de 85 kg/ha dont 39 exportés par les grains. En considérant une restitution totale des fanes de soja, la fertilisation minérale recommandée est de 15 à 30 kg/ha d'azote starter, de 40 kg/ha de P_2O_5 et de 60 kg/ha de K_2O (Larcher et Velly, 1984).

Le soja doit être semé dans les premiers jours de juillet, sur une pluie supérieure à 20 mm. Au-delà du 15 juillet, les rendements chutent brutalement, de 25 à 50 %, du fait de l'interruption habituelle des pluies en octobre. La profondeur idéale de semis, de 3 cm, est réalisée avec un semoir Super-Eco ou un polyculteur équipé de disques de semis à 30 crans, avec une épaisseur de 5 mm. L'interligne est de 60 cm en lignes simples et de 30 à 90 cm en lignes jumelées. La distance entre poquets sur la ligne de semis est de 5 cm. La dose de semences est alors de 65 kg/ha et correspond à une densité de 330 000 pieds/ha.

En version mécanique, le désherbage peut être réalisé avec les outils aratoires conventionnels des autres cultures : hilaire pour une intervention manuelle, houe sine tractée par une paire de bœufs. Le travail du sol est aisé quand le soja ne dépasse pas une vingtaine de centimètres de hauteur. Au-delà les dégâts dus au piétinement des bœufs deviennent significatifs. Des aménagements sont alors envisagés pour pallier ces inconvénients, en particulier le système des rangs jumelés (0,30 m x 0,90 m au lieu de 0,60 m). Un désherbage manuel sur la ligne est effectué après chaque sarclo-binage.

Les gousses sont très facilement déhiscentes. L'ampleur du phénomène est liée aux conditions climatiques de fin de cycle et aux caractéristiques génétiques du matériel végétal. La résistance à la déhiscence se limite à trois semaines après la maturité de récolte. Cette déhiscence devient un atout en simplifiant le traitement de la récolte : les gousses éclatent au moindre choc mécanique, facilitant ainsi le battage. Le battage peut être réalisé manuellement, au fléau ou au piétinement, ou mécaniquement, par des batteuses à tambour équipées d'un moteur thermique. Plusieurs machines de gabarit compatible avec les petites exploitations ont été testées.

La protection des cultures

Les attaques dues aux insectes sont sans importance économique. Les espèces qui présentent un danger pour la culture se situent dans les groupes des défoliateurs et des piqueurs de gousses. En revanche, les maladies dues à *Septoria glycynea, Phytophtora megasperma, Fusarium oxysporum* et *Pseudomonas glycinea* peuvent, en cas d'attaque sévère, provoquer des défoliations, des fontes de semis ou des nécroses, pénalisant ainsi le rendement. Les variétés ISRA-IRAT 22-72 et ISRA-IRAT 26-72 sont résistantes à *Pseudomonas glycinea* (Girard, 1979).

La postrécolte et la mise en marché

En raison de leur haute teneur en huile, les graines doivent contenir moins de 14 % d'humidité pour une bonne conservation. A ce taux, elles peuvent être conservées pendant un mois. Si l'humidité est de 12 %, la conservation peut atteindre trois ans.

Elle atteint dix ans si l'humidité est de 10 %. Après nettoyage, les graines doivent être mises en sacs et stockées dans un local aéré et protégé des attaques de rongeurs.

La conservation de la faculté germinative est une contrainte importante de la production de semences de soja. Elle est liée à la date de récolte et au conditionnement des semences (Larcher, 1985) : la rapidité de séchage des graines (taux d'humidité inférieur à 10 %) et leur maintien à ce seuil sans rupture temporaire sont les facteurs de réussite de la production de semences. Il importe d'assurer une récolte rapide pour éviter toute variation brutale du taux d'humidité des graines par les dernières pluies. La meilleure technique de conservation pour les semences est le stockage en chambre froide déshumidifiée. La conservation des semences peut aussi se faire sous atmosphère raréfiée (sac plastique soudé) ou dans des sacs de jute ou de polypropylène tressés neufs, placés dans un local frais, bien aéré et protégé.

La culture du soja devait répondre à deux objectifs, d'une part, la transformation industrielle et l'exportation (huile, tourteaux) pour améliorer la balance commerciale, d'autre part, la contribution à l'équilibre des rations alimentaires fortement déficientes en protéines. La SEIB (Société d'exploitation industrielle du Baol) avait monté un atelier pilote de trituration de la graine de soja et conduit une étude de faisabilité. Parallèlement, l'ISRA conduisait une opération de production de soja en grande surface (250 ha) sous contrat avec un groupe de producteurs de la région de Séfa. Des circonstances défavorables (décision politique) ont mis fin prématurément à ce projet pilote.

Plusieurs plats traditionnels (*lax,* couscous, *ruy, neleng*) ont été testés à partir de farine de soja préparée par des moyens traditionnels. Aucun trouble gastro-intestinal n'a été observé chez les enfants après consommation du lait de soja. L'incorporation dans des farines de céréales soit de protéines concentrées de soja (VMR) soit de farines de soja non délipidé a été testée dans la préparation de produits de boulangerie, de pâtisserie ou de biscuiterie avec du mil. Les tests d'acceptabilité et de valeur nutritive ont permis d'envisager l'incorporation de 5 % de farine de soja dans la fabrication du pain.

Les perspectives

Le matériel végétal et les itinéraires techniques développés permettent d'obtenir des rendements potentiels supérieurs à 2 t/ha de graines chez le niébé et le soja. En milieu paysan, les rendements du niébé sont plus faibles, de l'ordre de 0,5 t/ha. Cette différence entre la production en station et en milieu paysan est liée à la divergence entre les recommandations techniques et leur application sur le terrain. Les contraintes, comme la faible fertilité des sols et les stress hydriques, viennent ensuite creuser les écarts. Bien qu'il existe une variabilité génétique pour la fixation symbiotique de l'azote et pour l'expression des caractères de résistance à la sécheresse, les progrès dans l'amélioration de ces caractères par la sélection conventionnelle sont limités. Les outils récents de la biotechnologie offrent de nouvelles perspectives d'amélioration du niébé. Ainsi, des recherches sont en cours pour identifier des marqueurs génétiques associés à la résistance à la sécheresse et à la fixation de l'azote.

Avec l'urbanisation, la demande en graines de niébé et en produits transformés ne cesse de croître. Le temps de préparation des repas devient un facteur déterminant dans le choix des aliments du fait de la pluriactivité des familles et

l'accroissement du nombre de femmes qui travaillent en dehors du groupe familial. La nutrition infantile des plus pauvres s'impose également comme une priorité. La création de variétés qui répondent aux besoins des consommateurs et des transformateurs peut contribuer à augmenter la consommation de niébé dans les villes. Les graines de la variété Bambey 21 qui sont entièrement blanches sont d'excellente qualité pour produire de la farine et le temps de cuisson du niébé sec précuit obtenu à partir de telles graines est considérablement réduit.

Les contraintes qui ont prévalu à l'introduction du soja sont encore d'actualité : la filière de l'arachide continue de connaître des difficultés face à la concurrence des autres huiles végétales ; la balance commerciale est toujours déficitaire ; le déséquilibre en protéines des rations alimentaires s'est accentué avec la paupérisation des populations. Les dysfonctionnements récents de la filière de l'arachide ont réactivé la nécessité de diversifier les cultures. Ainsi, des réflexions sont à nouveau à l'ordre du jour pour reprendre les activités de recherche sur le soja. A côté du partenaire industriel, plusieurs petites et moyennes entreprises sont aujourd'hui engagées dans la transformation des produits agricoles (IMS, 2002) et élargissent les possibilités de transformation du soja pour son introduction dans les aliments de sevrage, de boulangerie, de pâtisserie et dans les préparations culinaires.

Les multiples modalités d'utilisation de ces deux espèces, riches en protéines et complémentaires dans leur aire de culture (le niébé couvre la zone sahélienne, le soja la région sud plus humide), pourraient leur conférer un rôle déterminant dans la recherche d'un équilibre alimentaire bon marché pour les populations urbaines et rurales, mais aussi représenter pour les agriculteurs des alternatives de diversification des productions.

Références bibliographiques

Bingen R.J., Hall A.E., Ndoye M., 1988. California cowpeas and food policy in Senegal. World Development, 16 : 857-865.

Cissé N., Ndiaye M., Thiaw S., Hall A.E., 1995. Registration of Mouride cowpea. Crop Science, 35 : 1215-1216.

Cissé N., Ndiaye M., Thiaw S., Hall A.E., 1997. Registration of Melakh cowpea. Crop Science, 37 : 1978.

FAO, 1970. Rapport de la septième session de la commission mixte FAO/OMS du *Codex alimentarius*, Rome, 7-17 avril 1970. Alinorm 70/43.

Ganry F., Wey J., 1984. Application de la méthode isotopique à l'étude quantitative de la fixation de N_2 dans les principaux agrosystèmes en zone tropicale sèche (légumineuses, céréales, arbres, compost). *In :* Séminaire FAO/AIEA sur l'utilisation des isotopes dans l'étude de la fixation biologique de l'azote, Ankara, 12-16 novembre 1984. 51 p.

Ganry F., Wey J., Diem H.G., Dommergues Y.R., 1985. Inoculation with *Glomus mosseae* improves N_2 fixation by field-grown soybeans. Biology and Fertility of Soils, 1 : 15-23.

Girard J.C., 1979. Mise en évidence de deux maladies sur des graines de soja en provenance du Sénégal. L'Agronomie tropicale, 34 : 305-307.

Hamdy M., 1990. Cowpea processing project 685-0281. USAID, Dakar, 140 p.

IMS, 2002. Banque de données des transformateurs et répertoire de leurs équipements et des procédés de transformation. Initiative mils et sorgho, Comité national de concertation du Sénégal, 70 p.

Larcher J., 1980. L'amélioration variétale du soja au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 35 : 148-156.

Larcher J., 1985. Effets d'une récolte retardée sur le rendement et la qualité des semences de soja, *Glycine max* (L.) Merrill, au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 40 : 337-341.

Larcher J., Velly J., 1984. Mobilisation et fumure minérale du soja, *Glycine max* (L.) Merrill, au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 39 : 34-41.

Ndiaye M.A.F., Spencer M.M., Guèye M., 2000. Genetic variability in dinitrogen fixation between cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., cultivars determined using the nitrogen-15 isotope dilution technique. Biology and Fertility of Soils, 32 : 318-320.

Seck D., 1994. Développement de méthodes alternatives de contrôle des principaux insectes ravageurs des denrées emmagasinées au Sénégal par l'utilisation de plantes indigènes. Thèse de doctorat, faculté des sciences agronomiques de Gembloux, 192 p.

Seck D., Lognay G., Haubruge E., Marlier M., Gaspar C., 1996. Alternative protection of cowpea seeds against *Callosobruchus maculatus* (F.) (Col.: *Bruchidae*) using hermetic storage alone or in combination with *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam ex Poir. Journal of Stored Product Research, 32 : 39-44.

Seck D., Sidibé B., Haubruge E., Hemptinne J.L., Gaspar C., 1991. La protection des stocks de niébé et de maïs au Sénégal. Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, 56 : 1225-1234.

Sène D., 1966. Inventaires des principales variétés de niébé (*Vigna unguiculata* W.) cultivées au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 8 : 927-933.

Sène D., Ndiaye S.M., 1971. L'amélioration du niébé *(V. unguiculata)* au CNRA de Bambey, de 1959 à 1969. L'Agronomie tropicale, 26 : 1031-1065.

Sène D., Ndiaye S.M., 1974. L'amélioration du niébé *(V. unguiculata)* au CNRA de Bambey, de 1959 à 1973 : résultats obtenus entre 1970 et 1973. L'Agronomie tropicale, 29 : 772-801.

Thiaw S., Hall A.E., Parker D.R., 1993. Varietal intercropping and the yields and stability of cowpea production in semiarid Senegal. Field Crops Research, 33 : 217-233.

Wey J., 1983a. Inoculation du soja par le *Rhizobium japonicum* au Sénégal. L'Agronomie tropicale, 38 : 308-314.

Wey J., 1983b. Production de *Rhizobium :* mise au point d'une méthode simplifiée. L'Agronomie tropicale, 38 : 315-320.

Wey J., Saint Macary H., 1982. Inoculation du soja par le *Rhizobium japonicum* au Sénégal : détermination de la dose d'inoculum à appliquer. L'Agronomie tropicale, 37 : 24-29.

Les fourrages et les aliments du bétail

Safiétou T. FALL, Georges RIPPSTEIN, Christian CORNIAUX

L'état nutritionnel du bétail détermine la productivité des troupeaux sahéliens. Il constitue l'un des facteurs qui limitent les performances zootechniques du cheptel et l'une des causes principales de mortalité.

Fondés sur les ressources naturelles, les systèmes d'alimentation sont tributaires d'un contexte agroécologique défavorable, aggravé par une péjoration climatique quasi permanente. Les producteurs ont dû faire preuve de beaucoup de créativité pour s'adapter à cette situation en mettant en œuvre des stratégies performantes pour produire du lait et de la viande à bon marché, mais également pour simplement préserver leur cheptel. La recherche a accompagné ces efforts en s'investissant dans des études sur l'alimentation du bétail. Les travaux sur la zootechnie sont, du reste, postérieurs à ceux portant sur la pathologie animale. Dès la fin des années 1950, plusieurs équipes se sont intéressées à l'alimentation du bétail.

Ces travaux ont porté sur l'évaluation du disponible alimentaire sur les plans quantitatif et qualitatif, sur la description des systèmes alimentaires pour différentes régions d'Afrique, sur les carences alimentaires et leur prévention et sur les techniques d'alimentation des espèces animales. Ils ont aussi concerné la transformation des ressources alimentaires, leur gestion, leur conservation et les aspects socio-économiques de l'alimentation.

Plusieurs ressources alimentaires ont été explorées : les pâturages naturels de différentes régions du Sénégal, les résidus de récolte et sous-produits agro-industriels, les céréales locales, les ligneux fourragers, les fourrages cultivés, les ressources minérales et les farines animales.

Les résultats obtenus permettent de raisonner le système d'alimentation des ruminants domestiques en fonction de l'espèce animale, de la saison et de la production. La présente synthèse répertorie et évalue les acquis de la recherche dans le domaine important qu'est l'alimentation du bétail.

Les pâturages naturels

Les pâturages naturels, principale ressource alimentaire pour le bétail, ont fait l'objet d'explorations approfondies, qui visaient à prédire leur productivité dans différentes régions. Les recherches ont abouti à des méthodes fiables d'exploitation, de type physique et biochimique. Sur le terrain, le suivi des peuplements et des troupeaux a permis, en validant les méthodes indirectes, de caractériser le potentiel fourrager et son utilisation dans les différents systèmes de production (Boudet, 1991 ; Guérin, 1987).

Les mesures de la biomasse disponible des formations végétales ont permis de caractériser sa forte variabilité selon les régions et les périodes de l'année. Le disponible fourrager varie de 100 kg/ha de matière sèche dans la zone sahélienne à 2 000 kg/ha dans les régions subhumides du sud.

Les études au sol ont permis d'établir l'inventaire des espèces présentes, qui se caractérisent par une grande fluctuation (Rivière, 1991 ; Guérin, 1987). Les espèces herbacées, graminées ou légumineuses, jouent un rôle important dans l'alimentation des ruminants et représentent 40 à 80 % des pâturages naturels (Guérin, 1987). Les principales graminées fourragères sont *Aristida mutabilis, Schoenefeldia gracilis* et *Eragrostis tremula*. Parmi les légumineuses fourragères, *Zornia glochidiata, Alysicarpus ovalifolius* et *Borreria stachydea* sont prépondérantes sur les parcours naturels sahéliens.

L'exploitation des arbres fourragers améliore sensiblement les performances du cheptel en saison sèche en milieu tropical. La biomasse disponible, caractérisée par le taux de recouvrement, représente de 2 % de la végétation, en zone sahélienne, à 50 %, dans les régions subhumides du sud. Environ un tiers de ce disponible est accessible au bétail (Fall, 2003). Un grand nombre d'espèces ligneuses sont présentes en Afrique (Fall, 2003). Au Sénégal, une vingtaine d'espèces contribuent au régime des ruminants domestiques dans la zone sylvopastorale et une cinquantaine, dans le bassin arachidier. En zone subhumide, les espèces ligneuses sont diversifiées, mais une dizaine seulement ont un intérêt fourrager. Les légumineuses mimosacées du genre *Acacia* sont prépondérantes en zone sahélo-soudanienne, alors que les combrétacées sont ubiquistes et que les espèces de grande taille se développent en zone subhumide dans le sud du Sénégal.

Les analyses croisées du mouvement des troupeaux et du comportement alimentaire des ruminants domestiques ont permis de déterminer les contraintes qui limitent l'utilisation de ces parcours. Des méthodes plus fines sont actuellement mises en œuvre par la télédétection et l'imagerie satellitaire. Elles donnent des informations sur l'état des pâturages et permettent de prévoir leur productivité (CSE, 1990, 2001). La mobilité pastorale peut ainsi être organisée en fonction de la variabilité spatiale de la biomasse fourragère et de sa qualité.

La valeur alimentaire

La valeur alimentaire des espèces naturelles a été calculée à partir de prélèvements par collecte du berger ou fistule œsophagienne, qui ont permis d'obtenir un échantillon représentatif et d'analyser les fourrages ingérés par différentes espèces d'animaux domestiques (Rivière, 1991 ; Guérin, 1987 ; Richard *et al.,* 1989).

La valeur nutritive des ligneux fourragers est très variable selon l'espèce, la saison, l'organe, l'âge de la plante et les conditions écologiques. Elle peut correspondre à un fourrage d'excel-lente qualité en saison humide, capable d'induire une bonne croissance et une bonne reproduction du cheptel, ou à une paille de mauvaise qualité, incapable de satisfaire les besoins d'entretien des ruminants domestiques. Les espèces ligneuses se caractérisent par une forte teneur en matières azotées totales, qui peut atteindre 40 %. La fraction pariétale varie de 20 à 75 % de la matière sèche alors que la lignocellulose varie de 20 à 65 % (Fall, 2003). Leur concentration en phosphore est souvent inférieure au seuil de 0,2 %, alors que leur teneur en calcium est importante et peut atteindre 4 % de la matière sèche. La présence de facteurs antinutritionnels est un élément clé à prendre en compte dans l'utilisation des ligneux. La présence de tannins condensés, de mimosine chez les légumineuses, de glycosides cyanogénétiques et d'autres facteurs toxiques font recommander la prudence pour leur utilisation.

L'EXPLOITATION

Les pâturages représentent la principale ressource pour plus de 90 % du cheptel. Ils assurent une croissance satisfaisante des animaux pendant la saison des pluies, mais demeurent insuffisants pendant le reste de l'année. Pour les bovins, les varia-tions de poids peuvent être de + 1 kg/j (gains) en saison des pluies et de - 300 g/j (pertes) en fin de saison sèche. Des polycarences alimentaires sont responsables de contre-performances zootechniques et de mortalités tout au long de l'année (Calvet *et al.,* 1965 ; Cissé, 1985 ; Fall *et al.,* 1999). Le suivi des troupeaux permet d'identifier les contraintes à une utilisation optimale des pâturages. L'eau est le facteur le plus déterminant des mouvements des troupeaux.

L'introduction des ligneux dans le régime des ruminants est limitée par les risques d'intoxication. Aussi, on recommande des taux d'incorporation compris entre 20 et 50 % en général, pour réduire les mortalités et obtenir des croissances modérées ou importantes dans le cas de certaines espèces ligneuses. Les résultats obtenus au LNERV (Laboratoire national de l'élevage et des recherches vétérinaires) de Dakar permettent de proposer une sélection d'espèces ligneuses fourragères pour l'alimentation du bétail : *Acacia, Adansonia digitata, Bauhinia rufescens, Leucaena leucocephala, Gliricidia sepium, Samanea saman, Adansonia digitata, Pithecelobium dulce, Balanites aegyptiaca, Calotropis procera, Pterocarpus erinaceus.*

La composition chimique des pâturages varie en fonction de la saison, il est donc nécessaire d'identifier la période la plus propice à la récolte des espèces appétées. Cette période doit correspondre à de fortes concentrations en nutriments alliées à une faible fibrosité et à une faible teneur en facteurs antinutritionnels. Pour les espèces étudiées au Sénégal, le début de la saison sèche, d'octobre à janvier, réunit ces conditions.

La conservation des ressources fourragères, qui stabilise leur valeur nutritive, est également un élément important dans la gestion de la biomasse disponible. Facile à réaliser dans les conditions d'élevage traditionnel en saison sèche, le séchage à l'ombre, qui ne détériore pas la qualité du fourrage frais, est recommandé pour les ligneux.

RECOMMANDATIONS

Les recherches sur les pâturages naturels permettent de planifier leur utilisation dans différentes régions du Sénégal. Elles mettent en évidence la nécessité d'une supplémentation en saison sèche pour limiter les mortalités et améliorer la productivité.

Les facteurs de dégradation des parcours naturels doivent être contrôlés. Le péril acridien, fréquent en zone pastorale, affecte la biomasse produite et la qualité des fourrages. La prévalence des feux, considérés à tord ou à raison comme un moyen de lutte contre les parasites en zone agrosylvopastorale, limite les possibilités de planification et de gestion des pâturages naturels.

L'organisation de l'exploitation des parcours pose des problèmes relatifs au contrôle des taux de charge et à la maîtrise des aspects socio-économiques et des déterminants de la mobilité pastorale. Le foncier semble toutefois être la principale limite à la mobilité des troupeaux. La réduction progressive de l'espace incite à adopter des systèmes mixtes, alliant agriculture et élevage.

Les cultures fourragères

L'intensification de l'élevage, qui se développe depuis quelques années dans tout le Sénégal, requiert des fourrages de bonne qualité et en grande quantité. Les recherches conduites pendant plusieurs décennies montrent que les espèces fourragères tropicales classiques, comme *Pennisetum, Panicum* et *Stylosanthes,* sont mal adaptées au climat sec et aux sols pauvres ou dégradés du nord et du centre du Sénégal. Elles peuvent en revanche être cultivées dans la zone du fleuve Sénégal, avec irrigation, ou dans les zones inondables, en décrue, sur des sols de bonne texture, et dans le sud, en Casamance. Les recherches ont porté sur des espèces introduites, mais aussi locales ; ces dernières étant généralement moins productives, mais bien adaptées aux conditions particulières du pays.

Les espèces fourragères disponibles

Les espèces herbacées natives cultivées en sec

Le Sénégal recèle de nombreuses espèces qui peuvent être cultivées en sec et procurer un fourrage de qualité (tableau I). Les facteurs de rendement sont nombreux — pluviométrie, préparation du sol, date et densité de semis, entretien, fumure, fréquence et hauteur de coupe — et peuvent être adaptés aux besoins quantitatifs et qualitatifs et aux objectifs économiques de production (espèce animale, entretien des animaux, production de lait ou de viande).

Tableau I. Principales espèces herbacées natives cultivées en sec, en zone sahélienne.

	Domaine sahélien 250-600 mm Rendement en matière sèche : 2 à 5 t/ha/an	Domaine nord-soudanien 600-800 mm Rendement en matière sèche : 3 à 10 t/ha/an	Domaine sud-soudanien 800-1 200 mm Rendement en matière sèche : 4 à 20 t/ha/an
Graminées pérennes	*Andropogon gayanus* *Cenchrus ciliaris* *Cenchrus setigerus*	*Andropogon gayanus* *Cenchrus ciliaris* var. *lata* *Eragrostis repens* *Cenchrus prieurii* *Eragrostis superba*	*Andropogon gayanus* *Chloris gayana* *Eragrostis superba* *Eragrostis repens*
Graminées annuelles	*Pennisetum pedicellatum*	*Pennisetum pedicellatum*	
Légumineuses	*Zornia glochidiata*	*Zornia glochidiata*	

Les espèces adaptées aux zones humides, à l'irrigation et à l'inondation

Plusieurs espèces fourragères natives et quelques espèces introduites ont été testées dans les différentes zones climatiques du Sénégal, en particulier dans les aménagements agricoles irrigués du delta du fleuve Sénégal, dans la zone périurbaine de Dakar et dans la région soudanienne, en Casamance (tableau II). Certaines espèces sont adoptées par les agroéleveurs pour la production de lait. Quelques légumineuses sont bien adaptées à l'irrigation.

Les espèces productives en saison froide (≤ 15 °C) sont des espèces introduites des pays tempérés ou méditerranéens (luzerne, ray-grass d'Italie, avoine, tournesol). Parmi les espèces fourragères testées dans des sols salés (pH 5 à 6 ; Na : 540 g pour 100 g de sol ; Mg : 260 mg ; K : 68 mg), sept espèces natives ont été retenues pour la vallée du fleuve Sénégal (tableau II). A l'exception de *Brachiaria mutica,* les graminées introduites résistent mal aux sols salés, il en est de même pour la plupart des légumineuses.

Tableau II. Espèces fourragères adaptées aux différents types de sol.

	Sols argileux et argilo-limoneux non salés	Sols sablo-limoneux (diéri)	Sols argileux salés
Graminées pérennes*	*Brachiaria mutica* (n) *Echinochloa stagnina* (n) *E. pyramidalis* (n) *Diplachne fusca* (n) (syn. *Leptochloa malabarica*) *Voscia cuspidata* (n) *Chloris gayana* (n) *Panicum maximum* C1(i) *P. maximum* T58 (i) *Brachiaria decumbens* (i) *B. brizantha* (i) *Setaria anceps* (i)	*Chloris gayana* (n) *Panicum maximum* (i) *Sorghum bicolor* (i) (sorgho fourrager)	*Sporobolus robustus* (n) *Brachiaria mutica* (i) *Echinochloa stagnina* (n) *Diplachne fusca* (n) (syn. *Leptochloa malabarica*) *Vossia cuspidata* (n) *Paspalum vaginatum* (n) *Chloris gayana* (n)
Graminées annuelles*	*Brachiaria lata* (n) *Lolium italicum* (i) (ray-grass d'Italie, saison froide)	*Zea mays* (i) (maïs fourrager) *Sorghum bicolor* (i) (sorgho fourrager) *Pennisetum gambiense* (i) (mil fourrager)	
Légumineuses*	*Vigna unguiculata* (i) (niébé) *Cajanus cajan* (i) (pois d'angole) *Dolichos lablab* (i) (dolique) *Medicago sativa* (i) (luzerne, saison froide) *Arachis hypogaea* (i) (arachide fourragère)	*Vigna unguiculata* (i) (niébé fourrager) *Arachis hypogaea* (i) (arachide fourragère)	
Autres*	*Avena sativa* (i) (avoine, saison froide) *Helianthus annuus* (i) (tournesol, saison froide)		

* Espèce native (n), espèce introduite (i).

LES RENDEMENTS ET LA VALEUR NUTRITIVE

Les rendements et la valeur des espèces fourragères cultivées dépendent de la pluviométrie ou des quantités et de la fréquence de l'irrigation, de la préparation du sol, de la date et de la densité de semis, de l'entretien, des éléments, de la dose et de la fréquence de la fumure naturelle (fumier, compost) ou minérale épandue, de la fréquence et de la hauteur de coupe, du séchage et de la conservation des fourrages.

Les graminées pérennes sont cultivables sur les sols argileux salés. Les genres *Paspalum, Brachiaria, Echinochloa* et *Chloris* donnent un fourrage de qualité moyenne titrant 0,6 UFL (unités fourragères lait) et 31 g de MAD (matières azotées digestibles) par kilo de matière sèche avec des rendements variant de 12 à 20 t/ha de matière sèche. *Panicum maximum* et *Pennisetum purpureum* permettent, sur des sols argilo-limoneux non salés, d'atteindre des biomasses moyennes de 18 à 22 t/ha de matière sèche. Le fourrage est de bonne qualité, il titre 0,7 UFL et 68 g de MAD par kilo de matière sèche.

Les sols limoneux à limono-argileux sont propices à la culture de plusieurs variétés de niébé *(Vigna unguiculata)* et d'arachide, qui produisent une biomasse moyenne de 5 t/ha de matière sèche. Ce fourrage est de bonne qualité avec 0,5 UFL/kg de matière sèche et 57 à 93 g de MAD par kilo de matière sèche. Vingt-six espèces fourragères ont été testées et leurs itinéraires techniques sont bien connus.

VALORISATION ET RECOMMANDATIONS

Les espèces fourragères sont encore peu utilisées par les agroéleveurs et les éleveurs, mais étant donné l'intensification préconisée par le gouvernement et la diversification des productions recherchée par les producteurs, ces productions connaissent un succès croissant. Elles sont généralement employées en mélange avec les sous-produits agricoles et agro-industriels, surtout pour la production de lait avec des races améliorées et pour la traction attelée. Les fanes d'arachide sont la base de l'alimentation des petits ruminants dans les villes, particulièrement à Dakar et en zone périurbaine. Les fanes de niébé, souvent de meilleure qualité que les fanes d'arachide, sont cultivées dans la zone de l'arachide pour l'alimentation des équins. Les autres cultures fourragères sont récoltées en saison sèche dans les zones inondées ou irriguées et vendues dans les villages et le long des routes.

Le développement des cultures fourragères ne sera possible que si elles visent une intensification et une valorisation des productions à forte valeur ajoutée (lait, viande, travail des animaux), luttent contre la dégradation des sols ou améliorent leur fertilité (remplacement de la jachère, séquestration du carbone et de l'azote dans le sol, production de fumier) et contribuent à la lutte contre l'érosion et la désertification (Diouf et Rippstein, 2004). Les cultures fourragères ne pourront être pratiquées que par des agroéleveurs possédant une superficie importante, des animaux en production (lait, viande, travail), une main-d'œuvre suffisante et un équipement agricole adapté (charrue, bineuse, charrette). Enfin, la disponibilité des semences fourragères est indispensable au développement des cultures (Rippstein *et al.,* 2004). Des projets visent actuellement à inciter les agroéleveurs à produire des semences fourragères, pour une large diffusion au Sénégal et éventuellement pour l'exportation, ce qui pourrait leur fournir des revenus additionnels importants.

Les résidus de récolte et les sous-produits agro-industriels

Les cultures céréalières et légumineuses engendrent des résidus de récolte, qui sont utilisés pour l'alimentation des animaux domestiques. Les industries agroalimentaires de transformation des céréales et des légumineuses mettent sur le marché des sous-produits, qui jouent un rôle essentiel dans les systèmes d'alimentation des animaux domestiques. Des recherches ont porté sur leur caractérisation, tant du point de vue quantitatif que qualitatif, et sur leur intégration dans le régime des animaux domestiques.

Les sous-produits agricoles (tableau III) se classent en deux grandes catégories : les résidus agricoles (fanes de légumineuses, pailles de céréales) et les sous-produits industriels (sons de céréales et de légumineuses, tourteaux et produits divers issus du traitement des produits agricoles).

Tableau III. Potentialités de production de sous-produits agricoles et agro-industriels au Sénégal (d'après les productions annuelles enregistrées en 2001-2002).

	Biomasse (t/ha)	Date de production
Sous-produits du riz*		
Son artisanal	3 612	novembre-décembre
Gros son (niagasse)	59 443	
Balles	7 224	
Farine basse	2 709	
Sous-produits du mil et du maïs		
Son de maïs	20 626	novembre-juin
Son de mil	164 175	
Sous-produits industriels		
Drêches de tomates		mars-avril
Mélasse	35 000	mai-juin
Bagasse	180 000 à 210 000	
Graines de coton		
Tourteau d'arachide industriel	224 462	
Tourteau de coton		
Fanes		
Fanes d'arachide	150 000 à 200 000	octobre-juin
Fanes de niébé		
Pailles de céréales		octobre-juin
Pailles de riz	80 000 à 120 000	
Pailles de mil	2 903 740 à 3 318 560	
Pailles de maïs	562 604 à 624 976	
Pailles de sorgho	032	

* Lhorca, 1995.

Parmi les cultures pourvoyeuses de sous-produits, nous pouvons notamment citer :
– l'arachide dans le bassin arachidier, dont les sous-produits sont les fanes, la coque et les tourteaux (industriels ou artisanaux) ;
– le riz dans les régions humides ou irrigables, dont les sous-produits sont la paille et les sons ;
– le coton dans le sud-est, dont les sous-produits sont les graines et les tourteaux ;
– la canne à sucre produite à Richard-Toll, dans vallée du fleuve Sénégal, dont les sous-produits sont la mélasse, les bouts blancs et la bagasse ; cette dernière est toutefois peu valorisée par le bétail ;
– la tomate dans la vallée du fleuve Sénégal, dont le sous-produit est la drêche.
Les cultures familiales telles que le mil, le sorgho, le maïs et le niébé sont largement pratiquées et fournissent des pailles, des fanes et des sons (tableau III). Ces sous-produits sont généralement utilisés par les troupeaux dans les champs après récolte.

La valeur nutritive

De nombreuses études ont permis de déterminer la valeur nutritive des sous-produits agricoles au Sénégal (tableau IV).

Selon ces études, la farine de riz et, dans une moindre mesure, le tourteau d'arachide industriel ont le meilleur rapport qualité-prix. Ils doivent être privilégiés pour l'alimentation animale. Le son de riz industriel est plus cher au kilo que le son de riz artisanal, mais il est plus riche sur le plan énergétique et protéique car il contient moins de fibres (balles de riz). Aussi, il peut présenter un meilleur rapport qualité-prix et il est préférable de l'acheter en saison sèche. Il en est de même pour le tourteau d'arachide : il est plus rentable d'acheter du tourteau industriel que du tourteau artisanal. La paille de riz et la mélasse présentent un très bon rapport qualité-prix pour leur valeur énergétique. Les fanes d'arachide ont un faible rapport qualité-prix bien que leur valeur alimentaire soit intéressante.

Des travaux récents montrent qu'il faut rester prudent sur la valeur alimentaire de certains sous-produits artisanaux, en particulier pour le riz et l'arachide (Lhorca, 1995 ; Baudoux *et al.,* 2002). Elle est en effet extrêmement variable. Actuellement, les recherches s'efforcent de mieux apprécier cette variabilité (évaluation par les nouvelles techniques, spectrométrie dans le proche infrarouge) alors même que les sous-produits artisanaux sont de plus en plus utilisés par les producteurs in situ (Corniaux *et al.,* 1998).

L'utilisation

Les principaux transferts de sous-produits agricoles se font des zones de production (bassin arachidier, vallée du fleuve Sénégal, sud-est) vers Dakar, où sont localisés les principaux fournisseurs du Sénégal, mais aussi vers les autres gros centres urbains (notamment pour les fanes d'arachide utilisées pour l'alimentation des moutons de case). La Mauritanie constitue également une voie d'exportation pour les sous-produits du Sénégal (Corniaux *et al.,* 1998). Enfin, la mélasse de canne (90 % de la production) et le tourteau d'arachide sont exportés à partir du port de Dakar.

Tableau IV. Valeur nutritive des sous-produits agricoles et agro-industriels.

	Valeur alimentaire		Coût de l'UF(F/g)	Coût de MAD (F/g)	Référence bibliographique
	UFL (g/kg MS)	MAD (g/kg MS)			
Sous-produits du riz					
Paille	0,51	3	49 à 60	8 à 10	Richard *et al.* (1989)
Son artisanal	0,44	40	78	0,85	Lhorca (1995)
Son (son vrai)	0,70	57	107 à 114	1,3 à 1,4	Ministère de la Coopération (1991)
Farine	0,87	94	75 à 80	0,7 à 0,75	Ministère de la Coopération (1991)
Sous-produits industriels					
Drèches de tomates	0,69	121	72,5	0,4	Richard *et al.* (1989)
Mélasse de canne	1,18	14	30 à 39	2,6 à 3,3	Ministère de la Coopération (1991)
Bagasse de canne	0,13	0			Rivière (1991)
Graines de coton	0,76	187			Ministère de la Coopération (1991)
Fanes de culture et paille					
Fanes d'arachide	0,62	69	242 à 347	2,2 à 3,1	Ministère de la Coopération (1991)
Fanes de patate douce	0,72	30			Richard *et al.* (1989)
Fanes de niébé	0,64	92			Richard *et al.* (1989)
Pailles de mil	0,34	19			Richard *et al.* (1989)
Tourteaux					
Tourteau d'arachide industriel	1,06	510	91 à 136	0,2 à 0,3	Rivière (1991)
Tourteau d'arachide artisanal	1,3	429	131 à 154	0,4 à 0,45	Rivière (1991)

Une étude sur l'utilisation de ces sous-produits par les animaux (Corniaux *et al.,* 1999b) souligne, pour le delta du fleuve Sénégal, que ce sont majoritairement des animaux faibles en fin de saison sèche (bovins ou petits ruminants) qui bénéficient d'une complémentation à base de sous-produits. Cependant, pour chaque espèce, moins de 40 % des animaux du troupeau bénéficient de ce genre de complémen-

tation. Elle montre également que peu de vaches sont complémentées pour la production laitière, mais qu'en revanche toutes les vaches traites en fin de saison sèche, bien que peu nombreuses, reçoivent une complémentation. Cela sous-entend qu'il n'y a pas, à cette période, de production laitière possible sans complémentation. La part de la complémentation d'embouche, notamment ovine et urbaine, est nettement plus importante et les chevaux utilisent une part non négligeable du disponible au Sénégal.

Recommandations

La recherche a proposé de nombreuses solutions de rationnement pour les productions animales au Sénégal (ruminants et volaille). Dans certains cas, les travaux ont également abouti à la valorisation de sous-produits, pauvres sur le plan alimentaire ou difficiles d'utilisation. On peut en particulier citer la valorisation des pailles par traitement à l'urée ou la diffusion de pierres à lécher. Il demeure nécessaire de poursuivre les travaux sur certains sous-produits, en particulier pour évaluer rapidement leur variabilité nutritive. Il en est de même pour l'étude des flux de sous-produits à l'échelle régionale, afin de mieux gérer les nouvelles possibilités du marché.

Les autres aliments

Les céréales locales

La compétition de l'alimentation humaine laisse peu de chances à l'élevage dans l'utilisation des céréales locales. En effet, même si la production annuelle du mil a atteint, en 2002, 414 820 t, celle du maïs 80 372 t et celle du sorgho, 116 929 t, la plus grande partie de ces graines est réservée à l'alimentation humaine et, dans une moindre mesure, à celle des monogastriques. La recherche a exploré les possibilités de les intégrer dans l'alimentation des ruminants en production intensive (viande et lait) et en reproduction. Différentes variétés de maïs et de sorgho ont été testées pour la production de fourrages et de grains. Elles sont une source d'énergie et de protéines valorisables par des animaux en production intensive ou par des animaux de travail. Leur intégration dans le régime des ruminants est optimale au taux moyen de 15 à 30 %.

Les ressources minérales

L'étude de l'état nutritionnel des ruminants a accordé une place importante aux ressources minérales. Les carences minérales ont été diagnostiquées par un suivi de l'état de santé des espèces, la réalisation de profils biochimiques et les analyses de différents substrats comme l'eau, les plantes et les sols. Des polycarences alimentaires ont été identifiées dans plusieurs régions du Sénégal et des mesures de prophylaxie proposées.

Les farines d'origine animale

Des farines d'origine animale (farine de poisson, de viande et de sang) ont été introduites dans l'alimentation des animaux domestiques. Plusieurs types de farine de poisson sont utilisés pour équilibrer les rations alimentaires des monogastriques.

L'utilisation de ces sources de protéines de haute valeur biologique est aujourd'hui limitée en raison de leur prix élevé.

Les perspectives

Les ressources fourragères et l'alimentation ont fait l'objet d'importants efforts de recherche au Sénégal. De nombreux résultats sont disponibles : inventaire et caractérisation des ressources alimentaires, biomasse disponible, qualité, modes d'utilisation pour plusieurs espèces animales et différentes productions. Dans ce domaine, les travaux actuels tentent d'affiner les connaissances afin de maîtriser la variation des ressources et d'améliorer la productivité secondaire qu'elles peuvent induire.

Des techniques efficaces de production fondées sur les ressources fourragères disponibles ont été testées. Elles permettent de moderniser l'élevage au Sénégal en raisonnant l'alimentation en fonction des spécificités régionales. La valorisation de ces acquis passe par un partenariat entre la recherche, la vulgarisation et le développement dans toutes les zones agroécologiques.

Les recherches s'intéressent maintenant à de nouveaux enjeux liés aux aspects socio-économiques et environnementaux et à l'amélioration des systèmes d'alimentation. La mise au point de méthodes de diagnostic rapide de l'état des pâturages et de prévision de la valeur alimentaire des ressources fourragères est d'actualité. Une analyse des banques de données disponibles doit permettre d'identifier des plans d'exploitation des ressources fourragères en fonction des objectifs de production pour chaque région.

Références bibliographiques

Baudoux A., Corniaux C., Bastiannelli D., 2002. Application pratiques et intérêts de la spectrométrie en proches infrarouges pour adapter les stratégies d'utilisation des ressources en milieu tropical. Mémoire de DESS. CIRAD, Maisons-Alfort, 42 p.

Boudet G., 1991. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Ministère de la Coopération, Paris, Manuels et précis d'élevage, 266 p.

Bulgen A., Dieng A., 1997. *Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus* : une culture fourragère pour les régions tropicales. Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 171 p.

Calvet H., Picart P., Doutre M., Chambron J., 1965. Aphosphorose et botulisme. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 18 : 249-282.

Calvet H., Valenza J., Boudergues R., Diallo S., Friot D., Chambron J., 1974. La paille de riz dans l'alimentation au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 27 : 207-221.

Cissé N.M., 1985. Carences en minéraux : exploitation des résultats acquis pour l'ébauche d'une cartographie des carences minérales au Sénégal. ISRA, LNERV, n 75.

Corniaux C., Le Mercier, Diallo A. 1999a. Utilisation des sous-produits agricoles et agro-industriels dans les élevages bovins du delta du fleuve Sénégal. PSI, Bulletin d'information n. 3, 11 p.

Corniaux C., Le Mercier, Diallo A., 1999b. Flux commerciaux des sous-produits agricoles et agro-industriels à l'échelle du delta du fleuve Sénégal (campagne 1998-1999). PSI, Bulletin d'information n. 2, 11 p.

Corniaux C., Sow N.A., Dial P.L., 1998. Traitement à l'urée des pailles. PSI, CORAF, Saint-Louis, Fiche technique, 6 p.

CSE, 1990. Commentaire de la carte de production végétale : hivernage 1990. CSE, Dakar, 6 p.

CSE, 2001. Suivi de la production végétale en 2001 : situation des parcours naturels. CSE, Dakar, 9 p.

CTA, EMVT, 1989. Elevage et potentialités pastorales sahéliennes : synthèse cartographique, Sénégal. CTA, EMVT, Dakar.

Diatta A., Mandret G., 1991. Restauration de zones dégradées et à faibles potentialités fourragères dans le delta du fleuve Sénégal. *In* : IV^{e} congrès international des terres de parcours, Montpellier, avril 1991. CIRAD, Montpellier, p. 8.

Diatta A., Mbodj F., Cesar J., Roberge G., Giovannozzi-Sermanni G., Grego S., 1994. Semi-intensification de la production fourragère par restauration de jachères et de parcours en vallée du Sénégal. ISRA, Dakar, 24-88 p.

Dieng A., 1984. Utilisation des sous-produits agricoles et agro-industriels disponibles le long du fleuve Sénégal. Mémoire de fin d'étude, faculté des sciences agronomiques, Gembloux, 154 p.

Diouf A., Rippstein G., 2004. Développement des cultures fourragères dans le bassin de l'arachide au Sénégal : typologie socio-économique des exploitations et rentabilité de ces cultures. ITC, Banjul, Animal Production Research Working Paper n. 2., 68 p.

Fall A., Faye A., 1992. Les étables fumières : une voie pour l'intensification de l'élevage bovin trypanotolérant au sud du Sénégal. ISRA, Kolda.

Fall S.T., 2003. Arbres fourragers pour l'alimentation du bétail en Afrique subsaharienne : évaluation et utilisation du potentiel. FAO, Rome, 165 p.

Fall S.T., Cissé I., Akinbamijo O.O., Adediran S.A., 2002. Impact de l'intégration entre l'horticulture et l'élevage sur la productivité des systèmes périurbains dans l'espace sénégambien. In : Advances in crop-livestock integration in West African cities, Akinbamijo O.O. *et al.* (éd.). Grafisch Bedrijf Ponsen, Looijen, Wageningen, 215 p.

Fall S.T., Diop M., Sawadogo G., Doucouré A., 1999. Phosphates naturels et alimentation du bétail. II. Influence sur la survie, la production laitière et la reproduction du zébu Gobra. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 52 : 249-254.

Fall S.T., Guérin H., Sall C., Mbaye N.D., 1989. Les pailles de céréales dans le système d'alimentation des ruminants au Sénégal. ISRA, Etudes et documents, 2 (1), 38 p.

Fall S.T., Richard D., Mbaye N.D., 1991. Rations alimentaires : volailles, bovins, ovins, cheval. ISRA, Dakar, Fiches techniques.

Faye A., 1993. Situation et perspectives de l'élevage bovin dans les systèmes agropastoraux denses de la zone sahélo-soudanienne : le cas du sud du bassin arachidier du Sénégal (Sine-Saloum). Thèse de doctorat, ENSA, Montpellier, 198 p.

Guérin H., 1987. Alimentation des ruminants domestiques sur pâturages naturels sahéliens et sahélo-soudaniens : étude méthodologique dans la région du Ferlo au Sénégal. Thèse de docteur-ingénieur, ENSA, Montpellier, 211 p.

Jarrige R., 1989. Ruminant nutrition: recommended allowances and feed tables. INRA, John Libbey Eurotext, Paris, 389 p.

Lhorca A., 1995. Les issues de riz, les sons de mil et de maïs, les tourteaux d'arachide et les farines de poissons du Sénégal. Mémoire de DESS, CIRAD, 57 p.

Meyer C., Denis J.P., 1999. Elevage de la vache laitière en zone tropicale. CIRAD, Montpellier, 316 p.

Ministère de la Coopération, 1991. Mémento de l'agronome. Ministère de la Coopération, Paris, 1 635 p.

Richard D., Guérin H., Fall S.T., 1989. Feeds of the dry tropics (Sénégal). *In :* Ruminant nutrition: recommended allowances and feed tables, Jarrige R. (éd.). INRA, John Libbey Eurotext, Paris, 389 p.

Rippstein G., Diouf A., Sao M., 2004. Développement des cultures fourragères dans le bassin de l'arachide au Sénégal : motivations et facteurs d'adoption des soles fourragères par les paysans. ITC, Banjul, Animal Production Research Working Paper n. 2., 32 p.

Rivière R., 1991. Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical. Ministère de la Coopération, Paris, Manuels et précis d'élevage, 529 p.

Roberge G., Buldgen A., Steyaert P., Compère R., 1987. La culture fourragère irriguée de saison sèche froide dans les régions du Cap-Vert et de Thiès au Sénégal. Bulletin des recherches agronomiques de Gembloux, 22 : 161-180.

Roberge G., Toutain B., 1999. Les plantes fourragères tropicales. CIRAD, Montpellier, Repères, 369 p.

La santé animale

Mamady KONTE, Yaya THIONGANE, Arona GUEYE, Oumar Talla DIAW

Les recherches vétérinaires et zootechniques ont débuté au Sénégal voici plusieurs décennies. Elles faisaient partie des activités des anciens services de l'élevage et des industries animales de l'Afrique-Occidentale française. Par nécessité, les vétérinaires étaient alors à la fois cliniciens, chercheurs, producteurs de vaccins et administrateurs. Face à ces multiples tâches, le besoin d'une spécialisation s'est fait sentir et la recherche s'est peu à peu dissociée des autres activités. C'est ainsi que le Laboratoire central de l'élevage a été créé à Dakar en 1935. Il est rapidement devenu insuffisant, et un nouveau centre a été construit de 1950 à 1953 à Hann : le Laboratoire fédéral de l'élevage Georges Curasson, qui comprenait les sections de microbiologie, de virologie, de parasitologie, de physiologie, d'anatomie pathologique et de biochimie. Dans le même temps, une ferme destinée à approvisionner le laboratoire en animaux d'expérience a été installée à Sangalkam. Afin d'assurer les travaux de recherche dans des conditions optimales, d'autres bâtiments ont été construits pour abriter les sections de parasitologie (1959) et de virologie (1971). Des centres spécialisés en élevage ont été créés, notamment le CRZ (Centre de recherches zootechniques) du Djoloff, à Dahra en 1950, et le celui de Kolda. Le premier, d'une superficie de 7 000 ha, était consacré à l'amélioration génétique et aux études sur l'élevage du zébu Peulh ; le second, de 2 500 ha, abritait les travaux de sélection du bétail Ndama et du mouton Djallonké et les études sur l'amélioration du milieu.

Avant la création de l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles) en 1975, c'est à l'IEMVT (Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux), un établissement français, qu'étaient confiés la gestion et les programmes du Laboratoire d'élevage, qui est devenu en 1960 le LNERV (Laboratoire national de l'élevage et des recherches vétérinaires). Le ministère du Développement rural du Sénégal assurait alors la tutelle de tous les établissements de recherche agricole. A la création de l'ISRA, son département des recherches zootechniques et vétérinaires coordonnait les activités scientifiques du LNERV et des CRZ de Dahra et de Kolda.

Ainsi, de 1960 à 1964, les thèmes de recherche du LNERV étaient définis et exécutés par l'IEMVT dans le cadre de son programme conjoint avec divers laboratoires (Alfort, Farcha et Dakar) et dans le respect des orientations du premier plan quadriennal de la république du Sénégal, qui mettait en avant la

protection sanitaire du bétail et l'amélioration de l'élevage en milieu tropical. Les priorités de cette période portaient, en virologie, sur les épizooties de peste bovine (études sur la persistance du virus pestique dans les carcasses) et sur la peste des petits ruminants, en bactériologie, sur la péripneumonie contagieuse bovine, la streptothricose cutanée bovine ou dermatophilose, la brucellose bovine et l'étude des facteurs de risque (carences minérales) du botulisme dans le Ferlo, en entomologie, sur la classification et la biologie des tiques, en helminthologie, sur les nématodes, trématodes (schistosomoses et les distomatoses) et coccidioses.

De 1965 à 1968, le deuxième plan quadriennal du Sénégal consacrait la poursuite de la plupart des recherches sur la peste bovine (amélioration du vaccin et de son mode de conservation) et sur la peste des petits ruminants. En revanche, la péripneumonie contagieuse bovine passait au second plan et le botulisme devenait la première priorité. Les recherches sur la brucellose et la dermatophilose se poursuivaient. Des foyers de tuberculose bovine, de farcin et d'entérotoxémie bovine étaient signalés et, dès 1966, des recherches sur ces maladies et leurs agents étaient engagées afin de trouver des moyens de lutte. Un nouveau centre d'intérêt voyait le jour en 1965, la pathologie aviaire, du fait de l'importance croissante de l'aviculture intensive, et une section spécifique lui était consacrée. Les études sur les helminthoses, les protozooses et les rickettsioses se poursuivaient. La lutte contre les glossines dans la zone des Niayes s'est déroulée de 1970 à 1980, à raison de trois mois par an.

En 1973, première année du quatrième plan quadriennal, dans le cadre de la nouvelle orientation des programmes de recherche, les priorités définies par le ministère du Développement rural portaient sur l'amélioration de l'animal et du milieu. La pathologie avait déjà acquis de nombreux résultats vulgarisables, toutefois, la plupart des études épidémiologiques étaient encore inachevées et le caractère essentiellement dynamique spécifique à la pathologie imposait la poursuite ou l'amélioration des recherches dans ce domaine.

En virologie, les recherches portent sur les maladies des ruminants, des équins et des volailles, ainsi que sur les cultures cellulaires, et en particulier sur les nouvelles pathologies que sont la dermatose nodulaire contagieuse bovine, apparue en mai 1988 dans la région de Saint-Louis, et la fièvre de la vallée du Rift, apparue en 1987. Cette maladie a entraîné une épizootie d'avortements chez les petits ruminants du Sénégal et de la Mauritanie, le long de la vallée du fleuve Sénégal, sa surveillance est réalisée dans le cadre d'un réseau sous-régional réunissant le Mali, la Mauritanie et le Sénégal.

En pathologie bactérienne, les recherches concernent en priorité les affections d'allure insidieuse et peu létales, mais qui affectent gravement la productivité des animaux, telles les pneumopathies (pasteurelloses et mycoplasmoses), les affections digestives (paratuberculose bovine) et certaines maladies majeures de la reproduction (leptospirose, listériose, campylobactériose, chlamydiose, fièvre Q, salmonelloses, mammites). Des études de portage de germes chez les animaux porteurs sains, en mettant en exergue l'incidence de l'environnement, ont aidé à comprendre leur épidémiologie spécifique. Toutefois, des études sont également réalisées sur des maladies pour lesquelles des foyers épizootiques se sont développés, comme le charbon bactéridien, le charbon symptomatique, la septicémie hémorragique bovine et l'agalactie contagieuse caprine.

En parasitologie, les études concernent les effets directs et indirects de la sécheresse sur le parasitisme, en général, et sur les trypanosomoses en particulier. Des prospections entomologiques sont entreprises ainsi que des tests d'éradication des glossines dans les Niayes, de même que des enquêtes helminthologiques, notamment dans les régions de Diourbel et de Thiès.

Le programme sur la pathologie et la productivité des petits ruminants en milieu traditionnel, lancé en 1983, a été exécuté par l'ISRA et le département d'élevage et de médecine vétérinaire du CIRAD, grâce à un financement du CIRAD. Il avait pour objectifs, d'une part, de mieux connaître la productivité des petits ruminants dans divers systèmes d'élevage traditionnel au Sénégal, d'autre part, d'évaluer l'incidence de la pathologie sur cette productivité ainsi que le rapport coût-bénéfice d'opérations d'amélioration (prophylaxie anti-infectieuse et antiparasitaire, complémentation alimentaire). Ses résultats permettront de proposer une méthode de suivi individuel informatisé des performances zootechniques et sanitaires des animaux en temps réel et d'analyse des données. Sachant qu'en fonction du contexte écologique, la pathologie sévit sous diverses formes, des études écopathologiques ont été entreprises en 1989, à partir de suivis épidémiocliniques, d'une hiérarchisation clinique et de l'identification des facteurs de risque d'infection microbienne.

En pathologie aviaire, les recherches portent sur la mise en évidence de maladies spécifiques en fonction des types d'élevage. Ainsi, en élevage moderne, semi-industriel, la recherche s'est intéressée aux maladies virales, bactériennes et parasitaires pouvant affecter l'élevage des poulets de chair, des poulettes et des poules pondeuses. Des pathologies sont ainsi identifiées pour la première fois au Sénégal. En aviculture traditionnelle, les dominantes pathologiques sont étudiées. Compte tenu de la très forte pression pathologique habituelle dans les élevages, un réseau d'épidémiosurveillance a été mis en place pour réaliser une veille sanitaire permanente. L'évolution des recherches se fait désormais dans le sens de la promotion de la qualité des produits avicoles et de sa gestion.

La production de vaccins, initialement confiée aux services de virologie et de bactériologie, est désormais transférée à un service autonome, conformément aux bonnes pratiques de laboratoire et de fabrication dictées par les normes internationales en la matière.

La mise en œuvre de la réorganisation des services agricoles intervenue au cours des dernières années a confiné la Direction de l'élevage dans ses missions régaliennes, notamment celles d'assurer la protection zoosanitaire en créant, entre autres, un système de collecte de l'information zoosanitaire afin de promouvoir l'alerte précoce et la réaction rapide en cas de foyer de maladie. Cette mission a conduit à la mise en place, en août 2001, d'un système national de surveillance épidémiologique, en particulier sur la peste bovine, la péripneumonie contagieuse bovine, la peste des petits ruminants, la maladie de Newcastle, la fièvre aphteuse, la peste équine, la fièvre de la vallée du Rift et la dermatose nodulaire contagieuse bovine, sans occulter les autres affections ayant une prévalence significative au Sénégal.

Les épizooties virales

Les principales maladies virales identifiées au Sénégal sont celles actuellement répertoriées dans la liste des maladies prioritaires du système national de surveillance épidémiologique.

La peste bovine

La peste bovine (PB) est une maladie contagieuse due à un virus du genre *Morbillivirus* (famille des Paramyxovirus). Elle est très souvent mortelle pour les bovins domestiques et les buffles, et affecte, à un degré moindre, les petits ruminants et les porcins. Au Sénégal, les campagnes de vaccination annuelle réalisées par les services vétérinaires ont entraîné la disparition de la maladie dès 1987. Le dernier foyer a concerné des animaux transhumants dans le nord du pays, en 1980.

Des campagnes annuelles de vaccination des bovins domestiques ont été organisées avec les différents types de vaccin (bovipestique, capripestique et tissulaire). Elles ont abouti à une couverture immunitaire relativement bonne, de 70 à 85 % en 1995. La sérosurveillance, réalisée pendant les campagnes de vaccination, a permis d'évaluer chaque année le statut immunitaire du cheptel bovin. Ainsi, le Sénégal a pu lancer un processus d'éradication de la peste bovine selon la procédure de l'OIE (Office international des épizooties), notamment par l'arrêt de la vaccination contre la peste bovine en 1997 et la mise en place d'un système national de surveillance épidémiologique des maladies animales. Le statut de pays provisoirement indemne de peste bovine octroyé par l'OIE au Sénégal en 2003 apparaît comme une étape importante dans le processus d'éradication de la maladie (Sarr et Diop, 1993).

Par ailleurs, un kit de diagnostic par la technique ELISA a été mis au point pour réaliser un diagnostic différentiel des deux lignages du virus. Ce test se révèle fort utile pour la détection et le suivi des foyers résiduels en Afrique et dans le monde. L'élimination de tels foyers est l'étape ultime de l'éradication de la maladie dans le monde.

La peste des petits ruminants

La peste des petits ruminants (PPR) est une maladie très contagieuse et mortelle, due à un virus du genre *Morbillivirus* (famille des Paramyxovirus). Elle atteint les petits ruminants, surtout les caprins. Elle sévit en Afrique au sud du Sahara et en Asie, au Moyen-Orient et en Inde. Au Sénégal, le virus de la peste des petits ruminants a été isolé et identifié lors de foyers de pneumoentérites, qui sévissent surtout pendant la saison sèche froide. Des enquêtes sérologiques ponctuelles ont alors révélé des taux d'anticorps de 25 % chez les caprins et de 8 % chez les ovins en zone sahélienne. Toutefois, d'autres virus à tropisme respiratoire, tels que les *Adenovirus,* le virus de la blue tongue, le virus *Parainfluenza* III et celui de la rhinotrachéite infectieuse, ont été isolés lors de pneumopathies chez les petits ruminants.

Les travaux réalisés au LNERV ont permis de mieux comprendre la structure et certaines propriétés biologiques du virus (Bourdin et Laurent-Vautier, 1967 ; Laurent-Vautier, 1968). Le vaccin vivant atténué homologue contre la peste des petits ruminants est un outil mis à la disposition des services vétérinaires pour les campagnes nationales de vaccination. Le LNERV est le laboratoire de référence de la FAO pour le diagnostic de la peste des petits ruminants pour l'Afrique.

La peste équine

La peste équine est une maladie mortelle des équidés due à un virus du genre *Orbivirus* (famille des Reoviridae), qui comporte 9 sérotypes. Elle est transmise par les piqûres d'insectes du genre *Culicoides*. Elle sévit essentiellement en Afrique intertropicale et pendant les saisons humides favorables au développement des vecteurs. Le suivi épidémiologique des foyers de peste équine au Sénégal a mis en évidence la circulation de la souche virale du type 9. Cependant, les recherches sur l'identification et le rôle des arthropodes comme vecteurs impliqués dans le maintien et la transmission du virus doivent être poursuivies dans les zones d'enzootie (Sarr *et al.,* 1993). Des vaccins monovalents, immunisant contre un seul sérotype, le type 9, et polyvalents, contre 6 sérotypes à la fois, sont disponibles pour la prévention des épizooties périodiques. Le LNERV dispose d'une banque de souches de virus de peste équine isolées de différents foyers au Sénégal et en Afrique. Il a été retenu comme laboratoire de référence de la FAO.

La peste porcine africaine

La peste porcine africaine (PPA)est une maladie virale due à un virus du genre *Asfavirus* (de la famille des Asfarviridae). Elle est très contagieuse et entraîne une mortalité de 100 % dans les élevages porcins atteints. Au Sénégal, la peste porcine africaine sévit à l'état endémique chez les races locales, surtout dans le sud du pays (Casamance) et sur la Petite-Côte, les deux principales zones d'élevage de porcins. Cependant, la maladie revêt parfois des allures épizootiques lors de l'introduction de races porcines améliorées.

Le mode d'élevage rustique, en liberté, favorise la circulation des souches virales à l'origine de la persistance de foyers d'enzootie. Les enquêtes séroépidémiologiques révèlent un portage de virus quasi permanent dans les élevages villageois du sud du Sénégal. Cette persistance du virus est à l'origine de flambées épizootiques fréquentes et fait de la peste porcine africaine une menace permanente pour le développement du cheptel porcin. Il reste à préciser le rôle de la faune sauvage et des arthropodes vecteurs, les tiques essentiellement, dans l'épidémiologie de la maladie (Sarr, 1990).

En l'absence d'un vaccin efficace, les moyens de lutte reposent sur l'amélioration des modes d'élevage (hygiène, habitat, alimentation), sur le contrôle des mouvements des animaux entre le sud, zone d'enzootie, et le nord, zone d'épizootie, et sur l'instauration d'un système de surveillance et d'alerte efficace. Le suivi des foyers épizootiques a permis de constituer une banque de souches virales isolées à travers tout le pays. Le nouveau kit de diagnostic rapide de laboratoire, mis au point par l'ISRA, va permettre la détection précoce de la maladie.

La dermatose nodulaire contagieuse bovine

La dermatose nodulaire contagieuse bovine (DNCB) est une maladie virale due à un virus du genre *Capripox* (famille du virus de la clavelée). Bien que peu mortelle chez les bovins, son impact économique est important : baisse de production, détérioration des cuirs et peaux. Sa répartition géographique est limitée au continent africain.

Au Sénégal, la dermatose nodulaire contagieuse bovine a été signalée pour la première fois en 1988. Les premiers cas ont été notés chez des buffles élevés à Makhana, aux environs de la ville de Saint-Louis, en saison sèche. En saison des pluies, la maladie s'est propagée dans tout le pays. Cette première épizootie a été suivie d'une période de silence jusqu'en 1996. Lors de la seconde épizootie, les élevages laitiers périurbains, composés de races européennes, ont été particulièrement affectés.

Le vaccin contre la clavelée, un virus antigéniquement proche, disponible au LNERV est efficace et utilisé pour prévenir la dermatose nodulaire. Des vaccins vivants atténués homologues, fabriqués à partir de souches virales isolées de foyers locaux, sont en cours de développement.

La fièvre de la vallée du Rift

La fièvre de la vallée du Rift (FVR) est une zoonose due à un virus du genre *Phlebovirus* (famille des Bunyaviridae). Elle a été décrite pour la première fois en 1912 chez des ovins dans la vallée du Rift, au Kenya. En dehors de l'Afrique de l'Est, la maladie a été reconnue dans la plupart des zones écologiques favorables au développement des moustiques vecteurs du virus sur le continent, à l'exception du Maghreb.

En 1987, une épizootie suivie d'une épidémie dramatique s'est développée pour la première fois en Afrique de l'Ouest, dans la basse vallée du fleuve Sénégal (Sarr *et al.,* 1988a, 1988b ; Thiongane, 1991 ; Thiongane *et al.,* 1994). L'épizootie a laissé plus de 80 % des ruminants domestiques porteurs d'anticorps. Cette flambée épizootique semble due à la convergence de plusieurs facteurs : mise en fonction d'ouvrages hydroagricoles, pullulation saisonnière de vecteurs culicidiens, concentration de pasteurs nomades et de leur cheptel. Elle a été suivie d'autres épisodes, tant dans la vallée du fleuve Sénégal (1993, 1998, 1999 et 2002 ; Thiongane *et al.,* 1996 ; 1999 ; Diop *et al.,* 2000) que dans d'autres zones humides de la région, comme la vallée du fleuve Gambie (2002). Un système d'alerte précoce fondé sur la surveillance de troupeaux sentinelles et des moustiques vecteurs a été mis en place pour prédire les risques potentiels de flambée épizootique dans les bassins des fleuves Sénégal et Niger, considérés comme des zones à risque (alerte en 2002 après détection d'anticorps IgM, traduisant une circulation récente du virus chez les petits ruminants).

Au Sénégal, la détermination des facteurs d'émergence et de maintien du virus en zone sahélienne est l'objet d'une attention particulière, surtout dans les zones où les animaux présentent une prévalence élevée d'anticorps spécifiques du virus de la fièvre de la vallée du Rift. C'est ainsi que des vecteurs tels que *Aedes vexans, A. ochraceus* et *Culex poicilipes* ont été impliqués dans le cycle enzootique du

virus dans la vallée du Sénégal et autour de points d'eau temporaires, au Sénégal et en Mauritanie. Par ailleurs, le rôle potentiel de la faune sauvage dans le cycle de transmission du virus a été souligné, notamment les phacochères et certains rongeurs sauvages comme *Rattus rattus, Mastomys huberti, Arvicanthis niloticus* et *Mastomys erythroleucus,* trouvés porteurs d'anticorps spécifiques du virus.

La prévention passe par la vaccination des animaux dans les zones menacées ou dans les foyers avec le vaccin vivant faiblement atténué Smithburn. Un nouveau vaccin vivant, issu de recombinaisons génétiques, plus atténué que le vaccin Smithburn, est en cours d'essai chez les petits ruminants en vue d'une utilisation plus large lors de campagnes de vaccination. Le LNERV est le laboratoire de référence de la FAO pour le diagnostic de la fièvre de la vallée du Rift en Afrique.

Les pathologies bactériennes

L'étiologie étant fondamentale, les maladies bactériennes connues au Sénégal sont ici répertoriées, non pas en fonction de leur spécificité d'hôtes, mais en fonction de la caractéristique principale des germes bactériens qui les déterminent (Konté, 1989).

Les maladies à germes aérobies

Le charbon bactéridien

Le charbon bactéridien est une maladie tellurique, évoluant sur le mode enzootique chez les bovins et les ovins, en particulier. L'homme se contamine soit par contact avec des animaux charbonneux ou des produits animaux contaminés, soit par ingestion de viande contaminée ou inhalation de spores charbonneuses. Cette zoonose est connue dans toutes les régions du Sénégal avec une prévalence plus marquée dans les régions sud du pays, où cette zoonose apparaît souvent de janvier à juin. La prophylaxie repose sur la vaccination — l'ISRA propose deux vaccins, le Carbovin et le Carbequin — et sur l'application de mesures sanitaires strictes : éviter la pâture dans les zones contaminées, enfouir ou détruire par le feu les cadavres d'animaux atteints.

Les pasteurelloses

Les pasteurelloses animales sont dues à des bactéries du genre *Pasteurella,* dont certaines espèces sont des pathogènes primaires, d'autres constituant des germes de complication et secondairement pathogènes.

La septicémie hémorragique des bovins, une pasteurellose spécifique des bovins, est une maladie septicémique due à *Pasteurella multocida,* pathogène primaire. Elle est signalée dans toutes les régions du Sénégal, particulièrement celles du sud à forte pluviométrie. Les porteurs de germes assurent la pérennité de la source d'infection et manifestent la maladie à la faveur de stress (climat, pluies, parasitisme, malnutrition, transport). La prévention repose sur la vaccination avec le vaccin Pasteurellox proposé par l'ISRA.

La pasteurellose des petits ruminants correspondrait à une complication bactérienne de viroses, la peste des petits ruminants, pour les caprins, et d'un stress dû à des carences alimentaires et au parasitisme, pour les ovins (Bourdin et Doutre, 1976). La pasteurellose vraie relève de la vaccination et un vaccin de l'ISRA est disponible, le Pasteurellad.

La pasteurellose aviaire, ou choléra aviaire dans sa forme aiguë, a provoqué des ravages dans les élevages de type industriel. La maladie est actuellement bien contenue à l'aide de vaccins efficaces, notamment celui de l'ISRA, le Cholavil.

La dermatophilose

La dermatophilose, ou streptothricose cutanée bovine, est une affection d'évolution saisonnière le plus souvent, importante dans les zones à hygrométrie élevée (supérieure à 500 mm/an), d'où une incidence faible dans la moitié nord du Sénégal, et parfois chronique. Elle est due à une bactérie du groupe des Actinomycètes, *Dermatophilus congolensis.* Les porteurs du germe sont des animaux à infection chronique ou apparemment sains. Les arthropodes piqueurs et les tiques favorisent le grattage et l'inoculation passive des germes. L'importance économique de cette maladie est parfois considérable. Sa prévention repose sur l'usage de bains détiqueurs et il existe un traitement antibiotique spécifique.

Les mycobactérioses

La tuberculose bovine, due à *Mycobacterium bovis,* est une zoonose cosmopolite et une maladie de la vie en commun, qui évolue sur le mode enzootique. Sa prophylaxie est surtout d'ordre sanitaire et doit être rigoureuse : éviter les contacts entre troupeaux locaux et troupeaux étrangers, raccourcir le séjour du bétail importé au Sénégal, assurer une inspection rigoureuse des viandes en différenciant la tuberculose et le farcin, effectuer une tuberculination systématique à l'achat de bovins à l'étranger, éliminer les animaux infectés et désinfecter (Doutre, 1976).

La paratuberculose, ou maladie de Johne, est une maladie spécifique bovine due à *Mycobacterium paratuberculosis.* Elle a été identifiée pour la première fois au Sénégal en décembre 1986 sur des animaux d'importation, les bovins de race Montbéliarde importés de France, qui constituent certains troupeaux laitiers de la zone de Sangalkam, en région dakaroise (Konté, 1988). Les autres bovins, autochtones et exotiques, en sont indemnes. La prophylaxie est identique à celle de la tuberculose.

Le farcin du bœuf est une maladie due à *Mycobacterium farcinogenes*. Elle est identifiée dans les régions de Dakar et de Thiès. Elle est souvent découverte à l'abattoir. Elle évolue sur le mode chronique, durant des mois, voire des années. La prophylaxie est d'ordre sanitaire : désinfection, bains détiqueurs, élimination des malades.

Les maladies de la reproduction

La brucellose existe actuellement dans toutes les régions du Sénégal *(Brucella abortus, B. melitensis),* avec des prévalences très variables. D'abord endémique en zone sud, l'infection s'est ensuite progressivement étendue au centre et au nord. Son incidence est faible dans les zones d'élevage extensif ensoleillées ; la chaleur et l'humidité assurent la conservation et la diffusion du germe en élevage

semi-intensif. La prévention est surtout d'ordre sanitaire et repose sur l'éducation de l'éleveur, le dépistage des contaminés, l'élimination immédiate des malades à forme ouverte (avortement) et l'élimination progressive des autres animaux infectés vers l'abattoir. La vaccination est possible chez les bovins, les ovins et les caprins avec des vaccins du commerce (vaccins B19, 45/20, H38 ou Rev1, suivant le cas). Des mesures prophylactiques sont proposées à cet effet (Doutre *et al.,* 1977 ; Konté, 1981, 1994).

La campylobactériose, ou vibriose des ruminants, est une affection vénérienne à *Campylobacter fetus venerealis.* Les enquêtes effectuées en 1973 et 1974 chez les taurins du CRZ de Kolda et les zébus du CRZ de Dahra et du Ferlo indiquent une prévalence relativement faible au Sénégal. Il est nécessaire de faire un diagnostic différentiel avec la trichomonose bovine.

La listériose a d'abord été identifiée chez les ovins et les caprins de Kaolack, puis chez les bovins de toutes les localités. La présence de l'infection à *Listeria monocytogenes* au Sénégal est confirmée (Konté, 1994).

Les leptospiroses sont des zoonoses identifiées chez les chevaux *(Leptospira canicola)* et chez les bovins par le test spécifique de microagglutination. Cinq sérovars ont été reconnus chez les bovins, dont deux sont hautement pathogènes et abortifs, les sérovars sejroe et hardjo (Konté, 1994).

Pour la chlamydiose et la fièvre Q, une enquête sérologique effectuée en 1979 a révélé une infection mixte à *Coxiella burnetti* (agent de la fièvre Q) et à *Chlamydia psittaci ovis* chez des moutons tout-venant de la région de Dakar. En 1985, une sérologie chlamydienne, réalisée sur des moutons de Kaolack, a indiqué un taux d'infection de 3 %. En 1994, dans le cadre des études sur les pathologies de la reproduction, l'existence de ces deux affections a été confirmée chez les bovins (Konté, 1994).

Les denrées d'origine animale (viande, œuf, lait) sont souvent contaminées par *Salmonella,* à l'origine de zoonoses mineures, les salmonelloses. Les salmonelles sont répandues dans le fumier, l'eau, etc. Un répertoire des sérotypes isolés au Sénégal a été élaboré.

Pour les infections mammaires (mammites bovines), l'analyse systématique de laits mammiteux provenant des troupeaux laitiers de bovins Montbéliards et Pakistanais de Sangalkam a mis en évidence de nombreux cas d'infections bactériennes classées en six types de mammite monobactérienne — staphylococcique, streptococcique, colibacillaire, à *Corynebacterium pyogenes,* à *Pseudomonas aeruginosa* et à *Serratia marcescens* — et de plusieurs types de mammite polybactérienne (Konté *et al.,* 1988).

Les maladies à germes anaérobies

Le charbon symptomatique

Le charbon symptomatique est une toxi-infection des bovins due à *Clostridium chauvoei.* Il est signalé dans plusieurs régions du Sénégal, en particulier à Tambacounda (zone endémique), Ziguinchor, Kolda et Thiès. Cette maladie tellurique sévit surtout pendant les saisons des pluies. La vaccination est efficace, notamment avec le vaccin Carbosympto de l'ISRA.

Le botulisme

Cette intoxication est due à l'ingestion de toxines préformées de *Clostridium botulinum,* qui se maintient par des spores. Elle sévit dans toute la moitié nord du Sénégal chez diverses espèces animales (bovins, porcs, chiens, oiseaux et rapaces anthropophiles). Les déficits pluviométriques et la sécheresse jouent un rôle dans l'apparition de cas de botulisme en zone d'élevage extensif (Doutre et Touré, 1978). La prophylaxie est à la fois sanitaire — améliorer la qualité des pâturages, corriger leur déficit en phosphore, lutter contre les rongeurs, protéger les puits villageois — et médicale, grâce au vaccin de l'ISRA, le Botubov.

LES MYCOPLASMOSES

La péripneumonie contagieuse bovine

La péripneumonie contagieuse bovine (PPCB) à *Mycoplasma mycoides* var. *mycoides* existe dans toute l'Afrique intertropicale, bassin de la maladie. Les anciens foyers du Sénégal se situent dans les départements de Kédougou, Thiès et Tivaouane, et les derniers cas datent de 1977. La prophylaxie est d'ordre sanitaire : surveillance des mouvements des animaux, dépistage précoce des foyers, abattage immédiat des malades et des contaminés, immobilisation des animaux de la zone déclarée infectée. La vaccination annuelle systématique est toujours d'actualité au Sénégal. Il existe trois types de vaccins de l'ISRA : T1/44 et KH3J, contre la péripneumonie contagieuse bovine, Bisec, à la fois contre la péripneumonie contagieuse bovine et peste bovine, qui n'est plus utilisé actuellement au Sénégal depuis l'arrêt des vaccinations contre cette maladie (Doutre, 1969 ; Doutre *et al.,* 1972).

L'agalactie contagieuse caprine

L'unique foyer à *Mycoplasma agalactiae* connu au Sénégal est celui du village de Bandia, à 50 km au sud-est de Dakar, survenu en 1981. La trilogie symptomatique caractéristique — mammite, kératite et polyarthrites — a été retrouvée, et confirme l'isolement bactérien.

Les pneumopathies à mycoplasmes

Mycoplasma ovipneumoniae a été isolé pour la première fois au Sénégal chez un mouton mort de pneumonie (Konté et Bréard, 1987).

Les ectoparasites et les hémoparasitoses transmises

En zone tropicale, les ectoparasites se caractérisent par leur grande diversité et leur abondance. Leurs actions directes sur l'animal, notamment les piqûres et les spoliations sanguines, ainsi que la transmission de nombreux agents pathogènes qu'ils assurent, obèrent la productivité des troupeaux. Les pertes économiques ainsi

occasionnées sont importantes et freinent le développement socio-économique de beaucoup de régions agricoles. L'attention des services vétérinaires a été attirée très tôt par les tiques et les glossines et par leur rôle vecteur.

LES TIQUES DU BÉTAIL ET LES HÉMOPARASITOSES

Les tiques du bétail

Les tiques sont depuis longtemps reconnues comme l'une des contraintes majeures au développement de l'élevage dans les pays tropicaux et subtropicaux. Les effets de l'infestation sur l'hôte sont multiples et peuvent se traduire, selon les cas, par une nuisance, une anémie, une paralysie, une toxicose, une dépréciation des cuirs ou la transmission de maladies. Cependant, les connaissances sur l'incidence de ces acariens et des maladies transmises sont encore insuffisantes. L'intensification des études fondamentales sur les tiques et les protozoaires sanguicoles revêt toujours un caractère prioritaire.

Les recherches sur ces acariens, menées à partir de 1959, ont porté, en premier lieu, sur la systématique et la distribution des diverses espèces, puis sur l'abondance des populations selon les saisons, les sites de fixation préférentiels de ces parasites sur le corps de l'animal et leur rôle épidémiologique.

De nombreuses espèces infestent le bétail : *Amblyomma variegatum, Boophilus decoloratus, B. geigyi, B. annulatus, Hyalomma truncatum, H. marginatum rufipes, H. impeltatum, H. impressum, H. dromedarii, H. nitidum, Rhipicephalus evertsi, Rh. guilhoni, Rh. senegalensis, Rh. lunulatus, Rh. muhsamae* et des tiques du groupe *Rh. sulcatus-turanicus.* Quelques-unes sont des vecteurs de maladies souvent fatales : *A. variegatum, B. decoloratus, B. geigyi* et *B. annulatus.*

La distribution de ces espèces a été affectée par la sécheresse des années 1970, qui a engendré des modifications écologiques profondes dans nombre d'écosystèmes pastoraux. Ainsi, des espèces telles que *H. impressum* et *H. nitidum* ont vu leurs populations se réduire considérablement et même disparaître de certaines régions. A l'opposé, on assiste à l'implantation et à la prolifération de quelques espèces comme *H. impeltatum* dans des zones d'où elles étaient auparavant absentes. Des cartes de distribution, établies en 1989, illustrent ces changements.

Le suivi de l'infestation des animaux a permis de distinguer les tiques qui ont une activité saisonnière d'autres, qui infestent les animaux presque toute l'année. Ces particularités ont une répercussion sur l'épidémiologie des différentes maladies (Guèye, 1994).

Les hémoparasitoses transmises par les tiques

La cowdriose est une rickettsiose due à *Ehrlichia ruminantium.* Elle est transmise par les tiques du genre *Amblyomma* et, au Sénégal, son vecteur est *Amblyomma variegatum.* Bien que la cowdriose soit une enzootie connue de longue date sur le continent africain, elle se révèle plus que jamais d'actualité dans de nombreux pays. Son épidémiologie est insuffisamment connue et des efforts ont été réalisés pour diagnostiquer l'infection dans les différentes zones écologiques du Sénégal et identifier les aires d'enzootie. La dynamique de l'infection des animaux sur le terrain est évaluée grâce à des suivis séroépidémiologiques. La diversité des

souches d'*Ehrlichia ruminantium* a fait l'objet d'investigations au sein d'une même zone écologique et entre les zones écologiques (Guèye, 1989). Des essais thérapeutiques ont été réalisés, de même que des essais d'immunisation par infection suivie de traitement ou par la vaccination classique en utilisant une souche atténuée ou des vaccins inactivés du commerce (Guèye *et al.,* 1994).

L'ehrlichiose bovine est une rickettsiose due à *Ehrlichia bovis.* Elle est transmise par des tiques dont l'identité reste à préciser, en particulier dans la région de l'Afrique de l'Ouest. Au Sénégal, elle affecte les animaux autochtones ou exotiques introduits dans des zones d'enzootie. La zone des Niayes est une aire d'endémicité de cette infection, et des cas y sont parfois observés.

L'ehrlichiose ovine est une rickettsiose due à *Ehrlichia ovina*. Dans la région ouest-africaine son vecteur n'est pas encore connu. Cette affection se manifeste parfois sur les moutons indigènes, dans la zone des Niayes notamment. Des essais d'isolement de souches sont en cours.

L'anaplasmose bovine est une rickettsiose due à *Anaplasma marginale* ou à *Anaplasma centrale*. Elle est transmise par les tiques et par de nombreux arthropodes hématophages. En Afrique de l'Ouest, *Anaplasma marginale* est la seule espèce présente. L'infection est endémique dans toutes les zones écologiques du Sénégal, la région sahélienne est cependant depuis plusieurs années le seul foyer de la maladie avec de nombreux cas de mortalité.

L'anaplasmose ovine est une rickettsiose due à *Anaplasma ovis.* Elle est transmise par des tiques. La rickettsie se rencontre dans toutes les zones écologiques du Sénégal. L'incidence pathologique est généralement peu marquée. Des mortalités dues à l'anaplasmose ovine sont néanmoins observées en zone sahélienne.

La piroplasmose bovine est une infection à protozoaire due à *Babesia bigemina.* Au Sénégal, elle est transmise par les tiques du genre *Boophilus*. Le protozoaire est présent sur toute l'aire de répartition des *Boophilus* sp., notamment celle de *B. decoloratus* et de *B. geigyi.* La maladie se manifeste dans les Niayes, dans les zones soudano-sahélienne et nord-soudanienne et en Casamance, elle y affecte essentiellement les veaux.

LA TIQUE DES VOLAILLES ET L'HÉMOPARASITOSE

La tique des volailles

La présence de la tique des volailles, *Argas persicus,* au Sénégal a été rapportée lors des premiers inventaires de tiques réalisés sur le terrain. Une carte de distribution à l'échelle du degré carré a été établie après de nombreuses années de collecte de spécimens dans les poulaillers en milieu traditionnel. La typologie de ces habitats, qui sont aussi ceux des hôtes aviaires, a été effectuée à cette occasion. Elle a permis de distinguer les modèles de poulailler suivants : le modèle hétéroclite, le modèle à épineux, les modèles en végétaux tressés et les modèles en banco. Le suivi de l'infestation des poulets et l'évaluation de l'abondance de la tique dans les poulaillers indiquent une activité de la tique durant toute l'année.

L'hémoparasitose transmise par la tique des volailles

L'examen de frottis de sang effectués sur des poulets en zone rurale n'a pas révélé la présence d'hémoparasite. En revanche, des mortalités importantes dues à *Borrelia anserina,* agent de la spirochétose aviaire, ont été enregistrées dans des fermes avicoles de la région des Niayes et en zone sahélienne. Au Sénégal, d'après les observations de terrain, tout se passe comme si les souches de volaille exotiques, moins rustiques et plus sensibles, étaient les révélatrices de l'existence de l'infection.

LES GLOSSINES ET LES TRYPANOSOMOSES ANIMALES

Les glossines et les trypanosomoses ont constitué, dès le début du siècle passé, un sujet de préoccupation, du fait notamment de la maladie du sommeil. L'intérêt vétérinaire qui s'est manifesté par la suite se justifie par les fortes mortalités enregistrées dans le cheptel et par la mise en valeur de certaines régions à vocation agricole, comme la zone des Niayes. Cette problématique sanitaire et les ambitions économiques ont orienté les investigations des scientifiques.

Les glossines, ou mouches tsé-tsé

Les premières études sur la répartition géographique des glossines au Sénégal remontent au début du XX^{e} siècle et sont liées à l'épidémiologie de la maladie du sommeil. Les glossines occupaient quelques îlots résiduels de forêts guinéennes sur la côte atlantique ainsi que la moitié méridionale du Sénégal. Trois espèces étaient mentionnées : *Glossina palpalis gambiensis, Glossina morsitans submorsitans* et *Glossina longipalpis.* Une carte de distribution a été établie en 1971 (Touré, 1971). Les nombreuses campagnes de lutte dans la région des Niayes ainsi que les années de sécheresse ont profondément modifié cette carte de distribution (Touré, 1974).

La lutte insecticide, menée par des équipes au sol, a donné des résultats médiocres et la lutte combinée, avec pulvérisation d'insecticide et utilisation simultanée de pièges et d'écrans imprégnés d'insecticide, a été adoptée (Touré, 1983). Les prospections effectuées en 1985 n'ont pas permis de capturer des glossines au nord de la voie ferrée au Sénégal-Oriental et d'observer les mouches dans les Niayes. La carte de distribution a été actualisée en 1989 (Diaïté, 1989).

A partir des années 2000, la présence de *Glossina palpalis gambiensis* a été de nouveau constatée. Le niveau des populations est maintenant relativement élevé malgré le changement du faciès de la végétation, avec le développement de l'arboriculture. Parallèlement, on enregistre une reprise importante de la transmission des trypanosomes dans cette zone.

Les trypanosomoses animales

Les nombreuses enquêtes épizootiologiques menées dans les zones infectées ont mis en évidence la présence de trois espèces de trypanosomes pathogènes : *Trypanosoma congolense, T. brucei* et *T. vivax.* La prévalence de l'infection, toutes espèces confondues, était voisine de 16 % en 1978 dans les régions à forte incidence, comme la Haute-Casamance, qui héberge en outre du bétail trypanotolérant, mais les cas positifs ne dépassaient pas 2 % en 1986. Par ailleurs,

l'étude comparative du comportement du zébu, de la Ndama et du produit de leur croisement en zone d'enzootie a confirmé les observations sur la différence significative entre ces races vis-à-vis de la trypanosomose.

Le contrôle de cette maladie par des trypanocides de qualité douteuse ou à des posologies non recommandées a engendré des phénomènes de résistance des trypanosomes. Des recherches devront être menées afin d'évaluer l'ampleur de cette contrainte dans les zones nord-soudanienne et soudano-sahélienne, où vit une population bovine comprenant un très fort taux de métis zébu x Ndama. Malgré la grande sensibilité des chevaux et des ânes à la trypanosomose et les mortalités régulièrement enregistrées, ces espèces sont de plus en plus exploitées en Casamance.

Les helminthoses du bétail

Les enquêtes menées dans toutes les régions du Sénégal ont permis d'inventorier, d'identifier et de décrire les différentes espèces de vers parasites (nématodes, cestodes et trématodes) chez les bovins et les petits ruminants (Morel, 1959 ; Vassiliades, 1976, 1995). L'épidémiologie des espèces les plus pathogènes a été précisée afin de dégager des stratégies de contrôle. Les principales parasitoses digestives sont décrites ci-après.

Les nématodoses

Ce sont les parasitoses les plus fréquentes et les plus répandues chez les bovins et les petits ruminants. Les strongyloses digestives, la toxocarose et la thélaziose oculaire sont les plus importantes.

Les strongyloses gastro-intestinales

Les strongyloses gastro-intestinales sont provoquées par la présence dans le tube digestif d'un grand nombre de petits nématodes appelés strongles (Bunostomum, Gaigeria, Oesophagosmum, Haemonchus, Cooperia et Trichostrongylus). Ces affections sont très fréquentes et souvent graves. La maîtrise de l'épidémiologie ainsi que les données biogéographiques ont permis de proposer des plans de prophylaxie et de traitement en fonction des zones d'élevage (traitement en saison des pluies pour la zone sahélienne, traitement plus régulier et plus fréquent dans la zone équatoriale).

Une étude approfondie de l'hæmonchose a été entreprise chez les petits ruminants : populations, charge parasitaire, variation saisonnière, contamination au pâturage, cycle évolutif et hypobiose. Il en découle une meilleure compréhension de l'épidémio-logie de ces strongyloses pour un contrôle adapté aux zones climatiques (Vassiliades, 1981).

La strongyloïdose à *Strongyloides papillosus*

La strongyloïdose à *Strongyloides papillosus* et la coccidiose due à des coccidies (protozoaires parasites) sont souvent associées chez les jeunes animaux et constituent un complexe parasitaire très pathogène. Ainsi, le traitement nécessite des anthelminthiques et un anticoccidien.

La toxocarose des veaux

La toxocarose des veaux, ou ascaridiose, due à *Toxocara vitulorum,* existe uniquement chez les veaux de moins de 3 mois. Le cycle est particulier du fait que la vache gestante joue le rôle d'hôte intermédiaire, le veau étant l'hôte définitif. L'affection est fréquente, grave et souvent mortelle. Le diagnostic facile est réalisé par coproscopie. Une prophylaxie médicale systématique chez les veaux de 3 à 4 semaines (tétramisole, thiabendazole, ivermectine) est indispensable.

La thélaziose oculaire

La thélaziose oculaire est provoquée par de petits nématodes blancs du genre *Thelazia* transmis par les mouches des parcs à bestiaux. L'irritation provoquée peut entraîner une kératite, voire une cécité partielle ou totale. Le diagnostic se fait par observation des petits vers blancs mobiles à la surface de l'œil. Les traitements sont à base de collyres. Pour la prophylaxie, il convient de protéger les animaux contre les mouches.

La trichinellose

Des études ont été entreprises sur la trichinellose du phacochère et du chacal à la suite de l'épidémie survenue en mai 1966 à Dakar et en raison des dangers que cette maladie représente pour l'homme. *Trichinella nelsoni* serait la souche africaine alors que *T. spiralis* serait l'espèce en cause dans la trichinellose des animaux domestiques d'Europe et d'Amérique. Des recommandations relatives à la gestion de la faune sauvage et au contrôle de la viande ont été proposées.

Les onchocercoses bovines

Les onchocercoses bovines sont dues à des nématodes Onchocercidae : *Onchocerca ochengi* (nodulaire), *O. ormillata* (de l'aorte), *O. gutturosa* (ligamenteuse), *O. denkei* (sous-cutanée). Elles sont localisées au Sénégal-Oriental et ont une faible prévalence.

LES CESTODOSES : LE TÉNIASIS DES RUMINANTS

Le téniasis est une helminthose cosmopolite très fréquente, provoquée par des cestodes. Le genre *Moniezia* est le plus fréquent et le plus pathogène. Le cycle larvaire s'effectue chez de petits acariens Oribates du sol, source de contamination des ruminants. Chez les jeunes animaux fortement parasités, l'évolution peut être grave, voire mortelle. Il est recommandé de traiter les troupeaux dès l'apparition d'un cas confirmé de téniasis (niclosamide, fenbendazole, albendazole, etc.).

LES TRÉMATODOSES

La fasciolose

La distomatose à *Fasciola gigantica* (douve géante), ou distomatose des ruminants, est l'une des parasitoses les plus graves du fait des fortes mortalités qu'elle entraîne chez les bovins (Diaw *et al.,* 1998). L'épidémiologie est bien

précisée pour *Lymnaea natalensis,* hôte intermédiaire, et pour les moutons et les bovins (Diaw, 1989). En plus du diagnostic coproscopique (œufs de 160 à 200 µ observés 3 mois après l'infestation), un diagnostic sérologique par le test ELISA, plus précoce (4^{e} semaine d'infestation), permet d'intervenir rapidement à l'échelle du troupeau et de la région. La prophylaxie repose sur la gestion des troupeaux, avec un abreuvement hors des zones de contamination. Les malades sont traités par un déparasitage régulier (nitroxynil, bitin S, rafoxanide, albendazole, etc.). La prévalence varie de 10 à 80 % en fonction des zones.

La schistosomose des ruminants

La schistosomose des ruminants est due à des vers plats sexués appelés schistosomes. Au Sénégal, il en existe deux espèces : *Schistosoma bovis,* plus fréquent chez les bovins, et *S. curassoni,* qui parasite surtout les petits ruminants. Le cycle évolutif passe par un mollusque d'eau douce du genre *Bulinus* (Diaw et Vassiliades, 1987). Le diagnostic est réalisé par coproscopie, après 10 semaines pour *S. bovis* et 12 pour *S. curasoni,* sur la base des différences morphologiques des œufs. Cependant, il existe un diagnostic sérologique plus précoce par la méthode ELISA, qui décèle l'infestation dès la 6^{e} pour *S. bovis* et dès la 9^{e} semaine pour *S. curassoni.* La prophylaxie repose sur la conduite des animaux hors des zones à risques et sur l'aménagement d'abreuvoirs non contaminés. Les malades sont traités par des anthelminthiques (praziquantel ou biltricide). La prévalence de la maladie est de 30 %.

Les paramphistomoses

Les paramphistomoses sont des parasitoses dues à de gros vers, les paramphistomes, localisés dans la panse, dont le cycle évolutif passe par un mollusque d'eau douce du genre *Bulinus*. Elles sont fréquentes chez les bovins. En général, les charges parasitaires sont fortes et les prévalences assez élevées. Ce sont les *Carmyerus* hématophages qui sont les plus pathogènes. Le diagnostic est facile par coproscopie, les œufs sont plus petits (100 à 150 µ) que ceux de *F. gigantica*. La prophylaxie repose sur la conduite des animaux hors des zones contaminées. Le traitement anthelminthique est réalisé avec le closantel et le bitin S. La prévalence est de 50 à 80 % en fonction des zones.

La dicrocœliose des ruminants

Cette parasitose est due à des douves plus fines et plus petites (moins de 1 cm) de l'espèce *Dicrocoelium hospes.* Ces douves sont localisées dans les canaux hépatiques et ne sont pas hématophages. Peu pathogène, cette parasitose a peu d'incidence en santé animale. Cependant, elle existe chez les bovins et les petits ruminants, avec une prévalence de 4 à 27 %, et se rencontre dans toutes les régions. Elle reste souvent associée à *F. gigantica.*

Les mollusques hôtes

Parallèlement aux recherches sur l'épidémiologie des trématodoses en relation avec les modifications de l'environnement, s'est développée l'étude des mollusques hôtes intermédiaires (malacologie). Les mollusques d'intérêt médical et vétérinaire ont été

inventoriés, identifiés et leur distribution géographique établie *(Bulinus truncatus, B. globosus, B. umbilicatus, B. senegalensis, B. forskalii, Lymnaea natalensis, Biomphalaria pfeifferi).* Des études sur leur biologie, leur écologie ainsi que leur rôle épidémiologique ont permis de mieux comprendre l'épidémiologie des trématodoses et leur résistance à l'assèchement des mares temporaires.

En matière de lutte malacologique, certaines plantes locales testées (*Ambrasia maritima, Euphorbia turicalli* et *Jatropa curcas*) ont montré une certaine activité molluscicide. Des résultats intéressants ont été obtenus avec l'extrait hexanique du fruit d'*Anacardium occidentale*.

Les autorités administratives qui ont en charge la santé animale sont de plus en plus préoccupées par le risque de voir se développer un certain nombre de parasitoses majeures à la faveur des modifications provoquées par les aménagements hydroagricoles. Les trématodoses font partie de ces maladies dépendantes de l'eau, c'est pourquoi les recherches sur les trématodoses et les mollusques hôtes intermédiaires ont été renforcées par l'étude des facteurs de risques d'émergence et d'extension des trématodoses humaines et animales.

La pathologie et la productivité des petits ruminants

Le programme de recherche sur la pathologie et la productivité des petits ruminants, réalisé conjointement par l'ISRA et l'IEMVT à partir de 1983, a abouti à la proposition d'un modèle original de système d'investigation pour l'étude pluridisciplinaire des systèmes d'élevage en milieu traditionnel africain (Landais et Faugère, 1990). Ce modèle intègre les acquis méthodologiques des réseaux de contrôle des performances animales et ceux des autres types d'investigation pour permettre la valorisation mutuelle de leurs résultats dans une perspective de diagnostic et de développement. Le système d'investigation, modulaire et évolutif, comprend un ensemble de modules d'investigation spécialisée articulés autour d'un noyau central constitué par un programme de suivi démographique, qui fournit une image précise et fidèle de la structure et de la dynamique des populations animales concernées, et donc des flux d'animaux qui traversent les systèmes d'élevage étudiés.

La proposition de ce modèle s'appuie sur trois idées directrices (Landais et Faugère, 1990). La connaissance précise de l'état et de la dynamique du peuplement animal est indispensable pour toute étude approfondie du fonctionnement des systèmes d'élevage, quels que soient les objectifs poursuivis et les disciplines intéressées. Les performances zootechniques et sanitaires des animaux représentent des indicateurs sensibles, fidèles et diversifiés de ce fonctionnement. Leur évaluation, point de passage obligé pour les disciplines techniques, peut être utilement mise à profit par l'ensemble des intervenants. Le développement des techniques informatiques ouvre des perspectives radicalement nouvelles aux recherches systémiques, puisqu'elles fournissent des moyens puissants pour traduire concrètement, dans la gestion de l'information recueillie, les relations complexes dont la reconnaissance est au cœur de la modélisation systémique.

Le système d'investigation modulaire et évolutif permettra d'émettre des jugements motivés sur les niveaux atteints par les performances des animaux et sur les marges d'amélioration envisageables (fonction de diagnostic), de proposer des innovations expérimentées, propres à améliorer les performances obtenues et adaptées aux situations étudiées, de mettre au point des méthodes d'évaluation in situ et en vraie grandeur des effets et des conséquences de ces innovations.

Les systèmes Panurge, Baobab et Laser

Le système d'investigation du programme sur la pathologie et la productivité des petits ruminants, baptisé Panurge (Faugère *et al.,* 1989), a été mis au point pour les ovins et caprins puis adapté aux bovins. Les unités d'observation élémentaires sont les troupeaux de concession, pour les petits ruminants, et les troupeaux villageois collectifs, pour les bovins. Le suivi démographique inclut l'identification et la localisation de l'unité de base à laquelle appartient tout animal suivi. L'intervalle entre les visites est fixé à 15 jours pour les petits ruminants et à 1 mois pour les bovins.

L'architecture initiale du système Panurge répondait à un objectif précis : l'étude des relations entre la pathologie et la productivité des petits ruminants dans des milieux d'élevage contrastés, de la zone sahélienne à la zone soudano-guinéenne. Ainsi, quatre points d'implantation ont été retenus : Ndiagne dans le département de Louga, Kolda dans le département de Kolda, Thyssé-Kaymor dans le département de Nioro-du-Rip et Dahra dans le département de Linguère. Le suivi démographique constituant le noyau du système est complété par deux modules d'investigation permanente spécialisée : un module zootechnique de contrôle des performances pondérales des animaux (contrôle de la croissance des jeunes et de l'évolution pondérale des adultes au moyen de protocoles de pesée) et un module de suivi sanitaire (suivi individuel des cas de maladies et suivi de l'évolution des foyers de maladie dans les troupeaux), lui-même articulé avec les recherches menées par le LNERV, où sont traités les prélèvements biologiques.

Il a été décidé d'emblée de mettre à profit le suivi pour recueillir de manière systématique et permanente un certain nombre d'informations complémentaires jugées essentielles pour l'analyse du fonctionnement des systèmes d'élevage : les caractéristiques des animaux faisant l'objet des flux d'entrée et de sortie dans les troupeaux suivis, leur origine ou leur destination, les raisons et les circonstances de ces événements, l'appropriation des animaux, le statut sociofamilial des propriétaires, les pratiques de complémentation alimentaire, les pratiques de traite et les quantités traites, la fréquence des cas cliniques de pneumopathies.

Afin d'enrichir les grilles d'interprétation des résultats obtenus ou d'approfondir certaines investigations, d'autres enquêtes ont été entreprises, à l'occasion de visites spécialement programmées sur les pratiques de logement et de conduite au pâturage, sur l'infestation parasitaire interne, sur la dynamique de la réponse sérologique aux agents pneumotropes et sur les pratiques d'exploitation et de valorisation du cheptel.

La voie expérimentale représente un module d'investigation privilégié, utilisé à la fois pour améliorer les connaissances relatives au fonctionnement des systèmes d'élevage considérés et pour évaluer en vraie grandeur et en conditions réelles les effets des innovations techniques envisagées par les chercheurs : dans le domaine

sanitaire, pour évaluer l'impact des plans de vermifugation et de vaccination contre la pasteurellose et la peste des petits ruminants, et pour mesurer l'effet des traitements expérimentaux sur les performances technico-économiques des troupeaux ; dans le domaine de l'alimentation, pour tester en saison sèche plusieurs schémas de complémentation énergétique, azotée et minérale, sur différentes catégories d'animaux. Une architecture d'ensemble est ainsi constituée et appelée à évoluer dans le temps.

Les résultats enregistrés permettent d'illustrer le potentiel expérimental du dispositif qui peut être mis à profit aussi bien à des fins de diagnostic que de test des innovations.

Le suivi et les enquêtes

Les résultats de ces suivis et enquêtes portent sur les aspects démographiques et zootechniques, sur les relations entre données zootechniques et données sanitaires, sur l'analyse des flux d'animaux et sur les stratégies des éleveurs.

La structure et la dynamique des populations ovines et caprines sont connues avec une bonne précision sur chacun des sites du programme. Ces résultats constituent une référence pour tout calcul de performances techniques ou économiques concernant ces populations. Les données sur les performances zootechniques et leurs principaux facteurs de variation sont nombreuses, et le référentiel accumulé est sans équivalent en Afrique intertropicale.

La mise en relation des performances zootechniques, de la pathologie et des mortalités permet, d'une part, d'étudier finement les variations saisonnières et interannuelles de l'incidence de la pathologie à partir des quotients de mortalité, d'autre part, d'évaluer en termes physiques les pertes dues aux différentes affections.

L'analyse des flux d'entrée et de sortie d'animaux dans les troupeaux a pour objectifs l'étude physique et l'évaluation économique.

Les enquêtes sur les pratiques et stratégies des éleveurs débouchent sur une connaissance synthétique et finalisée des systèmes d'élevage et sur des propositions d'amélioration réellement adaptées au contexte.

La capacité expérimentale du dispositif

Outre les stations expérimentales qui servent à tester les innovations avant leur vulgarisation, la recherche tournée vers le développement doit disposer d'une capacité expérimentale en milieu réel traditionnel. Le dispositif Panurge s'y prête, comme le prouvent les nombreux thèmes expérimentés, notamment dans le domaine sanitaire, où des vaccins et des produits anthelminthiques ont été testés à grande échelle selon divers protocoles d'administration. Les résultats montrent que, dans les troupeaux largement infestés de parasites intestinaux, l'administration systématique d'un anthelminthique à large spectre améliore l'état général des animaux et produit des effets non spécifiques, pour aboutir à des résultats satisfaisants. Au-delà de l'évaluation technique, le dispositif permet de juger de la faisabilité de l'innovation expérimentée et d'en adapter les modalités pratiques avec l'aide des éleveurs. Il permet aussi de calculer les bénéfices économiques retirés de l'opération.

Le caractère général du modèle proposé, ses contraintes de mise en œuvre, son coût et sa reproductibilité ont fait l'objet de discussions (Landais et Faugère, 1990). Grâce aux possibilités des micro-ordinateurs et des logiciels de gestion de bases de données modernes, une base commune a été construite avec l'ensemble des données recueillies par la méthode Panurge au Sénégal : la base Baobab (Lancelot *et al.,* 1998). Elle est utilisée depuis 1997 pour les travaux d'analyse de données et de modélisation. Les besoins constants en données démographiques, zootechniques et sanitaires fiables ont incité à réaliser une nouvelle application, dénommée Laser, conforme au modèle conceptuel des données défini pour Baobab (Juanès et Lancelot, 1999). Elle est disponible depuis 1999.

Les contraintes sanitaires de l'élevage avicole

La région de Dakar regroupe, dans un rayon de 100 km, l'essentiel d'une activité nouvelle d'aviculture semi-industrielle de proximité dans les espaces urbain et périurbain. L'intensification qui accompagne ce type de production connaît de nombreux problèmes liés, notamment, à la proximité des élevages, à la concentration des animaux dans un endroit unique et à l'utilisation de souches sélectionnées plus productives mais moins résistantes que les races locales, ce qui favorise le développement de nombreuses maladies.

Les types d'élevage

Au Sénégal, coexistent une aviculture moderne et une aviculture traditionnelle.

L'aviculture moderne dite semi-industrielle

L'aviculture moderne correspond à des élevages de volailles en claustration, issues de poussins de souches sélectionnées, qui reçoivent un aliment complet et bénéficient de certaines améliorations techniques. Dans la région de Dakar, on compte plus de 600 exploitations de ce type, avec un effectif de plus de 5 millions d'animaux sur une année : l'espace périurbain en accueille plus de 400 et la ville de Dakar, plus de 200. Beaucoup de ces exploitations sont irrégulières, certaines fleurissent uniquement en périodes de fêtes, d'autres disparaissent à la suite de problèmes conjoncturels de surproduction ou de pathologie.

Leur taille reste relativement modeste. Les élevages urbains proprement dits sont constitués de 50 à 250 têtes, et 56 % des élevages périurbains en exploitent moins de 2 000 (Arbelot, 1994). Il n'existe que quelques unités de plus de 10 000 sujets.

Les années 1990 ont vu la prépondérance des élevages de poulets de chair, avec environ 55 % des exploitations, contre 18 % pour les élevages de pondeuses et 26 % pour les élevages mixtes. Près de 80 % des éleveurs ne sont pas de véritables aviculteurs et ne possèdent donc pas une véritable technicité, notamment en matière d'hygiène (Mamis, 1995).

Les intrants sont fournis par quelques sociétés dakaroises et les poussins sont achetés aux couvoirs, qui possèdent des reproducteurs ou qui importent des œufs à couver. Les principales souches utilisées pour la ponte sont les variétés blanches (Leghorn, Lohman, Hyline) et rouges (Lohman, Hyline, Isa Brown). Les souches de chair sont surtout les Cobb, Ross et Vedette. L'aliment est fabriqué

localement par quelques entreprises, certains couvoirs sont construits de manière artisanale par les éleveurs eux-mêmes. Le matériel d'élevage est rarement de bonne qualité, mais il s'améliore au fil des ans.

L'aviculture traditionnelle villageoise

L'aviculture traditionnelle est fondée sur l'exploitation des volailles de race locale, rustiques, élevées en liberté, pour lesquelles il n'existe pas de distribution rationnelle d'aliment. Leur nombre, dans les années 1990, était estimé entre 10 et 12 millions. De nombreux facteurs limitent le développement de cet élevage, en particulier les faibles performances zootechniques de ces animaux et surtout les très fortes contraintes pathologiques. En côtoyant les élevages modernes, ils constituent un véritable danger pour la production semi-industrielle.

LES DOMINANTES PATHOLOGIQUES

Les études épidémiologiques, très actives dans les années 1960-1970, ont été consacrées principalement aux maladies de Newcastle et de Gumboro. Les années 1980 ont vu cet intérêt décroître, la pathologie aviaire n'était alors plus mise en exergue que dans le cadre des activités de diagnostic courant du laboratoire. Avec le programme de développement des espèces à cycle court (PRODEC) de l'Etat, lancé en 1994, les recherches spécifiques sur les maladies aviaires dont redevenues prioritaires. Les dominantes pathologiques ont été déterminées, pour tous les types de production avicole, dans le cadre des enquêtes sérologiques, des diagnostics, des contrôles et des évaluations réalisés lors des programmes prophylactiques (Arbelot, 1997).

Les maladies virales

La maladie de Newcastle est due à un virus très contagieux, le *Paramyxovirus* 1, à transmission horizontale indirecte (fèces et environnement). Elle entraîne des troubles nerveux, respiratoires, digestifs et de l'appareil reproducteur, avec une mortalité de 0 à 100 % et une morbidité de 100 % chez de nombreuses volailles (poules, pintades, perdrix, faisans, cailles, dindes). La maladie sévit régulièrement chaque année, de décembre à juin, en aviculture traditionnelle et provoque des hécatombes chez ces volailles non vaccinées. Elle touche également les volailles industrielles non ou mal vaccinées.

La maladie de Gumboro est due à un *Birnavirus,* spécifique à la poule, transmissible par l'eau, l'aliment et la litière. Elle se caractérise par l'atteinte de la bourse de Fabricius (bursite infectieuse), par des lésions digestives et musculaires, qui atteignent les sujets de 3 à 8 semaines, et par des mortalités durant 3 à 4 jours. Elle est souvent associée à la coccidiose. Sérieux problème des élevages semi-industriels, elle entraîne une mortalité de 6 à 22 %, voire de 70 % dans les cas graves chez les poulettes. Elle apparaît comme la première maladie infectieuse des volailles. Elle est présente toute l'année, mais provoque les dégâts les plus graves pendant l'hivernage (Cardinale *et al.,* 1998a).

La maladie de Marek est due à un *Herpesvirus,* spécifique aux poules, à transmission horizontale à partir de 4 semaines d'âge, dans sa forme aiguë, mais généralement à l'entrée en ponte, dans sa forme classique, la plus fréquente au Sénégal, où elle est apparue en 1997. La maladie est caractérisée par le

développement de tumeurs, et se déclare chez les volailles adultes, surtout les poules pondeuses. Elle constitue un grave danger économique car elle persiste dans les élevages contaminés (Diop, 1991).

La bronchite infectieuse est une maladie due à un *Coronavirus* très contagieuse, à transmission horizontale directe et indirecte et d'extension rapide. Elle est caractérisée par des symptômes respiratoires et des chutes de ponte avec des œufs de mauvaise qualité. Elle peut entraîner, chez les jeunes, une mortalité, un retard de croissance et une baisse de l'efficacité alimentaire. De 54 à 63 % des élevages sont affectés dans la zone de Dakar.

La variole aviaire, due à un *Poxvirus,* est transmise par contact direct. Elle est caractérisée par la formation de croûtes, principalement sur la tête, autour du bec, des yeux et sur le barbillon. Des membranes diphtériques peuvent parfois se développer dans la bouche et l'œsophage. Maladie cosmopolite affectant tous les oiseaux, quels que soient leur âge, leur sexe et leur race, elle est fréquente au Sénégal chez les volailles villageoises et plutôt rare dans les élevages industriels.

L'encéphalomyélite aviaire, due à un *Picornavirus,* a été diagnostiquée avec certitude pour la première fois au Sénégal (Cardinale *et al.,* 1998b).

Les maladies bactériennes

La colibacillose est courante en aviculture. Cette affection, la plus fréquente après la maladie de Newcastle, est due à la bactérie *Escherichia coli,* qui est un hôte normal du tube digestif, mais devient pathogène sur des animaux affaiblis ou à la faveur d'erreurs d'élevage. Quelques souches d'*E. coli* sont hautement pathogènes et peuvent seules provoquer la maladie. Les différentes formes de la maladie sont la colisepticémie, la coligranulomatose, les maladies respiratoires chroniques, les omphalites et les ovarites. Les volailles s'infectent par l'intermédiaire des fientes et de l'eau souillée par les déjections ou en respirant des poussières contaminées. Le poussin peut également être contaminé à l'éclosion par la coquille sale. L'infection se généralise par colonisation de différents organes.

Les salmonelloses sont des maladies contagieuses dues à la multiplication dans l'organisme de bactéries du genre *Salmonella*. *Salmonella pullorum* est responsable de la pullorose des jeunes et *S. gallinarum,* de la typhose des adultes. Les sérotypes *Enteritidis* et *Typhimurium* sont responsables des paratyphoses et posent surtout un problème de santé humaine : la consommation de viande ou d'œufs contaminés crus ou peu cuits (mayonnaise, crèmes pâtissières…) peut provoquer des intoxications alimentaires graves, voire mortelles. Les salmonelles sont essentiellement des parasites intestinaux des vertébrés, qui se trouvent partout dans l'environnement. Divers facteurs, comme le cannibalisme, l'utilisation abusive des antibiotiques, les stress et maladies, favorisent le développement de la maladie. La mortalité est souvent accentuée par des facteurs environnementaux : températures extrêmes, mauvaise hygiène, carence alimentaire, autres pathologies.

Les mycoplasmoses sont dues à des bactéries du genre *Mycoplasma,* dont deux espèces sont pathogènes pour les poulets : *M. gallisepticum,* couramment considéré comme l'agent responsable de la maladie respiratoire chronique en association avec *E. coli,* et *M. synoviae,* responsable d'arthrite infectieuse. Elles sont sans répercussion sur la santé humaine mais entraînent des pertes économiques considérables. Elles sont transmises par contact direct ou par l'intermédiaire de la poussière, du matériel contaminé et, plus fréquemment, de l'œuf.

La pasteurellose, ou choléra aviaire, due à *Pasteurella multocida,* entraîne des mortalités brutales chez les volailles adultes. L'affection est en nette régression dans les élevages.

Les maladies parasitaires

La coccidiose, maladie très courante des poulets à partir de 3 semaines d'âge, est due à différentes espèces de coccidies du genre *Eimeria,* parasites de la paroi intestinale : *E. acervulina* et *E. mivati* dans le duodénum, *E. necatrix, E. mivati* et *E. maxima* dans le jéjuno-iléon, *E. brunetti* dans le rectum, *E. tenella* dans le cæcum. Elle se caractérise par des diarrhées, des chutes de production et des mortalités. Des facteurs favorables sont indispensables à l'expression de la maladie : forte densité animale, immunodépression, maladies diverses, mauvaise hygiène, entre autres.

L'ascaridiose et l'hétérakidiose sont deux helminthoses du tube digestif. Les ascaris sont localisés dans l'intestin grêle, les hétérakis adultes, dans la pointe du cæcum. Ces maladies sont fréquentes au Sénégal, surtout dans les élevages de pondeuses. Elles sont responsables de chute de ponte, de baisse de l'état général et de troubles nerveux pour l'ascaridiose.

Le téniasis est dû à des ténias, vers du tube digestif assez fréquents dans les élevages sénégalais. Les volailles s'infestent en ingérant des mouches, des coléoptères ou des fourmis hébergeant le parasite (hôtes intermédiaires). La parasitose est caractérisée par des troubles nerveux éventuels chez le poussin, un amaigrissement et une baisse de performance.

La spirochétose est une maladie rare mais présente au Sénégal. Elle est provoquée par un parasite du sang des volailles, *Borrelia anserina,* transmis par la tique des volailles, *Argas persicus.* Les oies, les dindons, les poulets et les faisans peuvent être affectés quel que soit leur âge. Les animaux âgés sont plus résistants et peuvent guérir spontanément.

Les risques sanitaires

En élevage moderne, la maladie de Gumboro, les colibacilloses, les salmonelloses, la maladie de Newcastle et les coccidioses sont les dominantes pathologiques des poulets de chair, tandis que chez les poulettes et les pondeuses, la maladie de Marek, la maladie de Newcastle, les colibacilloses, la maladie de Gumboro et les maladies respiratoires chroniques prédominent. En aviculture traditionnelle, la principale cause de mortalité reste la maladie de Newcastle, suivie, de loin, d'abord par les bactérioses dominées par les mycoplasmoses, puis par la variole. Ces résultats sont corroborés par des études de prévalences sérologiques. La coexistence des volailles de brousse et des élevages industriels et le non-respect, pour des raisons économiques, de l'élevage en bande unique (en voie de disparition) constituent des handicaps pour la maîtrise des pathologies. Ces risques de contamination et l'émergence probable de nouvelles maladies imposent l'échange rapide d'informations sanitaires entre vétérinaires afin d'agir plus efficacement chez les éleveurs et d'anticiper les aléas pathologiques. Pour répondre à ce besoin, le réseau sénégalais d'épidémiosurveillance aviaire, le RESESAV, a été mis en place pour évaluer l'importance des maladies contagieuses, prévenir leur apparition, limiter leur

propagation, coordonner les activités des vétérinaires de terrain, informer les éleveurs sur les précautions à prendre en cas de foyer et mobiliser les services vétérinaires officiels pour assurer les mesures de police sanitaire. Le risque zoosanitaire n'étant pas sans conséquences sur la santé humaine, il s'avère nécessaire et urgent de prendre en compte l'hygiène et la qualité des produits avicoles, tant pour le consommateur que pour la satisfaction des exigences du commerce international.

Les mesures de lutte

L'optimisation de la productivité des animaux, toutes productions confondues, passe principalement par la maîtrise de la contrainte pathologique. Les mesures de prophylactiques, sanitaires et médicales, adaptées aux types de spéculation, à la saison et à l'âge des sujets sont incontournable. La recherche propose des plans de prophylaxie et des protocoles de suivi sanitaire, assortis de conseils et de formations des éleveurs aux bonnes pratiques d'élevage.

La prophylaxie sanitaire est fondée sur la mise en place et le respect des barrières sanitaires dans le temps (élevage en bande unique homogène, nettoyage et désinfection en fin de bande, vide sanitaire, conditions d'élevage…) et dans l'espace (bâtiments aux normes, contrôle des poussins à 1 jour, isolement des malades, litière, aliment, eau, matériel, lutte contre les rongeurs et autres animaux domestiques, précautions sanitaires pour l'homme…). L'automédication, véritable fléau pour les élevages, doit être proscrite. La prévention de la plupart des maladies bactériennes aviaires repose essentiellement sur la prophylaxie sanitaire (colibacilloses, salmonelloses, mycoplasmoses).

Au titre de la prophylaxie médicale, il existe des vaccins efficaces, vivants ou inactivés, pour prévenir les infections microbiennes (Newcastle, Gumboro, Marek, bronchite infectieuse, variole, encéphalomyiélite aviaire), mais aussi à protozoaires comme les coccidies. Des médicaments et des plans thérapeutiques sont proposés pour le traitement des affections parasitaires (coccidioses, ascaridioses, téniasis) et microbiennes (colibacilloses, salmonelloses, mycoplasmoses) dans le cadre d'un plan global de gestion sanitaire des élevages.

Les perspectives

Les recherches en santé animale visent à optimiser la productivité du cheptel en assurant la maîtrise des principales contraintes de la production. Les recherches se sont attachées à mieux connaître les maladies qui sévissent sur le territoire, grâce à des études épidémiologiques fines, et à proposer des moyens de lutte adaptés. Des outils d'investigation et de diagnostic ont été mis en œuvre et les résultats obtenus sont à la mesure des performances de ces outils.

Sur le plan de l'épidémiologie, les maladies virales sont mieux connues, notamment leurs prévalences en fonction des zones et leurs modes de transmission et de maintien. Des outils de diagnostic, notamment des kits, ont été développés, qui ont sensiblement amélioré la capacité d'investigation et de détection des foyers épizootiques, qui est à la base du système national de surveillance épidémiologique. Ils ont permis, entre autres, de déclarer le pays provisoirement indemne de peste

bovine et d'instaurer un système d'alerte rapide pour la fièvre de la vallée du Rift. Les moyens de lutte développés, tels les vaccins, protègent le cheptel local contre les maladies enzootiques et favorisent l'introduction de races importées, plus performantes mais plus sensibles aux maladies.

En bactériologie, les connaissances épidémiologiques sont complètes pour les maladies spécifiques d'hôtes ou celles dont l'agent causal possède un pouvoir pathogène primaire. Elles sont encore incomplètes pour certaines autres, notamment celles qui affectent plusieurs hôtes avec des tableaux cliniques variables, à pathovars multiples ou dont la transmission nécessite un vecteur biologique. Les techniques de diagnostic ont permis d'identifier au mieux les maladies et leurs agents et font l'objet d'une amélioration constante. Lorsqu'un germe pathogène est reconnu comme seul ou principal responsable d'une maladie, un vaccin est mis au point, assorti d'un plan de prophylaxie collective et individuelle. Douze types de vaccins bactériens sont produits et mis à la disposition des services de développement et des producteurs.

Concernant les ectoparasites et les maladies sanguines qu'ils transmettent au bétail, la répartition géographique des tiques et des glossines et le niveau des populations des différentes espèces dépendent des facteurs climatiques, très fluctuants en zone tropicale, qui bouleversent souvent la distribution de ces vecteurs. Ainsi, la répartition géographique et les situations épidémiologiques sont fonction des contextes climatiques et écologiques. Il est nécessaire d'approfondir les connaissances épidémiologiques des hémoparasitoses, notamment la caractérisation de certains groupes d'agents et les moyens de lutte modernes.

En helminthologie, les connaissances acquises en épidémiologie ainsi que les progrès enregistrés dans la lutte contre ces affections (plans de prophylaxie, programmes d'intervention anthelminthique) ont permis de réduire la morbidité et la mortalité. L'intégration de la gestion de l'environnement dans les programmes d'intervention aura un impact certain dans la lutte contre les helminthoses. Les bouleversements écologiques de ces dernières années ont entraîné une progression fulgurante des trématodoses. En couplant les modèles de dynamique parasitaire avec les modèles d'évolution environnementale, on obtient un outil d'aide à la décision et à la prévention.

Les principales maladies aviaires sont assez bien connues désormais pour toutes les espèces. Elles peuvent être maîtrisées grâce à des plans de prophylaxie adaptés et efficaces si les règles et principes d'application sont rigoureusement respectés. Leur suivi est réalisé dans le cadre d'un réseau d'épidémiosurveillance. Le souci de compétitivité de la filière avicole sur le plan national et international guide actuellement tous les efforts dans le domaine de l'hygiène et de la qualité des œufs et de la viande des poulets de chair.

Plus généralement, la productivité des animaux domestiques dans les systèmes d'exploitation a nettement progressé grâce à une bonne maîtrise des pathologies courantes et à un suivi constant réalisé dans le cadre du système national de surveillance épidémiologique et à l'aide d'un logiciel de suivi des performances zootechniques dans divers contextes écopathologiques.

Toutefois, la pathologie se singularise par son caractère dynamique et variable en fonction de divers paramètres, dont l'étiologie est la principale composante. Les pressions environnementales et climatiques modulent le pouvoir pathogène des

germes, la biologie des vecteurs et donc l'épidémiologie des maladies, et déterminent, par conséquent, les moyens de lutte. Pour gérer la santé animale dans un tel contexte, un système d'alerte précoce conçu dans le cadre d'une veille sanitaire constante est seul à même de fournir une réponse efficace. Ce système est fondé sur la modélisation des risques d'émergence des maladies et sur les outils de diagnostic et de prévention performants qu'offrent actuellement les nouvelles techniques de la biologie moléculaire.

Les insuffisances jusqu'ici constatées dans les études épidémiologiques sont nombreuses. Elles concernent la compréhension de la structure et de certaines propriétés du virus de la peste des petits ruminants, l'identification et le rôle des arthropodes vecteurs impliqués dans le maintien et la transmission du virus de la peste équine, le rôle de la faune sauvage et des tiques dans la peste porcine africaine, la biologie du virus de la dermatose nodulaire contagieuse bovine, l'épidémiologie fine des maladies bactériennes de la reproduction bovine et de la maladie de Johne, la distribution de certaines espèces de tiques et leurs hôtes respectifs, la distribution actualisée des glossines, les relations phylogéniques des *Ehrlichia* des ruminants et des *Anaplasma* ainsi que de leurs vecteurs.

La précision des techniques de diagnostic reste aussi insuffisante, tout comme l'efficacité des vaccins conventionnels jusqu'ici utilisés. Dans le domaine de la vaccinologie, toutes les études épidémiologiques entreprises en virologie et en bactériologie ont été sanctionnées par la mise au point ou la proposition d'un vaccin, assorti de plan de prophylaxie collective et individuelle. Ainsi, 25 types de vaccins, tous types confondus, sont produits par le LNERV et mis à la disposition des services de développement et des producteurs.

Il reste cependant que l'efficacité de ces vaccins de type classique n'est jamais totale, notamment du fait de leur manque de spécificité, des interférences antigéniques, de leur pouvoir immunogène parfois incomplet et irrégulier et, pour les vaccins vivants, de la conservation potentielle d'une pathogénicité résiduelle. A ces insuffisances du vaccin lui-même s'ajoutent des difficultés de conservation et de respect de la chaîne de froid en milieu tropical, de reconstitution, s'il y a lieu, et d'administration. Mais des perspectives prometteuses s'offrent en pathologie vétérinaire, tant en épidémiologie et en diagnostic qu'en vaccinologie.

Ainsi, en épidémiologie et en diagnostic, l'identification et la caractérisation moléculaire des espèces pathogènes, microbiennes et parasitaires, et de leurs vecteurs potentiels, en utilisant la technique PCR et les marqueurs génétiques, aideront à préciser leurs spécifications et leurs relations phylogéniques et assurera leur traçabilité dans le temps et dans l'espace.

Dans le domaine de la vaccinologie, l'avènement d'un nouveau type de vaccin, les vaccins recombinants, permet de corriger les insuffisances des vaccins classiques. Ces vaccins, fondés sur l'expression d'un gène d'intérêt, évitent toute pathogénicité résiduelle et toute interférence antigénique et pallient le manque de spécificité. La vaccination du bétail s'en trouve sécurisée. Ces vaccins, d'efficacité et d'innocuité totales, inoculés une fois durant la vie économique de l'animal, améliorent la couverture sanitaire tout en préservant l'environnement.

L'approche biomoléculaire s'impose donc comme une alternative viable et incontournable pour les recherches en santé animale. Elle constitue la voie royale d'accès aux vaccins antiparasitaires. Son application dans le domaine des

manipulations génétiques permet d'entrevoir la production locale de clones d'animaux à partir de souches sélectionnées résistantes à des maladies spécifiques ou aux climats difficiles, voire d'animaux transgéniques produits dans le cadre du traitement de maladies génétiques.

Références bibliographiques

Arbelot B., 1994. Typologie des aviculteurs dans la zone du Cap-Vert : rapport Prodec, volet 5. ISRA, LNERV, Dakar, 110 p.

Arbelot R., 1997. Rapport de fin de contrat : Laboratoire de pathologie aviaire (ISRA, LNERV, Prodec 5B) de janvier 1994 à août 1997. Dakar, ISRA, CIRAD-EMVT.

Bourdin P., Doutre M.P., 1976. La peste des petits ruminants au Sénégal : données nouvelles. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 29 : 199-204.

Bourdin P., Laurent-Vautier A., 1967. Note sur la structure du virus de la peste des petits ruminants. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 20 : 383-386.

Cardinale E., Dayon J.F., Kaboret Y., Pene G., Faye M., Doyen B., 1998b. Apparition d'encéphalomyélite aviaire au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 52 : 5-8.

Cardinale E., Arbelot B., Kaboret Y., Dayon J.F., Biaou C., Bada Algom O., 1998a. La maladie de Gumboro dans les élevages semi-industriels de la région de Dakar. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 51 : 293-296.

Diaïté A., 1989. Glossines et trypanosomoses animales. *In :* Elevage et potentialités pastorales sahéliennes : synthèses cartographiques. CTA, IEMVT, Maisons-Alfort.

Diaw O.T., Vassiliades G., Thiongane Y., Seye M., Sarr Y., Diouf A., 1998. Extension des trématodoses du bétail après la construction des barrages dans le bassin du fleuve Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 51 : 113-120.

Diaw O.T., 1989. Rôle épidémiologique des mollusques dans la transmission des trématodoses humaines et animales au Sénégal. *In :* Elevage et potentialités pastorales sahéliennes : synthèse cartographique. CTA, IEMVT, BRGM, ISRA, 27 p.

Diaw O.T., Vassiliades G., 1987. Epidémiologie des schistosomoses du bétail au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 40 : 265-274.

Diop G. *et al.,* 2000. The potential role of rodents in the enzootic cycle of Rift valley fever virus in Senegal. Microbes and Infection, 4 : 1-4.

Diop M.N., 1991. La maladie de Marek au Sénégal. Thèse de doctorat, EISMV, Dakar, n. 34, 113 p.

Diouf N.D., 2003. Diversité antigénique d'*Ehrlichia ruminantium* au Sénégal et essais de vaccination. Thèse de doctorat, EISMV, Dakar, n. 19, 100 p.

Doutre M.P., Chambron J., Bourdin P., 1972. Valeur de l'immunité conférée par un vaccin mixte antibovipestique-antipéripneumonique lyophilisé préparé à l'aide de la souche T1 (S-R). Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 25 : 1-14.

Doutre M.P., Fensterbank R., Sagna F., 1977. Etude de la brucellose bovine dans un village de Basse-Casamance (Sénégal). I. Diagnostic sérologique et bactériologique. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 30 : 345-351.

Doutre M.P., 1969. Valeur de l'immunité conférée par deux vaccins lyophilisés préparés à l'aide des souches KH3J et T1. Bulletin de l'Office international des épizooties, 72 : 103-129.

Doutre M.P., 1976. Note concernant les récents cas de tuberculose bovine *(Mycobacterium bovis)* observés à l'abattoir de Dakar. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 29 : 309-311.

Doutre M.P., Touré B., 1978. A propos d'un nouveau cas de botulisme hydrique de type D survenu au Sénégal : considérations étiopathogéniques. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 31 : 411-415.

Faugère O., Faugère B., Landais E., 1989. Panurge : manuel de suivi individuel dans les systèmes d'élevage traditionnel ovin, caprin et bovin. ISRA, IEMVT, Dakar, 3 tomes, 134 p., 199 p., 260 p.

Guèye A. *et al.,* 1994. Essai sur le terrain d'un vaccin atténué contre la cowdriose. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 47 : 401-404.

Guèye A., 1989. Prophylaxie de la cowdriose et observation sur la pathologie ovine dans la région des Niayes du Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 42 : 497-503.

Guèye A., 1994. Contribution à l'étude des tiques (Acarina, Ixodoidea) et des hémoparasites du bétail au Sénégal. Thèse de doctorat, université Paris XI, Orsay, 209 p.

Juanès X., Lancelot R., 1999. Laser : logiciel d'aide au suivi d'élevages de ruminants. CIRAD, EMVT, Montpellier.

Konté M., Ndiaye A.M.S., Mbengue A.B., 1988. Note sur les espèces bactériennes isolées de mammites bovines au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 41 : 253-255.

Konté M., 1981. Des incidences d'une zoonose infectieuse majeure en zone d'enzootie : la brucellose bovine en Moyenne-Casamance. Thèse de doctorat, Dakar, 140 p.

Konté M., 1988. La paratuberculose : diagnostic d'un premier cas chez un bovin d'importation au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 41 : 147-148.

Konté M., 1989. Pathologie bactérienne des animaux domestiques au Sénégal. *In :* Elevage et potentialités pastorales sahéliennes : synthèse cartographique. CTA, IEMVT, BRGM, ISRA, p. 23.

Konté M., 1994. Pathologie de la reproduction chez les bovins au Sénégal. Séroépidémiologie des maladies bactériennes : mise au point d'une sonde de détection des leptospires pathogènes par la technique PCR. Thèse de doctorat, université Cheikh Anta Diop, Dakar, n. 39, 216 p.

Konté M., Bréard A., 1987. Premier isolement de *Mycoplasma ovipneumoniae* au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 40 : 113-115.

Lancelot R., Faye B., Juanès X., Ndiaye M., Pérochon L., Tillard E., 1998. La base de données Baobab : un outil pour modéliser la production et la santé des petits ruminants dans les systèmes d'élevage traditionnels au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 51 : 135-146.

Landais E., Faugère O., 1990. Un modèle de système d'investigation pour l'étude pluridisciplinaire des systèmes d'élevage en milieu traditionnel africain : l'exemple du programme pathologie et productivité des petits ruminants au Sénégal. LNERV, ISRA, IEMVT, CIRAD.

Laurent-Vautier A., 1968. Aspects biologiques de la multiplication du virus de la peste des petits ruminants ou PPR sur les cultures cellulaires. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 21 : 297-308.

Mamis D., 1995. Enquêtes sérologiques concernant les principales maladies infectieuses des volailles (maladies de Newcastle, maladie de Gumboro, bronchite infectieuse, mycoplasmoses, salmonelloses) dans la région de Dakar, Sénégal. Mémoire de DESS, CIRAD-EMVT, Montpellier, 83 p.

Morel P.C., 1959. Les helminthes des animaux domestiques d'Afrique occidentale. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 22 : 153-174.

Sarr J. *et al.,* 1988a. La fièvre de la vallée du Rift chez les petits ruminants dans la vallée du fleuve Sénégal. LNERV.

Sarr J. *et al.,* 1988b. La fièvre de la vallée du Rift au Sénégal : données épizootiologiques dans le triangle Dagana-Podor-Niassante entre 1982 et 1984. LNERV.

Sarr J. *et al.,* 1993. La peste équine. *In :* Rapport annuel. DRSPA, p. 12.

Sarr J., 1990. Etude de la peste porcine africaine au Sénégal : rapport final. 32 p.

Sarr J., Diop M., 1993. Etude par Elisa de compétition de l'immunité contre le virus de la peste bovine chez les bovins du Sénégal. 13 p.

Thiongane Y. *et al.,* 1994. Baisse de l'immunité naturelle vis-à-vis de la fièvre de la vallée du Rift chez les ruminants domestiques du bassin-versant du fleuve Sénégal après l'épizootie de 1987. Bulletin de pathologie exotique, 86 : 1-2.

Thiongane Y. *et al.,* 1996. Données récentes de l'épidémiologie de la fièvre de la vallée du Rift au Sénégal. Dakar médical, spécial quarantenaire : 1-4.

Thiongane Y., 1991. Changes in Rift valley fever neutralizing antibody prevalence amongst small ruminants following the 1987 outbreak in the Senegal river basin. Research in Virology, 142 : 67-70.

Thonnon J. *et al.,* 1999. Rift valley fever surveillance in lower Senegal basin: update 10 years after epidemic. Tropical Medicine and International Health, 4 : 580-485.

Touré S.M., 1971. Les glossines (Diptera, Glossinidae) du Sénégal : écologie, répartition géographique et incidence sur les trypanosomiases. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 24 : 551-563.

Touré S.M., 1974. Bilan de trois années de lutte contre les glossines dans la région des Niayes du Sénégal. *In :* Les moyens de lutte contre les trypanosomes et leurs vecteurs, Paris, 12-15 mars 1974.

Touré S.M., 1983. Utilisation de pièges et d'écrans pour lutter contre les glossines : rapport de situation et essais réalisés au Sénégal. LNERV, Dakar.

Vassiliades G., 1976. Les affections parasitaires dues à des helminthes chez les bovins domestiques du Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 31 : 157-183.

Vassiliades G., 1981. Parasitisme gastro-intestinal chez le mouton du Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 34 : 169-177.

Vassiliades G., 1995. Mémoire de titres et travaux. Diplôme national d'habilitation à diriger des recherches, université de Paris-Sud, Orsay, 83 p.

Le lait

Mamadou DIOP, Maty BA DIAO

L'amélioration de la production laitière a toujours été l'une des préoccupations des recherches sur l'élevage. Le lait joue en effet un rôle considérable dans l'alimentation des populations et constitue une source de revenus non négligeable pour les populations pastorales. Cependant, malgré l'importance du cheptel ruminant du pays, en particulier des bovins, la production de lait couvre à peine la moitié des besoins. Le déficit est comblé par des importations de poudre de lait et d'autres produits laitiers, dont les coûts représentent un lourd fardeau pour la balance commerciale du pays.

L'importance économique du lait est reconnue par les pouvoirs publics, qui ont, dès le début des années 1960, défini des stratégies pour développer la production. Des bovins de races indo-paskistanaises — Sahiwal, Red Sindhi et Guzérat — ont été introduits au CRZ (Centre de recherches zootechniques) de Dahra pour être multipliés et croisés avec la race locale Gobra afin d'améliorer son potentiel laitier. Ces introductions se sont accompagnées de mesures visant à développer la collecte et la transformation du lait et de la création de l'UCOLAIT (Union des coopératives laitières) en 1968. Mais les métis issus de ces croisements ne se sont pas révélés plus performants que la vache Gobra et le programme de croisements s'est arrêté (CRZ, 1971). Les recherches se sont alors orientées vers la multiplication et la sélection des races importées et Gobra. Malgré leur potentiel laitier (5 l/j), les races Sahiwal et Red Sindhi ont dû être transférées sur la station expérimentale de Sangalkam en 1975 pour participer au programme de développement laitier des Niayes, du fait de leur mauvais comportement durant la sécheresse de 1972-1973.

Pour répondre à la demande sans cesse croissante, particulièrement en milieu urbain, et pour exploiter la douceur du climat des Niayes, un programme de développement de la production intensive de lait a été implanté sur la station de Sangalkam. Des bovins de race Montbéliarde ont été importés de France en 1976. Les modalités de conduite de ces animaux exotiques dans les Niayes — alimentation, santé et gestion de la reproduction — ont été définies ; leurs performances zootechniques et leur adaptation ont été évaluées.

Cette expérience a permis de diffuser un mode de production intensive de lait auprès de producteurs. Des opérateurs privés se sont par la suite lancés dans la production intensive de lait avec des unités de type industriel. La plupart d'entre eux sont installés dans la zone des Niayes pour bénéficier du climat doux et des débouchés offerts par le marché de Dakar. Les races laitières se sont diversifiées avec l'introduction des races Jersiaise, Holstein et Girolando.

La stratégie d'amélioration de la production laitière s'est surtout focalisée sur la génétique avec les introductions de races plus performantes que les races locales et leur exploitation en système intensif. Les études sur la production laitière dans les systèmes extensifs sont peu nombreuses et récentes (Bâ Diao, 1991). Elles ont porté sur la typologie des exploitations, sur l'identification des contraintes de production et de commercialisation et sur l'introduction de nouvelles techniques de gestion des vaches, comme les étables fumières-laitières (stabulation, complémentation alimentaire, soins sanitaires). Cette technique permet de produire du lait en saison sèche dans la zone sud du pays, qui a vu l'émergence d'une véritable filière laitière avec des unités de transformation et des circuits de collecte et de distribution (Dièye *et al.,* 2002).

Les recherches menées dans le domaine de la physiologie de la reproduction des vaches de race locale ont abouti à un protocole d'induction des chaleurs pour l'insémination artificielle. L'insémination artificielle est utilisée pour la production d'animaux métis par croisement entre races tempérées laitières et races locales. Les résultats des campagnes d'insémination artificielle ont été évalués, ainsi que les performances zootechniques des produits croisés qui en sont issus (Guèye, 2003 ; Diakhoumpa, 2003 ; Diop *et al.,* 2004).

Les études sur les autres maillons de la filière laitière, comme la collecte, la transformation, la commercialisation et la consommation, datent d'une dizaine d'années. Elles ont mis l'accent sur l'analyse des relations entre acteurs, la formation des prix du producteur au consommateur, les caractéristiques de la consommation et les importations de produits laitiers.

La production de lait

Les systèmes de production

Les enquêtes et suivis des performances zootechniques et économiques des troupeaux de ruminants ont permis d'identifier les contraintes de production et d'évaluer les performances laitières (Bâ Diao, 1991 ; Bâ Diao et Mbaye, 1995 ; Bâ Diao *et al.,* 1996 ; Sow, 2004).

Le système extensif

Dans le système extensif, il existe deux types de production liés aux zones écologiques : l'élevage transhumant de la zone sylvopastorale et l'élevage sédentaire dans le reste du pays. Malgré la diversité des contextes socio-économiques, la conduite et la gestion des troupeaux se caractérisent par une alimentation fondée essentiellement sur l'exploitation des parcours naturels, par

une utilisation limitée, voire nulle, de compléments alimentaires, par la saisonnalité de la production (hivernage) et le partage, voire la compétition, entre l'éleveur et le veau pour le lait. La production laitière prélevée est faible : de 350 à 500 l en 200 à 450 jours pour les vaches, de 30 à 50 l en 180 jours pour les chèvres.

Les contraintes de la production sont principalement la faible disponibilité des ressources alimentaires, en particulier en saison sèche, et l'insuffisance de la couverture sanitaire des animaux. En hivernage, période pendant laquelle les conditions alimentaires sont meilleures, l'augmentation de la production de lait se heurte à un problème d'écoulement lié à l'enclavement des zones de production.

Le système intensif

Le système de production intensive de lait est fondé sur l'exploitation de races étrangères, qui requièrent une conduite en stabulation permanente. Dans ce système de production principalement localisé dans les Niayes, l'alimentation des animaux est assurée pour l'essentiel par des aliments achetés : fourrages et concentrés. La production d'aliments comme les fourrages (ensilage et foin) est limitée par les disponibilités en terres et par la rareté et la cherté de l'eau. Les performances zootechniques des races laitières étrangères introduites au Sénégal ont été mesurées en station et dans les exploitations privées (tableaux I et II).

Tableau I. Performances des races laitières introduites en station (Denis, 1981b).

	Production laitière par lactation			Reproduction	
	Total (kg)	Durée (j)	Taux butyreux (%)	Taux de vêlage (%)	Intervalle entre vêlages (j)
Pakistanaise	1 195	220	5,2	88	384
Montbéliarde	3 130	319	3,3	60	475

Tableau II. Performances des races laitières introduites hors station (Bâ Diao, 1996 ; Sow et Diop, 1996).

	Production laitière par lactation		Reproduction	
	Total (kg)	Durée (j)	Taux de vêlage (%)	Intervalle entre vêlages (j)
Montbéliarde	3 300	447	54	525
Jersiaise (SOCA)	3 274	310	87	428

A la ferme de la SOCA (Société de conserves agricoles), aujourd'hui disparue, les Jersiaises ont bénéficié des conditions de production d'une station et ont donné des résultats comparables à ceux des Montbéliardes (Sow et Diop, 1996). En revanche, la persistance des contraintes techniques, socio-économiques et institutionnelles explique les mauvaises performances des Montbéliardes dans les exploitations privées (Bâ Diao, 1996). La précarité des conditions de production est telle que la production totale des élevages laitiers périurbains des Niayes ne dépasse pas 6 000 l de lait par jour en 2003, vingt ans après l'installation des premières unités. Les performances économiques sont à l'image des résultats techniques. Peu de producteurs arrivent à rentabiliser leurs investissements. La maîtrise des coûts de production est aujourd'hui une priorité pour la recherche.

Le système semi-intensif à base de bovins métis

Ce nouveau système repose sur la production d'animaux métis en milieu rural par insémination artificielle. Cette technique est actuellement opérationnelle grâce aux connaissances acquises sur la physiologie de la reproduction des vaches locales, en particulier sur leur cycle sexuel (Mbaye, 1993) et sur l'induction des chaleurs par synchronisation (Traoré, 1990 ; Diadhiou, 2001). Des enquêtes ont permis de préciser les taux de réussite des inséminations artificielles et les contraintes liées à l'organisation des opérations. Les taux de gestation varient entre 20 et 50 % suivant les régions et les années (Guèye, 2003). Un recensement de la population métisse effectué dans les régions de Kaolack et de Fatick donne un taux de vêlage des vaches inséminées de 26 % (Guèye, 2003 ; Diakhoumpa, 2003). Les fortes variations des performances individuelles des vaches métisses sont liées à des différences dans le mode de conduite. Si l'élevage semi-intensif est généralement pratiqué, les disponibilités alimentaires ne correspondent pas toujours aux besoins des animaux métis.

L'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION LAITIÈRE

Pour améliorer la production de lait, les essais ont essentiellement porté sur l'alimentation et le potentiel génétique des vaches locales, élevées en système extensif. L'apport d'un complément alimentaire après le pâturage améliore la production laitière d'une manière significative mais variable selon la zone géographique et le niveau de complémentation (tableau III).

Tableau III. Effets de la complémentation alimentaire sur la production laitière de bovins en élevage extensif.

	Type de complément et quantité par vache et par jour	Production laitière (l/j)		Source
		Témoin	Complémenté	
Niayes	2 kg d'aliment pour vache laitière (Raval)	0,5	2,5	Denis (1981a)
Delta du fleuve Sénégal	4 kg de paille-urée, 500 g de son de riz, 250 g de mélasse et 250 g de jarga	0,12	0,72	Bâ Diao *et al.* (1998)
Kolda	2 kg de graines de coton	0,3	1,0	Dièye *et al.* (2002)

La production des vaches est faible, mais 3 à 5 fois supérieure avec complémentation. Les bénéfices de la complémentation se traduisent aussi par une meilleure croissance des veaux, une réduction de la mortalité et une amélioration de la fertilité des vaches. En outre, avec la diffusion de cette pratique, la production de lait et l'approvisionnement des marchés urbains deviennent plus réguliers en saison sèche. Toutefois, ces systèmes requièrent un appui technique et institutionnel important (Dièye *et al.,* 2002). Pour les systèmes intensifs, les rations alimentaires à base de sous-produits agricoles et agro-industriels ont fait l'objet de fiches techniques destinées aux producteurs.

La filières des produits laitiers locaux

Les actions menées pour améliorer la production laitière ont privilégié une démarche strictement technique. L'analyse de filière, indispensable pour saisir la complexité et de l'évolution des systèmes de production dans leur environnement, est récente (Broutin *et al.,* 2002 ; Tandian *et al.,* 2002 ; Bâ, 2002).

La collecte et la transformation

L'analyse des systèmes de collecte montre qu'il n'existe aucun moyen de collecte compétitif permettant de drainer de façon rentable vers les grandes villes le lait récolté dans les zones d'élevage. Les deux expériences connues, UCOLAIT (1968-1971) et Nestlé (1991-2002), n'ont pas survécu aux contraintes techniques et financières. La production locale de lait passe donc, pour l'essentiel, par le système de transformation traditionnel en lait caillé et en huile de beurre. L'implantation de petites unités de pasteurisation date de 1996. L'analyse de leurs modes d'organisation et de fonctionnement souligne leur impact limité en termes de quantités de lait collectées (700 000 l/an), d'éleveurs impliqués ou de personnels rémunérés (Broutin *et al.,* 2002 ; Corniaux, 2003 ; Tandian *et al.,* 2002). Toutefois, leur présence dans les zones de production induit de nouveaux comportements et de nouvelles pratiques chez les éleveurs et les procédés de transformation limitent les pertes de qualité des produits traditionnels (Dièye *et al.,* 2002).

La commercialisation

Une analyse de la commercialisation et des relations sociales entre les acteurs a été réalisée dans le secteur de la production traditionnelle en système extensif (Bâ, 2002 ; Sow, 2004). Les circuits des produits laitiers — lait frais, caillé, huile de beurre — sont courts et font intervenir tout au plus un à deux intermédiaires. Les transactions commerciales, qui sont informelles et reposent sur la confiance, n'offrent pas suffisamment de garanties et participent à la fragilisation de la filière laitière.

Dans le système de production intensive, l'écoulement de la production laitière pose peu de problèmes lorsqu'il est organisé, tant est forte la demande dans la région de Dakar. Les difficultés de commercialisation du lait frais se sont d'ailleurs atténuées (Bâ Diao, 1996). La diversification des systèmes de distribution, avec l'installation de kiosques en ville et la fidélisation d'une clientèle d'abonnés, semble être une stratégie payante.

La qualité hygiénique

L'émergence des unités de pasteurisation du lait dans les centres urbains pose le problème de la qualité des produits mis à la disposition des consommateurs. Les études sur la qualité microbiologique des laits préparés dans ces unités montrent que les taux de germes pathogènes y sont encore supérieurs aux normes (Hempen *et al.,* 2004). Le non-respect de la température de pasteurisation et les conditions de refroidissement du lait après la pasteurisation sont en cause.

L'organisation des acteurs

La filière laitière est peu organisée. Des organisations professionnelles, formelles ou informelles, se créent, notamment à l'échelon local, mais la concertation reste insuffisante et les conflits au sein des fédérations de producteurs ne sont pas rares. De nombreuses structures d'appui interviennent dans les mêmes zones sans se concerter ni coordonner leurs activités (Broutin *et al.,* 2002). Le pôle de services créé à Kolda est un exemple de coordination des structures d'appui à la filière qui mérite d'être renforcé et imité.

Pour les unités de production intensive, aucune structure d'appui ni organisation professionnelle ou interprofessionnelle n'intervient. Les structures créées lors du lancement du projet laitier en 1984 — CETRA (Cellule d'encadrement temporaire et de recherche d'accompagnement), pour l'encadrement, et COOPLAIT (Société coopérative laitière), un groupement des producteurs — n'ont pas survécu à l'arrêt des financements.

La filière des produits laitiers importés

Aujourd'hui, les importations de produits laitiers couvrent près de la moitié de la consommation, soit environ 125 millions de litres équivalents lait. La part de la poudre de lait écrémé est importante, 70 à 80 % du tonnage global. Ce lait est à la base d'une intense activité de microconditionnement industriel et artisanal. Dans les villes, il constitue la principale matière première pour la production de lait fermenté et de lait concentré. Les importations de fromages, de beurre et de lait stérilisé correspondent à la quasi-totalité de la consommation des ménages. On note une certaine évolution dans le tonnage importé pour le beurre, dont les quantités ont diminué de 3 500 t en 1989 à 800 t en 2000 au profit des margarines végétales (1 600 t en 1989 et 4 100 t en 2000).

L'analyse de la filière montre l'essor du secteur informel artisanal, qui correspond à une adaptation aux nouvelles conditions économiques liées à la dévaluation, mais aussi le développement des PME de reconditionnement et de production de lait caillé, qui répond aux exigences d'hygiène et de qualité des citadins (Broutin *et al.,* 2002). Cette tendance remet en cause les anciennes industries laitières. L'exemple de la société Nestlé est révélateur. Alors qu'elle produisait 30 000 t/an de lait concentré dans les années 1980, elle ne commercialisait plus que 7 000 à 8 000 t/an en 2003, pour finalement cesser ses activités de transformation.

La consommation du lait et des produits laitiers

Les études sur la consommation des produits laitiers sont peu nombreuses. Les données qualitatives les plus significatives proviennent d'enquêtes du GRET (Groupe de recherche et d'échanges technologiques).

L'analyse des modes de consommation montre que la consommation de produits laitiers relève moins d'une nécessité biologique que d'une tradition, voire de pratiques rituelles. En effet, nombre de plats associent le lait frais ou le lait caillé *(laax, sombi, céré-mew, caakri, ndiar, fondé…)* lors des cérémonies familiales.

Le faible pouvoir d'achat de la population a entraîné une baisse de la consommation des produits laitiers : de 40 l par habitant et par an en 1993, la consommation est passée à 27 l par habitant et par an depuis 1994. Cette consommation est peu diversifiée. Le lait en poudre, qui est devenu un produit de première nécessité, et le lait caillé, produit traditionnel, dominent largement. En milieu urbain, les populations aisées cherchent cependant à diversifier leur consommation et sont plus exigeantes quant à l'hygiène et à la présentation des produits.

Le lait en poudre en vrac demeure le produit le moins cher en équivalents lait. Dans les régions périphériques, les filières traditionnelles conservent leur compétitivité grâce à des coûts de production et de distribution faibles. En revanche, dans la zone périurbaine de Dakar, le lait en poudre concurrence fortement le lait des fermes intensives, même si sa qualité est très différente.

Les perspectives

Les stratégies de développement de la production laitière ont surtout privilégié les aspects techniques, en particulier l'amélioration du potentiel de production des animaux. Cela s'est traduit par l'introduction de races étrangères et leur utilisation en race pure ou en croisement avec les races locales. La mise en place d'un environnement de production adapté à ces nouveaux génotypes a guidé les recherches sur l'alimentation, la santé et la reproduction, qui visaient le développement de modèles de production intensive. Les systèmes extensifs, dominants dans le pays, ont été peu considérés dans ces politiques. Les recherches se sont intéressées principalement à l'espèce bovine, même si quelques investigations ont porté sur les chèvres (Cissé *et al.,* 2002).

Face aux limites des modèles de production intensive en termes d'effectifs et de couverture géographique, des voies intermédiaires ont été envisagées. Elles reposaient sur l'insémination artificielle et le croisement entre les races laitières et locales, mais leurs résultats sont pour le moment mitigés.

Si les pouvoirs publics ont surtout mis l'accent sur l'offre dans la définition des stratégies de développement de la production laitière, les aspects liés à la collecte et à la transformation du lait ont été pris en compte dans certaines régions, en particulier dans le sud du pays, à l'initiative de la recherche et des structures de développement. Cette approche a permis l'émergence d'unités artisanales de transformation du lait, qui constituent un maillon essentiel dans le développement de la filière.

Les actions lancées pour améliorer la production laitière n'ont pas toujours été soutenues car elles s'inscrivaient dans des projets de durée limitée. En outre, l'absence d'une approche par filière, qui tienne compte de l'ensemble des segments de la production, n'a pas permis d'intégrer les aspects d'ordre institutionnel et organisationnel, pourtant essentiels. L'environnement de la production — motivation et comportement des producteurs, économie de la production (coût des facteurs, rentabilité), transformation et commercialisation — a été dans une large mesure occulté. De ce fait, il n'est pas exagéré de dire qu'au Sénégal il n'existe pas de politique de développement de la filière laitière.

Les recherches devraient donc à présent porter sur l'évaluation des potentialités laitières des différentes zones agroécologiques, en considérant les disponibilités en terres, le potentiel fourrager, le cheptel, les possibilités d'écoulement et les services, et sur l'analyse de la rentabilité des exploitations laitières : analyse coût-bénéfice des différents modèles de production. Elles devraient aussi s'intéresser à la qualité hygiénique du lait et des produits transformés, aux filières laitières (identification des acteurs, rôle et performances des segments, répartition de la valeur ajoutée) et à la compétitivité du lait local par rapport au lait importé.

Références bibliographiques

Bâ Diao M., 1991. Les systèmes d'élevage dans la région des Niayes au Sénégal. I. L'élevage traditionnel. Etudes et documents de l'ISRA, n. 4 (14), 29 p.

Bâ Diao M., 1996. La production laitière au Sénégal : contraintes et perspectives. *In :* Reproduction et production laitière, Diop P.E.H., Mazouz A. (éd.). AUPELF-UREF, Universités francophones, p. 63-73.

Bâ Diao M., Fall A.A., Sall C., Diaw O.T., Sarr Y., 1998. Effets de la complémentation et du déparasitage interne sur la production laitière des vaches locales en saison sèche. ISRA, Dakar, 24 p.

Bâ Diao M., Guèye A., Seck M., 1996. Facteurs de variation de la production laitière des caprins en milieu peul. *In :* Small ruminant research and development in Africa, Lebbie S.H.B., Kagwini E. (éd.). ILRI, Nairobi, p. 117-129.

Bâ Diao M., Mbaye M., 1995. Les systèmes de production laitière bovine dans la zone périurbaine de Dakar. ILRI, Bulletin de liaison du réseau de recherche sur les bovins, 18 : 11-17.

Bâ M., 2002. Filière lait : analyse des modes de connexion et d'arrangement entre les acteurs. GRET, ENDA-GRAF, Dakar, 48 p.

Broutin C., Sokona K., Tandian A., Bâ M., 2002. Paysage des entreprises et environnement de la filière lait au Sénégal. GRET, ENDA-GRAF, Dakar, 20 p.

Cissé M., Ly I., Nianogo A.J., Sané I., Sawadogo J.G., Ndiaye M., Awad C., Fall Y., 2002. Grazing behavior and milk yield of Senegalese Sahel goat. Small Ruminant Research, 43 : 85-95.

Corniaux C., 2003. La filière lait et produits laitiers dans la région de Saint-Louis. CIRAD, PSI, CORAF, 53 p.

CRZ, 1971. Rapport annuel 1970. CRZ, Dahra, 66 p.

Denis J.P., 1981a. Promotion laitière chez les paysans au Cap-Vert. ISRA, LNERV, Dakar, 8 p.

Denis J.P., 1981b. Rapport sur la production laitière au Sénégal : résultats des recherches entreprises durant le V^{e} plan. ISRA, LNERV, Dakar, 15 p.

Diadhiou A., 2001. Etude comparative de deux moyens de maîtrise de la reproduction (implants Crestar et spirale Prid). Thèse de doctorat, Dakar, 92 p.

Diakhoumpa M., 2003. Analyse coût-bénéfice de l'insémination artificielle bovine au Sénégal. Mémoire de DEA, EIMV, Dakar, 30 p.

Dièye P.N., Faye A., Seydi M., Cissé S.A., 2002. Production laitière périurbaine et amélioration des revenus des petits producteurs en milieu rural au Sénégal. Cahiers agricultures, 11 : 251-257

Diop M., Fall A., Lancelot R., Mall I., Ndiaye S., 2004. Evaluation de la productivité des bovins métis dans le bassin arachidier. *In :* Atelier de restitution des résultats du projet Procordel au Sénégal, Diop M., Cardos M. (éd.). ITC, 80 p.

Guèye N.S., 2003. Revue et analyse des expériences de croisements bovins pour l'amélioration de la production laitière. Mémoire de fin d'études, ENSA, Thiès, 84 p.

Hempen M., Unger F., Seck M.T., Munstermann S., Zessin K.H., 2004. Quelques caractéristiques de la filière laitière et de l'hygiène du lait produit à Kolda et Tambacounda. *In :* Atelier de restitution des résultats du projet Procordel au Sénégal, Diop M., Cardos M. (éd.). ITC, 80 p.

Mbaye M., 1993. Etude de l'activité ovarienne chez les génisses prépubères et chez les vaches post-partum de race zébu au Sénégal. *In :* Improving the productivity of indegenous African livestock. AIEA, Vienne, 177 p.

Sow F.D., 2004. Caractérisation socio-économique de la filière laitière dans les systèmes mixtes intensifiés ou semi-intensifiés du centre du bassin arachidier au Sénégal. *In :* Atelier de restitution des résultats du projet Procordel au Sénégal, Diop M., Cardos M. (éd.). ITC, 80 p.

Sow M.A., Diop P.E.H., 1996. Place du système d'élevage intensif dans la production du lait au Sénégal : exemple de la Société alimentaire (SOCA). *In :* Reproduction et production laitière, Diop P.E.H., Mazouz A. (éd.). AUPELF-UREF, Universités francophones, p. 75-80.

Tandian A., Sokona K., Broutin C., Bâ M., 2002. Caractéristiques des petites unités de transformation de lait naturel au Sénégal. GRET, ENDA-GRAF, Dakar, 17 p.

Traoré E.H., 1990. Endocrinologie et efficacité de deux types de prostaglandines, le Fenprostalène et le Dinoprost, chez la femelle zébu Gobra au Sénégal. Thèse de doctorat, Dakar, 125 p.

La viande

Cheikh Mbaye BOYE, El Hadji Fallou GUEYE, Ayaho MISSOHOU,
Racine Samba SOW

Au Sénégal, les disponibilités alimentaires, surtout en protéines d'origine animale, sont insuffisantes. La consommation annuelle de viande par habitant est actuellement d'environ 13 kg, alors qu'elle était de 20 kg en 1960. En effet, alors que la population du pays croît de 2,7 % par an, la production de viande n'a augmenté que de 0,8 % par an durant ces trente-cinq dernières années. Le cheptel compte 2,9 millions de bovins, 4,4 millions d'ovins, 3,9 millions de caprins, 200 000 porcins et quelque 18 millions de volailles (Direction de l'élevage, 2002). Les pouvoirs publics ont très tôt pris conscience des potentialités du pays en matière de production de viande. Dès les années 1940-1950, une politique de sécurisation du bétail a été menée avec l'éradication des grands fauves et la lutte contre les épizooties. Sur le plan des infrastructures, un réseau de forages a été progressivement mis en place dans la zone sylvopastorale (ZSP) à partir de 1948. Ces mesures se sont traduites par une augmentation notable de la productivité numérique et pondérale du cheptel. En 1950, les autorités coloniales ont créé un CRZ (Centre de recherches zootechniques) à Dahra-Djoloff, en zone sahélienne. Les programmes de recherche visaient à explorer les potentialités du zébu et à améliorer l'alimentation du cheptel et les cultures fourragères afin d'intensifier la production de viande. A la suite des cycles de sécheresse des années 1970, un programme d'intensification a été lancé pour augmenter la production de viande bovine et des sociétés étatiques ont été créées pour mettre en œuvre ce programme : la SODESP (Société de développement de l'élevage en zone sylvopastorale) et le PDESO (Projet de développement de l'élevage au Sénégal-Oriental).

Les bovins ne sont pas les seuls à participer à la production de viande. L'importance des ovins, des caprins et des espèces à cycle court s'est accrue depuis les bouleversements climatiques qu'a connus le Sahel dans les années 1970 et leurs conséquences sur les gros ruminants. Le rôle religieux et social accordé au mouton amène le pays à importer massivement des animaux sur pieds des pays limitrophes, le Mali et la Mauritanie surtout. Compte tenu de ce rôle socio-économique et de la faible productivité du cheptel, les pouvoirs publics ont instauré une politique d'amélioration fondée sur une alimentation rationnelle et sur l'amélioration de la reproduction et du potentiel génétique des animaux. Les recherches du CRZ de Dahra sur les races ovines Peulh-Peulh et Touabire ont débuté en 1975.

L'élevage caprin joue un rôle socio-économique très important au Sénégal. Bien adaptées à différentes conditions agroécologiques, les chèvres constituent une importante source de produits carnés pour les marchés urbains, surtout en fin de saison sèche, au moment où la viande des autres espèces se fait rare et de moindre qualité. Au Sénégal, le cheptel caprin a été estimé en 2000 à 3 879 000 têtes, ce qui correspond à une production de viande de 16 300 t, soit 9,9 % de la production nationale (FAO, 2002). Les chèvres constituent également un moyen de capitalisation du gros bétail et sont impliquées dans les fêtes religieuses et les cérémonies rituelles. Les caprins ont longtemps été délaissés par la recherche, et ce n'est qu'en 1983 qu'un programme sur les petits ruminants a été lancé par l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles) et le département d'élevage et de médecine vétérinaire du CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement). Ce programme se fonde sur la méthode Panurge de suivi individuel des animaux dans les différentes zones agroécologiques (sahélienne, soudanienne et soudano-guinéenne). Il a été récemment complété par des travaux réalisés à l'EISMV (Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires) sur la caractérisation morphobiométrique et moléculaire de l'espèce.

Au Sénégal, l'élevage porcin est surtout développé en Casamance et chez les Sérères du bassin arachidier. Malgré l'importance accordée aux espèces à cycle court par les pouvoirs publics dans la stratégie d'autosuffisance alimentaire, le porc a été jusqu'à présent peu concerné par les projets de développement. Pourtant, dans les milieux chrétiens et animistes, il joue un rôle important : il procure des revenus aux femmes et fournit des protéines animales. Cette espèce, à cycle de reproduction et de production court et à prolificité élevée, est capable de valoriser des régimes alimentaires variés. C'est dans ce contexte que l'EISMV de Dakar et l'ENSA (Ecole nationale supérieure d'agriculture) de Thiès ont lancé à partir de 1982 les premières enquêtes sur l'élevage porcin.

L'élevage avicole — poulets, canards, pigeons, pintades, dindons — s'est développé pour fournir à la population des produits bon marché de haute valeur nutritive : viande et œufs. Cet élevage procure aussi des revenus appréciables. Le cheptel des volailles a augmenté d'une manière spectaculaire : selon la FAO, les effectifs sont passés de 20 millions en 1989-1991 à 44 millions en 1998 (FAO, 1999). La production d'œufs s'élevait à 199 millions en 1997, soit une consommation de 23 œufs par an et par habitant (SONED, 1999). Cette production semble être à l'abri de la concurrence internationale car il n'y a pas d'importations significatives d'œufs de consommation. Le Sénégal exporte même des œufs vers la Guinée-Bissau. L'importation de viande de poulet est estimée à 1 900 t en 2001 (Direction de l'élevage, 2002).

L'élevage bovin

Les animaux

Le zébu Gobra est un animal de race très homogène, bien adapté aux conditions difficiles de la zone sahélienne. Il est de grande taille, avec une hauteur au garrot de 1,30 à 1,40 m (Doutresoule, 1947). Sa robe est généralement blanche.

Le taurin Ndama occupe la partie sud et sud-est du pays. C'est un animal sans bosse, de petit format, avec une hauteur au garrot de 1,15 m en moyenne (Doutresoule, 1947). La robe la plus fréquente est fauve, uniforme, décolorée sous le ventre.

Le Métis de Bambey a été créé pour résoudre les problèmes de traction de la zone sud (Hamon, 1969). Les travaux ont commencé en 1921 au CNRA (Centre national de recherches agronomiques) de Bambey. Il s'agit d'un animal 3/16 zébu-13/16 Ndama.

Le Djakoré est un métis naturel zébu x taurin, qui s'est développé dans la zone de contact entre les races Gobra et Ndama (nord du Sine-Saloum). Il s'agit d'une population animale dont les caractéristiques se rapprochent plus ou moins des races d'origine en fonction de sa situation géographique. Ces animaux présentent une taille nettement supérieure à celle du taurin Ndama, une bosse peu marquée, le rein et le dos plats et larges, la ligne dorsolombaire rectiligne, le train postérieur musclé, la culotte bien descendue, les membres courts et puissants. A la naissance, l'animal pèse en moyenne 18,5 kg (Faye, 1993).

La reproduction

En milieu traditionnel, l'âge à la première mise bas du zébu Gobra est compris entre 48 et 60 mois (Fayolle *et al.,* 1974). En station, dans des conditions d'élevage semi-extensif, l'âge au premier vêlage est de 45 mois (Denis et Thiongane, 1974). Toutefois, si l'on soumet les animaux dès leur naissance à une alimentation appropriée, on ramène cet âge à 31 mois (Denis et Valenza, 1971). Le taurin Ndama est sexuellement plus précoce que le zébu. En milieu villageois, l'âge au premier vêlage est de 43 mois (CRZ, 1990). Il est de 39,8 mois en station (Fall *et al.,* 1982).

L'intervalle entre les vêlages est de 15,5 mois chez la vache Gobra (Denis et Valenza, 1971). Cela correspond à environ 2 naissances tous les trois ans. La vache Ndama élevée en station a un intervalle entre les vêlages de 16,5 mois (Fall *et al.,* 1982). En milieu villageois, cet intervalle atteint 25 mois.

La maîtrise de la reproduction et de l'activité sexuelle est nécessaire pour assurer une bonne diffusion du matériel génétique, et des techniques ont été testées et mises au point (Mbaye, 2004). Le comportement reproductif développé par la femelle Gobra semble être le reflet d'une adaptation physiologique qui lui permet de réguler son activité sexuelle selon l'environnement (Mbaye *et al.,* 2004).

La mortalité

En station, la mortalité moyenne du troupeau est de 6,23 % (Denis et Thiongane, 1974). La mortalité touche surtout les jeunes animaux. En raison des conditions du milieu (alimentation, maladie), le maximum des mortalités se situe en mai-juin (45 % du total).

La production

Les performances pondérales et de reproduction de zébus élevés en station et en milieu traditionnel ont été comparées (tableau I). Le gain moyen quotidien (GMQ) de la naissance à 36 mois est de 280 g/j chez le zébu Gobra élevé en station (Sow *et al.,* 1988). Cette vitesse de croissance est plus forte entre la naissance et 18 mois (327 g/j). Elle subit une chute brutale entre 18 et 24 mois (190 g/j) et entre 30-36 mois (172 g/j).

Tableau I. Performances du zébu Gobra.

	Elevage traditionnel	Animaux du CRZ en 1962	Animaux du CRZ en 1973	Animaux extériorisés
Poids adulte des mâles (kg)	300-400	500-600	700-750	660 (à 4 ans)
Poids adulte des femelles (kg)	200-300	300-350	350-400	450-500
Poids de naissance (kg)	17-18	19-20	26-28	non disponible
Poids au sevrage (kg)	65-70	100-110	110-120	130
Intervalle entre vêlages (mois)	18-22	16	14	12
Age au 1er vêlage (mois)	60	45	36	31

L'alimentation est la principale composante du milieu qui influence les paramètres de croissance. Cela apparaît à travers l'influence hautement significative de l'année de naissance sur les poids à âge type. En l'absence d'un régime de complémentation adapté, la croissance du zébu subit un ralentissement entre certains âges.

En station, chez des individus soumis à une ration à base de coques d'arachide mélassées ou de paille de riz, des gains moyens quotidiens de 586 à 1 080 g ont été obtenus, les meilleurs résultats sont observés chez les mâles entiers âgés de 3 à 5 ans (Valenza *et al.,* 1971). Les zébus Gobra de 3 à 5 ans issus des élevages traditionnels ont des poids de carcasse de 128,7 kg pour un rendement d'abattage de 56,7 % (tableau II). Chez les animaux de même âge nés en station et ayant reçu une alimentation correcte, le poids de carcasse atteint 373 kg avec un rendement à l'abattage de 66,5 % (Valenza *et al.,* 1971).

Tableau II. Caractéristiques de carcasse chez le zébu Gobra (Missohou *et al.,* 1997).

	Taurillons tout-venant (3-5 ans)	Taurillons extériorisés (54 mois)
Poids à l'abattage (kg)	254	606
Poids de la carcasse froide (kg)	129	373
Rendement vrai (%)	57	66
Longueur de la carcasse (cm)	108	133
Epaisseur de la cuisse (cm)	19	29
Muscle (%)	-	63
Os (%)	-	16
Gras (%)	-	20

Dans le bassin arachidier, l'embouche répond au souci des agropasteurs de diversifier et de sécuriser leurs revenus (Dia-Sow *et al.,* 2004). La pratique de l'embouche participe également à la lutte contre la dégradation des sols. L'analyse des performances techniques et de la rentabilité de l'embouche en milieu paysan montre la diversité des pratiques et l'efficacité des supplémentations testées (Dia-

Sow *et al.,* 2004). Les gains moyens quotidiens atteignent 788 g avec des taux de rentabilité interne allant jusqu'à 55 %.

Les systèmes de production

On peut classer les systèmes d'élevage existants en trois catégories. Le système pastoral pur ou associé aux cultures pluviales occupe les régions sèches au nord de l'isohyète 400 mm. Il concerne 32 % des bovins. Dans ces régions, les contraintes liées au milieu naturel imposent une grande mobilité des groupes humains et de leur bétail. La logique de ce système est de sécuriser le cheptel. Le système agropastoral, où l'élevage plus ou moins intégré à l'agriculture est sédentaire ou transhumant sur de faibles amplitudes, est pratiqué dans le bassin arachidier et les régions sud et concerne 67 % des bovins (Faye, 1993). En général, l'association de l'agriculture à l'élevage se traduit par le recours à la culture attelée, l'utilisation de la fumure animale et l'exploitation des résidus de récolte pour nourrir les animaux. Ce système favorise la semi-intensification des productions animales. Le système périurbain, voire urbain, localisé dans les Niayes et à la périphérie de certaines villes, concerne 1 % des bovins. Dans ce système, pour répondre à la forte demande urbaine en produits animaux, les élevages sont intensifs et semi-intensifs.

La commercialisation

La filière du bétail-viande comporte deux sous-filières : celle des ruminants, qui comprend les bovins et les petits ruminants, et celle des volailles. La filière bovine assure la majeure partie de la consommation courante de viande. Les acteurs de la filière du bétail-viande se partagent des fonctions de commercialisation bien définies (Ndione, 1985 ; Ly, 1998). Les transactions s'effectuent sur les marchés primaires *(louma),* secondaires et terminaux. Pour l'essentiel, les bovins sont convoyés à pied. Si cette forme de transport est efficace en termes de coûts, elle occasionne des pertes de poids, qui n'ont pas été chiffrées. Les métiers du bétail et de la viande sont bien documentés au Sénégal (Diallo *et al.,* 1973 ; Ly, 1998). En amont, les Diolas sont rares dans les marchés primaires. En outre, peu de Diolas ont une surface financière qui leur permet de payer comptant. Ainsi, le paiement se déroule en deux tranches, la première lors de la transaction, la seconde, après la vente. Les conflits ne manquent pas, car dans bien des cas le paiement de la seconde tranche dépend des aléas du marché. Cette situation tend à rendre le marché de plus en plus étroit. En outre, l'asymétrie de l'information, qui découle du fait que les éleveurs résidant en général dans les zones enclavées maîtrisent mal les aléas des marchés terminaux, est un obstacle insoupçonné au déstockage.

Le circuit des carcasses commence sur les marchés de distribution ou de commercialisation (Ly, 1998). En 1996, avec 51 000 bovins et 140 000 petits ruminants abattus, Dakar représentait 71 % des abattages contrôlés de bovins et 77 % des abattages contrôlés de petits ruminants du Sénégal (Ly, 1998). Plusieurs acteurs interviennent dans la commercialisation de la viande : structures administratives, prestataires de services et professionnels (Ndione, 1985). La Direction de l'élevage a la tâche de l'inspection de la salubrité des viandes. Toutefois, les abattages clandestins échappent à ce contrôle, menaçant ainsi la santé des populations. La distribution de la viande en gros est assurée à partir des abattoirs municipaux, qui sont actuel-

lement vétustes et nécessitent d'importants travaux de réfection. Leur mauvais rendement perturbe souvent l'approvisionnement en viande de la ville de Dakar. L'implantation d'un abattoir en pleine agglomération présente des risques sanitaires et écologiques du fait de la pollution qu'il engendre (Kane, 1993). Les déchets solides et les sous-produits issus des abattoirs peuvent être valorisés.

En 2000, la consommation totale de viande bovine était de 52 600 t, soit 44,2 % du total de viandes, toutes espèces confondues, et les importations atteignaient 3 000 t (Direction de l'élevage, 2002). La dévaluation du franc CFA de 1994 a eu un effet positif sur les revenus des producteurs et des chevillards (Ndione, 1995, 1996). On note toutefois les limites de la réponse durable de l'offre de viande.

L'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION DE VIANDE

Les potentialités génétiques

Les étude des potentialités génétiques ont commencé au CRZ de Dahra en 1968. L'action d'extériorisation génétique porte sur l'alimentation, facteur extérieur limitant sur lequel il est possible d'agir plus facilement. Dès la naissance, les animaux reçoivent à volonté un aliment concentré titrant 0,90 unité fourragère (UF) et 125 à 130 g de matières azotées digestibles (MAD). Ainsi les animaux extériorisés manifestent au sevrage une supériorité en poids de 30 % par rapport aux témoins. Cet écart de poids s'accroît avec l'âge (Denis et Valenza, 1971). Comme pour les paramètres de croissance, l'extériorisation améliore les performances de reproduction. Les génisses extériorisées ont leur premier veau à l'âge de 31 mois. L'âge moyen calculé (1965 à 1978) est de 47 mois (Sow *et al.,* 1988).

La sélection du zébu Gobra

C'est en 1965 qu'un schéma de sélection a été élaboré au CRZ de Dahra. Il s'appuie sur un protocole de contrôle des performances zootechniques, la conduite de la vie de reproduction des vaches et l'utilisation des taureaux. En 1973, le testage des mâles reproducteurs sur la descendance a commencé avec l'utilisation de l'insémination artificielle. Le schéma général de conduite du troupeau bovin en station est fondé sur un système de pâturage naturel avec complémentation de saison sèche. Les objectifs de sélection, qui concernent le potentiel boucher, ont amené à faire juger les candidats mâles sur la croissance. Quant aux femelles reproductrices, le jugement a porté sur leur valeur d'élevage et leur capacité laitière indirecte (croissance des veaux sous la mère). Les paramètres génétiques du zébu Gobra calculés en station suggèrent de fixer le premier point de sélection des futurs géniteurs à l'âge de 12 mois (Sow *et al.,* 1988). Il apparaît qu'il est possible d'obtenir un progrès génétique par la sélection en définissant mieux les objectifs de production. Les efforts d'amélioration doivent porter sur les caractères économiquement intéressants. Il est également apparu que la barymétrie peut être utilisée comme moyen de sélection indirecte du poids vif, pour pallier l'absence de matériel de pesée (Sow *et al.,* 1991).

La sélection du taurin Ndama

Un schéma identique a été appliqué au taurin Ndama au CRZ de Kolda. Cependant, le schéma classique d'amélioration génétique a été amélioré, en 1992, par la mise en place d'un système d'amélioration génétique à noyau ouvert (Diop *et al.,* 1993).

LES PERSPECTIVES

Les recherches menées au Sénégal depuis une quarantaine d'années ont démontré l'aptitude des races bovines locales à produire de la viande et la nécessité d'améliorer avant tout les systèmes d'alimentation. La viande bovine consommée au Sénégal provient pour l'essentiel du système extensif, dont il faut assurer la pérennité en protégeant son environnement : gestion des ressources naturelles, productions fourragères sur les terres marginales, place de l'agriculture, utilisation des résidus de récolte. En matière d'amélioration génétique, les efforts doivent porter sur l'adaptation à l'environnement, la viabilité des veaux, la fertilité des femelles et la valeur d'élevage des mères. La recherche-développement doit promouvoir des stratégies d'alimentation capables de corriger les déficiences nutritionnelles et s'intéresser à la qualité de la viande destinée au consommateur, tout en favorisant le déstockage des bovins. La recherche doit également tester et adapter des procédés de réduction de la pollution issue du fonctionnement des abattoirs.

L'élevage ovin

LES ANIMAUX

Les races exploitées sont les moutons Peul-Peul, Touabire, leur croisé, le Waralé, et le mouton Djallonké (Doutresoule, 1947). On rencontre aussi en zone urbaine des moutons Peul-Peul Bali-Bali, originaires du Niger, et Ladoum.

Le Peul-Peul est un mouton sahélien à poils ras. Sa hauteur au garrot est de 65 à 75 cm et son poids moyen adulte de 30 à 45 kg pour le mâle et de 30 à 35 kg pour la femelle. Les cornes sont constantes et très développées chez les béliers, fortes à la base et spiralées horizontalement. La robe est de couleur variable : claire tachetée de roux ou de noir, bicolore avec avant-main noir et arrière-main blanche chez le mouton Peul-Peul du Ferlo, ou encore unicolore acajou chez le mouton Peul-Peul du Fouta (Guèye, 1997a).

Le Touabire est un mouton sahélien maure à poils ras. Sa hauteur au garrot est de 75 à 95 cm et son poids moyen adulte de 35 à 50 kg pour le mâle et de 30 à 40 kg pour la femelle. Sa robe est pie noire ou pie grise, généralement, et toujours à dominante blanche (Guèye, 1997a).

Le Djallonké est un mouton à poils ras de petite taille. Sa hauteur au garrot est de 40 à 60 cm. Les cornes sont moyennement développées chez le mâle. Le poids moyen adulte est de 25 à 30 kg pour le mâle et de 20 à 25 kg pour la femelle. La robe est généralement de couleur pie noire ou pie rousse. Le bélier porte une crinière et un camail (Guèye, 1997a).

LES SYSTÈMES DE PRODUCTION

Le système pastoral

L'élevage extensif pur, ou système pastoral, est pratiqué par les Peuls et les Maures dans le Ferlo. Le pâturage est la source principale d'alimentation. Les animaux reçoivent rarement un complément alimentaire. Ce système concerne 35 % des petits ruminants du Sénégal. Les performances aussi bien pondérales que reproductives sont faibles et varient en fonction de la période de l'année et du cycle végétatif des pâturages.

Le système agropastoral

Le système agropastoral est pratiqué dans les villages par les Wolofs, les Sérères, les agropasteurs du Fouladou et les Diolas de Casamance. Dans la zone nord, les ovins sont détachés chaque matin, regroupés en troupeau villageois et amenés au pâturage jusqu'en fin d'après-midi. Ce système concerne 62 % des petits ruminants. La complémentation est constante et à base de fanes de légumineuses, d'eau de rinçage des repas, de son de céréales, de restes de repas et, rarement, de tourteau d'arachide, avec un abreuvement deux fois dans la journée au départ et au retour du pâturage. Dans la zone sud, les animaux sont en divagation libre en vaine pâture dans la zone des plateaux, puis dans les bas-fonds de la fin des récoltes au début des semis. Dans ce dernier cas, les animaux sont libérés en début de matinée, reviennent s'abreuver aux heures chaudes et repartent en pâture pour revenir en fin d'après-midi. La complémentation en saison sèche est à base de sous-produits de récolte, principalement de fanes d'arachide. L'achat d'aliment pour le bétail reste rare (Faugère *et al.,* 1988, 1989). Les performances de croissance et de reproduction sont faibles.

Le système amélioré

L'élevage de mouton de case concerne essentiellement les moutons mâles en zone rurale. La taille moyenne du cheptel est d'au plus 5 têtes et dépasse rarement 10 animaux dans les zones urbaines. En milieu rural, les animaux, attachés en permanence à côté de la case ou dans un enclos, sont nourris à l'auge : leur alimentation de qualité est en général à base de fanes de légumineuses, de tourteau d'arachide, de graines de coton, de son de céréales et de restes de repas, complétés en saison des pluies par de l'herbe verte provenant des jachères ou des champs. L'élevage de case se pratique également dans les zones urbaines et périurbaines. Les animaux sont élevés au piquet ou en divagation dans la cour de la maison ou aux alentours des concessions. Leur alimentation est riche et variée comme en zone rurale, avec en plus des emballages de carton. Dans ces conditions, les performances de croissance sont de l'ordre de 48 g en milieu villageois (Buldgen *et al.,* 1992b), et le poids vif de fin d'embouche des animaux d'élite en milieu urbain est de 85 à 95 kg (Diédhiou, 1996 ; Rade, 1994). L'embouche ovine pour la Tabaski est de plus en plus pratiquée, aussi bien en milieu rural qu'urbain, sur des mâles de races Touabire, Bali-Bali ou Ladoum (Buldgen *et al.,* 1992b ; Diédhiou, 1996).

L'AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION

La sélection en station

En station de recherche, la sélection des mâles se déroule en deux étapes. Le premier point de sélection se situe à l'âge de 4 à 6 mois, au sevrage des jeunes. Les critères de sélection sont le poids et la conformation. La couleur de la robe, uniformément blanche, est prise en compte dans le choix des Djallonké. Les mâles retenus lors de cette première étape sont élevés ensemble de manière identique (alimentation, soins) jusqu'à l'âge de 12 à 15 mois. La seconde étape de la sélection a alors lieu avec comme critères le poids et la conformation. Les meilleurs mâles sont retenus comme géniteurs sur la station. Les autres sont cédés aux éleveurs pour servir de reproducteurs.

Le premier point de sélection des agnelles de renouvellement a lieu à 1 an. Les agnelles les mieux conformées et les plus lourdes sont alors retenues (80 %). Les 20 % qui restent sont réformées et vendues. Les agnelles retenues sont mises en reproduction à un âge moyen de 15 à 18 mois. Après 2 ou 3 agnelages, elles sont jugées sur les performances pondérales de leur descendance. Les meilleures femelles vont alors constituer les lots de brebis d'élite, qui seront accouplées aux béliers d'élite. Au CRZ de Kolda, la forte mortalité des jeunes animaux, 30 % en moyenne, a compromis les efforts de sélection, l'effectif des candidats à la sélection étant trop faible.

Les deux races Peul-Peul et Touabire ont fait l'objet d'études en station et en élevage (ISRA, 1998). Les paramètres de reproduction ont un impact réel sur la productivité numérique du troupeau. Ces paramètres ont une forte composante environnementale, de sorte que l'on peut les améliorer avec une bonne alimentation des femelles, mais ne sont pas influencés par le type génétique. Les premiers résultats sur les bases physiologiques de la reproduction des brebis ont permis d'élaborer des stratégies d'amélioration des paramètres de la reproduction fondées sur la supplémentation après la mise bas. On peut donc améliorer ces paramètres par des actions simples et ponctuelles. En milieu traditionnel, les pertes liées à la reproduction peuvent être réduites en veillant sur l'état des femelles au moment de la lutte, surtout en saison difficile. Les performances pondérales des ovins ainsi que leurs performances de reproduction ont été enregistrées en station (tableaux III et IV). La durée moyenne du cycle sexuel est de 18 jours chez les brebis des trois races

Tableau III. Performances pondérales des ovins.

	Touabire	Peul-Peul	Djallonké
Poids à la naissance kg)	3,9	3,5	1,7
Poids à 1 mois (kg)	9,5	7,4	4,7
Poids à 4 mois (kg)	17,5	15	11,5
Poids à 12 mois (kg)	31,5	25,4	18,0

Tableau IV. Performances de reproduction des brebis élevées en station.

	Fécondité (%)	Fertilité (%)	Prolificité (%)	Âge du 1er agnelage (j)	Intervalle entre agnelages (j)
Touabire	95	64,2 à 94,1	102	652,8 ± 45,1	314,5 ± 51,8
Peul-Peul	86,7	69,8 à 85,8	104	567,7 ± 30,3	319,9 ± 10,1
Djallonké	152	117,7	124,5	497,4 ± 89,8	270,4 ± 48,1

Les croisements

Des mâles Touabire ont été utilisés avec des femelles Peul-Peul pour obtenir un métis appelé Waralé. Les performances pondérales de ce croisé sont intermédiaires entre les celles des Peul-Peul et des Touabire (Sow *et al.,* 1988). Les paramètres de reproduction sont identiques.

Un croisement entre des mâles exotiques Lacaune et des femelles Peul-Peul a été expérimenté en 1981 à la ferme de Sangalkam. Il avait pour objectif d'améliorer les carcasses à l'abattage. Les performances des croisés sont nettement supérieures à celles des locaux en ce qui concerne le poids à la naissance (+ 8,6 %), le gain moyen quotidien de 0 à 3 mois (+ 58,5 %), le poids de la carcasse (+ 42,7 %) et le rendement de la carcasse (+ 11,1 %). Ce programme n'a pas été poursuivi en raison de la forte mortalité des béliers Lacaune.

LA COMMERCIALISATION

Chez le producteur, l'exploitation des ovins vise surtout à faire face aux dépenses familiales (Faugère *et al.,* 1988, 1989). La commercialisation atteint un pic au moment de la fête de la Tabaski, en particulier à Dakar. En 2004, 3 000 ovins ont été importés de Mauritanie et environ 60 000, du Mali. Les circuits de commercialisation, qui relient les zones de production aux marchés de consommation urbains, passent par les marchés de collecte primaire (simples foirails disséminés dans la zone de production) et de collecte secondaires (points de convergence des marchés de collecte primaire), puis par les marchés de regroupements (lieu d'approvisionnement en animaux pour l'embouche paysanne et les marchés de consommation) et enfin de consommation (marchés terminaux du circuit vif situé dans les centres urbains). L'analyse du fonctionnement de cette filière révèle la présence de nombreux intervenants — producteurs, Diolas, Téfankés, convoyeurs, bouchers —, qui font que les prix ne sont à l'avantage ni du producteur ni du consommateur (Diaw, 1994).

LES PERSPECTIVES

Pour l'élevage traditionnel, il apparaît nécessaire de sensibiliser et d'organiser les producteurs afin que cette activité puisse être rémunératrice. Une gestion plus rationnelle du troupeau et de l'embouche permettrait d'en tirer un meilleur profit. L'introduction de béliers Touabire, Bali-Bali et Ladoum, devrait permettre d'améliorer la productivité des troupeaux et d'accroître la production de viande ovine destinée aux centres urbains.

Pour l'élevage urbain et périurbain, des opérations de recherche-développement permettront de mieux connaître le système et de proposer des solutions dans les domaines de l'alimentation et de la gestion du cheptel afin d'en accroître la productivité.

La mise en place de stratégies alimentaires fondées sur les ressources locales disponibles, aussi bien en milieu traditionnel qu'urbain, permettra d'augmenter la productivité des élevages ovins.

L'élevage caprin

Les animaux

Au Sénégal, l'élevage caprin repose sur l'exploitation de deux types génétiques : la chèvre du Sahel et la chèvre Djallonké. Les autres races introduites (chèvre rousse de Maradi et Alpine) n'ont pas survécu.

La chèvre du Sahel est de grande taille : elle mesure 62 cm au garrot, pour un poids vif adulte de 25 kg (Doutressoule, 1947 ; tableau V). La barbiche et les pendeloques sont fréquentes. La robe est très variable.

La chèvre Djallonké est aussi appelée chèvre du Fouta Djallon, chèvre guinéenne, chèvre naine ou Casamance, en référence à la zone sud du Sénégal, qui constitue son aire de répartition. C'est un animal trapu, de petite taille, qui mesure 47 cm au garrot et pèse en moyenne 18 kg (tableau V). La robe est de couleur très variable. Cependant en Casamance, la robe fauve avec une raie de mulet dorsale est la plus fréquente (Guèye, 1997a).

L'étude de l'ADN des caprins du Sénégal révèle un polymorphisme et une hétérozygotie marqués (Talaki, 2002 ; tableau VI). S'agissant des protéines du lait, l'allèle B de la caséine α_{s1}, associé à de fortes aptitudes fromagères (Grosclaude *et al.,* 1987), est présent à 92,3 % chez la chèvre du Sahel et à 80,75 % chez la chèvre Djallonké.

Tableau V. Morphobiométrie et couleur de la robe des caprins du Sénégal.

	Chèvre du Sahel	Chèvre Djallonké
Hauteur au garrot (cm)	62,2	46,6
Longueur du corps (cm)	60,4	52,9
Poids (kg)	24,6	18,7
Robe (%)		
Fauve	21,2	33,3
Noire	6,1	0
Pie rouge	42,4	36,4
Pie noire	9,1	6,1
Noir rouge	6,1	12,1
Autres	15	12,1
Présence de pendeloques (%)	15,2	0

Tableau VI. Nombre moyen d'allèles et hétérozygotie moyenne des caprins du Sénégal.

	Chèvre du Sahel	Chèvre Djallonké
Nombre moyen d'allèles	3,14	2,33
Hétérozygotie moyenne	0,59	0,52

Les mises bas ont lieu toute l'année, mais elles sont plus nombreuses entre octobre et en mars en climat sahélien et entre octobre et juin en climat soudano-guinéen, du fait d'un nombre plus important de fécondations pendant l'hivernage, où le fourrage est abondant (tableau VII). Malgré l'absence de toute stratégie de gestion de la reproduction, les résultats techniques sont remarquables en climat soudano-guinéen et même en climat sahélien, où les contraintes alimentaires sont fortes (Tillard *et al.,* 1997). Les principaux facteurs de variation sont environnementaux et, accessoirement, génétiques avec un coefficient d'héritabilité qui varie de 0 à 0,17 (Clément *et al.,* 1997).

Tableau VII. Paramètres de reproduction en élevage caprin traditionnel dans différentes zones agroécologiques au Sénégal.

	Zone sahélienne	Zone soudanienne	Zone soudano-guinéenne
Age à la première mise bas (j)	479 ± 15	369 ± 11	357 ± 7
Intervalle entre mise bas (j)	364 ± 5	277 ± 4	233 ± 6
Taux d'avortement annuel (%)	3	2	7
Taux annuel de mise bas (%)	83	110	125
Taux de prolificité (%)	124	152	145
Taux annuel de fécondité (%)	103	167	181

Les systèmes de production

Deux systèmes d'élevage coexistent : le système pastoral et le système agropastoral. Les caprins sont rares dans les élevages périurbains.

Le système pastoral

Dans le système pastoral, qui est caractéristique des zones sahéliennes, les caprins sont en général élevés en troupeau bispécifique ovin-caprin par les Peuls (Faugère *et al.,* 1990a, 1990b). Les animaux d'une même concession sont regroupés en troupeaux de grande taille, de 24 têtes en moyenne, et sont conduits tous les matins au pâturage par des enfants ou de jeunes hommes. Vers la fin de la saison sèche, avec la disparition du couvert herbacé, les éleveurs pratiquent une complémentation à base d'arbustes et d'arbres émondés, de gousses d'acacia et de paille de brousse. Toutefois, du fait du grand nombre d'animaux et de la croyance selon laquelle les caprins sont moins sensibles au déficit alimentaire que les ovins, le niveau de complémentation est faible. L'abreuvement aux sources

d'eau temporaires et permanentes (mares, puits et forages) constitue un sérieux problème pendant la saison sèche. L'habitat, présent dans 82 % des concessions (Missohou *et al.,* 2000), est un enclos d'épineux où le troupeau passe la nuit. Il sert également à garder pendant la journée les jeunes non sevrés au moment où les autres animaux sont au pâturage.

Le système agropastoral

Le système agropastoral se rencontre dans les climats soudanien et soudano-guinéen (Faugère *et al.,* 1990a, 1990b ; Moulin *et al.,* 1994). Les troupeaux familiaux sont souvent bispécifiques, de petite taille (moins de 10 têtes dans 45 % des concessions en climat soudanien et dans 68 % des concessions en climat soudano-guinéen) et appartiennent en majorité aux femmes (jusqu'à 75 % des effectifs caprins). Pendant la saison sèche, de novembre à mai-juin, ils divaguent librement sur l'ensemble du finage et exploitent les parcours naturels et les résidus de culture. Une complémentation à base de fanes de légumineuses et de restes de cuisine est possible mais les quantités distribuées aux caprins sont très faibles. Pendant l'hivernage, pour éviter les dégâts aux cultures, les caprins sont soit gardés au piquet sur les parcours naturels, les jachères et au bord des routes, soit confiés à un berger collectif. La mise au piquet le matin et l'abreuvement deux à trois fois par jour relèvent de la responsabilité des femmes. Les animaux passent la nuit sous les toits des cases ou dans des abris le plus souvent couverts.

LA COMMERCIALISATION

Les abattages pour l'autoconsommation surviennent surtout lors de la Tabaski ou d'événements sociaux, comme les baptêmes, les mariages et l'accueil d'un hôte. En zone sahélienne, la vente de caprins est fréquente au début de la saison sèche pour acheter du mil alors que son prix est au plus bas. L'exploitation concerne surtout les jeunes mâles, les femelles étant conservées pour la production de lait. Dans les autres zones, les animaux sont surtout vendus d'avril à juin, période qui correspond à la préparation des travaux champêtres, et de juillet à septembre, pendant la période de soudure, qui va de la fin de stocks céréaliers à la récolte du maïs. Des variations interannuelles importantes sont observées en relation avec la qualité des récoltes, qui déterminent le niveau d'autosuffisance alimentaire des ménages. Des stratégies préventives de déstockage face à l'apparition de maladies sont également rapportées.

Les circuits de commercialisation des petits ruminants sont hiérarchisés en niveaux qui partent des zones de production vers les centres de commercialisation. On distingue deux types de marché : les marchés de collecte primaire (hebdomadaires et sans infrastructures particulières) et secondaire, qui sont des points de convergence des flux, et les marchés de regroupement, qui alimentent les zones d'embouche en animaux tout-venant et les centres de consommation en animaux embouchés (Diaw, 1994). Dans ces marchés opèrent les Diolas, qui achètent les animaux sur les marchés primaires et les revendent sur des marchés supérieurs, et les Téfankés, qui servent d'intermédiaires entre acheteurs et vendeurs. Le convoyage des petits ruminants se fait par camions, par camionnettes (*mbaar*) et par trains vers les centres de consommation, où le chevillard joue un rôle de grossiste et de semi-grossiste. En effet, après l'achat et

l'abattage du bétail, il fournit la viande (carcasse, demi-carcasse, quartier) aux détaillants, bouchers du secteur moderne, supermarchés, restaurants et collectivités administratives. Un rôle particulier est dévolu aux restaurants traditionnels, ou dibiterie, dans la consommation de la viande ovine.

Les perspectives

Au Sénégal, les quelques résultats de la recherche disponibles n'ont eu aucune suite en terme de projet de développement. Toutefois, on note un regain d'intérêt pour l'espèce dans le cadre des programmes de lutte contre la pauvreté.

L'élevage porcin

Les animaux

Au Sénégal, l'élevage porcin repose sur deux races : la race locale et la Large White. La race locale est la plus répandue et représente la majorité, voire la quasi-totalité des animaux. Elle est de type longiligne, haute sur pattes avec une hauteur au garrot de 40 à 60 cm et un poids vif de moins de 75 kg (Doutresoule, 1947). La tête est longue, les oreilles sont petites et horizontales, le corps est ogival. La robe est blanche avec des taches noires plus ou moins grandes. Quant à la Large White, elle est constituée d'animaux de grand format à robe blanche et aux oreilles dressées.

Les performances zootechniques des porcs ont été enregistrées dans différents systèmes d'élevage (tableaux VIII, IX et X).

Tableau VIII. Performances de reproduction en Basse-Casamance.

	Basse-Casamance	Bassin arachidier
Age de la 1re mise bas (mois)	12,78	16,5
Nombre de mises bas par an	1,81	
Taille moyenne de la portée	7,53	7,5
Taux de mortalité des jeunes avant sevrage (%)	22,7	12,5

Tableau IX. Performance de porcs de race locale en alimentation intensive.

	Valeurs moyennes
Poids vif initial (kg)	5,16
Poids vif final (kg)	31,8
Gain moyen quotidien (g)	230
Consommation d'aliment (kg/j)	1,01
Indice de consommation	4,37

Tableau X. Performances de reproduction de la truie Large White.

	Ilboudou (1984)	Lokossou (1982)
Durée de lactation (j)	55	60
Taille de la portée	7,94	9,28
Nombre de porcelets sevrés	4,5	7,45
Productivité annuelle par femelle	8,91	15,5

LES SYSTÈMES DE PRODUCTION

On distingue deux systèmes d'élevage : l'élevage familial et l'élevage semi-intensif.

L'élevage familial

Les locaux sont rudimentaires, en piquets ou en banco parfois couverts d'un toit en branchage ou en tôle. Les animaux sont conduits en libre parcours dans la journée et sont enfermés la nuit. Ils reçoivent au retour de la divagation des compléments alimentaires sous forme de restes de cuisine, de son de céréales et d'épluchures de tubercule. Pendant la saison des pluies, la stabulation est permanente. Cet élevage familial porcin est pratiqué en Basse-Casamance par les Diolas, dans le bassin arachidier et sur la Petite-Côte par les Sérères. En Basse-Casamance, l'élevage est entre les mains des femmes, qui détiennent jusqu'à 60 % du cheptel en milieu rural. On distingue des élevages naisseurs-engraisseurs, qui sont majoritaires (93 % en Basse-Casamance, 32 % dans le bassin arachidier).

L'élevage semi-intensif

Les bâtiments d'élevage sont en dur et de type semi-ouvert avec des cases individuelles ou collectives. L'alimentation est à base de provendes achetées sur le marché ou fabriquées à la ferme. Mais les unités de petite taille utilisent des restes de cuisine provenant de la restauration collective (restaurants universitaires, hôtels).

LES PERSPECTIVES

L'élevage porcin est confronté, techniquement, à un certain nombre de contraintes. Sur le plan alimentaire en milieu traditionnel, des analyses bromatologiques portant sur les rations distribuées ont révélé des déficiences graves en énergie, en protéines et en acides aminés essentiels (Buldgen *et al.,* 1994). A ce problème qualitatif s'ajoute une insuffisance grandissante d'intrants alimentaires. Le son de riz, largement utilisé en Basse-Casamance, est de moins en moins disponible du fait d'une diminution des rendements culturaux liée à la salinisation des rizières et d'une concurrence accrue entre éleveurs. A cela s'ajoute la peste porcine africaine, qui constitue une contrainte sanitaire majeure. En effet, elle occasionne

un important manque à gagner et constitue un frein à toute tentative d'amélioration génétique en raison de la forte sensibilité des races exotiques.

Pour l'élevage semi-industriel, les difficultés d'approvisionnement en matières premières alimentaires sont dues au fait que les zones d'élevage sont éloignées des zones de production d'aliments et que le coût de ces aliments est élevé. Les reproducteurs en exploitation ne font pas l'objet d'un renouvellement en provenance de l'étranger. Pour valoriser toutes les potentialités de l'élevage porcin, il est nécessaire de trouver des solutions techniques et structurelles à l'ensemble de ces problèmes.

L'aviculture

L'AVICULTURE FAMILIALE

L'aviculture familiale concerne plus de 80 % du cheptel du Sénégal (Guèye, 2002), les 20 % restants relevant de l'élevage semi-industriel. En milieu rural, surtout non côtier, la viande de volaille constitue la principale source de protéines d'origine animale. L'aviculture familiale rurale fournit 12 % de la consommation totale de viande (Kébé, 1989). Elle est pratiquée dans toutes les régions du pays par tous les groupes ethniques. Cette activité concerne 72 % des ménages ruraux (FAO et Ministère de l'Agriculture, 1999) et fournit des revenus, qui permettent aux familles de faire face à leurs besoins matériels et à leurs dépenses ponctuelles. Une enquête réalisée auprès de 150 ménages en zone périurbaine de Dakar révèle que les revenus de l'aviculture familiale sont utilisés pour l'achat de riz (45,3 %), de thé ou de café (10,7 %), de sucre (10 %), d'aliments pour les volailles (5,3 %), d'autres volailles (8 %), de pain (10 %), de manuels scolaires (4,7 %), de *tontine* (système d'épargne communautaire, 9,4 %), de chaussures ou d'habits (30 %), d'huile (21,3 %), de savon ou de médicaments (10 %) (Guèye, 2002).

L'exploitation de type familial est constituée de petites unités de production dispersées, où les normes de conduite des volailles ne sont généralement pas rigoureuses. Les effectifs de poulets par ménage sont estimés à 10 dans les régions de Thiès et de Fatick (Buldgen *et al.,* 1992a), à 5,2 dans la région de Kolda (Ly *et al.,* 1999) et à 10-14 en zone périurbaine de Dakar (Mandiamy, 2002). La gestion en est le plus souvent assurée par les femmes avec l'aide des enfants (Ly *et al.,* 1999 ; Mandiamy, 2002). Le mode d'élevage est généralement extensif : dans la zone périurbaine de Dakar, on rencontre l'élevage de plein air, dans 84,6 % des 150 ménages interrogés, et la basse-cour améliorée, chez 15,4 % des ménages (Mandiamy, 2002). L'adoption de systèmes d'élevage plus intensifs est déterminée par la disponibilité de ressources et d'intrants : volailles améliorées, provendes, vaccins, produits vétérinaires, logements, équipements, temps.

La plupart des systèmes de production reposent sur des volailles de races locales et, parfois, sur leurs croisements avec des races exotiques. Ces volailles sont élevées dans les concessions depuis des générations, et la composition des cheptels est largement dominée par les poulets (Buldgen *et al.,* 1992a ; Guèye *et al.,* 1998 ; Missohou *et al.,* 1998).

Les volailles locales sont des animaux de petit format. Leur vitesse de croissance est lente. Chez le poulet, le poids vif à l'âge adulte (1 an et plus) est de 1,80 kg pour les mâles et 1,35 kg pour les femelles, dans les régions de Thiès et de Fatick, et de 1,70 kg pour les mâles et 1,15 kg pour les femelles, dans les zones de Dahra et de Kolda (Buldgen *et al.,* 1992a ; Missohou *et al.,* 1998). Les rendements d'abattage à l'âge de 25 semaines sont cependant élevés : 79 % pour les coqs et 67 % pour les poules (Buldgen *et al.,* 1992a). Beaucoup d'aviculteurs utilisent le poids vif des volailles comme un indicateur pour vendre leurs animaux, car ils ne connaissent pas l'âge exact de leurs volailles, d'où l'utilité de prédire ce poids en utilisant les mensurations corporelles. En outre, l'âge d'entrée en ponte des volailles locales est tardif et la production d'œufs médiocre. En milieu rural, la ponte du premier œuf se produit à l'âge de 25 semaines, et chaque reproductrice pond 40 à 50 œufs par an (Buldgen *et al.,* 1992a).

Les performances de croissance et de ponte atteignent rapidement leurs limites lors d'une amélioration de l'alimentation et des conditions d'élevage (tableau XI). Cependant, on reconnaît aux volailles locales leurs bonnes qualités maternelles ainsi que leur forte résistance aux conditions d'élevage difficiles : pénuries périodiques d'aliments, abris rudimentaires, pression des prédateurs et des maladies (Buldgen *et al.,* 1992a ; Guèye *et al.,* 1998). En outre, la viande et les œufs issus des volailles locales sont appréciés par les consommateurs, qui les paient plus cher que les produits issus des volailles exotiques améliorées (Guèye *et al.,* 1998) : en 2000, le prix moyen du poulet local issu de l'aviculture familiale était supérieur d'environ 20 % à celui du poulet de chair élevé en aviculture semi-industrielle. La meilleure qualité organoleptique de la viande des volailles locales a d'ailleurs été confirmée (Guèye, 2000).

Tableau XI. Paramètres de reproduction de la poule locale en milieu rural (régions de Thiès et de Fatick) et en station, avec ou sans complément de lumière artificielle (Buldgen *et al.,* 1992a).

	Milieu rural	Station expérimentale	
		Avec CLA*	Sans CLA*
Age d'entrée en reproduction (semaines)	25	20	20
Taux de ponte moyen (%)	12	24 ± 13**	26 ± 17***
Poids moyen des œufs (g)	40 ± 4	44 ± 1	40 ± 4
Production totale d'œufs par an	40-50	80-90	90-100
Consommation d'aliment (g/jour/tête)	–	102 ± 14	78 ± 17
Indice de consommation cumulé****	–	13	21
Fertilité des œufs (%)	–	81	–
Eclosabilité vraie des œufs (%)	80	77	–

* CLA : complément de lumière artificielle.
** En 30 semaines de ponte.
*** En 42 semaines de ponte.
**** Pendant respectivement 30 et 42 jours de ponte.

L'AVICULTURE SEMI-INDUSTRIELLE

L'aviculture semi-industrielle a été introduite au Sénégal par les Européens, surtout les Français, après l'indépendance du pays en 1960 (Guèye, 1997b). L'aviculture semi-industrielle, fondée sur des techniques de production relativement améliorées, concerne à présent moins de 20 % du cheptel national. Les exploitations avicoles sont gérées principalement par des fonctionnaires en activité ou retraités, en particulier les unités de grande capacité (Steyaert *et al.,* 1988 ; Missohou *et al.,* 1995 ; Guèye, 1997b). Les éleveurs de poules pondeuses ont de meilleures compétences en aviculture que les éleveurs de poulets de chair (Guèye, 2000). Les exploitations de petite taille dominent : 65 % des 178 exploitations de poulets de chair étudiées disposent de 500 têtes par bande, avec en moyenne six bandes par an (Steyaert *et al.,* 1988 ; Guèye, 1997b). Les unités de pondeuses sont généralement plus grandes : 76 % des 78 unités étudiées possèdent entre 500 et 5 000 têtes.

Les performances zootechniques des poulets de chair sont modestes. Leur vitesse de croissance est faible, avec un poids vif de 1,24 ± 0,28 kg à l'âge de 7 semaines. Le taux de mortalité globale est de 15 ± 21 % (Missohou *et al.,* 1995). Ces performances sont toutefois meilleures dans les grandes exploitations du fait d'une meilleure gestion (tableau XII). Les poulaillers sont en général mal ventilés, et les conditions d'hygiène ne constituent pas une préoccupation majeure chez la plupart des aviculteurs.

Tableau XII. Fréquence des paramètres techniques de production des exploitations de poulets de chair dans les régions de Dakar et de Thiès (Steyaert *et al.,* 1988).

	Importance numérique des bandes (%)		
	< 500	500-5 000	> 5 000
Age au moment de la vente			
40-50 jours	33	60	50
51-70 jours	67	40	50
Poids vif moyen à la vente			
1,2-1,7 kg	33	70	50
1,8-2,0 kg	67	30	50
Indice de consommation*			
2-3	43	78	100
> 3	57	22	0
Mortalité en cours d'élevage			
2-7 %	73	70	100
7-10 %	27	30	0

* kg d'aliment par kg de poids vif.

L'une des principales contraintes au développement de l'aviculture semi-industrielle est liée à l'alimentation. Le coût des aliments représente 60 à 80 % du coût total de production (Guèye, 2000). Un aliment déséquilibré et coûteux entraîne des baisses de performances et hypothèque la rentabilité des élevages. La qualité nutritionnelle de la plupart des provendes du commerce est mauvaise : excès de cellulose, teneur élevée en protéines brutes, déficit en lysine, en méthionine, en thréonine et en phosphore, déséquilibre phosphocalcique (Cissé *et al.,* 1997). Par ailleurs, dans les rations des poulets de chair, le maïs est utilisé en proportion importante, souvent à plus de 50 %, d'où l'intérêt de tester d'autres ressources alimentaires, comme la farine basse de riz et les graines d'arachide (Steyaert *et al.,* 1988 ; Detimmerman, 1992).

LES PERSPECTIVES

L'aviculture familiale

Afin d'assurer le développement de l'aviculture familiale, il est indispensable de mener des actions de recherche-développement sur les problèmes pathologiques, comme la maladie de Newcastle, ou pseudo-peste aviaire, qui est la plus meurtrière des maladies sévissant dans les élevages avicoles familiaux. Elle survient chaque année et tue 70 à 80 % des volailles non vaccinées. La vaccination systématique est fortement recommandée. Des recherches doivent également être menées sur l'efficacité de la médecine ethnovétérinaire dans la prévention et le traitement de maladies.

La formation des aviculteurs est également une question décisive : contrôle des maladies, conception et construction de poulaillers, conduite et gestion des volailles, alimentation, amélioration génétique, commercialisation. De même, il est essentiel de promouvoir les ressources locales disponibles, donc peu onéreuses, dans la formulation des aliments et dans la construction des poulaillers.

Enfin, la recherche devrait s'attacher à identifier et répertorier tous les écotypes de volailles et à diffuser largement leurs caractéristiques de production.

L'aviculture semi-industrielle

L'aviculture semi-industrielle offre des possibilités de croissance, mais les contraintes qui entravent son développement sont encore nombreuses. Les aviculteurs doivent être sensibilisés au fait que l'aviculture semi-industrielle est un emploi à plein temps. Ils doivent aussi être formés et encadrés dans le domaine de la construction des poulaillers, des conditions d'hygiène à respecter et du contrôle des pathologies.

Toutes les ressources alimentaires locales, facilement disponibles et de qualité doivent être identifiées et testées dans des rations expérimentales pour fournir des aliments équilibrés et peu coûteux.

Des études de marché sont aussi nécessaires afin d'assurer une bonne adéquation entre le rythme de production et le marché et d'évaluer la concurrence avec d'autres viandes, par exemple de bœuf et de mouton. Les pressions exercées sur le marché par les produits avicoles importés et bon marché doivent être mieux régulées, voire supprimées.

Conclusion générale

Le Sénégal dispose d'un cheptel important, mais ne parvient toujours pas à couvrir ses besoins en viande. La croissance démographique et l'urbanisation exacerbent cette situation, et imposent une adaptation des systèmes de production. Les résultats de la recherche ont démontré les potentialités des animaux et plusieurs projets de développement ont promu des stratégies d'intensification, avec plus ou moins de succès du fait des contraintes technico-économiques qui pèsent sur les systèmes d'élevage. Des programmes de recherche adaptative doivent être lancés avec les services de vulgarisation et les organisations de producteurs.

Le système pastoral reste le grand pourvoyeur de viande du pays. Il est donc nécessaire de le sécuriser, car ce système est essentiellement fondé sur l'utilisation des ressources naturelles, et de lever les contraintes qui limitent son expansion. Le système agropastoral semble présenter des caractéristiques agroécologiques meilleures, mais offre des performances de production de viande limitées du fait d'un déficit alimentaire, de difficultés d'accès au crédit et de problèmes de commercialisation des produits. Le système intensif est une réponse aux besoins des marchés urbains. Son développement requiert toutefois d'importantes quantités d'intrants alimentaires.

Les espèces à cycle court connaissent à l'heure actuelle un regain d'intérêt et pourraient contribuer plus largement à la production de viande. Les systèmes d'élevage périurbain, qui concentrent beaucoup de petits ruminants, de volailles et de porcs, sont à ce titre particulièrement intéressants à étudier.

L'Etat doit promouvoir l'initiative privée en renforçant la professionnalisation des producteurs et les capacités des organisations socioprofessionnelles, et en adaptant l'environnement financier aux besoins et aux contraintes des producteurs privés, qui investissent dans l'intensification de l'élevage en général et dans la production de viande, en particulier. L'amélioration de l'approvisionnement des villes en produits carnés de qualité passe par une rationalisation des circuits de commercialisation, par un accès plus facile au crédit, par un renforcement des organisations des professionnels et par l'amélioration de l'hygiène et de la qualité.

Références bibliographiques

Buldgen A., Detimmerman F., Sall B., Compère R., 1992a. Etude des paramètres démographiques et zootechniques de la poule locale du bassin arachidier sénégalais. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 45 : 341-347.

Buldgen A., Detimmerman G., Piraux M., Compère R., 1992b. Les techniques d'embouche de moutons en région soudano-sahélienne sénégalaise. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 45 : 321-328.

Buldgen A., Piraux M., Dieng A., Schmit G., Compère R., 1994. Les élevages de porcs traditionnels du bassin arachidier Sénégalais. Revue mondiale de zootechnie, 80-81.

Cissé M., Ly I., Ndoye N.D., Arbelot B., 1997. Caractéristiques analytiques des aliments de volailles commercialisés au Sénégal. Revue de médecine vétérinaire, 148 : 883-892.

Clément V., Poivey J.P., Faugère O., Lancelot R., Guèye A., Richard D., Bibé B., 1997. Etude de la variabilité des caractères de reproduction chez les petits ruminants en milieu d'élevage traditionnel au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 50 : 235-249.

CRZ, 1990. Rapport annuel. CRZ, Kolda.

Denis J.P., Thiongane A.I., 1974. L'aptitude à la production de viande chez le zébu Gobra du Sénégal. *In :* I^{er} Congrès mondial de génétique appliquée à l'élevage, Madrid, 1-11 octobre 1974.

Denis J.P., Valenza J., 1971. Extériorisation des potentialités génétiques du Peulh sénégalais. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 24 : 409-418.

Detimmerman F., Buldgen A., Dimi R., Compère R., 1992. Utilisation de la graine d'arachide dans l'alimentation des poulets de chair au Sénégal. Tropicultura, 10 : 93-97.

Diallo M.S., Ndao B.M., Ndiaye A.L., 1973. La commercialisation de la viande bovine au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 26 : 89-111.

Dia-Sow F., Badiane A., Maurice M., 2004. L'embouche paysanne, un exemple d'adaptation de l'élevage traditionnel à la nouvelle situation agricole dans le bassin arachidier du Sénégal. Cahiers agricultures, 13 : 211-219.

Diaw A., 1994. Commercialisation des petits ruminants au Sénégal : le cas de l'axe Nord-Dakar. Thèse de doctorat vétérinaire, n. 4, EISMV, Dakar, 126 p.

Diédhiou M., 1996. Le mouton à Dakar : production et commercialisation à la tabaski. Thèse de doctorat vétérinaire, n. 7, EISMV, Dakar, 88 p.

Diop M., Fall A., Niang S., 1993. Mise en place d'un programme d'amélioration génétique à noyau ouvert sur le bétail Ndama au Sénégal : le dépistage des vaches dans les troupeaux villageois. Etudes FAO Production et santé animales.

Direction de l'élevage, 2002. Statistiques. Direction de l'élevage, Dakar.

Doutresoulle G., 1947. L'elevage en Afrique-Occidentale française. Paris.

Fall A., Diop M., Sandford J., Wissocq Y.J., Durkin J., Trail J.C.M., 1982. Evaluation des productivités des ovins Djallonké et des taurins Ndama au CRZ de Kolda. CIPEA, Rapport de recherche n. 3, 74 p.

FAO, 1999. Statistiques. FAO Quarterly Bulletin of Statistics, 12.

FAO, 2002. Statistical data base.

FAO, ministère de l'Agriculture, 1999. Recensement national de l'agriculture 1998-1999. FAO, ministère de l'Agriculture, Dakar.

Faugère O., Dockes C., Perrot C., Faugère B., 1990a. L'élevage traditionnel des petits ruminants au Sénégal : pratiques de conduite et d'exploitation des animaux

chez les éleveurs de la région de Kolda. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 43 : 249-259.

Faugère O., Dockes C., Perrot C., Faugère B., 1990b. L'élevage traditionnel des petits ruminants au Sénégal : pratiques de conduite et d'exploitation des animaux chez les éleveurs de la région de Louga. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 43 : 261-273.

Faugère O., Faugère B., Merlin P., Dockes C., Perrot C., 1988. L'élevage traditionnel des petits ruminants dans la région de Kolda (Haute-Casamance) : référentiel technico-économique (données recueillies de 1984 à 1987). 187 p.

Faugère O., Faugère B., Merlin P., Dockes, C., Perrot C., 1989. L'élevage traditionnel des petits ruminants dans la zone de Louga : référentiel technico-économique (données recueillies dans 15 villages de 1984 à 1988). 139 p.

Faye A., 1993. Situation et perspectives de l'élevage bovin dans les systèmes agropastoraux denses de la zone sahélo-soudannienne : cas du bassin arachidier du Sénégal. Thèse de doctorat, Montpellier.

Fayolle F., Grange M., Costin P., 1974. Valorisation du cheptel bovin : zone sylvopastorale de la république du Sénégal. FAC.

Grosclaude F., Mahé M.F., Brignon G., Di Stasio L., Jeunet R., 1987. A Mendelian polymorphism underlying quantitative variation of goat αS1-casein. Génétique, sélection, évolution, 19 : 399-412.

Guèye A., 1997a. Moutons et chèvres du Sénégal : caractérisation morphobiométriques et typage sanguin. Thèse de doctorat, EISMV, Dakar, 79 p.

Guèye E.F., 1997b. Senegalese poultry industry expands with various bottlenecks. World Poultry, 13 : 10-11.

Guèye E.F., 2000. Uncertain future for Africa's commercial poultry industry. World Poultry, 16 : 12-16.

Guèye E.F., 2002. Employment and income generation through family poultry in low-income food-deficit countries. World's Poultry Science Journal, 58 : 541-557.

Guèye E.F., Ndiaye A., Branckaert R.D.S., 1998. Prediction of body weight on the basis of body measurements in mature indigenous chickens in Senegal. Livestock Research for Rural Development, 10.

Hamon R., 1969. Création, amélioration et performances d'une race de bovin de trait au CNRA de Bambey. *In :* Colloque sur l'élevage, Fort Lamy, p. 503-514.

ISRA, 1998. Bilan du plan quinquennal, 1990-1995. ISRA, Dakar.

Kane I., 1993. Niveau de traitement des eaux résiduaires dans les industries agroalimentaires au Sénégal. Thèse de doctorat, EISMV, Dakar.

Kébé C., 1989. Etude des protéines conventionnelles et non-conventionnelles au Sénégal. Thèse de doctorat vétérinaire, n. 13, EISMV, Dakar, 189 p.

Ly C., 1998. Les circuits de commercialisation du bétail et de la viande à Dakar et Kaolack : conditions d'assainissement et intermédiation réduite. DIREL-PARC II.

Ly C., Savane M., Seck M.T., Faye A., 1999. L'aviculture rurale au sud du Sénégal. Cahier agricultures, 8 : 123-125.

Mandiamy D., 2002. Productivité des poulets dans les conditions d'élevage familial en zone périurbaine de Dakar (Sénégal). Mémoire de DEA, n. 157, université Cheikh Anta Diop, Dakar, 92 p.

Mbaye M., Seck M., Ndiaye M., Diop M., Sow R.S., Sall C.E., 2004. La vache zébu Gobra régule son activité sexuelle selon les saisons au Sénégal. Journal de la faculté des sciences, université Cheikh Anta Diop, 3 (sous presse).

Missohou A., Bâ A.C., Dieye P.N., Bah H., Lo A., Guèye S., 2000. Ressources génétiques caprines d'Afrique de l'Ouest : systèmes d'élevage et caractères ethniques. *In :* VII^{e} conférence internationale sur la chèvre, Tours, 20-24 mai 2000, p. 412-420.

Missohou A., Bankole A.A., Niang A.T., Ragounandea G., Talaki E., Bitar I., 1997. Le zébu Gobra : caractères ethniques et performances zootechniques. Bulletin FAO d'information sur les ressources génétiques, 22 : 53-60.

Missohou A., Habyarimana F., Foucher H., Habamenshi P., Dayon J.F., Arbelot B., 1995. Elevage moderne de poulets de chair dans la région de Dakar : structure et productivité. Revue de médecine vétérinaire, 146 : 491-496.

Missohou A., Sow R.S., Ngwe-Assoumou C., 1998. Caractéristiques morpho-biométriques de la poule du Sénégal. Bulletin d'information sur les ressources génétiques animales, 24 : 63-69.

Moulin C.H., Faugère O., Faugère B., 1994. L'élevage traditionnel des petits ruminants au Sénégal. III. Pratique de conduite et d'exploitation des animaux chez les éleveurs de la communauté rurale de Kaymor (Sine-Saloum, Sénégal). Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 47 : 223-234.

Ndione C.M., 1985. Etude de l'organisation et du fonctionnement de la filière bétail-viande au Sénégal : exemple de l'axe Dahra-Dakar. ISRA, BAME, Dakar, 86 p.

Ndione C.M., 1995. Impact de la dévaluation sur la filière de la viande bovine au Sénégal. ISRA, PRISAS, Dakar.

Ndione C.M., 1996. Impact de la dévaluation sur l'investissement et la compétitivité de la filière bovine au Sénégal. ISRA, PRISAS, Dakar.

Rade M.C., 1994. Contribution à l'étude des caractéristiques morphologiques et zootechniques des petits ruminants en Afrique tropicale : synthèse bibliographique. Thèse de doctorat vétérinaire, n. 16, EISMV, Dakar, 130 p.

SONED, 1999. Etude sur le rôle et l'importance du sous-secteur de l'élevage dans l'économie nationale : formulation d'une stratégie nationale de développement. Ministère de l'Economie et des finances, Dakar, 90 p.

Sow R.S, Denis J.P., Trail J.C.M., Thiongane A.I., Mbaye M., Diallo I., 1988. Productivité du zébu Gobra au CRZ de Dahra (Sénégal). Etudes et documents de l'ISRA n. 1 (2), 46 p.

Sow R.S., Denis J.P., Trail J.C.M., Thiongane A.I., Mbaye M., 1991. Note sur la barymétrie comme moyen de sélection indirecte du poids vif chez le zébu Gobra

au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 44 : 97-100.

Sow R.S., Thiongane P.I., Tchamitchian L., 1988. Bilan de cinq années d'étude des moutons Peulh et Touabire au CRZ de Dahra. Revue sénégalaise des recherches agricoles et halieutiques, 1 : 80-89.

Steyaert P., Buldgen A., Diouf A., Compère R., 1988. L'élevage moderne de poulets de chair au Cap-Vert et à Thiès (Sénégal) : situation et perspectives. Bulletin des recherches agronomiques de Gembloux, 23 : 345-356.

Talaki E., 2002. Caractérisation des chèvres naines (Sénégal), Sahel (Sénégal), Guéra (Mauritanie) et rousses (Niger) : étude du polymorphisme des microsatellites et des caséines as1 et as2 du lait. Mémoire de DEA, université Cheikh Anta Diop, Dakar, 76 p.

Tillard E., Moulin C.H., Faugère O., Faugère B., 1997. Le suivi individuel des petits ruminants au Sénégal : un modèle d'étude des troupeaux en milieu villageois. ISRA production animale, 10 : 67-78.

Valenza J., Calvet H., Orue J., 1971. Engraissement intensif de zébus peulhs sénégalais (Gobra) : mâles entiers ou castrés de 3 à 5 ans et bœufs de 7 à 9 ans. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 24 : 597-634.

La pêche

Mariama BARRY, Moustapha DEME, Taib DIOUF, André FONTANA,
Birane SAMB, Samba ALASSANE, Djiby THIAM

Au cours de ces dernières années, l'environnement national et international des pêches maritimes a subi de profonds changements et les responsables de ce secteur ont été amenés à adapter leur politique à ces évolutions. Ainsi, l'instauration des zones économiques exclusives (ZEE) a conduit à reformuler l'enjeu du partage des ressources. A l'opposition national-étranger s'est désormais substituée la nécessité de définir les conditions du partage de la ressource entre agents économiques nationaux tout d'abord, entre nationaux et étrangers ensuite. Les Etats ont adopté des politiques économiques plus libérales, favorisant ainsi le développement de la libre entreprise et de la libre concurrence. Enfin, la globalisation de l'économie internationale a engendré une pression forte sur les coûts de production et les prix de vente, exacerbé la concurrence et bouleversé l'organisation des marchés.

Le Sénégal n'est pas resté étranger à ces évolutions et la recherche a donc été amenée à élaborer un cadre d'analyse « système ». Ce cadre paraissait en effet mieux adapté aux mécanismes et aux nouveaux enjeux des pêches maritimes. Il semblait aussi capable d'orienter les problématiques scientifiques vers des objectifs mieux appropriés et de contribuer plus efficacement à l'aide à la décision.

La représentation d'un système de pêche défini pour un objectif donné passe avant tout par l'identification des facteurs déterminants, l'examen de leur organisation au sein du système et la connaissance de toutes les interactions, propres ou extérieures au système. Toutefois, à la différence des autres systèmes d'exploitation, dans un système de pêche, la ressource biologique, renouvelable, le plus souvent non appropriée et sur laquelle l'homme ne peut avoir aucune action autre que prédatrice, ne sera, ni plus ni moins, qu'un déterminant parmi d'autres.

Dans le cadre général de la contribution du système pêche sénégalais à l'économie nationale, Chaboud et Fontana (1992) ont défini, outre le facteur « potentiel halieutique », quatre déterminants : la disponibilité en capital, les marchés, la disponibilité et la productivité de la main-d'œuvre, la capacité de gestion publique et privée.

Cette vision systémique des pêches a encouragé les scientifiques à adopter une approche beaucoup plus globale des problèmes et à utiliser une grille d'analyses pluridisciplinaires (Weber, 1982 ; Breton et Diaw, 1992 ; Chavance *et al.,* 2004).

Ce chapitre présente une synthèse des connaissances acquises sur le fonctionnement des différents systèmes de pêche, sur leur évolution, sur les contraintes auxquelles ces systèmes sont soumis et sur les enjeux qu'ils représentent. En conclusion, les enjeux de la recherche halieutique sont analysés en regard de la problématique de l'aménagement des pêches.

La pêche maritime nationale

La pêche artisanale

La pêche artisanale a deux caractéristiques principales : une hétérogénéité structurelle (Barry-Gérard *et al.,* 1989, 1994) et une forte intégration au tissu socio-économique rural (Weber, 1982). Elle est pratiquée par une population traditionnellement tournée vers la mer et opérant à partir de plus de 200 centres de pêche répartis sur le littoral sénégalais.

Le parc piroguier et les unités de pêche

Les unités de pêche artisanale sont constituées par un élément central permanent, la pirogue, et par des engins de pêche. La pirogue est une embarcation en bois, dont la quille est généralement taillée dans un tronc d'arbre sur lequel sont ajoutées des bordées. Des descriptions détaillées de divers types de pirogue sont données par Seck (1980).

Le parc piroguier sénégalais est de loin le plus important de la sous-région. Il est en forte progression puisque l'effectif moyen des unités opérationnelles est passé de 4 968 en 1981 à 8 141 en 2001 (ces recensements ne prennent pas en compte la Casamance, qui ne représente que 17 % du parc). Le taux de motorisation global s'élève à près de 90 %. On note une certaine évolution de la motorisation vers des moteurs de plus en plus puissants pour permettre aux pirogues équipées de cales à glace d'exploiter des fonds plus lointains. La pêche artisanale utilise toute une panoplie d'engins adaptés à des captures spécifiques. En ce sens, et parce qu'elle n'utilise aucun engin traînant, la pêche pratiquée par les artisans est beaucoup plus sélective que la pêche industrielle. Les engins de pêche les plus fréquemment utilisés sont la senne tournante coulissante (sardinelles), les filets maillants encerclants (divers clupéidés), les filets maillants dormants (diverses espèces benthiques comme les soles, raies, langoustes, yetts), les filets trémails (céphalopodes et poissons), la senne de plage (espèces de petite taille et juvéniles), les lignes, qui peuvent être de fond (poissons démersaux divers), de traîne (thonidés côtiers) ou équipées de turluttes (céphalopodes), les casiers (seiches), les palangres équipant les grandes pirogues glacières (espèces démersales profondes comme le mérou).

Les pêcheurs artisans pratiquent plus d'une vingtaine de métiers, définis comme l'association d'une technique de pêche et d'un engin. La mise en œuvre de ces métiers correspond à des stratégies bien définies.

Les stratégies

Il est bien connu que le grand dynamisme de la pêche artisanale réside dans sa capacité à s'adapter en permanence aux modifications du contexte de l'activité (disponibilité qualitative et quantitative de la ressource, conditions économiques du moment, possibilités d'écoulement des produits, rémunération des marchés).

Cette forte réactivité des pêcheurs artisans est liée à un savoir ethnoscientifique réel sur le comportement des ressources marines comme sur les techniques de pêche et de navigation (Diaw, 1992), mais aussi à l'organisation des communautés de pêcheurs, qui peuvent transcender leur spécialisation, s'adapter à l'environnement institutionnel et à ses changements (Chauveau *et al.,* 2000) et s'approprier rapidement des innovations techniques si celles-ci sont rémunératrices (Chauveau et Samba, 1989). Elle est également due au faible niveau capitalistique de l'activité artisanale et, si nécessaire, à la mise en œuvre de formes informelles de mobilisation de financements.

Cette dynamique va donc se traduire concrètement par des modifications rapides de stratégies et tactiques de pêche, qui relèvent de deux éléments principaux : la mixité des engins et les migrations. La mixité des engins tend au fil des ans à supplanter les techniques axées sur l'utilisation d'un engin unique. Elle permet, grâce à des combinaisons techniques particulières, l'accès simultané ou alterné à différentes niches écologiques et donc à différentes espèces. Ainsi, par exemple, sur la Petite-Côte, à Joal en particulier, il existe des mixités permanentes et d'autres irrégulières. Les cas de mixités permanentes tournent autour de trois principaux types de pêche : le filet dormant à sole, le filet dormant à yeet et la ligne-casier à seiche. En ce qui concerne les mixités irrégulières, le cas le plus important est celui associant le filet dormant à yeet et la ligne-poulpe. Pendant la saison de pêche du poulpe, la ligne-poulpe est jumelée à tous les autres types de pêche. De même sur la Grande-Côte au nord de Dakar, les cas de mixité les plus fréquents sont les associations entre palangre et palangrotte (aussi bien par les pirogues glacières que par les pirogues n'embarquant pas de cales à glace), entre ligne normale et ligne Rhinobatos, entre ligne normale et casier à seiche et entre filets dormants à poisson et à sole.

Des travaux scientifiques originaux se sont précisément intéressés aux diverses stratégies relevant de la décision des pêcheurs et à la répercussion de ces comportements sur la ressource halieutique (Laloë et Samba, 1990 ; Ferraris, 1995 ; Pech *et al.,* 2001). L'analyse des données a conduit à la construction d'un modèle articulant les dynamiques d'une ressource multispécifique et d'une exploitation menée par plusieurs flottes de pêche, dont les unités ont à leur disposition plusieurs méthodes, chacune étant caractérisée par un impact sur les diverses composantes de la ressource. Bien qu'il n'ait pas été utilisé pour les prises de décision concernant l'aménagement d'un secteur, ce modèle est intéressant parce qu'il fournit une représentation de la complexité et qu'il explique comment des changements dans une composante du système de pêche peuvent engendrer des modifications dans l'équilibre ou la dynamique de l'ensemble du système.

Le deuxième élément moteur des stratégies de pêche artisanale concerne les migrations de pêcheurs (Chauveau, 1990 ; Diaw, 1992). Le point commun à toutes les formes de migration, c'est qu'elles ont toujours une dimension ethnique. On parlera de communautés migrantes de pêcheurs : Get-Ndariens, Lébous, Nyominkas. Cette forte différenciation s'explique par le poids de l'histoire économique et sociale propre à chaque région du littoral, qui a influencé les formes d'organisation et d'investissement dans l'activité de pêche de chaque communauté, ainsi que par l'histoire des interventions extérieures et des politiques publiques. Il existe deux types de migration. Les migrations saisonnières, limitées au littoral sénégalais, ont pour but de suivre le poisson au cours de ses déplacements le long du littoral sénégalais. Les migrations permanentes ou semi-permanentes, de grande amplitude, débordent largement l'espace maritime sénégalais. Aujourd'hui, des communautés de pêcheurs sénégalais vont jusqu'à exploiter le littoral de la Guinée, de la Guinée-Bissau et de la Mauritanie. Avec la raréfaction des ressources côtières sénégalaises, ce type de migration a tendance à s'intensifier. Les captures sont le plus souvent transformées et leur vente est négociée dans le pays hôte. Mais elles peuvent aussi être stockées et ramenées périodiquement au Sénégal pour y être commercialisées à meilleur prix.

Les captures

De 150 000 t en 1981, les débarquements de la pêche artisanale ont progressivement augmenté jusqu'en 1987 (Barry-Gérard *et al.,* 1994). Après avoir stagné jusqu'en 1995 aux alentours de 220 000 t, la progression des captures a repris pour atteindre 360 000 t en 2001. Les débarquements de la pêche artisanale sont constitués à 80 % de petits pélagiques : sardinelles, ethmaloses et chinchards. Ces espèces sont pêchées principalement par les sennes tournantes et les filets maillants encerclants. Les poissons démersaux représentent en moyenne 20 % des débarquements, soit 72 000 t. Les principales familles représentées sont les sparidés (24 %), les serranidés (19 %), les céphalopodes (12 %) et les ariidés (8 %). Les espèces démersales sont surtout capturées par les lignes, palangres et filets dormants de fond.

D'importantes modifications sont apparues dans la pêche artisanale sénégalaise, en particulier la baisse substantielle des débarquements de tassergals *(Pomatomus saltator)* à partir de 1984 et l'apparition du poulpe *(Octopus vulgaris)* à partir de 1986. Les captures de raies par les filets dormants ont augmenté après 1988, vraisemblablement à la suite du développement de la transformation artisanale destinée à l'exportation.

Certaines espèces (sardinelles, machoirons, capitaines, gastéropodes et sélaciens), dont les captures ont évolué de façon irrégulière ces dix dernières années, alimentent principalement le mareyage destiné au marché national et la transformation artisanale. Les espèces à forte valeur commerciale (dorades, mérous et pageots), marquées par une baisse continue des captures du fait d'une pression de pêche dirigée et intense, sont destinées à l'exportation. Le développement de métiers ciblant les céphalopodes et le boom enregistré dans les captures de poulpe, particulièrement en 1999, ont relancé les exportations sénégalaises de produits halieutiques.

La valorisation des produits par la transformation

La transformation des produits de la pêche artisanale par des procédés élémentaires fondés sur le séchage au soleil constitue la technique la plus ancienne de stockage et de conservation de ces produits. Elle a été longtemps le domaine réservé des femmes et traitait les produits non utilisés en frais (Durand et Conway, 1982). Elle a beaucoup évolué ces vingt dernières années, tant dans ses structures que par la place qu'elle occupe dans le secteur artisanal.

Les sites et les acteurs de la transformation a été recensés d'août à décembre 1990, par le CRODT (Centre de recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye), la DOPM (Direction de l'océanographie et des pêches maritimes) et les projets de développement Propêche-Atepas sur la côte nord, Papec sur la Petite-Côte et Pamez dans la région de Ziguinchor. Un autre recensement a été effectué par la DOPM et le CRODT en 1999 à Joal, le site de transformation le plus important de la côte.

Les centres de transformation, une cinquantaine environ, sont répartis pour les trois quarts entre la Petite-Côte et le Saloum. Ils correspondent aux sites de débarquement et se répartissent en cinq types : les grands centres (Joal, Mbour et Saint-Louis), les centres intermédiaires (Kayar, Fass Boye, Thiaroye et Bargny), les petits centres du Cap-Vert, les centres continentaux et ruraux et les centres temporaires ou atypiques (Ndiaye, 1997).

Les estimations fournies par la DOPM ont toujours mentionné une population de 10 à 12 000 transformatrices : les résultats obtenus par la recherche et les projets de développement en 1990-1991 font état de 3 000 transformateurs propriétaires et 7 000 employés et aides. Des migrantes accompagnant souvent leurs maris pêcheurs originaires de Gandiole et de Saint-Louis (environ 138) ont été signalées le long de la côte sénégalaise, surtout à Kafountine et au cap Skirring, et dans les sites gambiens tels Gunjur et Brufut. Joal apparaît comme le site le plus actif et le plus cosmopolite : les recensements effectués en 1991 et en 1999 signalent des changements importants dans l'effectif et la composition de la population des transformateurs, changements liés au transfert des activités de la plage vers les tannes en 1995. En 1999, 492 artisans patrons ont été dénombrés, contre 828 en 1991, et 3 910 employés et aides : les hommes représentent 43 % de l'effectif, contre 29 % en 1991, et les étrangers (Burkinabés, Maliens, Guinéens), 8 %. Ces derniers ont dynamisé la filière en favorisant l'exportation des produits vers leur pays d'origine.

Les rapports statistiques de la DOPM font état de 23 000 t de produits transformés en 1990 et de 36 000 t, en 1997. En 2002, 28 000 t ont été produites, dont 68 % sur la Petite-Côte : 66 % des produits sont constitués de clupéidés braisés *(keccax)* ou fumés *(métorah).* Ces produits sont utilisés dans certaines régions comme sources principales de protéines, ainsi que le poisson fermenté entier *(tambadiang)* ou le salé-séché *(sali).* Les produits fermentés séchés (*guedj* et *yeet*) servent de condiments. L'intérêt suscité par le développement des exportations de *keccax* vers le Burkina et la Guinée explique en partie l'implantation de nombreux fours sur la Petite-Côte et le Saloum : ces deux régions ont fourni 87 % des 16 600 t de *keccax* de 2002 et 95 % des 7 500 à 10 000 t exportées chaque année.

La transformation artisanale a toujours occupé une place marginale : peu de techniques expérimentées y ont été adoptées, peu d'avancées significatives y ont été réalisées dans les conditions de travail, et la plupart des sites majeurs ont été déplacés ou aménagés. Outre l'expérimentation et l'introduction de techniques nouvelles, la contribution de la recherche s'est traduite par la mise en évidence de

plans d'aménagement de sites autour de la gestion des déchets solides selon le principe de la « marche en avant », où les déchets ne doivent pas croiser les produits sains (finis) dans le processus. Si ce principe a été mis en œuvre en 1993 sur le site de Thiaroye (Propêche, 1992), les résultats de recherche n'ont pas été mis à contribution dans l'aménagement des autres sites majeurs que sont Joal en 1995, Mbour en 2000 et Kayar en 2001.

Longtemps considérée comme une activité d'appoint traitant les invendus du mareyage, la transformation artisanale est vite passée d'une économie de subsistance à une économie de marché, grâce à sa capacité d'adaptation et à son dynamisme. Elle parvient même à concurrencer le mareyage pour l'acquisition des produits frais sur la plage. La découverte de nouveaux débouchés et de marchés à l'exportation se poursuit et oriente la filière vers une production à grande échelle. L'arrivée d'hommes, étrangers surtout, le recours aux fours de grande capacité, la mobilisation d'une main-d'œuvre salariée et le rajeunissement de la population de transformatrices favorisent cette évolution. Les produits qui impulsent cette dynamique sont le *keccax*, le *sali* et les ailerons de requins séchés. Cette dynamique doit s'accompagner d'une amélioration des conditions de travail et de la salubrité, grâce à des avancées dans la gestion des déchets et à une meilleure valorisation des résidus de la transformation dans l'agriculture et l'alimentation animale.

La commercialisation des produits

L'évolution des pêches artisanales montre clairement que, outre la capacité de renou-vellement des ressources exploitées, l'une des contraintes majeures de ce secteur concerne la valorisation des débarquements (Weber, 1982).

Les études sur le mareyage ont ainsi permis de replacer le mareyage dans la dynamique de la pêcherie artisanale et de remettre en cause les jugements négatifs souvent peu fondés. En particulier, le préjugé selon lequel le mareyage capturait une part trop importante de la plus-value afférente à la filière, compliquant ainsi sa capitalisation, a été battu en brèche. Les études ont en réalité prouvé que les mareyeurs contribuaient à la capitalisation du secteur en amont afin de s'assurer des approvisionnements réguliers et abondants (Chaboud, 1982, 1985).

Les travaux sur les grands marchés d'éclatement (Cormier, 1983 ; Kébé, 1983) et l'étude du marché intérieur (Chaboud et Kébé, 1990) ont permis de mieux cerner les mécanismes de distribution locale des produits de la mer et d'identifier les facteurs clés qui interviennent dans la formation des prix tout au long de la filière. Une estimation fiable des flux commerciaux en volume, en fonction des principales origines et destinations, et la caractérisation socio-économique des agents de la commercialisation ont également été obtenues.

L'étude des exportations de la pêche artisanale a montré l'intégration étroite de ce secteur avec le marché mondial (Dème, 1983). Si leur rôle positif est indiscutable, certaines contraintes en limitent les effets induits sur l'économie nationale : faible contrôle des agents économiques nationaux sur la formation des prix, structure extravertie du capital de nombreuses sociétés, difficultés d'accès aux marchés tant africains qu'extérieurs au continent.

Depuis 1995, le commerce du poisson a été libéralisé. Le décret de 1973, en instituant trois catégories de mareyeurs, avait en effet tenté d'éviter une intégration verticale et une prise de contrôle par les mêmes agents économiques des différents niveaux de la filière allant de la production jusqu'à l'écoulement sur les marchés intérieurs ou à l'exportation. Or, faute d'un contrôle effectif exercé par le service des pêches, certaines usines interviennent directement sur les plages comme mareyeurs de seconde catégorie et investissent dans la production afin de sécuriser leur approvisionnement (Dème et Kébé, 1996).

Les coûts et les revenus

Les coûts et revenus de la pêche artisanale ont été périodiquement estimés et les comptes d'exploitation des unités de pêche, dressés (CRODT, 1991 ; Dème et Kébé, 1996 ; Dème, 1999 ; Dahou *et al.,* 2000). Ces éléments d'information ont permis de mieux cerner les facteurs qui conditionnent la rentabilité financière des investissements et de mieux apprécier les tendances et opportunités de ce secteur en vue d'optimiser les investissements. Ils ont également illustré le dynamisme de la pêche artisanale par rapport à la pêche industrielle (Weber et Fontana, 1983).

Dans le cas de la pêche artisanale, les membres de l'équipage d'une pirogue partagent les risques économiques des sorties en mer. La rémunération des facteurs de production se fait à la part, le partage étant réalisé entre pêcheurs et propriétaires des équipements après déduction des frais communs (carburant, appât, glace, nourriture et petit entretien) du revenu brut. Les modalités de répartition du résultat brut de l'exploitation entre le travail et le capital-équipement varient selon le type d'engin et le lieu de débarquement.

Au lendemain de la dévaluation du franc CFA, on a pu noter une nette tendance à la hausse des différents éléments constitutifs du capital des unités de pêche artisanale. Ainsi entre 1993 et 1996, les prix des moteurs hors-bord ont augmenté de 169 %, les pirogues de 29 % et les nappes de filets, lignes et accessoires, de 67 %. L'inflation s'est maintenue jusqu'en 1999, sans jamais dépasser les 15 % de hausse. Au cours de ces mêmes périodes, les charges d'exploitation des unités de pêche artisanale ont également accusé des hausses sensibles : 55 % pour le carburant, 30 % pour la nourriture et le petit entretien, 25 % pour la glace et 10 % pour l'appât.

Ces diverses augmentations ont eu des répercussions sur les revenus des unités de pêche et ont logiquement amené un certain nombre d'armateurs à modifier leur stratégie d'exploitation et de commercialisation pour rentabiliser au mieux leurs investissements. Ainsi, le revenu annuel des unités de sennes tournantes oscille aujourd'hui autour de 4,6 millions de francs CFA, ce qui correspond à un taux de rentabilité interne de 45 % et à un délai de récupération du capital investi d'un peu plus de deux ans. Bien qu'encore intéressants, ces revenus ont accusé une baisse de près de 49 % par rapport à leur niveau de 1993. Pour les unités de filets maillants encerclants, la situation est devenue en revanche très critique puisque leur bilan est maintenant déficitaire.

Contrairement à ces deux types d'unité de pêche, dont les prises sont surtout destinées au marché local, les unités qui pêchent des espèces destinées à l'exportation ont des ratios financiers nettement meilleurs. Ainsi, pour les pirogues glacières, le revenu de l'armateur a augmenté de 400 % entre 1993 et 1999. De

même pour les pirogues à filets dormants-lignes-casiers, les revenus ont connu durant la même période une hausse de 38 %.

Ces études font donc ressortir une fois de plus la capacité de la pêche artisanale à s'adapter à une modification importante des règles économiques. Mais, la prospérité économique globale de ce secteur ne doit pas masquer certains effets pervers engendrés par cette faculté d'adaptation. En effet, en visant aujourd'hui des espèces plus rémunératrices destinées aux marchés extérieurs dont les accès se trouvent facilités par le phénomène de mondialisation, la pêche artisanale a réduit les apports destinés jusque-là au marché local, d'où la diminution de l'offre, la hausse des prix sur le marché national et donc l'insatisfaction du consommateur sénégalais. Le deuxième problème qui se pose concerne les subventions. En effet, il est peu probable que les subventions et détaxes dont bénéficie la pêche artisanale soient maintenues dans une conjoncture militant pour un désengagement total de l'Etat du secteur de la pêche. Il est cependant évident que toute baisse de la péréquation sur le carburant appliquée de façon uniforme abaisserait davantage les revenus des armateurs et le niveau de rentabilité des unités de sennes tournantes et, surtout, de filets maillants encerclants, déjà largement déficitaires (Dème, 1988 ; Dahou *et al.,* 2000). En revanche, elle favoriserait largement les unités de type lignes, glacière. C'est pourquoi, vu l'importance du carburant dans les charges d'exploitation des unités artisanales (entre 58 et 80 %), toute suppression de la subvention doit être progressive et bien étudiée en fonction du meilleur compromis possible. Il est en effet démontré aujourd'hui que la viabilité financière de certaines unités artisanales, particulièrement celles dont les captures visent le marché local, serait largement liée à cette péréquation.

LA PÊCHE INDUSTRIELLE

La pêche chalutière

La quasi-totalité des chalutiers ayant Dakar comme port d'attache batte pavillon sénégalais. Cette flottille sénégalaise a subi au cours des dernières décennies de profondes évolutions, tant dans ses caractéristiques techniques que dans les stratégies de pêche adoptées par les armateurs.

De 28 unités en 1965, cette flottille chalutière est passée à 151 unités en 2001. Elle était à l'origine composée uniquement de glaciers, mais à partir de 1970 les congélateurs sont apparus et leur nombre s'est progressivement développé pour atteindre aujourd'hui 94 unités. Dans le même temps, le tonnage de jauge brute (TJB) et la puissance de ces navires ont augmenté. Au cours de cette période, la flottille de chalutiers glaciers (57 unités en 2001) a connu des fortunes diverses en raison de son état généralement vétuste et du mode de conservation moins bien adapté aux nouvelles stratégies de pêche imposées par l'évolution des ressources et des marchés.

Les stratégies

L'exploitation des ressources démersales côtières du plateau continental par une pêche chalutière a débuté vers 1950. Jusqu'en 1965, elle exploitait surtout les espèces nobles de fonds durs de la communauté à sparidae (dorades roses, pageots, dorades grises, mérous, rougets). A partir de 1965, la découverte et la

mise en exploitation des fonds à crevette au nord puis au sud du Sénégal a entraîné une mutation radicale de la pêcherie et entre 1965 et 1970, la plupart des chalutiers de la flottille de Dakar se sont reconverti en crevettiers en raison des gains économiques escomptés. Le reste de la flottille s'est orienté alors vers d'autres espèces plus côtières et de haute valeur commerciale. Ainsi au début des années 1970, crevettes et soles représentaient environ 90 % des débarquements des chalutiers.

A partir de 1970, les stocks de crevettes étant pleinement exploités, l'évolution s'est inversée : la flottille s'est diversifiée et des activités spécifiques nouvelles sont apparues. C'est ainsi qu'on a assisté à l'émergence de pêches spécialisées et très ciblées : pêche de rougets, pêche de soles, pêche de céphalopodes… Mais en raison d'une ressource biologique limitée, cette spécialisation n'a pu durer qu'un temps. Au cours des années 1980, les captures se sont diversifiées et les stocks côtiers de poissons gris (peuplement littoral) ont été alors pleinement exploités avec une forte augmentation des captures de machoirons, capitaines, soles cynoglosses, plexiglas, carpes grises… Dans le même temps, les rejets, qui étaient jusque-là très élevés, tendaient progressivement à diminuer et les captures dites accessoires à devenir de plus en plus importantes dans les débarquements : aujourd'hui de plus en plus d'espèces autrefois rejetées sont conservées à bord, et les individus de petite taille sont maintenant commercialisés sous la dénomination de « friture » pour satisfaire la forte demande du Moyen-Orient et de l'Asie (Monoyer, 1980, Caverivière et Rabarison Andriamirado, 1988 ; Franqueville, 1983 ; Lamoureux, 1985). A partir des années 1990, l'explosion des stocks de céphalopodes (seiches et surtout poulpes) ont permis un développement saisonnier d'une pêcherie axée sur l'exploitation de ces espèces de haute valeur marchande.

Aujourd'hui, deux grandes catégories de chalutiers se partagent l'exploitation des ressources démersales : les chalutiers crevettiers et les chalutiers poissonniers. Les chalutiers crevettiers sont divisés en crevettiers côtiers (62 en 2001), qui travaillent sur le plateau continental et recherchent la crevette côtière *Penaeus notialis*, et en crevettiers profonds (14 en 2001), qui opèrent sur le talus continental et ciblent la crevette rose profonde *Parapenaeus longirostris* et le crabe rouge profond. L'exploitation des ressources démersales profondes par une flottille battant pavillon sénégalais n'a débuté qu'en 1982. Actuellement une dizaine de crevettiers congélateurs exploitent ces fonds et toutes les captures sont destinées à l'exportation. Les chalutiers poissonniers sont divisés en poissonniers côtiers (74 en 2001), qui pêchent sur le plateau continental et recherchent les espèces de poissons démersaux côtiers et les céphalopodes, et en poissonniers profonds ou merlutiers (1 en 2001), qui travaillent sur le talus continental et ciblent les deux espèces de merlus (*Merluccius polli* et *Merluccius senegalensis*).

L'effort de pêche

Depuis une vingtaine d'année, l'effort de pêche a considérablement évolué en raison d'un doublement des effectifs de la flottille accompagné d'une forte augmentation du tonnage et de la puissance des navires.

La répartition géographique de cet effort de pêche a également évolué puisqu'on estime qu'à partir de 1999 plus de 10 % des captures ont été réalisées en dehors de la zone économique exclusive sénégalaise. Ces tendances, qui se répercutent bien évidemment sur les rendements, traduisent une raréfaction des ressources

démersales dans la zone économique exclusive sénégalaise et confirment, si besoin était, la dramatique chute des biomasses mise en évidence par les travaux scientifiques.

Les captures

Si le volume global des débarquements oscille toujours entre 45 et 55 000 t, le pourcentage des diverses espèces qui les composent a beaucoup varié : par exemple, la catégorie « poisson » qui représentait il y a vingt ans la majorité des débarquements est presque réduite de moitié aujourd'hui. De plus, dans cette même catégorie, la proportion d'espèces nobles a fortement diminué ainsi que la taille des individus. Le volume de la catégorie « crustacés » est également en régression ; seule la catégorie « céphalopodes » est en nette augmentation (Thiam *et al.,* 2002).

La pêche sardinière

Le premier sardinier basé à Dakar est entré en activité en 1961. La flottille s'est ensuite progressivement développée jusqu'en 1973. De 1973 à 1982, elle a oscillé entre 10 et 17 bateaux. L'année 1983 a marqué le début d'une phase de brusque régression et, durant ces dernières années, seules 4 à 5 unités restaient opérationnelles, le reste de la flottille étant devenu inopérant.

La flottille de sardiniers est constituée de petits senneurs mesurant de 15 à 28 m. La capacité des bateaux varie de 13 à 120 t. Le poisson y est conservé dans de l'eau de mer refroidie par de la glace.

Les sorties en mer sont journalières et la stratégie de pêche consiste à rechercher du poisson à vue ou au sondeur ; la durée moyenne des sorties est d'environ 9 heures. En raison de leur faible autonomie, ces sardiniers concentrent leur activité au sud de Dakar, en général sur les fonds de 10 à 50 m.

Depuis 2000, les captures moyennes annuelles sont de l'ordre de 2 200 t (40 % de sardinelle ronde, 59 % de sardinelle plate et 1 % de chinchard). La quasi-totalité de la production est destinée aux conserveries de poissons dakaroises.

La pêche thonière

Dans le courant des années 1960, le Sénégal a entrepris de se doter d'une flottille thonière industrielle. Cette volonté politique s'est traduite par l'acquisition de senneurs et de canneurs et par la création d'un armement national, la SOSAP (Société sénégalaise d'armement à la pêche). L'effectif de cette flottille a culminé à 20 unités opérationnelles (dont 18 senneurs) au milieu des années 1970, puis a décliné pour se réduire à 4 unités en 1978, ce déclin étant dû en grande partie à des choix technologiques contestables. En 2002, la flottille thonière sénégalaise n'était plus constituée que de 5 canneurs congélateurs.

Jusque dans les années 1990, la contribution de l'armement sénégalais représentait moins de 4 % des captures totales des canneurs basés à Dakar, puis elle s'est accrue et a atteint plus de 20 % des débarquements totaux. En tout état de cause, la capture attribuée au Sénégal n'a jamais dépassé 4 000 t et elle a tendance à se stabiliser autour de 2 500 t depuis 2001.

La composition spécifique moyenne des prises est de 20 % d'albacore et de 40 % pour chacune de deux autres espèces, le listao et le patudo. Récemment, les rendements variaient de 3,3 à 4,5 t/j. L'essentiel des captures de thons effectuées par cette flottille est destiné aux conserveries de Dakar.

La pêche à la canne est beaucoup plus indiquée pour les pays producteurs africains même si ses rendements sont moins élevés que ceux des senneurs. En effet, ce mode de capture requiert des investissements modérés et occasionne des coûts de maintenance réduits. Il utilise par ailleurs une importante main-d'œuvre, ce qui lui confère un plus grand impact socio-économique. Enfin et plus généralement, à l'heure de la pêche responsable, la pêche à la canne est plus écologique, car elle permet aisément d'éviter de capturer des thons de trop petite taille (Hallier *et al.,* 1996).

La pêche sportive

La pêche sportive cible trois espèces : le voilier atlantique, le marlin bleu et l'espadon. Elle se pratique à bord de vedettes rapides équipées de cannes à moulinet dont les lignes sont accrochées à des tangons. Cette pêche a lieu de juin à août au nord de Dakar et autour du Cap-Vert et s'étend au sud de la presqu'île à partir de septembre.

Les captures de voiliers par la pêche sportive ont connu un développement important de 1967 à 1985, période pendant laquelle elles sont passées de 400 à plus de 3 000 individus par an. Depuis, les prises diminuent et fluctuent autour de 1 000 à 2 000 individus (Diouf, 1983 ; Guèye, 2002). Les rendements moyens annuels par sortie atteignaient 2,2 individus en 1996 mais ont baissé depuis pour se stabiliser autour de 1,5 individu. En revanche, les prises de marlins demeurent faibles et varient entre 40 et 200 individus. Les captures d'espadons restent anecdotiques.

Les efforts ont rapidement augmenté depuis les années 1960 et fluctuent sans tendance autour de 400 à 1 100 sorties par année de 1971 à 2000.

La pêche industrielle étrangère

La pêche pélagique hauturière

Les trois techniques de pêche sont représentées au sein des flottilles étrangères qui exploitent les ressources pélagiques hauturières de la zone économique exclusive sénégalaise.

La pêche à la senne a été introduite dans l'Atlantique tropical oriental dans les années 1960 par les Français et les Espagnols, qui exploitaient des bateaux de petite capacité (environ 100 t). Depuis, les senneurs ont considérablement évolué en taille, avec des capacités de 400 à 1 500 t et des sennes d'environ 1,5 km de long et de 200 m de chute. Leur stratégie de pêche a également changé avec l'utilisation de nouvelles technologies : radars à oiseaux, sonars, GPS, dispositifs de concentration de poissons, pièges écologiques. La senne demeure la principale méthode de pêche des thonidés tropicaux. Cette technique a connu une rapide montée en puissance et dans les années 1975-1976, la flottille de senneurs français, ivoiriens, espagnols et sénégalais représentaient 84 unités. Les captures

ont culminé à cette période à 80 000 t. Depuis, la disparition progressive des senneurs moyens a entraîné une réduction de l'effort nominal (une vingtaine d'unités ces dernières années) et les prises se sont stabilisées autour de 20 000 à 30 000 t dans la zone. Les rendements des senneurs ont augmenté récemment (plus de 10 t/j) à la suite de l'adoption de nouvelles stratégies de capture (Fonteneau et Pallares, 1996). Comme les palangriers, les senneurs ont par ailleurs délaissé les zones côtières pour exploiter de plus en plus les zones du large à la recherche d'albacore de poids plus important. Dans la zone sénégalo-mauritanienne, les senneurs moyens qui exploitaient la région avaient des rendements relativement intéressants (5 t/j) jusqu'en 1984. Puis une diminution progressive des rendements a provoqué le départ de cette flottille en 1991.

La pêche à la canne est, en Afrique tropicale, la technique la plus ancienne de capture de thonidés. La pêche se déroule à bord de bateaux de quelques dizaines de mètres de long pour des capacités ne dépassant pas 200 t. Depuis quelques années, ces unités ont développé une stratégie de pêche particulière, qui consiste à concentrer les mattes de thons sous le bateau pour mieux les exploiter (Hallier et Delgado de Molina, 2000). Cette stratégie a eu pour conséquence d'étendre sensiblement, dans l'espace et dans le temps, l'exploitation des thons de la sous-région. Dans les années 1960, près de 80 unités de canneurs, essentiellement françaises, opéraient dans la zone sénégalo-mauritanienne. Depuis, les effectifs ont considérablement diminué. En 2002, 14 canneurs étrangers ont réalisé des captures de l'ordre de 10 000 t. Les captures totales des canneurs, toutes espèces et tous pavillons confondus, variaient de 8 000 à 26 000 t de 1960 à 1970. Elles ont diminué et se sont stabilisées autour de 10 000 t durant les années 1980 avant de connaître un accroissement sensible consécutif à la pratique de pêche des mattes associées aux canneurs. Elles atteignaient plus 15 000 t ces dernières années.

La pêche à la palangre peut être pratiquée soit en profondeur, soit en surface. Les palangriers de fond sont des navires de plus de 60 m et d'une capacité de plusieurs centaines de tonnes. Ces bateaux mouillent de longues lignes dormantes entre 100 à 400 m de profondeur et ciblent les thonidés de grande taille, de plus de 30 kg.

Les palangriers qui pêchent en surface et subsurface ont une dizaine de mètres de long et de faibles capacités de cale. Ils ciblent les poissons porte-épée (espadon, voiliers et marlins). La pêche palangrière a été introduite dans l'Atlantique tropical par les Japonais. Elle a connu un développement important avec l'arrivée d'autres nationalités mais, depuis les années 1970, on assiste à une régression progressive et régulière de cette flottille, accompagnée d'un changement de stratégie, qui consiste à délaisser les zones côtières pour reporter l'effort de pêche vers le large. Au Sénégal, deux flottilles palangrières exploitent la zone dans le cadre d'accords de pêche : une flottille palangrière japonaise et une flottille palangrière de l'Union européenne. Les palangriers japonais recherchent les gros patudos. Ils sont représentés en général par une dizaine d'unités qui se relayent dans la zone de pêche. Ils utilisent des palangres profondes et effectuent des marées de plusieurs mois avant de débarquer la totalité de leurs captures au Japon, où la production est consommée en shashimi. Les palangriers de l'Union européenne utilisent des palangres de subsurface pour capturer l'espadon. Les statistiques disponibles montrent des variations interannuelles de l'effort nominal. Le nombre de palangriers en activité dans la zone n'excède pas 10 unités par an, mais peut se limiter à 2 ou même être nul certaines années. Les captures sont estimées dans le meilleur des cas à quelques centaines de tonnes.

La pêche pélagique côtière

La flottille industrielle étrangère de pêche des petits pélagiques est composée de navires de gros tonnage et de forte puissance. Les espèces cibles sont les sardinelles pendant toute l'année et, en saison froide, les adultes migrants de la même espèce et les chinchards. Cette flottille a été importante mais sa présence, irrégulière de 1976 à 1980, avec notamment 13 chalutiers polonais en 1980. La période 1980 à 1985 a été marquée par des pêches expérimentales, à la senne ou au chalut pélagique, effectuées par des navires danois affrétés. De 1987 à 1991, des senneurs de près de 280 TJB basés en Gambie ont fréquemment opéré dans les eaux sénégalaises ainsi que 3 autres senneurs de plus de 320 TJB.

En 1991, 8 senneurs russes de plus de 700 TJB sont arrivés. A ces senneurs se sont ajoutés, en 1992, des chalutiers pélagiques du même pavillon jaugeant plus de 2 000 TJB. Les senneurs de gros tonnages sont sortis de la pêcherie en 1994, et les chalutiers pélagiques depuis 2000.

La pêche chalutière

Au cours des dix dernières années, les effectifs de la flottille étrangère pratiquant le chalutage de fond ont eu tendance à diminuer puisque, de 60 à 70 unités à la fin des années 1980, ils sont passés aujourd'hui à une quarantaine de navires (à 85 % congélateurs). Durant cette même période, les navires de l'Union européenne ont toujours représenté 90 % de cette flottille. Il convient cependant de préciser que 70 % de ces navires sont des crevettiers et poissonniers profonds et que l'effort européen représenté par les poissonniers côtiers est en diminution sensible ces dernières années (7 en 2001).

Les captures conservées à bord de ces navires étrangers sont évaluées à 2 000 à 3 000 t pour les poissonniers côtiers, 1 500 à 2 000 t de crustacés pour les crevettiers profonds et 1 000 à 2 000 t pour les chalutiers profonds. Cette flottille ne débarque qu'une très faible quantité de ses prises à Dakar, essentiellement des espèces de faible valeur marchande.

Les enjeux des systèmes de pêche

Les pêcheries thonières

La filière thonière est née au début des années 1950 sous l'impulsion des opérateurs économiques français dans le contexte de la reconversion des pêcheries germonières atlantiques d'après-guerre. En raison des rendements élevés obtenus par les canneurs dans les eaux sénégalaises et des excellentes infrastructures de son port, Dakar, alors capitale de l'Afrique-Occidentale française, a donc été choisi pour devenir l'avant-poste de la pêche thonière et un pôle de développement de l'industrie de transformation en Afrique de l'Ouest (Charneau, 1988).

Après l'indépendance, l'essor thonier est vite devenu l'objet d'un enjeu pour l'Etat sénégalais, qui a privilégié la création de structures parapubliques pour encadrer ce secteur. La faillite de l'armement national SOSAP a eu pour effet de recadrer l'action de l'Etat, qui s'est désengagé de l'armement, puis des conserveries et enfin des infrastructures frigorifiques.

Dans le même temps, Dakar perdait sa position dominante en raison d'un déplacement de l'effort de pêche vers le golfe de Guinée, de l'évolution des techniques de pêche, qui autorisaient des explorations plus hauturières, et de la concurrence de plus en plus vive des ports d'Abidjan et de Pointe-Noire. Face à cette situation, il devenait nécessaire de tirer profit des ressources présentes dans la sous-région en développant des accords de pêche avec des pays tiers, cette ressource conférant à l'Etat une légitimité, qui, reconnue par les pays pêcheurs, constituait un instrument de négociation stratégique.

Ainsi, la filière s'est maintenue mais au prix de restructurations importantes. La flottille thonière sénégalaise étant encore aujourd'hui peu développée, la fonction de port de pêche n'a pu se poursuivre que grâce à la présence de la flottille de canneurs européens basée à Dakar. L'activité de transit s'est également maintenue mais a dû s'adapter au volume plus réduit des échanges.

Bien que la filière thonière conserve par ses effets induits un impact économique non négligeable pour le pays, son évolution vers une meilleure maîtrise par les nationaux reste problématique, car elle demeure confrontée à des contraintes fortes. En effet, la ressource exploitée, hauturière et migratrice, est transnationale par excellence. Sa capture est le fait de flottilles opérant généralement à l'échelle océanique, par des senneurs et palangriers, ou régionale, par des canneurs. Les passages saisonniers de thonidés dans les eaux des pays riverains suffisent donc rarement à rentabiliser une flotte de pêche si celle-ci se cantonne à une seule zone économique exclusive. Le Sénégal n'échappe pas à cette règle (Charneau, 1988). C'est pourquoi la rentabilité d'une flottille nationale passe obligatoirement par des accords de coopération bilatéraux entre pays côtiers riverains. Par ailleurs, selon les derniers résultats de l'ICCAT (Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique), les stocks de thonidés apparaissent aujourd'hui globalement pleinement exploités. Des possibilités d'augmentation de la production demeurent toutefois, mais elles restent limitées à la mise en œuvre de stratégies régionales, notamment dans la zone sénégalo-mauritanienne. L'insuffisance des apports entraîne, de plus, un sous-approvisionnement des conserveries dakaroises, qui fonctionnent en deçà de leurs capacités réelles. Cette situation tient à plusieurs causes. La zone économique exclusive sénégalaise est de moins en moins exploitée. Les canneurs déplacent leur effort vers la Mauritanie en raison de conditions de pêche plus propices. De même, la majorité des senneurs concentre aujourd'hui son effort au large du golfe de Guinée à la recherche d'albacores de grande taille et préfère débarquer à Abidjan. Les apports des quelques thoniers senneurs étrangers tenus de débarquer une partie de leur capture en vertu des accords de pêche sont parfois effectués au moment où les conserveries sont saturées. Enfin, la transformation et la commercialisation des produits sont sous la dépendance de groupes agroalimentaires étrangers, qui seuls ont les moyens d'investir et de peser sur le négoce international de ce type de produit.

En conclusion, la filière thonière au Sénégal se caractérise par une très forte extraversion et son niveau d'implication dans l'économie thonière internationale se repère à chacun des stades de l'exploitation du thon. Ce constat incite donc à rechercher des solutions originales d'approvisionnement et de commercialisation. Mais, ces stratégies devront-elles pour autant passer par le développement d'une flottille nationale de canneurs ? La question reste posée.

LES PÊCHERIES INDUSTRIELLES DE PETITS PÉLAGIQUES CÔTIERS

Les deux déterminants principaux qui caractérisent les systèmes de pêche exploitant les pélagiques côtiers concernent la ressource et le marché. Chacun de ces déterminants pourra représenter, suivant les conditions d'exploitation du moment, un élément capable soit de minorer, soit de majorer le rendement économique du système et donc conditionner sa viabilité.

Les petits pélagiques côtiers représentent, de loin, les espèces les plus abondantes du plateau continental. Mais ces biomasses, aussi importantes soient-elles, sont relativement instables car les espèces qui les constituent sont, de par leurs caractéristiques biologiques et physiologiques, sensibles à l'exploitation et aux variations du milieu. Il demeure donc délicat de quantifier les fractions de stocks accessibles à chacun des pays concernés et à chacune des pêcheries qui les exploitent.

Par ailleurs, ces variations de biomasse sont d'autant plus difficiles à appréhender et à prévoir que les méthodes scientifiques d'évaluation mises en œuvre pour ce type de ressources (modélisation ou écho-intégration) sont confrontées à plusieurs sources d'erreur qui peuvent, dans une certaine mesure, entacher la précision des estimations ou du moins limiter leur portée pratique en matière de gestion de ressources.

Pour ces espèces, le marché national est conditionné à la fois par le niveau de l'offre, qui peut être très important, et la demande, qui est d'autant plus élevée que la valeur du produit sur les marchés reste modérée. Cependant, bien que soumis à la loi de l'offre et de la demande, les prix sur les marchés présentent un coefficient d'élasticité limité en raison de la qualité médiocre de la chair de ces poissons (notamment les clupéidés), qui se prête mal à une valorisation autre qu'artisanale par braisage ou fumage. La faible valeur marchande des pélagiques côtiers — en moyenne, leur prix au débarquement reste largement inférieur, dans un rapport de 1 à 10, à celui des démersaux — permet donc au plus grand nombre de satisfaire ses besoins alimentaires, mais, dans le même temps, elle représente pour les armateurs une contrainte extrêmement forte, qui conditionne la rémunération des facteurs de production et donc la rentabilité de l'entreprise.

Aussi, c'est dans cet équilibre précaire entre les évolutions de chacun de ces déterminants qu'il faut rechercher les causes de réussite ou d'échec d'une exploitation de pélagiques côtiers. Et il est tout aussi clair que dans cette recherche d'équilibre, le type d'exploitation qui a le plus de chance de réussir est celui qui, à rendement égal, aura les charges d'exploitation les plus faibles et présente la plus grande capacité d'adaptation aux variations d'abondance ou de disponibilité de la ressource. Ces constats expliquent le succès incontestable qu'a connu la pêche artisanale à la senne tournante et, corrélativement, les très faibles performances de la flottille sardinière dakaroise. On a coutume d'avancer comme cause de cet échec la vétusté des bateaux et la mauvaise gestion des armements, mais il est peu vraisemblable que des sardiniers neufs et bien gérés soient rentables dans les conditions d'exploitation et de marché qui prévalent depuis de nombreuses années.

Un autre système d'exploitation des pélagiques côtiers fait appel à des navires, senneurs ou chalutiers pélagiques, de gros tonnage. La rentabilité économique de ce type d'unité est soumise à trois conditions : disposer d'une grande capacité de

congélation et de stockage à bord, réaliser des rendements soutenus (c'est-à-dire pouvoir suivre le poisson lors de ses migrations et donc avoir la capacité de négocier des accords de pêche avec les pays voisins), avoir l'assurance de disposer d'un marché suffisant pour absorber des captures importantes. Compte tenu des investissements élevés requis par ce type d'exploitation, seuls des armements étrangers disposant en outre de réseaux commerciaux efficaces peuvent prétendre occuper ce créneau. C'est le cas depuis plusieurs décennies de flottilles de senneurs et chalutiers pélagiques de divers pays de l'Est et depuis peu européens, qui visent un marché essentiellement africain.

En conclusion, l'aménagement des systèmes de pêche exploitant les petits pélagiques côtiers doit être appréhendé à l'échelle régionale et à l'échelle locale. A l'échelle régionale, compte tenu de la quasi-impossibilité d'obtenir des évaluations précises des stocks dits « partagés » ou « transfrontaliers », les petits pélagiques côtiers représentent le type même de ressources pour lesquelles le principe de précaution devrait être appliqué, car malgré des abondances globales apparentes importantes, les risques de chute brutale ne doivent pas être sous-estimés. La mise en œuvre d'un tel principe repose sur une réelle volonté politique des pays de la région de s'entendre pour décider d'un niveau maximal de capture et d'une répartition raisonnée de cette richesse. Or, jusqu'à présent, les mécanismes de concertation régionale, avec notamment la CSRP (Commission sous-régionale des pêches), ont privilégié les seuls efforts de coopération scientifique. A l'échelle locale, l'aménagement des pêches doit être conçu en fonction de la rentabilité de l'exploitation, qui reste directement tributaire de l'accès à la ressource, du marché et de la rémunération.

Les pêcheries artisanales

L'évolution spectaculaire que le secteur artisanal a connue au cours des dernières décennies repose avant tout sur deux facteurs déterminants : la disponibilité et la productivité de la main-d'œuvre et une capacité de gestion originale développée par les pêcheurs artisans.

Héritier d'une très longue tradition halieutique, le pêcheur artisan sénégalais possède incontestablement « la science de la pêche ». Cette activité attire toujours autant de jeunes et il faut certainement voir dans cet engouement pour un travail rude et des revenus souvent modestes, une certaine fierté et une reconnaissance sociale justifiant de la part des pêcheurs des prises de risque non négligeables, à la fois économiques et physiques.

Par ailleurs, il faut bien prendre en compte que le système fonctionne sur la base de rapports sociaux très étroits entre les divers acteurs impliqués (armateurs, pêcheurs, mareyeurs, transformateurs et éventuellement usiniers), acteurs qui sont généralement liés par des relations organisées suivant des règles informelles reposant avant tout sur la confiance.

Ce mode d'organisation, ce savoir-faire et ce dynamisme ont conféré au secteur une souplesse d'adaptation face aux modifications de la ressource et des marchés. Ils ont permis des appropriations technologiques rapides quand celles-ci étaient jugées économiquement et socialement acceptables et la mise en œuvre de procédures informelles pour pallier les insuffisances des dispositifs institutionnels, pour l'accès au capital par exemple.

On peut donc considérer que le bilan global des pêches artisanales au cours des vingt dernières années est largement positif : aujourd'hui, la pêche artisanale assure 77 % des débarquements totaux et couvre l'essentiel des besoins alimentaires en produit marin de la population. Elle participe pour 60 % à l'approvisionnement des usines de la place, donc à l'exportation. Il demeure néanmoins vrai qu'un certain nombre de contraintes subsistent et pourraient pénaliser la rentabilité économique du secteur ou freiner son développement futur.

Certaines contraintes sont inhérentes au système. Ainsi, la multiplicité des organisations socioprofessionnelles ne permet pas de créer les meilleures conditions de dialogue et de négociation avec l'administration. Des conflits inter-communautaires dus à des différends quant à l'accès aux ressources halieutiques peuvent se traduire par des difficultés de cohabitation.

La conservation des produits sur les points de débarquement comme leur valorisation par la transformation artisanale souffrent de larges imperfections. Des mesures devraient rapidement être prises pour évoluer vers un meilleur aménagement des centres de débarquement et de transformation, une plus grande maîtrise des règles d'hygiène et l'application de conditions sanitaires plus strictes. Le parc piroguier, relativement constant ces dernières années, est confronté à un vieillissement progressif. Or, cette stagnation semble liée à la rareté du bois (les tentatives pour remplacer le bois par d'autres matériaux se sont toutes soldées par des échecs). Les besoins en financements sont assurés essentiellement par des procédures informelles, mais à des taux prohibitifs, et les formes de crédit bancaire adaptées à l'activité artisanale restent toujours à créer.

D'autres contraintes trouvent leur origine dans des interférences avec des facteurs extérieurs au système artisanal. Par exemple, la raréfaction de la ressource démersale, due pour l'essentiel à un effort de pêche des chalutiers trop important, entraîne une diminution des rendements et pousse les pêcheurs de certaines communautés à migrer vers les pays voisins. Le non-respect des réglementations sur les zones de pêche par les chalutiers comme le libre accès à la ressource par la pêche artisanale occasionnent une augmentation des conflits avec la pêche industrielle (pertes de matériel et de vies humaines). Le secteur artisanal peut être source de conflits d'usage du littoral avec d'autres activités, par exemple le tourisme, l'urbanisme, l'industrie.

Mais, quelles que soient les solutions proposées (réglementaires, techniques ou économiques) pour répondre à chacune de ces contraintes, leur acceptation ou leur rejet par les artisans dépendra de la prise en compte du mode d'organisation des communautés de pêcheurs, de leur fonctionnement et de l'importance des rapports sociaux entre les acteurs du système. Pour avoir sous-estimé ces paramètres, nombre de projets de développement en pêche artisanale se sont soldés par des échecs.

Les pêcheries chalutières

Autrefois très prospères, les pêcheries chalutières connaissent depuis plusieurs années de grandes difficultés. A l'analyse, on constate que tous les déterminants du système sont aujourd'hui fragilisés, ce qui rend cette pêcherie particulièrement vulnérable.

La crise actuelle trouve son origine dans la baisse du potentiel halieutique. Une forte diminution de la biomasse côtière due à un effort de pêche trop important et non contrôlé a entraîné de façon tout à fait mécanique une diminution des rendements et

une baisse de productivité des entreprises. Toutes les stratégies déployées par les armateurs pour compenser la diminution des prises et des recettes (augmentation de la puissance de pêche, réduction des rejets, report d'effort sur des fractions de stocks jusque-là moins exploitées ou sur les pays voisins) ne peuvent masquer, malgré l'explosion providentielle du stock de céphalopodes, l'état critique du potentiel halieutique démersal côtier.

La pêche au chalut est une activité capitalistique, qui requiert des investissements importants et entraîne des frais de fonctionnement élevés. Ce type de pêcherie doit de plus en plus faire appel à une main-d'œuvre spécialisée en raison du remplacement progressif des glaciers par des congélateurs (permettant, il est vrai, une meilleure valorisation des produits péchés). Ce besoin accru de technicité représente néanmoins des charges supplémentaires.

Concernant les marchés, la majorité des produits pêchés est destinée à l'exportation, mais pour l'essentiel sous forme brute sans aucune valorisation locale et donc sans création de valeur ajoutée. Par ailleurs, les difficultés auxquelles sont confrontées les usines de la place (surcapacité, manque d'approvisionnement chronique, coût de production élevé) comme l'absence de contrôle et d'emprise sur les marchés extérieurs font que l'économie nationale retire de moins en moins de bénéfices de ce type d'exploitation.

Enfin, en matière de capacité de gestion, les problèmes se posent tant dans le secteur privé que public. Ainsi, en raison des difficultés économiques liées à la diminution des captures, la plupart des sociétés doivent s'adapter au jour le jour aux évolutions des contraintes. Par ailleurs, pour le domaine de compétence publique, une législation aujourd'hui peu adaptée ou peu suivie sur les conditions d'accès et de partage de la ressource pénalise toutes les pêcheries.

En conclusion, toutes les composantes du système de la pêche chalutière sont aujourd'hui fragilisées, ce qui impose d'inscrire dans un cadre d'analyse global les solutions visant à redynamiser cette pêcherie. La mesure la plus urgente serait de garantir la reconstitution des ressources puis leur pérennité, car seule l'assurance d'un approvisionnement correct et régulier de la filière peut entraîner un regain de prospérité.

La pêche sportive

L'activité de cette pêcherie repose, pour l'essentiel, sur la pêche au gros (marlin, espadon et surtout voilier). La pêche sportive est fortement dépendante du flux touristique actuellement perturbé par un environnement financier peu favorable (Diouf, 1999).

En ce qui concerne la ressource disponible, au vu des analyses et conclusions émises par les scientifiques et professionnels du secteur, la situation actuelle des stocks de voiliers n'offre pas de perspectives très favorables à l'échelon global de l'Atlantique. Toutefois, un stock peut être pleinement exploité, mais faire localement l'objet d'une exploitation rentable. C'est précisément le cas du voilier, qui présente de fortes concentrations locales saisonnières au Sénégal. Cet avantage doit être sauvegardé par une gestion concertée et planifiée des différentes pêcheries qui exploitent cette ressource. Les pratiques de la pêche sportive, à travers la détermi-nation d'un quota de captures, la sélectivité des individus ciblés et la contribution à l'amélioration des connaissances sur ces espèces participeraient à la réalisation de cet objectif. La mise en œuvre d'une

telle politique conférerait à la pêche sportive le label de pêche responsable et militerait en faveur de son développement et d'une meilleure reconnaissance par les instances nationales et internationales.

Les pêcheries étrangères

L'exploitation étrangère dans le cadre d'accords de pêche doit être très précisément analysée en fonction de la spécialisation des navires et de l'effort de pêche effectif que ces navires déploient dans les eaux sénégalaises. Si globalement cet effort de pêche peut être perçu comme important, l'examen des statistiques montre que l'effort sur les ressources côtières a fortement diminué ces dernières années et ne peut donc être tenu pour responsable de la chute actuelle des rendements des chalutiers sénégalais. Quant aux crevettiers profonds et thoniers canneurs, ils s'intéressent à des stocks pour lesquels ne se posent pas de problèmes criants de disponibilité. En revanche, le cas de chalutiers étrangers passés sous pavillon sénégalais est plus préoccupant car cette opération ne correspond en réalité qu'à une intégration déguisée dans la flottille nationale, sans réelles retombées économiques pour le Sénégal. Enfin, des chalutiers pirates pillent les eaux sénégalaises en raison de la perte d'efficacité du système national de surveillance.

Les perspectives

La ressource halieutique n'est pas une entité homogène et uniformément répartie. Elle présente des caractéristiques extrêmement diversifiées dans sa composition spécifique, sa répartition, son abondance, son accessibilité, sa valeur marchande, son devenir commercial… Ces caractéristiques vont donc déterminer les mises en exploitation par des pêcheries spécifiques. Mais, chaque pêcherie a sa propre organisation sociale et ses propres règles de fonctionnement qui conditionnent la nature et le niveau des critères de rentabilité.

Il n'est donc guère surprenant qu'en situation de crise les intérêts de certains acteurs du secteur soient remis en question et que cette situation exacerbe les tensions et conflits. Cette évolution se fera bien évidemment au détriment de la conservation du patrimoine halieutique et des bénéfices socio-économiques attendus tant par les opérateurs privés que par les institutions publiques.

Aussi, le rôle de l'Etat consistera à « aménager le secteur » en mettant en œuvre une politique permettant d'exploiter, pleinement mais rationnellement, la ressource biologique et de faire cohabiter et prospérer les diverses pêcheries. L'aménagement correspondra alors, ni plus ni moins, à la recherche permanente du meilleur compromis entre une somme d'intérêts très souvent divergents et cela, dans un environnement national et international en constante évolution.

Vu l'extrême complexité du système des pêches considéré dans son ensemble, les relations qu'il entretient avec les autres systèmes de production, les contraintes extérieures auxquelles il est soumis et les incertitudes qui sont organiquement liées à l'appréciation des multiples paramètres en jeu, on comprendra aisément qu'un aménagement ne pourra jamais être fourni par un modèle rigide de gestion des pêches.

Dans un tel contexte, les enjeux de la recherche halieutique sont de trois ordres. Le premier est un enjeu institutionnel : la recherche a une mission qui la contraint à mener des travaux dans le cadre d'objectifs scientifiques bien définis et orientés vers l'acquisition de connaissances destinées à apporter une expertise scientifique au développement, mais aussi à fournir des résultats formalisés. Le respect de cette mission reste un préalable à la reconnaissance du statut particulier concédé à l'institution de recherche et à son personnel. Le deuxième est un enjeu scientifique : les objectifs de la recherche doivent, certes, être adaptés à la demande sociale, mais encore faut-il que, dans le contexte budgétaire déprimé imposé de nos jours aux institutions scientifiques, cette recherche reste pertinente dans le choix des opérations à mener et efficace dans sa réalisation et sa restitution. L'analyse combinée des critères de pertinence et d'efficacité devrait aider à choisir les méthodologies présentant le meilleur compromis entre les coûts mis en jeu et l'assurance d'obtenir des résultats pertinents et exploitables. C'est donc tout l'enjeu scientifique d'une recherche halieutique mieux adaptée au contexte d'aujourd'hui. Le troisième est un enjeu d'aide à la décision : cette fonction est fondamentale mais elle exige que la recherche soit véritablement partie prenante dans le processus de concertation avec l'administration des pêches et les représentations socioprofessionnelles.

La recherche doit donc faire en sorte que sa place dans ce processus soit reconnue à part entière et, pour cela, apporte la preuve que ses analyses peuvent contribuer à l'élaboration d'une politique des pêches équilibrée.

Tous ces enjeux supposent toutefois de disposer d'un minimum de moyens humains en deçà desquels la recherche sera parfaitement incapable de remplir ses missions. Le CRODT est confronté à une crise d'effectifs, qui ne fait que s'aggraver avec les ans. Bon nombre de chercheurs seniors ont quitté l'institution ou ont été appelés à d'autres fonctions sans que de nouveaux recrutements compensent ces départs.

Or, les informations et les analyses transmises dans le cadre de la fonction d'aide à la décision proviennent de résultats de programmes de recherche et, si par manque de moyens humains, ces programmes ne peuvent plus être menés, le ministère de la Pêche ne pourra plus bénéficier de l'expertise scientifique du CRODT. Compte tenu de la pyramide des âges actuelle du personnel du CRODT et des délais de formation imposés par la discipline, on peut estimer que le point critique, au-delà duquel tout l'édifice scientifique construit depuis près de trente ans s'écroulera, sera atteint dans deux à trois ans. Les autorités en charge de la recherche halieutique et du développement des pêches doivent donc prendre la pleine mesure de cette limite.

Références bibliographiques

Barry-Gérard M., Bakhayokho M., Laloë F., Samba A., Diadhiou H., Levenez J.J., 1989. Hétérogénéité et variabilité de la pêche artisanale : méthodologie d'étude de l'activité de pêche et mortalité induite. *In :* La recherche face à la pêche artisanale : symposium ORSTOM-IFREMER, tome II, Durand J.R., Lemoalle J., Weber J. (éd.), Montpellier, juillet 1989. ORSTOM, Montpellier, p. 551-558.

Barry-Gérard M., Diouf T., Fonteneau A., 1994. L'évaluation des ressources exploitables par la pêche artisanale sénégalaise : tome II. ORSTOM, Paris, Colloques et séminaires, 424 p.

Breton Y., Diaw M.C., 1992. La variable sociale dans les systèmes pêche. *In :* Recherches interdisciplinaires et gestion des pêcheries, Brêthes J.C., Fontana A. (éd.). CIEO, Halifax, 228 p.

Caverivière A., Rabarison Andriamirado G.A., 1988. Captures secondaires et rejets de la pêche crevettière à *Penaeus notialis* du Sénégal. Documents scientifiques CRODT n. 111, 113 p.

Chaboud C., 1982. Le mareyage au Sénégal. Documents scientifiques CRODT n. 87, 64 p.

Chaboud C., 1985. La commercialisation des débarquements de la pêche artisanale : l'exemple sénégalais. *In :* Atelier FAO/COPACE, Lomé, novembre 1985. 32 p.

Chaboud C., Fontana A., 1992. L'approche système dans les pêches. *In :* Recherches interdisciplinaires et gestion des pêcheries, Brêthes J.C., Fontana A. (éd.). CIEO, Halifax, 228 p.

Chaboud C., Kébé M., 1990. Commercialisation du poisson de mer dans les régions intérieures du Sénégal. CRODT, Contrat FAO/TCP/SEN/6653(T), 300 p.

Charneau D., 1988. L'économie du thon au Sénégal : intégration nationale et internationale de la filière. Documents scientifiques CRODT n. 109.

Chauveau J.P., 1990. Géographie historique des migrations de pêche dans la zone COPACE. *In :* Table ronde sur les migrations de pêche en Afrique de l'Ouest, FAO-DIPA, Krokobite, novembre 1990.

Chauveau J.P., Jul-Larsen E., Chaboud C., 2000. Les pêches piroguières en Afrique de l'Ouest : pouvoirs, mobilités, marchés. IRD, Michelsen Institute, Karthala, Paris.

Chauveau J.P., Samba A., 1989. Market development, government interventions and the dynamics of the small scale fishing sector: an historical perspective of the Senegalese case. Development and Change, 20 : 599-629.

Chavance P., Bâ M., Gascuel D., Vakily J.M., Pauly D., 2004. Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'ouest, un demi-siècle de changement : actes du symposium international, Dakar, 24-28 juin 2002. ACP-UE, Bruxelles, Rapport de recherche halieutique (sous presse).

Cormier M.C., 1983. Le marché au poisson de la Gueule-Tapée à Dakar. Archives CRODT n. 85, 90 p.

CRODT, 1991. Etude de l'exploitation des ressources côtières sénégalaises par les unités de pêche artisanale. Propêche, Rapport de consultation, 77 p.

Dahou K., Dème M., Thiam D., Coulibaly D, Sène A., Ndiaye G., 2000. Impacts socio-économiques et environnementaux de la libéralisation du commerce sur la gestion durable des ressources naturelles : étude de cas sur le secteur de la pêche sénégalaise. PNUD, ENDA, CRODT, Document technique, 96 p.

Dème M., 1983. Les exportations de poisson de la pêche artisanale sénégalaise. Documents scientifiques CRODT n. 85, p. 1-28.

Dème M., 1988. Etude économique et financière de la pêche sardinière sénégalaise. Documents scientifiques CRODT n. 107, 66 p.

Dème M., 1999. Etude de la rentabilité économique et financière des pêcheries céphalopodières artisanales sénégalaises. *In :* Le poulpe commun, *Octopus vulgaris,* du Sénégal et des côtes nord-ouest africaines, Dakar, février 2000, 18 p.

Dème M., Kébé M., 1996. Commercialisation du poisson frais au Sénégal : perspectives d'amélioration. Infopêche, 24 p.

Diaw M.C., 1992. La pêche artisanale : une étude de cas sur la problématique de l'aménagement. *In :* Recherches interdisciplinaires et gestion des pêcheries, Brêthes J.C., Fontana A. (éd.). CIEO, Halifax, 228 p.

Diouf T., 1983. Les istiophoridés en Atlantique est : études des pêcheries et quelques aspects de la biologie du voilier. ICCAT, CRODT, p. 442-457.

Diouf T., 1999. La pêche sportive de voiliers : quel avenir pour le Sénégal ? CRODT, Dakar, 12 p.

Durand M.H., Conway J., 1982. La transformation artisanale, son rôle dans l'écoulement des produits de la mer au Sénégal. *In :* Aspects de la recherche en socio-économie dans la pêche artisanale sénégalaise. Documents scientifiques CRODT n. 84.

Ferraris J., 1995. Démarche méthodologique pour l'analyse des comportements tactiques et stratégiques des pêcheurs artisans sénégalais. *In :* Questions sur la dynamique de l'exploitation halieutique : table ronde ORSTOM, IFREMER, Montpellier, septembre 1993. ORSTOM, Paris, p. 155-190.

Fonteneau A., Pallares P., 1996. Interactions between tuna fisheries: a global review with specific examples from the Atlantic Ocean. *In :* Second FAO consultation on interaction of Pacific tuna fisheries, Shomura R.S., Majkowski J., Harman R.F. (éd.). FAO Fisheries Technical Paper n. 365, p. 84-123

Franqueville C., 1983. Biologie et dynamique de population des daurades *(Pagellus bellottii)* le long des côtes sénégambiennes. Thèse de doctorat, université Aix-Marseille II, 276 p.

Guèye M., 2002. Biologie, écologie et exploitation de quatre espèces de poissons porte-épée ciblées par la pêche sportive au Sénégal. Mémoire de DEA, université de Dakar, 48 p.

Hallier J.P., Delgado de Molina A., 2000. Le canneur : un dispositif de concentration des thons. *In :* Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons, Le Gall J.Y., Cayré P., Taquet M. (éd.), octobre 1999, Martinique.

Hallier J.P., Diouf T., Mbareck M., Foucher E., 1996. La pêcherie de canneurs de Dakar : un exemple de pêche responsable. *In :* Symposium thon, ICCAT, Ponta Delgada, Açores.

Kébé M., 1983. Le mareyage de poisson frais au marché de Gueule-Tapée. Documents scientifiques CRODT n. 85, p. 29-43.

Laloë F., Samba A., 1990. La pêche artisanale au Sénégal : ressource et stratégies de pêche. Thèse de doctorat, ORSTOM, 395 p.

Lamoureux P., 1985. La pêche chalutière étrangère dans les eaux territoriales sénégambiennes : analyse de l'exploitation des navires italiens et grecs de 1975 a 1983. Documents scientifiques CRODT n. 103, 70 p.

Monoyer J.P., 1980. Rapport de mission à bord du Gaïdé-Fatma, chalutier-crevettier-glacier (13-15 novembre 1980). Projet FAO/COPACE.

Ndiaye J.L., 1997. Une activité dynamique au sein d'un système complexe : place et rôle de la transformation artisanale dans le système pêche maritime au Sénégal. Thèse de doctorat, université Montpellier III.

Pech N., Samba A., Drapeau L., Sabatier R., Laloë F., 2001. Fitting a model of flexible multifleet-multispecies fisheries to Senegalese artisanal fishery data. Aquatic Living Resources, 14 : 81-98.

Porpêche, 1992. La transformation artisanale au Sénégal : salubrité dans les sites et qualité hygiénique des produits. ITA, DTP, ATEPAS, n° 12.

Seck P.A., 1980. Catalogue des engins de pêche artisanale du Sénégal. Comité des pêches pour l'Atlantique centre-est, COPACE/PACE, Séries 79/16 (Fr).

Thiam D., Domalain G., Jouffre D., Stobberup K., 2002. Synthèse sur les approches multispécifiques appliquées aux communautés démersales des pays de la CSRP : résultats sur les indices de biodiversités, les dominances, les spectres de tailles et les profils spécifiques. *In :* Symposium du SIAP, 24-28 juin 2002 (sous presse).

Weber J., 1982. Pour une approche globale des problèmes de la pêche : la filière du poisson au Sénégal. Documents scientifiques CRODT n. 84, p. 79-109.

Weber J., Fontana A., 1983. Pêches et stratégies de développement : discours et pratiques. *In :* Réunion d'experts sur les stratégies de développement des pêches, Rome, mai 1983. FAO, Rome, 11 p.

Les produits forestiers

Samba Arona Ndiaye SAMBA, Abidou GAYE, Malainy DIATTA,
Ibrahima THOMAS, Ousmane DIAGNE

L'administration forestière a poursuivi après l'indépendance une politique de conservation des ressources. La sécheresse des années 1970 a cependant entraîné une prise de conscience quant à la nécessité d'intervenir pour juguler la dégradation des ressources, aggravée par plusieurs facteurs anthropiques comme l'exploitation du bois, les pratiques agricoles et le surpâturage.

L'utilisation massive des engrais, liée à leurs prix incitatifs, a entraîné l'abandon de l'organisation spatiale du terroir et de l'intégration entre agriculture, élevage et arbre, qui constituait un facteur d'équilibre. La loi sur le domaine national, qui consacrait la nationalisation et l'appropriation par l'Etat de près de 95 % du territoire national, a freiné les initiatives et a été à l'origine du manque d'investissements financiers pour assurer la promotion de l'arbre dans le terroir, faute de sécurité foncière.

A part quelques actions spécifiques (fixation des dunes maritimes, reboisements sylvopastoraux), les projets se limitaient à établir de grands périmètres de reboisement pour assurer l'approvisionnement des centres urbains en bois énergie. Les interventions étaient fondées sur l'hypothèse que la dégradation avait pour principale cause l'exploitation du bois de feu, d'où les plantations massives de bois communautaires. De plus, les activités étaient menées de manière dirigiste sans l'implication véritable des populations.

Les résultats décevants ont montré que la dégradation des ressources résultait davantage de la complexité des systèmes et pratiques d'utilisation de la seule coupe de bois, ce qui a entraîné une diversification des interventions et leur intégra-tion dans les activités rurales, afin d'impliquer et de responsabiliser les populations.

L'ensemble de ces changements qualitatifs, opérés par une nouvelle génération de projets issus du Plan directeur de développement forestier (PDDF, 1982), a donné naissance à la foresterie villageoise, ou rurale, dont la finalité était l'autopromotion des populations. Malgré ces efforts, les superficies des formations forestières continuaient de diminuer pour passer de 12,7 à 11,9 millions d'hectares entre 1980 et 1990 (PDDF, 1982).

La recherche forestière à l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles) a évolué dans ce cadre et s'est inscrite dans les orientations définies par le PDDF, qui a été actualisé en 1990 pour donner naissance au PAFS (Plan d'action

forestier du Sénégal ; Ministère du Développement rural et de l'hydraulique, 1993). Le fait marquant a été l'entrée en vigueur des lois 96/06 et 96/07 sur les collectivités locales, qui ont élargi leur domaine d'action avec le transfert des compétences de gestion des ressources naturelles. Après dix ans, la nécessité d'actualiser le PAFS a fait l'objet d'un engagement entre les parties en 2001.

Le CNRF (Centre national de la recherche forestière), qui s'intègre dans les orientations du PAFS, s'est fixé comme objectifs de contribuer à la conservation de la nature, à la restauration des formations naturelles et des sols forestiers et à la satisfaction des besoins en produits ligneux et non ligneux à travers la production de bois et une meilleure utilisation de tous les produits forestiers (ISRA, 1998).

D'autres structures ont participé à l'effort de recherche : la DEFCCS (Direction des eaux, forêts, chasse et conservation des sols), l'université Cheikh Anta Diop, l'Ecole nationale supérieure d'agriculture de Thiès, le Centre de suivi écologique, l'ITA (Institut de technologie alimentaire), l'IRD (Institut de recherche pour le développement en coopération) et le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement).

Jusqu'au début des années 1970, les programmes de recherche, menés d'abord par l'administration forestière coloniale puis par le CTFT (Centre technique forestier tropical) de 1964-1965 et par le CNRF à partir de 1974, étaient orientés vers la problématique de dégradation des ressources et de désertification. Ils s'inspiraient des solutions prônées par les politiques nationales, qui concernaient surtout le reboisement avec des espèces à croissance rapide et la réhabilitation des peuplements.

Les programmes des années 1980 se sont intéressés à des disciplines plus variées : sylviculture et aménagement des formations ligneuses, microbiologie, agroforesterie, technologie du bois, pédologie, génétique forestière… Cette période a coïncidé avec un changement d'approche à l'instar de ce qui se faisait du côté du développement avec l'approche participative.

L'introduction de l'arbre dans le système agricole a été ressentie comme une nécessité pour freiner la dégradation des ressources, d'où l'apparition de nombreux projets agroforestiers qui traduisaient ainsi l'adhésion des bailleurs de fonds et de la communauté internationale à cette ancienne pratique paysanne devenue nouvelle approche pour les scientifiques. Cet intérêt pour l'agroforesterie s'est manifesté vers la fin des années 1980 avec la création de l'AFRENA (Réseau africain de recherche agroforestière).

Le dernier changement dans les programmes de l'ISRA date des années 1990 (ISRA, 1998). Depuis, la recherche forestière est pilotée par la demande et elle est structurée en deux programmes prioritaires : amélioration du matériel végétal et caractérisation et gestion des écosystèmes forestiers et agroforestiers.

Le présent bilan fait le point sur les principaux acquis de la recherche forestière à l'ISRA et concerne essentiellement les disciplines forestières qui ont fait l'objet de la plupart des études : sylviculture et aménagement des peuplements ligneux, amélioration génétique, microbiologie et agroforesterie.

La sylviculture et l'aménagement des peuplements ligneux

Les objectifs de ce programme sont d'identifier les espèces forestières les plus performantes en terme de production ligneuse (bois de feu, de service et d'œuvre), d'élaborer des référentiels techniques pour les sylviculteurs et les aménagistes forestiers, de mettre au point des méthodes permettant d'augmenter significativement la densité des essences de valeur et d'acquérir une meilleure connaissance de la dynamique des peuplements et des effets de certains traitements sylvicoles sur la croissance et la régénération des formations ligneuses.

La récolte et la production de semences forestières

Les études portant sur la phénologie des principales espèces forestières locales ont permis de déterminer leur périodicité de production de semences et de mettre au point des méthodes de récolte appropriées. Ainsi, les contraintes liées à la récolte de semences d'*Acacia albida* (ou *Faidherbia albida*), d'*A. senegal,* d'*A. tortilis,* de *Khaya senegalensis* et d'*Eucalyptus* sp. sont levées. Des techniques de conservation et des méthodes de traitements phytosanitaires de ces semences ont été mises au point (Roussel, 1995).

Les techniques de production de plants

Les techniques de production de plants sont maîtrisées et tous les schémas de production sont disponibles (Roussel, 1995). Elles portent sur les méthodes de levée de dormance, les types de semis, la période de semis, la nature des substrats, les méthodes de lutte phytosanitaire et la durée de la production de plants en pépinière.

La régénération et la gestion sylvicole des peuplements

La préparation et l'amélioration du sol

Les études comparatives des techniques de préparation du sol ont montré qu'une simple trouaison aux dimensions de la bêche forestière était suffisante au moment de la plantation. Cependant, dans la partie sahélienne, de meilleurs taux de survie et de croissance sont obtenus avec un sous-solage profond croisé ou avec les grands potets. Dans cette zone, la suppression du tapis herbacé les premières années améliore les réserves hydriques du sol et assure de meilleures conditions de croissance aux jeunes plants. En conditions irriguées, il est nécessaire de façonner les rigoles d'irrigation perpendiculairement aux canaux irrigateurs.

La régénération des peuplements forestiers

L'utilisation des plants élevés en pots offre plus de garantie de réussite pour les opérations de reboisement. Cependant, les plants à racines nues donnent d'excellents résultats sous irrigation mais exigent une régularité des apports

hydriques. Les semis directs ne donnent des résultats satisfaisants que dans les zones dont la pluviométrie est supérieure à 500 mm.

La période et la densité de plantation

La période de plantation au Sénégal se situe au début de l'hivernage. Elle est déterminée par le cumul pluviométrique (≥ 50 mm). Les densités optimales de plantation varient avec les espèces, les objectifs et les types de sol et vont de 400 pieds/ha (5 m x 5 m) à 1 111 pieds/ha (3 m x 3 m) pour les *Eucalyptus*. En condition irriguée, il est possible de planter toute l'année à des densités de 2 500 à 17 000 pieds/ha ou plus. Dans la zone sylvopastorale, l'écartement optimal recommandé est de 6 m x 6 m pour toutes les espèces étudiées.

L'âge d'exploitation et la production ligneuse et non ligneuse

L'âge d'exploitation des espèces à croissance rapide comme les *Eucalyptus,* très variable, dépend des objectifs de production et de la densité de plantation. En Casamance, l'âge d'exploitation est de 6 à 7 ans pour les meilleures provenances de *E. camaldulensis* Katherine et *E. tereticornis* 684-688 (17 m^3/ha/an), plantées à une densité de 1 111 pieds/ha.

Dans la zone centre et sud du bassin arachidier, l'âge d'exploitation se situe entre 7 et 8 ans (400 à 1 111 pieds/ha). Dans cette partie, les meilleures provenances de *E. camaldulensis* sont la 10543 (10 m^3/ha/an) et la 8036 (8,87 m^3/ha/an). Dans la zone nord du bassin arachidier (Bandia), les densités recommandées pour les *Eucalyptus* ne doivent pas dépasser 816 plants/ha. L'exploitation à 6-8 ans donne une productivité moyenne de 4 m^3/ha/an.

Sous irrigation dans la vallée du fleuve Sénégal, la meilleure provenance est *E. camaldulensis* 8298/FTB, avec une productivité moyenne de 30 à 40 m^3/ha/an selon l'âge de la coupe qui se situe entre 2,5 et 3 ans (DRPF, 1986). Pour les autres essences, les productivités sont de 12 m^3/ha/an pour *Prosopis juliflora,* de 10 m^3/ha/an pour *Acacia nilotica* var. *tomentosa,* de 20,6 m^3/ha/an pour *Leucaena leucocephala* et de 9,7 m^3/ha/an pour *Acacia holosericea (Racospermun holosericeum)* (DRPF, 1986).

Pour *A. senegal,* des techniques efficaces de saignées pour la production de gomme arabique ont été mises au point (outils, dates, modalités…) (Sall, 1996).

Le choix des essences de reboisement

Dans les conditions irriguées de la vallée du fleuve Sénégal, les meilleures espèces de reboisement, hormis les *Eucalyptus,* sont *P. juliflora* (12 m^3/ha/an), *A. nilotica* var. *tomentosa* (10 m^3/ha/an), *Khaya senegalensis, Casuarina equisetifolia* et *Parkinsonia acuelata.*

En zone sylvopastorale, le phénotype gris clair d'*A. senegal* est recommandé sur les sites dunaires alors que le gris foncé devra être réservé aux dépressions argileuses. *Acacia tortilis* var. *adstringens, Bauhinia rufescens* et *Sclerocarya birrea* se comportent mieux dans les bas-fonds, tandis que *A. senegal* préfère les milieux sujets à des immersions temporaires.

Dans le nord du bassin arachidier, les espèces les mieux adaptées aux sols sableux sont *Acacia senegal, A. tortilis, A. albida* et *P. juliflora.* Sur sols limoneux des bas-fonds, outre les espèces précédentes, *Tamarindus indica, S. birrea, B. rufescens* et *Anogeissus leiocarpus* ont un bon comportement. Sur sols argileux à cuirasse peu profonde, *P. juliflora, Acacia seyal, A. nilotica, Azadirachta indica, S. birrea* et *Zizyphus mauritiana* sont recommandées.

Sur les sols argilo-limoneux non salés du sud du bassin arachidier, *A. nilotica* var. *adonsonii, P. juliflora, Albizzia lebbeck, A. indica, Ceiba pentandra, S. setigera, B. aegyptiaca, Z. mauritiana, S. birrea* et *A. leiocarpus* se comportent bien alors que sur sols salés (tannes enherbées), *P. aculeata, Tamarix senegalensis, T. aphylla, C. equisetifolia, P. juliflora* et *Melaleuca* sp. sont les essences les mieux adaptées.

En Casamance, *Oxytenanthera abyssinica, Erythrophleum guineense, Spathodea campanulata, Chlorophora regia, Antiaris africana, Ceiba pentandra, K. senegalensis, Tectona grandis, Dalbergia melanoxylon, Avicennia nitida, Conocarpus erectus* sont bien adaptées.

Le choix des autres espèces

Les essences forestières recommandées dans les opérations de reboisement de la région du fleuve Sénégal sont *Leucaena leucocephal*a (20,6 m^3/ha/an), *Acacia holosericea* (9,7 m^3/ha/an), *Melaleuca leucadendron* et *A. cyanophylla.* Dans la zone centre-ouest, *A. holosericea, A. tumida, A. trachycarpa, A. laeta* et *A. mellifera* sont recommandées sur terrains limoneux alors que sur sols argileux, *A. bivenosa, A. coriace, A. tumida* et *A. cowleana* sont préférées. Dans cette zone, les espèces fourragères suivantes donnent d'excellents résultats : *Prosopis cineraria, Bauhinia cheilanta, Cassia excelsa, Caeselpinia ferrea* et *Zizyphus joazeiro.*

Sur les sols argilo-limoneux non salés de la zone centre-sud, *M. leucadendron, M. viridiflora, A. holosericea, A. bivenosa, A. sclerosperma* et *Dalbergia sissoo* sont recommandées alors que sur les sols salés argileux (tannes herbacées), le choix devra porter sur *Melaleuca* sp., *P. juliflora.* En Casamance, la préférence sera orientée vers *Acacia mangium, A. holosericea, A. tumida, Gliricidia sepium, L. leucocephala* et *Cassia siamea.*

Les outils d'évaluation de la production ligneuse sur pied

Les acquis dans ce domaine portent sur des tarifs de cubage à une ou deux entrées, qui ont été élaborés pour déterminer rapidement les stocks de bois sur pied pour les essences de bois d'œuvre et de première grandeur. Pour les espèces de sous-bois, il existe des tarifs de peuplement qui donnent les volumes de bois présents en fonction des effectifs par classes de diamètres.

En ce qui concerne la gestion des peuplements, la recherche forestière a mis au point une règle de sylviculture applicable aux teckeraies de la Casamance en utilisant un facteur d'espacement, expression de la structure d'un peuplement, qui permet de calculer, en fonction de la hauteur dominante, le nombre de tiges à enlever en éclaircie à chaque stade de développement de la plantation (Thomas, 1985, 1987).

L'amélioration génétique

Le programme d'amélioration génétique a pour objectif de mettre à la disposition des utilisateurs du matériel végétal performant adapté aux conditions des zones sahéliennes et soudaniennes. Il concerne le contrôle de l'origine et de la physiologie des semences pour la conservation et la diffusion de semences de qualité, l'exploitation de la variabilité naturelle des peuplements forestiers grâce à l'évaluation des ressources génétiques, la sélection de sujets performants, la mise en place de vergers à graines de clones ou de semis et la création d'individus performants par hybridation contrôlée ou par génie génétique.

LES TECHNIQUES ET LA PHYSIOLOGIE DE LA GERMINATION

Dans le domaine de la germination, les activités visent à mettre au point des paquets technologiques simples, directement transférables au développement, pour maîtriser les différentes étapes conduisant de la graine au plant. Pour les légumineuses, le principal problème demeure l'inhibition tégumentaire, ou dormance, des graines. Pour d'autres espèces, comme *Khaya senegalensis, Azadirachta indica* et *Casuarina equisetifolia,* les facteurs limitants sont la faible viabilité des graines (semences récalcitrantes), les conditions environnementales et les attaques des insectes ravageurs.

Le prétraitement des semences

Les recherches ont montré que le trempage des graines dans l'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré pendant un temps variable selon les espèces et leur scarification manuelle constituaient les meilleurs prétraitements (tableau I). A l'issue de ces traitements, plus de 90 % des graines germent (Roussel, 1995). Les traitements à l'eau (froide ou bouillante) sont peu efficaces. L'étape de prétraitement étant difficile à réaliser en milieu paysan, il est possible de conserver les graines scarifiées pendant 1 à 2 ans à condition de les stocker à basse température (5 °C) (Danthu *et al.,* 1996).

Tableau I. Traitements avec H_2SO_4 concentré recommandés pour stimuler la germination des graines des espèces forestières.

	Temps de trempage recommandé dans H_2SO_4 (min)
Acacia laeta	14
A. mellifera	30
A. senegal	14
Adansonia digitata	12
Leucaena leucocephala	30
Tamarindus indica	10
Zizyphus mauritiana	5

Le passage des graines dans le tractus digestif des ruminants

L'effet du passage des graines de divers ligneux *(A. nilotica adansonii, A. raddiana, A. senegal, A. seyal, B. rufescens, A albida, P. juliflora)* dans le tractus digestif des ruminants a été étudié. Après excrétion, les graines dures restent intactes et conservent leur viabilité alors que les graines aux téguments perméables sont détruites. La germination des graines dures n'est pas améliorée par ce passage dans le tractus digestif des animaux. L'ingestion par les ruminants ne peut donc être considérée comme un facteur favorisant la levée de dormance des graines dures mais seulement comme un moyen de dissémination des graines (Danthu *et al.,* 1996).

La protection des stocks contre les insectes

La conservation des stocks de graines de légumineuses arborées et leur protection contre les insectes phytophages (bruches) ont fait l'objet d'études. Plusieurs produits ont été testés pour lutter contre les insectes : l'huile de neem *(Azadirachta indica),* l'huile d'arachide et un insecticide de synthèse, la K-Othrine.

Trois couples insecte-graines ont servi de modèle : *Caryedon acaciae-Acacia nilotica, C. longispinosus-A. raddiana* et *C. serratus-Tamarindus indica.* Les résultats ont montré que les deux huiles utilisées à des concentrations variant de 5 à 20 ml/kg de graines ont un effet adulticide marqué, de même que la K-Othrine (25 à 100 mg/kg). Mais seules l'huile de neem et la K-Othrine ont eu une persistance d'effet supérieure à 5 mois. Les deux huiles ont produit un puissant effet ovicide mais pas la K-Othrine. D'un point de vue pratique, ces travaux démontrent qu'il est possible d'utiliser l'huile de neem pour protéger les stocks semenciers en Afrique au sud du Sahara.

Les semences récalcitrantes en stockage

Les essais de dessiccation des semences de *Boscia senegalensis, Vittelaria paradoxa, Cordyla pinnata* et *Saba senegalensis* ont montré qu'elles perdent leur viabilité dès que leur teneur en eau est inférieure à 22-30 % selon l'espèce. La longévité des semences en stockage humide et hermétique ne dépasse pas 4 mois. Les températures proches de zéro entraînent des phénomènes de *chilling injury* conduisant à la mort des semences. La température optimale de stockage est de 5 °C. Ces résultats permettent de les classer parmi les espèces récalcitrantes.

La germination d'espèces à faible capacité germinative

Les tests de viabilité ont montré que les semences de *C. equisetifolia* contiennent une forte proportion de graines vaines (30 à 50 %) dont l'embryon est nécrosé. Cette caractéristique est bien connue chez les essences qui produisent de très grandes quantités de semences. Ces études ont permis de savoir que les graines de *C. equisetifolia* ne présentent pas d'inhibition tégumentaire ou de dormance pouvant expliquer leur faible taux de germination in situ (Thiam, 1998).

L'AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DU MATÉRIEL VÉGÉTAL

Les plantations comparatives de provenances et descendances

Le programme d'amélioration génétique des ligneux a conduit à installer des plantations comparatives de provenances et descendances dans plusieurs stations. Ces plantations doivent être, à terme, transformées en vergers à graines. A Bandia, les essais portent sur le jujubier (5 ha), *Prosopis* sp. (6 ha) et *Tamarindus indica* (2 ha), tandis qu'à Bambey ils concernent *Acacia albida* (6 ha), *A. senegal* (10 ha), *Prosopis* sp. (4 ha) et *Azadirachta indica* (5 ha). A Dahra, les essais sont menés sur *Acacia senegal* (10 ha), *Prosopis* sp. (4 ha) et *A. raddiana* (5 ha), à Nioro, sur *Khaya senegalensis* (5 ha) et *A. indica* (5 ha), et à Kolda, sur *Anacardium occidentale* (3 ha). Des essais comparatifs de provenances de *Casuarina* sp. ont été mis en place en 1996 dans les périmètres des projets de conservation des terroirs du littoral, du nord (Potou, 4 ha) et du sud (Notto, 4 ha).

Pour *A. senegal* (18 provenances issues de l'aire de distribution de l'espèce dont 4 du Sénégal), les provenances d'Asie (3 d'Inde et 1 du Pakistan) sont nettement moins adaptées que les provenances d'origine africaine. Parmi ces dernières, Karofane, Diaménar, Aïté et Diguéri sont les meilleures à Bambey. Les essais de descendances ont permis de comparer les performances de 60 descendances de producteurs de gomme arabique appartenant à 4 provenances sénégalaises. Les résultats montrent que la provenance Ngane (sols salés, Kaolack) est la mieux adaptée et la plus vigoureuse.

Pour le genre *Eucalyptus,* pas moins de 70 espèces ont été introduites au Sénégal. Trois sont représentées par de nombreuses provenances, sans compter les hybrides : *E. camaldulensis* (126 provenances), *E. microtheca* (34 provenances), *E. teriticornis* (13 provenances) (DRPF, 1986). Les premiers tests étaient des essais d'élimination installés à Ross-Béthio, à Linguère et à Bambey, à partir de 1966.

Le verger clonal d'*Eucalyptus camaldulensis*

Les introductions d'espèces et de provenances d'*Eucalyptus* effectuées au Sénégal depuis plus de vingt-cinq ans ont permis de sélectionner, dans les différentes zones agroécologiques, les provenances les mieux adaptées et les plus productives. Pour valoriser ces résultats, un verger à graines issues de semis récoltées sur les arbres « plus » des meilleures provenances a été mis en place dans le bassin arachidier, à Bandia.

La multiplication végétative et la biologie de la reproduction

Des activités portant sur les techniques de multiplication végétative (horticole et *in vitro*) et sur la biologie florale des espèces forestières ont été menées. C'est ainsi que les techniques de greffage et de bouturage sont maîtrisées pour plusieurs espèces ligneuses fruitières, dont *A. digitata, B. aegyptiaca, C. pinnata, Detarium senegalensis, Dialium guineense, Diospyros mespiliformis, Landolphia heudolotii, S. senegalensis, T. indica* et *Z. mauritiana.*

Pour la culture *in vitro,* des résultats ont été obtenus pour le microgreffage de *K. senegalensis, Z. mauritiana* et divers *Acacia*. Quant à la technique de croisement contrôlé en vue de la création d'hybrides performants, elle a été mise au point pour *A. senegal, Z. mauritiana, Anacardium occidentale* et *B. aegyptiaca* (Diallo *et al.,* 1997 ; Ndoye, 1999 ; Diallo, 2002 ; Niang, 2002).

La domestication des fruitiers forestiers

Les recherches sur la domestication et la valorisation des fruitiers forestiers ont donné des résultats qui permettent d'améliorer leur productivité et de raccourcir leur cycle de fructification.

Pour ce qui est du raccourcissement des cycles de fructification, des résultats ont été obtenus récemment sur quelques espèces (tableau II). D'autres études visant les mêmes objectifs sont en cours sur des espèces d'intérêt.

Tableau II. Délais de fructification des espèces forestières.

	Nom local (wolof)	Cycle naturel (ans)	Cycle raccourci (ans)
Adansonia digitata	Gouye	20	5
Balanites aegyptiaca	Soump	5	3
Detarium senegalensis	Ditax	20	6
Saba senegalensis	Mad	5	2
Tamarindus indica	Daxar	15	4
Zizyphus mauritiana	Sidème	4	1

Une méthode efficace de production de plants de jujubier amélioré a été mise au point. Elle permet de produire des séries de copies végétatives de différentes variétés améliorées de jujubier. Ce travail, qui a porté d'abord sur la variété Gola, ou pomme du Sahel, a été validé pour la variété Seb et devrait pouvoir s'appliquer à d'autres variétés (Umran et thaïlandaises). La survie des plants greffés de Gola a été étudiée à chaque étape de leur production (tableau III ; Danthu, 2001).

Tableau III. Taux de survie de la variété Gola.

	Taux de survie (%)
Microgreffage (évaluation 1 mois après le greffage)	> 95
Acclimatation (2 mois après la sortie de tube)	90 à 95
Plantation au champ (3 mois après la plantation)	98
Première fructification (plant âgé de 1 an)	100

Les jujubes sont en général riches en fer et en calcium. Les compositions en éléments organiques (protéines, sucres, lipides) de la pomme du Sahel et des jujubes locaux ne sont pas significativement différentes. Cependant, durant le séchage de la pomme du Sahel, la teneur en vitamine C diminue significativement. Après séchage, la pomme du Sahel correspond parfaitement au goût des populations sénégalaises, qui la comparent à la datte (Danthu *et al.,* 2001).

La microbiologie

En microbiologie, les objectifs reposent sur l'isolement, la multiplication et la sélection de souches de micro-organismes susceptibles d'être utilisées en zones arides et semi-arides. L'utilisation des micro-organismes dans l'amélioration des espèces forestières s'est orientée vers deux pôles : l'utilisation des micro-organismes fixateurs d'azote *(Rhizobium, Frankia)* et celle des champignons mycorhiziens.

La production d'inoculum

La production d'inoculum est maîtrisée avec les bactéries fixatrices d'azote. Elle est réalisée soit directement en milieu YEM liquide ensemencé au départ de la culture pure à raison de 10^2 à 10^3 cellules/ml, soit en culture sur milieu liquide, incluse dans l'alginate (Sougoufara *et al.,* 1989). Ce dernier procédé permet de sécher l'inoculum et de le conserver sur de plus longues périodes.

De l'inoculum endomycorhizien a pu être produit sur des racines de plantes hôtes et des tests ont permis de sélectionner la tomate et le jaxatu, plantes particulièrement bien adaptées à la production d'inoculum dans les conditions de pépinière. Les techniques de production d'inoculum ectomycorhizien sont très diversifiées et ont fait l'objet d'adaptation en fonction de la souche.

La détection et la quantification des infections

En 1983, l'utilisation de l'azote 15 a permis de mieux estimer la capacité fixatrice des plantes. Cette année a vu la création du MIRCEN (Centre de ressources microbiologiques) de l'Afrique de l'Ouest, qui a rassemblé une collection de micro-organismes pour l'inoculation des espèces végétales.

Durant cette phase, la recherche s'est intéressée aux genres *Prosopis, Albizzia* et *Leucaena,* ce qui a permis de disposer d'une collection de micro-organismes importante, de produire de l'inoculum en grande quantité et d'évaluer les effets nutritionnels des symbioses.

A la fin des années 1980, les activités se sont développées grâce à la maîtrise des techniques de détection et de quantification des infections par les bactéries fixatrices d'azote et les champignons mycorhiziens, d'une part, et à la demande formulée par les services de développement, d'autre part.

L'inoculation des espèces ligneuses

L'efficacité des micro-organismes symbiotiques est déterminée en comparant les performances des plants inoculés et non inoculés ou fertilisés, suivant plusieurs techniques (Badji *et al.,* 1988 ; Sougoufara *et al.,* 1990). L'amélioration de la productivité des arbres fixateurs d'azote peut passer par plusieurs voies, qui reposent sur l'amélioration du matériel végétal, du micro-organisme associé ou des deux à la fois.

Contrairement aux cultures annuelles, les ligneux ont une longue durée de vie et une grande variabilité génétique, qui rendent plus difficile leur amélioration. L'infection des racines par les champignons endomycorhiziens est moins dépendante de l'espèce et

des caractéristiques du milieu, mais elle est sensible aux travaux mécaniques du sol (Diagne *et al.,* 2001).

Avant 1980 les biotechnologies forestières se limitaient aux travaux de microbiologie des sols entrepris par le CNRF avec la collaboration de l'IRD. L'essentiel des travaux reposait sur l'inoculation de *A. senegal* avec une bactérie *(Rhizobium)* et un champignon endomycorhizien *(Glomus mossea).* Cette inoculation améliore sa croissance et sa nodulation en pépinière (Badji *et al.,* 1988).

A partir de 1980, les recherches ont porté sur d'autres espèces : *A. holosericea, A. raddiana* et *Pinus caribaea*. Au laboratoire, la double inoculation de *A. raddiana* avec *Rhizobium* et *G. mossea* stimule la croissance des plantes et les protége contre la baisse d'hygrométrie. La principale observation a été l'uniformisation de la croissance des plantes inoculées à la fois avec *Rhizobium* et *G. mossea* par rapport aux plantes inoculées avec *Rhizobium* seul.

L'étude sur la mycorhization de *P. caribaea* a permis de sélectionner les sols les plus réceptifs à l'inoculation de l'espèce avec un champignon ectomycorhizien, *Pisolithus tinctorius* (Kabre, 1982). Les résultats montrent que la réponse à l'inoculation de *P. caribaea* dépend non seulement des caractéristiques physico-chimiques (P et pH) du sol, mais également de la présence de micro-organismes antagonistes du champignon introduit. Le problème a limité l'introduction de *P. caribaea* en Casamance. Chez les arbres fixateurs d'azote*,* comme *A. mangium,* l'inoculation avec des champignons ectomycorhiziens stimule la croissance (Duponnois et Bâ, 1999).

La capacité fixatrice des plantes

La fixation d'azote est liée à la présence de micro-organismes spécifiques dans les nodules formés avec les plantes hôtes. L'inoculation est nécessaire en l'absence de ces micro-organismes dans le milieu. La réponse à l'inoculation avec les bactéries et la fixation d'azote sont très variables chez les arbres : elles dépendent de l'espèce, de la variété, de la provenance ou du clone de l'hôte (Guèye *et al.,* 1997 ; Sylla *et al.,* 2002). Elles sont surtout marquées quand le sol est pauvre en azote.

La capacité à fixer l'azote est connue pour plusieurs espèces : *A. senegal, A. albida, P. juliflora, C. equisetifolia*. Selon les estimations, *P. juliflora* peut fixer 31 g/arbre/an (Diagne, 1994), *A. holosericea* entre 0,97 et 1,35 g/arbre/an (Cornet et Otto, 1985) et *C. equisetifolia* entre 2,51 et 40,44 g/arbre/an (Sougoufara *et al.,* 1990). Ces valeurs dépendent du type de sol et de la taille des supports utilisés. La séquence des travaux et les résultats obtenus montrent la progression et la richesse des recherches sur les biotechnologies végétales menées au CNRF.

L'agroforesterie

L'objectif du programme d'agroforesterie est d'étudier le fonctionnement des systèmes agroforestiers, en particulier celui du système de parcs, qui constitue le système d'utilisation des terres dominant au Sahel. Dans un second temps, des technologies agroforestières susceptibles de lever les contraintes identifiées seront mises en œuvre, avec des règles de gestion bien définies, afin d'améliorer la productivité des systèmes d'utilisation des terres dans leur globalité (productions agricoles, pastorales et forestières).

LE MILIEU PHYSIQUE ET SOCIO-ÉCONOMIQUE

Des études du milieu menées à partir de 1990 ont permis de distinguer cinq systèmes d'utilisation des terres dans la zone semi-aride du Sénégal. Les contraintes au développement agroforestier ont été identifiées pour chaque système et les domaines prioritaires de recherche dégagés (Beniest et Samba, 1990, 1991).

LES TECHNOLOGIES AGROFORESTIÈRES

La haie vive défensive

Les haies vives défensives servent à lutter contre la divagation du bétail et les incursions humaines dans les champs et les périmètres maraîchers. Elles permettent aussi de délimiter les parcelles et d'atténuer les conflits fonciers. Les techniques de production de plants sont maîtrisées pour les espèces testées : semis directs de graines prégermées ou non, plants à racines nues, bouturage et plants en pot.

Les techniques de mise en place sont également maîtrisées, notamment la dimension des potets, les traitements antitermites, les écartements, les dates, hauteurs et fréquences de coupe pour la gestion des haies vives défensives (DRPF, 1990, 1994, 1995 ; Roussel, 1995 ; ISRA, 1997).

Une liste d'espèces utilisables a été recommandée (tableau IV ; Beniest et Samba, 1990 ; DRPF, 1990, 1994). La haie vive permet de diversifier les spéculations agricoles et les sources de revenus des populations dans le nord du bassin arachidier.

Tableau IV. Espèces utilisables en haies vives défensives au Sénégal.

	Zone écologique
Acacia seyal, Acacia tortilis, Jatropha curcas, Parkinsonia aculeata, Ziziphus mauritiana	Niayes
Balanites aegyptiaca, Parkinsonia aculeata, Z. mauritiana	Ferlo
A. tortilis raddiana, Bauhinia rufescens, P. aculeata	Haute vallée
A. ataxacantha, A. laeta, A. mellifera, A. nilotica var. adansonii, A. senegal, A. tortilis raddiana, Bauhinia rufescens, Jatropha curcas, P. aculeata, Z. mauritiana	Bassin arachidier (nord et centre)
A. ataxacantha, A. laeta, A. mellifera, A. nilotica var. *adansonii, A. senegal, A. seyal, Bauhinia rufescens, Jatropha curcas, Moringa oleifera, Z. mauritiana*	Bassin arachidier (sud)
Acacia macrostachya, Bauhinia rufescens, Combretum sp., *Z. mauritiana*	Tambacounda (nord)

Le brise-vent

Le brise-vent vise principalement à protéger les sols et les végétaux des vents. Les techniques de plantation des brise-vent, notamment la dimension des potets, les traitements antitermites, les écartements et le suivi après la plantation, sont

maîtrisées pour quelques espèces. Les modes de gestion des brise-vent (périodes et hauteurs de coupe) et leur productivité (bois de service, bois de feu) en fonction des zones sont connus pour des espèces comme *E. camaldulensis, A. holosericea, A. tumida, Azadirachta indica, Prosopis* sp., *A. bivenosa*.

L'introduction de brise-vent dans les périmètres irrigués villageois de la vallée du fleuve a permis d'augmenter de 23 % le rendement du riz (DRPF, 1993) et d'améliorer le revenu des paysans par la vente des perches de *E. camaldulensis*. Ces avantages expliquent pourquoi plus de 65 % des producteurs de la vallée ont adopté les brise-vent. Auparavant, Dancette (1968) avait évalué l'influence des brise-vent d'*Azadirachta indica* sur le microclimat et sur l'arachide à Bambey. Une liste d'espèces utilisables est proposée (tableau V ; Beniest et Samba, 1990).

Tableau V. Espèces utilisables en brise-vent au Sénégal.

	Zone écologique
Acacia holosericea, Anacardium occidentale, Azadirachta indica, Casuarina equisetifolia, Eucalyptus camaldulensis, Melaleuca leucadendron	Niayes
Acacia senegal, Balanites aegyptiaca, Guiera senegalensis	Ferlo
A. holosericea, Cajanus cajan, E. camaldulensis, Prosopis juliflora	Haute vallée
Acacia holosericea, A. tumida, A. indica, E. camaldulensis, P. juliflora,	Bassin arachidier (nord et centre)
A. holosericea, A. trachycarpa, Albizzia lebbeck, Anacardium occidentale, A. indica, Cassia sieberiana, E. camaldulensis, M. leucadendron, P. juliflora	Bassin arachidier (sud)
A. holosericea, A. occidentale, A. indica, E. camaldulensis, P. juliflora	Tambacounda (nord)

Les cultures sous couvert arboré en ligne et les cultures en couloirs

Les tests d'introduction d'espèces dans les cultures en couloirs ont débuté au Sénégal en 1985 grâce au réseau AFNETA (Alley Farming Network for Tropical Africa). *Leucaena leucocephala* a démontré sa supériorité (production de biomasse foliaire et ligneuse) par rapport à toutes les espèces introduites au Sénégal.

Dans le bassin arachidier, *Cajanus cajan, L. leucocephala, G. sepium, Azadirachta indica, Albizzia lebbeck, Cassia siamea* et *Hardwickia binata* ont une bonne production de biomasse foliaire, avec une séquence : *Cajanus cajan, A. indica, C. siamea, G. sepium* (DRPF, 1991, 1992). L'influence de la plupart des espèces sur les cultures (mil, arachide et maïs) est neutre à positif à l'état actuel. La gestion de la composante ligneuse est connue pour les espèces testées.

La culture sous couvert arboré en lignes a également débuté à la même époque dans le nord du bassin arachidier avec les espèces *A. albida, A. nilotica, A. tortilis* et *Prosopis juliflora* associées aux cultures d'arachide, de mil et de niébé. L'effet de ces espèces est dépressif sur le rendement des cultures (Cazet, 1987), en particulier *A. tortilis* (Samba *et al.,* 2002).

LES PARCS AGROFORESTIERS

La régénération assistée

Le parc agroforestier du nord du bassin arachidier présente un peuplement diversifié, avec une prédominance de *A. albida,* dont la population se compose en grande partie de sujets adultes bien-venants. L'émondage est important et touche plus de 60 % des arbres, qui sont exploités surtout pour leurs gousses fourragères (Samba *et al.,* 1999). Cet émondage associé au ramassage des gousses compromet la régénération naturelle de l'espèce. De plus, les stratégies de protection et de gestion des rejets vulgarisées pour permettre une reconstitution généralisée du couvert végétal ne sont pas adoptées massivement.

L'interaction entre arbres et cultures

Les études sur l'influence des espèces ligneuses des parcs arborés, comme *Cordyla pinnata, A. albida* et *Sclerocarya birrea*, sur les sols et les cultures montrent que les variables pédologiques et les rendements agricoles varient en fonction de l'espèce ligneuse considérée. L'influence de *A. albida* est bénéfique pour le sol et les cultures (Charreau, 1970 ; Jung, 1966, 1967) alors que le rendement en grains du mil est réduit à proximité de *C. pinnata,* mais une gestion appropriée de l'arbre permet d'augmenter ce rendement (Samba, 1997). L'interception de l'eau de pluie dans ce parc représente 22 % des précipitations brutes, ce qui réduit significativement l'alimentation en eau des cultures sous-jacentes (Samba *et al.,* 2001).

Les études sur *Sterculia setigera* montrent qu'il s'agit d'une espèce qui joue un rôle économique, alimentaire et pastoral très important pour les populations rurales (Sène, 1994). Non gérée, l'espèce exerce un effet dépressif sur les cultures (Bakhoum *et al.,* 2001), cet effet étant plus important sur les céréales que sur l'arachide. Une synthèse sur les parcs a été effectuée (Sall, 1996).

La jachère

La jachère n'est pas considérée par les populations rurales comme une simple pratique de régénération des milieux épuisés ou dégradés, elle est aussi un lieu de production et d'exploitation de ressources ligneuses, fourragères, alimentaires et médicinales. Pour la production ligneuse des jachères, des tarifs de cubage et de production ont été élaborés pour des espèces et des peuplements variables suivant les conditions écologiques (Faye, 1998 ; Kaïré, 1999). Les recherches ont permis de constater que l'évolution de la production cumulée de litière des jachères est minimale en hivernage, avec 2 t/ha au plus toutes jachères confondues, et maximale en décembre, avec 10 t/ha. Les jachères de 1 à 3 ans et de 4 à 9 ans ont la même production, de 11 à 12 t/ha de litière, alors que celles de 10 à 20 ans n'atteignent que 7 t/ha (ISRA, 2000).

Les diagnostics montrent que les jachères sont désormais trop courtes pour restaurer la fertilité des sols et satisfaire les besoins des populations en produits ligneux et non ligneux. Elles se sont réduites en Haute-Casamance, au Sénégal-Oriental et en Basse et Moyenne-Casamance et ont disparu dans le bassin arachidier (ISRA, 1995a, 1995b). Des méthodes de substitution ont été mises au

point : haies vives, soles fourragères, bandes enherbées, haies vives mixtes, associations entre arbres et cultures, plantations alimentaires et fourragères.

Dans le domaine socio-économique, la place de la jachère dans les systèmes de production a été étudiée. La décision de mise en jachère est devenue individuelle, et les facteurs déterminants en sont la baisse des rendements, l'apparition de mauvaises herbes, le manque de semences et l'érosion (Sarr et Diouf, 1996). Les jachères fournissent des produits commercialisés, qui peuvent contribuer pour moitié du budget familial en Haute et Basse-Casamance (Djiba, 2002).

Dans le bassin arachidier, le comportement et l'influence de plusieurs espèces *(Tephrosia bractiolata, Guiera senegalensis, Cassia siamea, Prosopis cineraria)* sur la fertilité de terres en jachère sont connus. Les deux dernières semblent les plus prometteuses.

Les pâturage sous couvert arboré et les banques fourragères

L'objectif de ces techniques est de mettre à la disposition du cheptel un fourrage ligneux de qualité en quantité suffisante, pendant la période de déficit en fourrage herbacé, et de réhabiliter les pâturages naturels en introduisant des espèces ligneuses fourragères. Les recherches menées par le CNRF et le LNERV (Laboratoire national de l'élevage et des recherches vétérinaires) ont permis de mettre au point des techniques de régénération assistée et d'enrichissement des parcs avec des ligneux fourragers connus *(Celtis integrifolia, Pterocarpus erinaceus, Pterocarpus lucens)* et d'identifier les fourragers ligneux disponibles sur les parcours naturels. Grâce à ces études, il a été possible de déterminer les espèces consommées et de hiérarchiser les choix, mais aussi de caractériser les relations allométriques entre la productivité fourragère et certaines variables dendrométriques de plusieurs espèces ligneuses et de mettre au point des modes de gestion pour garantir l'utilisation durable de certaines espèces ligneuses (Fall, 1993 ; Fall *et al.,* 2000 ; Fall et Samba, 2001).

Les perspectives

L'analyse des répercussions des politiques agricoles menées depuis les années 1950 met en évidence leur impact négatif sur la préservation des ressources. Les recherches de l'ISRA ont cependant fourni des résultats qui permettent de proposer des solutions aux contraintes identifiées. Ces résultats sont cependant peu diffusés auprès des utilisateurs potentiels.

Il est donc indispensable d'instituer une politique dynamique de communication et de valorisation pour mettre ces résultats à la disposition des populations et des structures de développement et de vulgarisation. Pour cela, il est fondamental d'établir des méthodes de traitement et de diffusion des résultats, sous des formes appropriées pour les différentes cibles visées et d'instaurer une communication avec les partenaires. L'implication, à tous les niveaux et à toutes les étapes du processus de recherche, des utilisateurs des résultats constitue une voie qu'il faut privilégier pour assurer une appropriation rapide et à grande échelle des innovations.

La capacité d'anticiper, fondée sur une réflexion interactive avec les partenaires, sur les résultats obtenus et sur les tendances actuelles en matière de demande, permet de proposer les recherches à privilégier dans un futur proche. Ainsi, les activités devront s'orienter vers la poursuite des essais d'introduction, pour élargir la gamme des espèces destinées aux opérations de reboisement, et vers la conversion de plusieurs essais d'introduction en essais de gestion, afin d'évaluer les productivités et d'élaborer une gestion sylvicole de ces peuplements.

Une meilleure prise en compte des espèces locales, en particulier des fruitiers forestiers, est nécessaire pour conserver la biodiversité de ces espèces, mais aussi pour assurer la sécurité alimentaire et un meilleur équilibre nutritionnel des populations rurales. La préservation de la biodiversité et la conservation des ressources phytogénétiques sont primordiales car l'érosion génétique au Sahel continue de se manifester et la liste des espèces disparues ou en voie de l'être ne cesse de s'allonger.

Pour certaines espèces (*Eucalyptus* sp., *A. senegal*), il convient d'actualiser et de synthétiser sous forme didactique les résultats obtenus en vue de leur exploitation par les structures de développement. Les travaux de recherche sur la valorisation des sols sulfatés acides doivent être poursuivis, mais une synthèse devra être réalisée et mise à la disposition des utilisateurs.

Pour les formations naturelles, il est impératif de maintenir les dispositifs en place pour affiner les acquis obtenus, mener des observations sur la dynamique des peuplements et déterminer les productivités. La pérennité de ces dispositifs devra être assurée par une recherche continue de financements de longue durée, d'où la nécessité de négocier des formes originales de financement ou d'association (structures de développement, instituts de recherche).

Une collaboration plus étroite avec la DEFCCS et avec d'autres partenaires stratégiques devrait donc être recherchée à tous les niveaux (identification des besoins de recherche, conception et élaboration de projets communs, mise en œuvre, évaluation et diffusion des résultats) pour construire des projets porteurs, susceptibles d'intéresser des bailleurs de fonds.

Dans le même ordre d'idée, la gestion des stations de recherche forestière de référence, comme Keur Mactar pour les sols salés et Nianga pour la ligniculture irriguée, devra être assurée pour préserver les acquis et disposer de matériel végétal (semences, boutures, greffons) des meilleures espèces ou provenances sélectionnées.

Les études sur les technologies agroforestières doivent être renforcées. Des recherches approfondies devront être menées sur le fonctionnement et la gestion des parcs agroforestiers, principaux systèmes d'utilisation des terres au Sahel. Une participation plus active des populations dans les processus d'identification des contraintes et des solutions, de mise en œuvre et de suivi des activités et d'évaluation de leurs impacts sociaux, économiques et écologiques devra être garantie lors de ces études.

Les essais d'amélioration génétique méritent d'être poursuivis, entretenus et élargis à d'autres espèces, tout comme les études sur l'hybridation contrôlée et les techniques de clonage *in vitro*. La domestication des fruitiers forestiers devra polariser une bonne partie des activités futures, étant donné l'intérêt croissant des populations pour ces espèces.

Pour les semences forestières orthodoxes, la mise au point de méthodes efficaces et peu coûteuses de lutte contre les insectes spermophages constitue une avancée significative pour la conservation des ressources. Ces recherches méritent d'être poursuivies et élargies à d'autres espèces.

En microbiologie il s'agira de développer à court terme des connaissances dans le domaine des biotechnologies végétales et d'assurer la maîtrise des techniques nouvelles. Il sera important d'assurer la maintenance des banques de semences et des souches de micro-organismes afin de pouvoir faire face aux demandes. A moyen terme, il faudra renforcer le rendement des pépinières, effectuer la sélection d'espèces résistantes aux maladies afin de réduire l'usage de pesticides, promouvoir la réinsertion de l'arbre dans les champs et limiter l'utilisation des engrais minéraux. A long terme, il s'agira de sécuriser la productivité des terres pour satisfaire les besoins humains et animaux sans cesse croissants.

Enfin, les aspects économiques ont été peu étudiés. La prise en compte de ces aspects devra être assurée pour évaluer financièrement et économiquement les technologies et autres innovations de la recherche forestière.

Toutefois, pour réaliser tous ces efforts, l'effectif des chercheurs forestiers devra être renforcé. Cet effectif ne représente que 11 % de l'effectif de chercheurs de l'ISRA. De plus, le nombre de techniciens qualifiés est manifestement insuffisant, le rapport entre chercheurs et techniciens étant de 2,6. Il s'avère aussi fondamental de former des agents dans certaines disciplines, comme l'entomologie et la phytopathologie, et de renforcer la collaboration avec les autres structures du système national de recherches agricoles et la coopération internationale.

Références bibliographiques

Badji S., Ducousso M., Guèye M., Colonna J.P., 1988. Fixation biologique de l'azote et possibilité de nodulation croisée chez deux espèces d'acacias producteurs de gomme dure : *Acacia senegal* et *A. laeta.* Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, série 3, 307 : 663-668.

Bakhoum C., Samba A.N.S., Ndour B., 2001. *Sterculia setigera* Del. : effet sur les cultures. Annales des sciences forestières, 58 : 207-215.

Beniest J., Samba A.N.S., 1990. Potentialités agroforestières dans les systèmes d'utilisation des terres de la zone semi-aride du Sénégal. AFRENA, ICRAF, 200 p.

Beniest J., Samba A.N.S., 1991. Propositions de recherches agroforestières pour le système du bassin arachidier du Sénégal. AFRENA, ICRAF, 83 p.

Cazet M., 1987. Plantations en lignes et cultures intercalaires sur les sols sableux dégradés de la zone centre nord du Sénégal : premiers résultats de l'expérimentation conduite à Thiénaba depuis 1985. ISRA, DRPF, Dakar, 50 p.

Charreau G., 1970. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. IRAT, Bambey.

Cornet F., Otto C., 1985. Nitrogen fixation by *Acacia holosericea* grown in field-simulating conditions. Acta Oecologica, Oecologia Plantarum, 6 : 211-218.

Dancette C., 1968. Note sur les avantages d'une utilisation rationnelle de *Acacia albida* au Sénégal. IRAT, CNRA, Bambey, 6 p.

Danthu P., Ickowicz A., Friot D., Manga D., Sarr A., 1996. Effet du passage par le tractus digestif des ruminants domestiques sur la germination des graines de légumineuses ligneuses des zones tropicales sèches. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 49.

Danthu P., Roussel J., Gaye A., Sarr A.S., 1996. Long term conservation of seed pretreated by sulfuric acid. *In :* Innovations in tropical seed technology. Danida Forest Seed Center, Danemark, p. 37-44.

Danthu P., Soloviev P., Totté A., Tine E., Ayessou N., Gaye A., Niang T.D., Seck M., Fall M., 2001. Caractères physico-chimiques et organoleptiques comparés de jujubes sauvages et des fruits de la variété Gola introduite au Sénégal. Fruits 57 : 173-182.

Diagne O., 1994. Roots symbiosis diversity of two tree legumes: *Prosopis juliflora* (Swartz) D.C and *Acacia tortilis radiana* (Savi). *In :* Supporting capacity building in forestry research in Africa: Ist international symposium, Ng'eny-Mengech A. (éd.), Nairobi, 28 juin-1 juillet 1994. IFS, p. 339-345.

Diagne O., Ingleby K., Deans J.D., Lindley D.K., Diaïté I., Neyra M., 2001. Mycorrhizal inoculum potential of soils from alley cropping in Senegal. Forest Ecology and Management, 146 : 35-43.

Diallo I., 2002. Etude de la biologie de la reproduction et de la variabilité génétique chez le jujubier *(Zizyphus mauritiana)*. Thèse de doctorat, université Cheikh Anta Diop, Dakar, 97 p.

Diallo I., Samb P.I., Gaye A., Sall P.N., Duhoux E., Bâ A.T., 1997. Biologie florale et contrôle de la pollinisation chez *Acacia senegal.* Acta Botanica Gallica, 144 : 73-82.

Djiba M., 2002. Problématique de l'approvisionnement en bois énergie en zone périurbaine dans le bassin arachidier du Sénégal : cas du quartier de Ndiaye-Ndiaye de la commune de Fatick. Mémoire de fin d'études, ENCR, Bambey, 55 p.

DRPF, 1986. Bilan des travaux de recherche sur l'amélioration sylvicole et génétique des *Eucalyptus*. ISRA, DRPF, Dakar, 26 p.

DRPF, 1990. Rapport annuel. ISRA, DRPF, Dakar, 151 p.

DRPF, 1991. Rapport annuel. ISRA, DRPF, Dakar.

DRPF, 1992. Rapport annuel. ISRA, DRPF, Dakar.

DRPF, 1993. Rapport annuel. ISRA, DRPF, Dakar, 77 p.

DRPF, 1994. Rapport final d'activités du projet Rôle de l'arbre en exploitation agricole. ISRA, DRPF, Dakar.

DRPF, 1995. Projet rôle de l'arbre en exploitation agricole : rapport final d'exécution technique et avant projet régional d'agroforesterie. ISRA, DRPF, Dakar, 77 p.

Duponnois R., Bâ A.M., 1999. Growth stimulation of *Acacia mangium* Willd. by *Pisolithus* sp. in some Senegalese soils. Forest Ecology and Management, 119 : 209-215.

Fall S.T., 1993. Valeur nutritive des fourrages ligneux, leur rôle dans la complémentation des fourrages pauvres des milieux tropicaux. Thèse de doctorat, ENSAM, Montpellier, 139 p.

Fall S.T., Samba A.N.S., Taoré E., 2000. Exploitation des arbres à usages multiples dans les systèmes d'élevage en zone soudanienne et sahélienne. *In :* La production et l'utilisation des arbustes fourragers à usages multiples en Asie de l'Est, Afrique du Nord et Sahel, Gintzburger G., Bounejmate M. (éd.), Rabat, 16-22 février 1999, p. 47-58.

Fall S.T., Samba N.A.S., 2001. *Leucaena leucocephala :* une espèce prometteuse pour la production agricole dans les systèmes agroforestiers périurbains. ISRA, LNERV, CNRF.

Faye E., 1998. Biomasse et profil racinaires des ligneux dans les jachères en zone soudano-sahélienne du Sénégal (terroir de Thyssé Kaymor). Rapport de stage, université polytechnique de Bobo-Dioulasso, ORSTOM, Dakar, 27 p.

Gueye M., Ndoye I., Dianda M., Danso S.K.A., Dreyfus B., 1997. Active N2 fixation in several *Faidherbia albida* provenances. Arid Soil Research Rehab., 11 : 63-70.

ISRA, 1995a. Rapport de la MARP : jachère au sud du bassin arachidier. ISRA, Dakar, 24 p.

ISRA, 1995b. Rapport de la MARP : jachère en Haute-Casamance. ISRA, Dakar, 23 p.

ISRA, 1997. Rapport annuel. ISRA, Dakar, 91 p.

ISRA, 1998. Plan stratégique de l'ISRA (1998-2003) : synthèse des activités scientifiques et chiffrage. ISRA, Dakar, 83 p.

ISRA, 2000. Rapport annuel. ISRA, Dakar, 78 p.

Jung G., 1966. Etude de l'influence de l'*Acacia albida* sur les processus microbiologiques dans le sol et sur les variations saisonnières. ORSTOM, Dakar.

Jung G., 1967. Influence de l'*Acacia albida* sur la biologie des sols dior. ORSTOM, Dakar.

Kabre A., 1982. Mycorhization de *Pinus caribea* (Morelet) var. *Hondurensis* dans différents sols du Sénégal. Thèse de doctorat, université de Nancy.

Kaïré M., 1999. La production ligneuse des jachères et son utilisation par l'homme au Sénégal. Thèse de doctorat, université d'Aix-Marseille, 116 p.

Ministère du Développement rural et de l'hydraulique, 1993. Plan d'action forestier, I. Ministère du Développement rural et de l'hydraulique, Dakar, 26 p.

Ndoye M., 1999. Etude de la biologie de la reproduction chez *Balanites aegyptiaca* en peuplements naturels. Mémoire de DEA, université Cheikh Anta Diop, Dakar, 60 p.

Niang D., 2002. Etude de la biologie de la reproduction chez *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae). Mémoire de DEA, université Cheikh Anta Diop, Dakar, 57 p.

PDDF, 1982. Plan directeur de développement forestier : stratégies et planification. Secrétariat d'Etat aux Eaux et forêts, CTFT-SCET International.

Roussel J., 1995. Pépinières et plantations forestières en Afrique tropicale sèche. ISRA, CIRAD, Dakar, 435 p.

Sall P.N., 1996. Les parcs agroforestiers au Sénégal : état des connaissances et perspectives. AFRENA, ICRAF, 147 p.

Samba A.N.S., 1997. Influence de *Cordyla pinnata* sur la fertilité d'un sol ferrugineux tropical et sur le mil et l'arachide dans un système agroforestier traditionnel au Sénégal. Thèse PhD, université Laval, Québec, 186 p.

Samba A.N.S., Camiré C., Margolis H., 2001. Allometry and rainfall interception of Cordyla pinnata in a semi-arid agroforestry parkland, Senegal. Forest Ecology and Management, 154 : 277-288.

Samba A.N.S., Diaïté I., Ndour B., Wade M., Sarr A., 2002. Association arachide, niébé et légumineuses arborées : des recherches en cours. Sahel agroforesterie, 3 : 5-6.

Samba A.N.S., Sène A., Thomas I., 1999. Régénération des ligneux dans le parc à *Acacia albida*. ISRA, DRPF, Dakar, 23 p.

Sarr D.Y., Diouf O., 1996. Pratique de la Jachère dans le village de Médina Kébé : évolution et possibilité d'amélioration. ISRA, Dakar, 11 p.

Sène A., 1994. Etude socio-économique des systèmes à parc dans le bassin arachidier : cas de *Sterculia setigera* et de *Cordyla pinnata.* ISRA, DRPF, Dakar, 86 p.

Sougoufara B., Danso S.K.A., Diem H.G., Dommergues Y.R., 1990. Estimating N_2 fixation and N drived from soil by *Casuarina equisetifolia* using labelled ^{15}N fertilizer: some problems and solutions. Soil Biology and Biochemistry, 22 : 695-701.

Sougoufara B., Duhoux E., Dommergues Y.R., 1989. Choix des critères de sélection chez un arbre fixateur de N_2 : *Casuarina equisetifolia*. Acta Oecologica, Oecologia Plantarum, 10 : 215-224.

Sylla S.N., Ndoye I., Gueye M., Bâ A.T., Dreyfus B., 2002. Estimates of biological nitrogen fixation by *Pterocarpus lucens* in a semi-arid natural forest park in Senegal using 15N natural abundance method. African Journal of Biotechnology, 1 : 50-56.

Thiam A., 1998. Quelques éléments de l'écologie de la germination des semences de *Casuarina equisetifolia.* Mémoire de fin d'étude, ENSA, Thiès, 36 p.

Thomas I., 1985. Growth and yield models for unthinned stand of *Tectona grandis* in the Casamance region, Senegal. Thèse, University of Arizona.

Thomas I., 1987. Essai de modélisation de la croissance du teck (*Tectona grandis,* Lin. f.) : cas de la forêt classée des Bayottes. ISRA, DRPF, Dakar.

La mécanisation et les équipements

Alioune FALL, Philippe LHOSTE, Michel HAVARD, Ababacar NDOYE,
Amadou Abdoulaye FALL, Boubacar DIAKITE, Sanoussi DIAKITE, Ousmane SY

Le Sénégal a une longue histoire en matière de mécanisation agricole, aussi bien en motorisation pour la production et la transformation des produits qu'en traction animale. Les stratégies de mécanisation mises en œuvre depuis la période coloniale ont toujours eu comme objectif principal d'intensifier la production agricole en augmentant la productivité de la terre et de la main-d'œuvre. Plus tard, le pilotage par l'aval de la production agricole par le biais de différentes filières agro-industrielles a créé une forte dynamique autour de la transformation des produits. C'est d'abord par l'intermédiaire de la traction animale, bovine, équine et asine, que la mécanisation des itinéraires techniques est entrée dans les habitudes culturales des paysans. Les efforts mis en œuvre ont surtout contribué à étendre les superficies des cultures de rente, comme l'arachide et le coton, au détriment des cultures vivrières. En revanche, la motorisation est restée très localisée, notamment dans la vallée du fleuve Sénégal, le long du fleuve Gouloumbou et dans le bassin de l'Anambé. La SAED (Société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et de la Falémé), créée en 1965, a assuré, jusqu'à son désengagement en 1987, toutes les fonctions liées à la distribution et à la valorisation des terres aménagées, de la gestion de l'eau à la commercialisation et à la transformation du paddy récolté, en passant par la prestation de services mécanisées. Le même schéma de développement a été suivi pour d'autres périmètres hydroagricoles comme ceux de l'Anambé en Haute-Casamance, avec un encadrement plus rapproché des producteurs assuré par la SODAGRI (Société de développement agricole et industriel du Sénégal). La SODEFITEX (Société nationale de développement des fibres textiles), avec des potentialités moindres d'irrigation dans sa zone d'intervention, a utilisé une approche similaire d'encadrement des producteurs.

A l'échelon institutionnel, trois dates ont marqué l'histoire des dynamiques organisationnelles en milieu paysan, en relation avec les politiques économiques mises en œuvre par l'Etat : 1980, arrêt du programme agricole (30 milliards de dette du paysannat) ; 1984, lancement de la nouvelle politique agricole (désengagement de l'Etat marqué par le déclin progressif des sociétés d'encadrement) ; 1994, année de la dévaluation (renchérissement des prix du matériel agricole et des autres facteurs de production). Le contexte actuel de libéralisation et de mondialisation impose une responsabilisation plus poussée des producteurs, qui déploient de nouvelles stratégies orientées vers la sécurisation de la production céréalière, la diversification des systèmes de culture et le développement des filières agro-industrielles.

L'insertion de la machine dans les exploitations agricoles a permis des progrès en augmentant les capacités de travail de la main-d'œuvre et en intensifiant les cultures en zones irriguées. Dans la vallée du fleuve Sénégal et le bassin de l'Anambé, la disponibilité en main-d'œuvre représente à la fois un critère discriminant dans le processus d'allocation des terres aménagées et un paramètre d'évaluation de la capacité des exploitations à les valoriser. Dans l'ensemble, les résultats enregistrés sont mitigés, du fait de la complexité des relations entre les niveaux de mécanisation (sources d'énergie et équipement), le parcellaire et les systèmes de production. L'énergie utilisée en agriculture provient principalement de trois sources souvent complémentaires : humaine, animale et mécanique, ou motorisée. Dans les zones à traction animale comme le bassin arachidier, où 98 % au moins des exploitations agricoles sont équipées d'animaux de trait, l'énergie animale contribue pour plus de 90 % au bilan énergétique. L'analyse de la trajectoire des exploitations agricoles montre que la traction animale est la technologie la plus reproductible, grâce à un approvisionnement facile en animaux de trait et bien que le mode d'acquisition des matériels soit fonction des politiques agricoles en cours : plus de la moitié du parc de matériels de culture attelée — 53 % des semoirs, 51 % des houes et 46 % des souleveuses — a été acquis grâce au crédit pendant le programme agricole. Après 1980, le mode d'acquisition le plus fréquent est l'achat au comptant sur les marchés d'occasion et auprès des artisans (plus de 60 %). Dans ces transactions, les matériels de transport à traction équine et asine occupent une part importante. L'appropriation de la traction animale se traduit par l'existence d'axes privilégiés de diffusion et de zones homogènes en fonction des types de matériel agricole et des modes de traction adoptés. Les matériels monorangs (semoirs, houes et souleveuses) à traction équine et asine se rencontrent surtout au nord de la Gambie et ceux à traction bovine (charrues, butteurs-billonneurs) dans la zone cotonnière et en Casamance (Fall, 1985 ; Faye et Havard, 1988).

En motorisation, la situation des exploitations agricoles est plus complexe. La motorisation a essentiellement concerné la riziculture dans les aménagements hydroagricoles de la vallée du fleuve Sénégal et du bassin de l'Anambé, puis les cultures à haute valeur ajoutée, dans la zone des Niayes par exemple. Le mode de gestion en régie, longtemps en vigueur dans les structures étatiques comme la SAED, la SODEFITEX et la SODAGRI, n'a pas permis au paysannat de se familiariser avec la technologie (Le Moigne, 1981). Les coopératives d'utilisation de matériels en commun, créées pour prendre la relève de ces sociétés d'encadrement, soit sous forme communautaire, soit en prestation de services, n'ont pas survécu au désengagement de l'Etat et à la libéralisation des filières, à l'exception de quelques petites et moyennes unités de transformation privées (décortiqueuses, minirizeries, moulins).

La traction animale

Les travaux menés au Sénégal sur la traction animale ont joué un rôle déterminant en Afrique de l'Ouest par leur caractère précurseur, leur durée et leur cadre multidisciplinaire (Larrat, 1947 ; Benoit-Cattin, 1986 ; Lericollais, 1999). Au-delà des travaux d'amélioration des animaux et des techniques d'élevage en station, l'essentiel des recherches a été réalisé sur le terrain, en milieu paysan, ou dans des dispositifs de recherche-développement villageois. Cette démarche d'avant-garde a garanti la crédibilité des résultats et leur a permis de dépasser largement les frontières.

LES ANIMAUX DE TRAIT

Les bovins du Sénégal appartiennent à trois populations : les zébus Gobra dans le nord, les taurins N'dama dans le sud et les Djakoré, une population métis, dans la zone intermédiaire. Les éleveurs jouent sur le « dosage » génétique de ces différentes populations en fonction de leurs objectifs et de l'environnement (pression parasitaire, disponibilité des ressources alimentaires…). Le choix de l'animal de trait dépend aussi de son sexe et l'adoption de femelles a été encouragé afin d'éviter la compétition avec la destination bouchère des bœufs, qui atteignent rapidement une forte valeur sur le marché de la viande. Les femelles présentent nombre d'avantages : elles sont plus légères, plus dociles et plus rapides que les mâles, et fournissent, en plus du travail et du fumier, des veaux et du lait. Des études ont permis de déterminer les travaux qui conviennent aux génisses et aux vaches, en rapport avec leur alimentation, et de montrer que le travail et la reproduction étaient des fonctions compatibles à condition de tenir compte des besoins réels des femelles selon leur état physiologique : entretien, travail, gestation ou lactation. Ce raisonnement s'applique aussi aux juments.

Les équidés, notamment les chevaux, sont largement utilisés pour le transport, mais aussi pour le travail des champs dans le bassin arachidier (Lhoste, 1986 ; Faye, 1989 ; Diouf, 1997 ; Ly *et al.,* 1998). Le cheval était néanmoins peu étudié jusqu'aux travaux récents qui ont permis de mieux connaître ses aptitudes réelles et ses conditions d'utilisation. Les éleveurs apprécient les qualités de cette espèce : rapidité d'intervention, longévité, utilisation mixte (monture, transport attelé et opérations culturales, voire exhaure). Les ânes ont une moindre importance, sauf dans la partie sahélienne, où ils rendent de nombreux services, pour le transport de l'eau notamment. Ils restent assez mal connus, mais prennent de plus en plus d'importance au sein des exploitations agricoles du fait de leur coût d'achat et d'entretien relativement faible, de leur rusticité et de leur résistance à certaines maladies. Les mulets sont quasiment absents de l'Afrique subsaharienne. Les Laobés de la région de Bambey sont les principaux fournisseurs de mulets, qui sont surtout utilisés dans le transport.

L'approvisionnement en animaux de trait

L'approvisionnement en animaux de trait dépend de l'espèce, du sexe et de la zone agroécologique. Les bovins à dresser pour le travail sont soit des animaux achetés à un tiers ou sur le marché, parfois d'une autre région, soit des animaux confiés par un proche ou prélevés dans le cheptel familial, qui peut être le troupeau naisseur de la famille ou le cheptel intégré (produit des vaches de trait ou des vaches laitières). Il en va de même pour les chevaux et les ânes, qui proviennent parfois d'autres régions, ce qui pose des problèmes de pathologies et d'adaptation.

La gestion de la carrière de l'animal de trait

La carrière des animaux est courte ou longue selon l'espèce. Le cheval et la jument, l'âne et l'ânesse, qui n'ont pas de débouchés en boucherie en fin de carrière, sont le plus souvent utilisés jusqu'à la fin de leur vie. L'agropasteur adapte alors l'utilisation de son animal à ses performances, qui évoluent dans le temps. Pour les bœufs de trait, les agriculteurs pratiquent une embouche longue

afin d'optimiser l'apport alimentaire : il s'agit de dresser des bœufs très jeunes et de les faire travailler en fonction de leur poids pendant leur phase de croissance pondérale, l'alimentation est alors bien valorisée et le profit est optimal lors de la revente en boucherie du bœuf subadulte. Les femelles sont particulièrement intéressantes car multifonctionnelles.

L'intégration des animaux de trait dans l'exploitation agricole

La promotion de la traction animale a largement favorisé l'émergence d'une catégorie d'agropasteurs qui associent de plus en plus la culture et l'élevage. La gestion de la fumure animale, par exemple, suppose un ensemble d'opérations comprenant la stabulation des animaux (en particulier des animaux de trait), la fabrication de fumier à partir de la litière végétale (refus de fourrages), le transport attelé du fumier vers les parcelles à fertiliser et le labour (ou un travail plus superficiel du sol) pour l'enfouissement du fumier.

Le système d'alimentation a fait l'objet de nombreux travaux : valorisation des résidus et sous-produits des récoltes, cultures fourragères, cultures mixtes (arachide, niébé), ligneux fourragers. L'animal de trait a souvent ouvert la porte de l'exploitation agricole aux gros animaux, qui y trouvent ensuite d'autres fonctions économiques : embouche, production laitière.

LES MATÉRIELS DE TRACTION ANIMALE

Environ 80 matériels monovalents et une dizaine de polyvalents, adaptés aux tractions animales disponibles, ont été testés (Bordet 1988 ; Fall, 1985 ; Havard 1985a, 1986, 1988). Certains ont été importés, d'autres mis au point ou adaptés sur place. En collaboration avec les services agricoles, le quart de ces matériels a été retenu pour être diffusé en milieu rural par le programme agricole. Une dizaine seulement, pour la plupart des matériels fabriqués par la SISMAR (Société industrielle sahélienne de mécanique, de matériels agricoles et de représentation), ont été adoptés par les paysans. Les plus connus peuvent être classés en quatre groupes : unités légères, unités moyennes, unités lourdes et unités de transport.

Les unités légères

Le semoir Super-Eco d'Ulysse Fabre est un matériel conçu pour le semis en ligne. Il se compose principalement d'une trémie (5 kg environ) montée sur un carter traversé par un arbre sur lequel est monté le mécanisme de distribution (un pignon 8 dents et un plateau disque de commande 24 trous). Le disque distributeur, bloqué en position sur le plateau par un système simple composé de deux ergots, d'un ressort et d'un écrou moleté, entraîne dans son mouvement rotatif les graines vers la lumière de sortie, où elles sont éjectées dans la goulotte de descente par un éjecteur fixé sur la cloison. Les disques distributeurs mis au point ou adaptés au Sénégal peuvent être répartis soit en groupes ou classes, ou plus simplement en utilisant la nomenclature crans, trous ou alvéoles et cuillères, en fonction des espèces et des variétés. Les disques les plus courants sont à 20 et 30 crans, 24 et 30 trous, essentiellement destinés au semis de l'arachide (huilerie et bouche), 16 trous pour le maïs, 4 et 8 trous pour le mil et le sorgho avec utilisation possible de cache (bouchage des 4 trous) pour le semis du mil, 3, 4 et 5 cuillères pour le mil

Souna et le sorgho. Le niébé est semé avec 8 trous et le coton, avec 16 crans. Pour le coton, il existe un autre type de semoir pour les graines non délintées, le semoir Tamba. La densité du semis au semoir est fonction du nombre de trous, crans ou cuillères, de l'épaisseur du disque et de l'écartement entre les lignes. La profondeur de semis varie entre 3,5 cm et 4 cm selon l'espèce et la variété.

Les houes simples sont pour la plupart des multiculteurs testés dans les conditions du bassin arachidier. La houe occidentale, bien adaptée aux sols dior (sableux et légers), est souvent utilisée pour effectuer le sarclo-binage, le grattage, le soulevage de l'arachide, le labour avec un corps de charrue de 6 pouces et le buttage avec un corps butteur. Elle est composée d'un age, qui porte les mancherons, de pièces travaillantes, d'une roue d'entraînement placée à l'avant et d'une équerre de traction. Trois lames plates portées par des étançons rigides fixés en triangle sont utilisées. La houe sine 9, composée d'un bâti en fer plat de 2 mm x 4 mm, est plus versatile que la houe occidentale (Nolle, 1986). Elle peut effectuer divers travaux grâce à une barre porte-outils fixe, surtout le soulevage de l'arachide. Les lames disponibles sont les suivantes : 200 ou 350 mm pour les variétés érigées et 500 mm pour les variétés rampantes. Il existe une variante appelée houe sine-Greco caractérisée par la présence de 2 barres porte-outils en U fixées sur le bâti par des étriers.

Les unités moyennes

Etant donné leur gabarit et le niveau des efforts de traction, l'utilisation des bovins est plus indiquée pour les unités moyennes, qui sont aussi classées dans la gamme des multiculteurs.

L'Arara est constitué d'un bâti en tube assez résistant et dispose de deux barres porte-outils : la plus longue est placée au milieu du bâti, fixée par étrier, l'autre est montée à l'arrière par boulonnage. L'Arara ne peut travailler que sur un interligne contrairement à l'Ariana (Nolle, 1986), qui peut travailler en même temps sur deux interlignes d'un écartement de 45 à 60 cm, grâce à ses deux roues parallèles. Son bâti est carré et équipé d'une barre porte-outils placée à l'arrière du cadre, dont la fixation est assurée par deux étriers. L'Ariana peut également accomplir d'autres travaux comme le labour avec une charrue réversible au quart de tour ou le buttage.

La charrue UCF est aussi classée dans les unités moyennes. C'est un matériel de labour, composé d'un age en un seul élément avec l'étançon de la charrue, de mancherons directement fixés sur le contre-sep, d'un régulateur de traction horizontal et vertical et d'un report de traction relié à la charrue par un système de crochet appelé queue de loup et fixé sur l'age au-dessus du soc à un quart du bec correspondant au point de résistance. Les tests ont permis d'équiper la charrue d'un versoir de type universel.

Les unités lourdes

Les unités lourdes sont essentiellement conçues pour la traction bovine. Le polyculteur à grand rendement, multifonctionnel, est le plus diffusé. Il peut assurer toutes les opérations culturales de l'exploitation. Il est monté sur pneumatique à travers deux demi-essieux et doté d'une barre porte-outils rectangulaire pour la fixation de différents équipements : lames plates, dents de scarifiage, butteur, lame

souleveuse, charrue équipée d'un seul mancheron, ensemble de semoirs (3 rangs) et plateau de charrette sur le châssis. Le demi-essieu portant la roue motrice (roue de droite) est équipé d'un pignon pour assurer le semis. La transmission s'effectue par l'intermédiaire d'une chaîne, en synchronisation avec un second pignon moins grand porté par l'arbre de commande du système de distribution des trois semoirs.

Les unités de transport

Les charrettes sont des équipements de transport à traction bovine (timon), équine ou asine (brancards). Elles servent au transport des récoltes et des personnes, aussi bien en milieu rural qu'urbain (format calèche). Une charrette est généralement composée d'un plateau en planches de bois de 240 cm x 150 cm fixé sur un cadre métallique de fer en U avec quatre traverses. Les roues en pneu-matique sont fixées à un essieu en acier par le biais de moyeux munis de roulements. Dans le cadre de la fabrication artisanale, l'essieu est souvent fait de deux fers en U soudés de manière à faire apparaître une cavité centrale. La liaison entre l'essieu et le plateau est assurée par deux socles en fer de cornière plié en V avec des longueurs de branches de 71 cm. L'ouverture de ces dernières fait environ 110°. La charge utile d'une charrette (avec ou sans ridelles) se situe entre 450 à 1 000 kg selon qu'il s'agit de l'âne, du cheval ou du bœuf.

Les matériels spécifiques aux zones agroécologiques

Les sols dominants dans le bassin arachidier reprennent en masse en saison sèche, ce qui représente une contrainte dans la mise en œuvre de techniques de gestion efficaces. Du point de vue du choix du matériel agricole, les travaux entrepris par l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles) en collaboration avec le CEEMAT (Centre d'études et d'expérimentation du machinisme agricole tropical) ont débouché sur la mise au point de dents Gouvy et RS avec pointe réversible. Ces dents en acier, de section 60 x 12 mm, sont équipées de pointe dont l'angle d'entrure varie entre 15° et 20°. La dent est généralement fixée à l'arrière d'un bâti de multiculteur à traction animale (type houe sine) avec des étançons dont le profil varie de droit (RR) à une inclinaison de 60° (Gouvy). Ces dents permettent d'éclater la couche superficielle des sols sablo-argileux, facilitent l'infiltration des premières pluies et limitent l'érosion éolienne et hydrique en présentant en surface de grosses mottes et moins de terres fines. Il ressort des tests que l'étançon de 60° demande moins d'efforts de traction à profondeur de travail égale.

Pour la préparation du sol dans les rizières de Basse et de Moyenne-Casamance, qui ont une teneur en argile comprise entre 10 et 25 %, des matériels à traction bovine ont été adaptés (Le Craz 1970 ; Traverse, 1974a, 1974b ; Fall, 1987) : remplacement de la roue de la charrue à claire voie par un patin pour éviter tout embourbement, remplacement du versoir de la charrue Ebra par un autre de type hélicoïdal pour assurer le retournement complet de la bande de terre découpée lors d'un labour à plat à sec (27 h/ha), fabrication de herses pour la finition des labours (types espagnoles et Djibélor), confection de lames de planage et introduction de la charrue tourne-oreille Cecoco (37 h/ha) pour effectuer un labour sous lame d'eau. Un autre matériel mis au point est le rouleau piétineur (type Bambey, Djibélor ou malgache modifié) pouvant être alourdi en fixant des masses en fer rond sur l'axe. Quatre passages croisés (15 h/ha) nivellent bien le sol, avec une structure très fine jusqu'à 5 cm et massive à très forte cohésion en dessous, pouvant assurer un enracinement

rapide du riz jusqu'à 10 cm de profondeur au début du cycle végétatif. Par ailleurs, deux modèles de matériel de nivellement ont été mis au point et testés : la pelle ou scrapper USAID-Djibélor (équivalent d'une brouette de sable) et le modèle Bianquis, à base de fût de 200 l renforcé et ouvert sur la moitié du cylindre.

Pour le semis, deux semoirs à grand rendement, Goujis et Garnier, ont donné des résultats acceptables, mais n'ont pas été bien diffusés du fait d'un investissement initial élevé et d'un parcellaire trop morcelé. Ils sont tous les deux équipés de grandes roues pour franchir les diguettes. Le soc du semoir Garnier se soulève au contact d'un obstacle. Son principal défaut est le manque d'efficacité du système de recouvrement des graines. Le semoir Goujis présente un défaut dans le système de distribution (usure rapide du caoutchouc utilisé). D'autres semoirs de moindre capacité ont aussi donné des résultats mitigés : SAED-SISCOMA (problèmes de distribution et d'enterrage des graines), Sodaica (difficile à tirer par les bœufs de race Ndama) et SATEC-Le Lous (problèmes de distribution et d'enterrage des graines). Récemment, un semoir à riz 4 rangs à traction animale pour la riziculture de nappe a été réalisé avec l'adaptation de deux semoirs à riz de type Casa à traction manuelle. Dans le même cadre, une version à traction manuelle du semoir Super-Eco, nommée DJ-Eco, a été réalisée pour le semis de petites parcelles labourées à plat ou en billons (Fall, 1987).

Pour la vallée du fleuve, le projet d'introduction de buffles dans la ferme de Makhana, réalisé avec l'USAID (United States Agency for International Development), a permis à l'ISRA de tester et d'adapter un certain nombre de matériels à traction animale : la houe sine (équipée d'un corps de charrue 10", d'une dent CEEMAT et d'un corps billonneur), un roliculteur, une pelle à terre et un plateau de charrette modifiée en traîneau. Les tests ont été réalisés avec un harnachement adapté aux buffles : collier et joug de garrot fabriqués localement. Hormis la pelle, qui exige un effort de traction de plus de 100 kg, les équipements sont à la portée des buffles : 32 kg avec la charrue (profondeur de 10 cm et largeur 25 cm), 53 kg avec le corps billonneur (largeur de 60 cm et hauteur de 20 cm), 73 kg avec le roliculteur (avec une paire de buffle : profondeur 5 à 6 cm sans masse d'alourdissement). Le roliculteur du CEEMAT est constitué des éléments suivants : châssis-cadre pouvant accepter des masses d'alourdissement, 2 rotors en V, 4 flasques concaves (forme de disque) par rotor équipés de 6 lames démontables, 2 roulettes de stabilisation fixées à l'avant, un triangle de traction en chaîne et de 2 mancherons.

Les matériels de fauche

La faucheuse à fourrages Mesko, à traction équine, est d'origine polonaise. Son introduction au Sénégal a requis quelques adaptations à la traction bovine, réalisées par le CNRA (Centre national de recherches agronomiques) de Bambey et la SISCOMA (Société industrielle sahélienne de commercialisation des matériels agricoles) : suppression de la chape de retenue des chaînes de reculement sur le timon et remplacement de la volée complète (palonniers) par une tringle de tirage (Plessard et Pirot, 1972).

En traction bovine, il faut compter des vitesses d'avancement de 2,5 km/h. Pour cette raison, le rapport des pignons a été porté de 26,36 à 33 : un développement de la roue sur 2,48 m procure 33 tours de plateau correspondant à 26,6 courses de bielle, soit un sectionnement tous les 37,6 mm pour une capacité de coupe des sections de 45 mm. Les efforts de traction enregistrés sont de l'ordre de 52 kg pour un déplace-

ment à vide (barre de coupe relevée et mécanisme non enclenché) et de 95 kg avec des pointes de 120 kg en position de travail : coupe de *Cenchrus biflorus, Hibiscus asper* et autres espèces. La largeur de fauche est de l'ordre de 1,2 m et sa hauteur, de 53 mm. Le diamètre des roues motrices en fonte est de 792 mm. Récemment, des adaptations similaires ont été effectuées pour la traction asine à Dahra.

L'insertion de la motorisation

Les types de motorisation

Avant son désengagement, la SAED possédait 45 tracteurs de 33 à 81 kW à 2 et 4 roues motrices et une cinquantaine de batteuses à moteurs de 600 à 1 000 kg/h. Pour en faciliter la gestion, la SAED travaillait en colonnes de labours composées de tracteurs de 59 à 81 kW. A la même époque, le parc des organisations de producteurs, résultat de projets d'équipement et d'actions de recherche-développement, était composé de 12 tracteurs de 33 kW et de 24 batteuses de 600 kg/h, à Ndombo-Thiago, et d'une douzaine de tracteurs de 48 kW et de batteuses de 800 kg/h, à Nianga.

Par la suite, les expériences ont surtout porté sur les conditions véritables de transfert des activités aux organisations de producteurs, pour mieux satisfaire leurs besoins, et sur les options techniques, afin de développer la double culture. Elles ont abouti à des propositions de tracteurs à 4 roues motrices de moyenne puissance (33 à 48 kW), équipés d'un offset ou d'un rotavator, d'une planche à niveler, d'une remorque et de batteuses de 600 à 1 000 kg/h. Des motoculteurs ont été essayés, mais sans succès auprès des paysans. Grâce à un financement de la BOAD (Banque ouest-africaine de développement), un programme d'équipement d'une dizaine de sections d'utilisation du matériel agricole, sur un nombre initial de 80 à 100, a été lancé sous forme de prêts. Le principal facteur limitant a été l'apport personnel minimal de 20 % pour l'octroi d'un prêt.

En dehors de la vallée, plusieurs tracteurs intermédiaires (minitracteurs) et motoculteurs d'origine européenne ou asiatique ont été testés en milieu réel pour le riz et le cotonnier : la repiqueuse à riz, avec le programme riz irrigué de l'ADRAO (Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest), la moissonneuse-lieuse à Djibélor, le stripper (égrenage sur pied) dans la vallée du fleuve Sénégal, les tracteurs Bouyer TE, dans le bassin arachidier et en zone cotonnière, Staub (différents modèles), ICC et Kubota. Des rapports détaillés décrivent les performances de ces matériels.

Les performances des systèmes motorisés

Les suivis réalisés ont montré que les prix des prestations étaient rémunérateurs et permettaient de rentabiliser un tracteur en 3 ans et 3 000 h de travail (un passage d'offset entre 14 000 et 17 000 FCFA/ha) et une moissonneuse-batteuse en 2 ans et 2 500 h de fonctionnement (en prenant 20 % de la production vendue à 85 FCFA/kg). Ils ont aussi souligné la fragilité économique de la situation car les matériels sont importés. La dévaluation de 1994, avec le doublement des prix des

matériels sans variations importantes à la hausse des prix du riz, a vite remis en cause l'activité de prestation de travaux motorisés.

En plus de ces suivis, des travaux ont prouvé qu'il était possible de réaliser des progrès en formant et en conseillant les utilisateurs. Les besoins de formation sont techniques, pour les chauffeurs et les mécaniciens, et relèvent du domaine de la gestion technico-économique, pour les responsables d'organisations de producteurs et d'entreprises privées. Dans le domaine de la gestion, des méthodes et des outils de conseil ont été conçus pour l'étude des projets d'équipement, l'élaboration et l'analyse des comptes d'exploitation et l'organisation des chantiers (programmation du travail et relations entre prestataires et clients).

Les matériels de récolte et de postrécolte

Les équipements de récolte motorisés

La mécanisation de la récolte de l'arachide a été l'occasion de tester et de modifier, si nécessaire, un certain nombre d'équipements tractés comme l'aracheuse-secoueuse à tablier fabriquée par Lilliston (Etats-Unis). Cet équipement, encore utilisé au CNRA de Bambey, est constitué de socs souleveurs à l'avant et d'un système élévateur assurant l'entraînement des pieds d'arachide vers l'arrière tout en les secouant (nettoyage) à l'aide de doigts métalliques animés de mouvements saccadés par un système de transmission par chaîne. Le mouvement d'ensemble est impulsé à partir de la prise de force d'un tracteur. Les pieds ainsi secoués et débarrassés de la terre sont placés en andain par deux déflecteurs, pour être ramassés par la suite pour le battage. Cette opération de battage est assurée à la main, à l'aide de fléaux, ou à la machine. Le battage mécanique est réalisé soit par l'intermédiaire de batteuses à poste fixe (le plus courant) ou de ramasseuses-batteuses entraînées par un tracteur (équipement de marque Lilliston testé au CNRA de Bambey et sur la station de Séfa en Casamance).

Les matériels de battage

Le battage représente la première phase de la postrécolte, avant la transformation, pour la plupart des produits agricoles : mil, sorgho, maïs et riz. Le diagnostic des systèmes de postrécolte a révélé des pertes substantielles quand la production est importante, principalement au cours du battage. Cette situation est caractéristique des systèmes traditionnels des régions de Ziguinchor, Kolda, Tambacounda et de la haute et moyenne vallée du fleuve Sénégal. La mécanisation progressive, en réduisant ces pertes, devrait déboucher sur une amélioration globale des systèmes de postrécolte.

Les batteuses à céréales

Les principales batteuses à céréales testées et modifiées au CNRA de Bambey sont la BS-1000 (Bambey, SISCOMA, 1 t/h), la DAK II de Marot et la Bourgoin. La DAK II de Marot est en fait une reprise du modèle BS-1000 par un constructeur français, avec ajout d'une grille vibrante avant l'ensacheur. Ce modèle, introduit au Sénégal entre 1977 et 1978, n'a pas été diffusé. La batteuse Bourgoin a été, quant

à elle, largement diffusée et reprise, par Matforce, sous le nom de Bamba et, par la SISMAR, sous le nom de Touba.

La BS-1000 est une batteuse pour mil et sorgho mise au point en 1971 par la Division du machinisme agricole et du génie rural du CNRA de Bambey (Plessard, 1971). La fabrication industrielle de la batteuse a été assurée par la SISCOMA. Les épis disposés sur la table d'alimentation sont introduits manuellement sous la hotte de protection. Un tambour engreneur force l'introduction des épis entre le batteur et le contre-batteur. Le batteur est une pièce cylindrique recouverte de métal déployé, qui frictionne les épis contre le contre-batteur, également recouvert de métal déployé. Il est possible de régler l'écartement de ces deux pièces en fonction de la céréale à battre. Le produit battu est recueilli dans une chambre et entraîné régulièrement par le distributeur sur le crible. Le grain chute à travers les mailles de ce crible dans le couloir de nettoyage vers le convoyeur à vis. Le nettoyage du grain s'effectue par séparation densimétrique. Un courant d'air issu du ventilateur passe par le couloir et au travers des mailles du crible, entraînant les déchets vers l'extérieur. La majorité des poussières est évacuée par un aspirateur.

La Bamba testée au CNRA de Bambey est polyvalente : mil Souna, sorgho, maïs. La vitesse de rotation du batteur est de l'ordre de 800 tours/min pour le sorgho et le maïs et de 1 200 tours/min pour le mil Souna. La Bamba est équipée d'un moteur thermique d'une puissance de 10 à 11 CV, et sa capacité moyenne tourne autour de 400-500 kg/h. Le système de battage se compose d'une table d'alimentation pour l'introduction manuelle des épis dans la chambre de battage, d'un batteur en forme de tambour long de 62,5 cm avec un diamètre de 14 cm, équipé de 3 battes hélicoïdales amovibles, d'un contre-batteur constitué de 2 demi-cylindres et d'un ventilateur, logé dans une chambre munie de 2 volets latéraux pivotants pour le réglage du niveau de ventilation, pour assurer le nettoiement du produit. Les épis (grains à 13-14 % d'humidité), une fois introduits dans la chambre de battage et débarrassés de leurs poussières sous l'effet de l'aspirateur sont sectionnés en menus morceaux par le couteau situé dans la hotte de protection. Le mélange obtenu est entraîné vers la grille vibrante, puis évacué au travers de la première grille amovible du second demi-cylindre du contre-batteur. Un nettoyage est effectué à ce stade grâce au ventilateur. La seconde grille vibrante située vers l'évacuation des déchets effectue une dernière séparation. Les grains propres sont acheminés vers l'ensacheur sous l'effet du convoyeur à vis sans fin.

Les batteuses à riz

Deux batteuses ont fait l'objet d'une attention particulière de la part de la recherche : Votex et Asi.

La batteuse portative Votex Ricefan a été introduite des Pays-Bas en 1988, dans la vallée du fleuve, l'Anambé et le Kédougou, dans le cadre du programme national de technologie rizicole après récolte de l'ISRA et de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture). L'une des retombées de ce programme a été la formation des artisans et industriels locaux à sa fabrication. Il faut au moins 6 manœuvres pour faire fonctionner la batteuse : 3 pour l'alimenter en paille, 1 pour récupérer le paddy battu avec des bacs, 2 pour dégager la paille sortie de la batteuse le plus loin possible pour éviter le submergement du lieu de battage. Les tiges de riz passent dans la chambre de battage suivant un mouvement tangentiel et direct permettant d'éviter les bourrages. Le batteur est équipé de 6 battes à dents,

en alternance avec des rangées de 6 lames courbées de ventilation transformant le batteur en batteur-ventilateur. Le réglage de l'écartement entre le batteur et le contre-batteur permet de jouer sur la qualité du battage, selon la variété de riz. La séparation à travers la grille du contre-batteur est de l'ordre de 85 %, les 15 % restants de graines battues sont expulsés avec la paille, en même temps que les impuretés et déposés sur une bâche fournie avec la batteuse. Les graines collectées au niveau de la goulotte de descente ont une propreté acceptable et nécessitent parfois un nettoyage complémentaire.

La mise au point de la batteuse Asi, par l'ADRAO, la SAED et l'ISRA, a débuté à la suite des essais du combiné SG800/TC800 de l'IRRI (International Rice Research Institute), introduit dans la vallée du fleuve Sénégal en 1994 (ADRAO *et al.,* 1998a, 1998b, 2003). L'objectif était double : élargir la gamme des matériels de battage du riz mis à la disposition des producteurs et développer la fabrication locale de ces matériels. Les industriels (SISMAR) et les artisans (Momar Dieng et Agritech) ont été largement impliqués dans le processus. L'utilisation de cette batteuse nécessite 5 manœuvres : 2 pour la conduite (à remplacer après 4 h de travail), 2 pour assurer l'alimentation en continu et 1 pour dégager le paddy et libérer la goulotte de l'encombrement occasionné par la paille. Les tiges de riz récoltés sont déposées sur la table d'alimentation avant d'être introduites dans la chambre de battage par l'opérateur. La chambre de battage est constituée d'un batteur muni de 8 battes pour un total de 72 dents et d'un contre-batteur (couvercle muni de 6 déflecteurs assurant l'écoulement de la matière et une grille). Le batteur tourne à un régime avoisinant les 800-950 tours/min. Les graines et menues pailles qui passent à travers la grille du contre-batteur sont réceptionnées sur la table de séparation densimétrique composée de 2 tôles perforées superposées. Le nettoyage est assuré par un ventilateur situé en bas, vers l'avant de la table de séparation. Le paddy débarrassé de toutes les impuretés est entraîné vers la sortie ou goulotte de descente sous l'action d'une vis sans fin et collecté par l'intermédiaire de bac. La paille est évacuée en deux phases : les menus débris par la deuxième goulotte de descente et la grosse paille depuis la chambre de battage est expulsée par la vitesse de rotation du batteur. La batteuse est maniable et facile à déplacer d'une parcelle à l'autre (pneumatique monté sur un châssis). Il existe sur le marché deux versions de la batteuse Asi, dont les rendements varient de 1,2 à 1,4 t/h, pour le modèle standard, à une moyenne de 2 t/h, pour la version améliorée. Dans la version améliorée, le nettoyage est assuré par un système de ventilation à double flux, qui donne un produit très propre.

Les matériels de nettoiement et de criblage

Le crible du Sénégal

Le modèle actuel du crible du Sénégal, de la SISCOMA, avait été testé et introduit pour le nettoyage des mélanges de variétés d'arachide suivantes : 28-206, 47-16, 48-115, 28-204. La plupart de ces variétés ont d'ailleurs presque disparu : 47-16, 48-115 et 28-204. Ce crible a fait l'objet d'une vulgarisation et d'une commercialisation à la suite des tests très concluants réalisés par la Division du machinisme agricole et du génie rural du CNRA de Bambey en 1963-1964. Il pèse 212 kg avec un débit moyen de l'ordre de 1,5 t/h.

Le crible doit être placé sur une surface plane, dallée de préférence. Les gousses en provenance de la trémie (80 kg) passent à travers les trous, de 20 mm ou 24 mm, du cylindre ou trommel intérieur (suivant le calibre des variétés). Elles se débarrassent ainsi dans un premier temps des grosses impuretés : bâtonnets, pierres, mottes de terre et autres. Ces impuretés sont acheminées directement vers la goulotte de récupération des corps étrangers par l'effet conjugué inclinaison-rotation (20 tours/min mouvement hélicoïdal). Les gousses une fois dans le cylindre ou trommel extérieur de forme hexagonale (tube serrurier de 16 mm) subissent un brassage permettant aux impuretés de petite dimension (sable, brindilles, gynophores, pailles) de passer à travers les barreaux dont les écartements sont calculés pour ne pas laisser passer les graines. C'est à ce niveau d'ailleurs que le crible commence à donner des signes d'inefficacité, dans la mesure où des gousses d'un certain gabarit commencent à se coincer entre les barreaux du cylindre extérieur (Le Moigne, 1968a, 1968b). Ce phénomène occasionne des pertes substantielles de produit sous forme de gousses de petite taille. Il faut aussi signaler que le crible est incapable de séparer les coques vides des coques bien remplies. Les gousses contenues dans le cylindre extérieur, débarrassées du maximum d'impuretés, sont progressivement acheminées vers le système d'ensachage, sous l'effet du mouvement hélicoïdal imposé par la manivelle et l'inclinaison.

Le tarare de type Bambey

L'importance des pertes enregistrées avec le crible du Sénégal a amené la SISCOMA à travailler sur un matériel de nettoyage plus performant afin d'amélioration la qualité de l'arachide commercialisée : c'est le tarare de type Bambey, modèle Darragon. A partir de la trémie, le système de nettoyage est assez simple : après l'élimination des grosses impuretés (pierres, bâtonnets et terre) par un secoueur à trois étages, l'arachide est réceptionnée à travers une grille à un niveau inférieur, dit étage intermédiaire. Un système de ventilation assure un nettoyage plus efficace que le crible du Sénégal, en libérant les gousses pleines des impuretés telles que sable, petits cailloux et gousses vides. Le tarare, actionné par un moteur de 2 CV, peut atteindre un débit de 3 t/h.

LES MATÉRIELS DE TRANSFORMATION

L'épierreur polycéréales

L'une des contraintes de la transformation des céréales réside dans la difficulté d'éliminer le sable et les pierres présents dans les matières premières, le mil notamment. La technique traditionnelle de vannage à laquelle les entreprises ont recours est, comme dans le cas de la granulation manuelle, longue et fastidieuse. En outre, elle n'évite pas la présence de sable et de pierres dans les produits finis destinés à la consommation.

Dans le cadre d'un projet du ROCAFREMI (Réseau ouest et centre africain de recherche sur le mil), un épierreur polycéréales a été réalisé par l'ITA (Institut de technologie alimentaire), en partenariat avec deux entreprises locales, Urpata-Sahel et Diakité Kaba Production, à partir d'un prototype indien. Placé en amont du processus de transformation, l'épierreur, d'une capacité de 175 kg/h de produit traité avec un moteur de 1,5 kW (1 500 tours/min), fonctionne sur le principe de la

séparation densimétrique. Le produit chargé dans la trémie passe sur une table inclinable animée d'un mouvement alternatif combiné avec un système de freinage. Une ventilation ascendante sous cette table densimétrique assure la suspension de la masse de produit. Ces deux mouvements effectuent ensemble la séparation des grains et des pierres et leur collecte de part et d'autre de la table.

Des pays comme le Mali, le Niger et le Burkina Faso ont adopté cet équipement, qui s'impose comme un outil essentiel pour accroître la qualité des produits transformés et les performances des entreprises émergentes de transformation des céréales. L'ITA a transféré sa fabrication en série à une entreprise locale, mais, d'une manière générale, sa diffusion est faible, avec seulement 3 unités au Sénégal.

Les matériels de décorticage

En 1959, un système de décorticage à sec des céréales a été introduit : le groupe de transformation complet, du décorticage à la mouture, Eurafric, qui repose sur une décortiqueuse à rotor cylindrique. A la suite de l'échec de la diffusion de ce système, la décortiqueuse Comia-FAO, qui utilise un système à cône métallique abrasif à axe horizontal et un rotor muni de 3 battes en caoutchouc, a été testée en 1964. Mais la nécessité de calibrer les grains et l'usure rapide des battes ont conduit à un nouvel échec (Mbengue, 1988), et ce n'est qu'à la fin des années 1970 que l'introduction par le CRDI (Centre de recherches pour le développement international) du PRL (Hill Supply) puis du Mini-PRL, d'origine canadienne, a abouti à des progrès significatifs dans le décorticage des céréales locales. Le Mini-PRL, modèle à chambre de décorticage basculante (6 meules en carborundum de 25 mm), est conçu pour traiter de petites quantités, de 0,5 kg à 10 kg. Cette petite version ne dispose pas d'un système de nettoyage pour une bonne séparation du grain et du son. L'ISRA et la SISMAR en ont conçu une version améliorée : les décortiqueuses Mini-CIS, capables de travailler sur de petits lots de grains non calibrés en fonctionnement continu.

Les Mini-CIS sont des unités villageoises, de 0,5 à 10 kg avec un débit horaire moyen de 150 kg, entraînées par des moteurs thermiques de 7 à 8 CV ou des générateurs électriques de 5 à 7 kW. Cinq prototypes ont été créés et testés. Le premier prototype est caractérisé par la conception d'une chambre de réception en dessous de la chambre de transformation basculante équipée de 10 disques en résinoïde. La chambre de réception permet d'accueillir le produit convoyé par une vis sans fin vers la chambre de nettoyage. Le dispositif de nettoyage est composé d'un tamis circulaire, long de 52 cm avec un diamètre de 30 cm, et de 4 brosses en bois garni de matières synthétiques, portées par des bras fixés à un arbre. L'aspirateur agit par le canal d'un tuyau flexible en plastique au niveau de la sortie finale des grains pour éliminer le son vers le cyclone. Les modifications apportées sur les prototypes suivants ont concerné l'emplacement du tuyau d'évacuation (décalage vers l'avant), l'augmentation de la taille de l'aspirateur, le remplacement des tamis à mailles rondes par des tamis à mailles tirées et la gestion de l'encombrement de la chambre de nettoyage. La physionomie de la décortiqueuse n'a réellement changé qu'avec le cinquième prototype, à la suite de la suppression du système d'embrayage et de la fixation de la chambre de décorticage. Cette dernière est divisée en deux compartiments de 4 disques de 4 mm en résinoïde, chacun pour le traitement de petites quantités, de 0,5 à 2 kg. Un autre changement notoire est la réduction de l'aspirateur éliminant du coup les tamis et les brosses.

L'écoulement du produit vers la goulotte d'évacuation est direct et l'existence de prises d'air renforce le processus de nettoyage.

En plus des unités villageoises, la collaboration entre le CRDI, l'ISRA et la SISMAR a produit des unités de plus grandes capacités. L'unité semi-urbaine (250 kg/h avec moteur de 10 kW) est destinée aux gros villages et petites villes, alors que l'unité urbaine (500 kg/h avec moteur de 15 kW) est conçue pour les grandes villes. L'unité semi-urbaine travaille de façon discontinue, alimentée par une trémie de 10 kg, contrairement à l'unité urbaine, qui fonctionne en continu sur de grosses quantités, (20 disques de 4 mm en résinoïde) alimentée par une trémie de 15 kg. La continuité est garantie par l'aménagement d'un dispositif de vidange en dessous de la chambre de décorticage, manipulée grâce à une trappe à crochet réglable.

D'autres modèles ont fait l'objet de tests et de modifications au CNRA de Bambey : le modèle CEEMAT, utilisable à l'échelle familiale (60 kg/h avec une trémie de 4 kg), qui fonctionne de façon continue à l'aide d'un générateur électrique de 3 kW. Ce modèle n'a pas été diffusé à l'issue des tests.

Dans le domaine de la riziculture, plusieurs artisans ont été formés à la fabrication de la décortiqueuse à riz de type Engelberg. Ce modèle est répandu dans les villages des zones irriguées, comme la vallée du fleuve Sénégal et le bassin de l'Anambé. Les autres modèles, à rouleaux, en caoutchouc surtout, font toujours l'objet d'importation.

Les matériels de mouture

Plusieurs modèles à meules, à marteaux ou de broyeur à céréales ont été testés par le CNRA de Bambey, en station ou en milieu réel. Le Skiold, commercialisé par Matforce, a un système de mouture composé d'un rotor en tambour portant 14 marteaux flottants réversibles pouvant travailler sur les quatre faces. Le modèle Jacobson, d'origine danoise, peut facilement être intégré dans un système industriel ou semi-industriel (300 à 400 kg/h). Le prototype est installé dans une minoterie de Bambey. Le moulin Pulverix de Peyrissac, d'origine française, est un modèle largement repris par les artisans locaux et diffusé au Sénégal et dans les pays limitrophes comme la Gambie et la Guinée-Bissau. Il est équipé d'une trémie d'une capacité de charge de 15 kg et d'un système de mouture composé d'un rotor simple très léger et peu encombrant, qui porte 6 marteaux fixes démontables. Ces marteaux sont en torsade et 3 d'entre eux comportent des raclettes sur leur extrémité, disposés de manière intercalée. Les tamis utilisés sont circulaires et fixés par une ceinture métallique soudée sur la paroi interne de la chambre de mouture du côté du moteur. Les modèles SISMAR, dénommés Noflay, ont été conçus en trois séries. Le dernier de la série, le Noflay III, à la suite d'un certain nombre de modifications, est aussi performant que les modèles importés : amélioration de l'accès à la trémie, suppression des recoins dans la chambre de mouture devenue arrondie, tamis en demi-lune, marteaux flottants réversibles, blocage du couvercle à l'aide d'un crochet réglable. Toutefois, la goulotte reste à améliorer. Deux moulins indiens ont été testés à la demande de la société Mercedes, mais leurs performances sont inférieures à celles des moulins actuellement commercialisés au Sénégal. Le dernier moulin révisé est le modèle CEEMAT, conçu pour un usage familial. Le moulin, équipé d'un moteur de 5 CV, traite de petites quantités (trémie de 10 kg) avec un débit moyen de 50 à 60 kg/h. La petite chambre de mouture abrite un rotor en tambour portant 8 marteaux

flottants réversibles, jumelés deux à deux et intercalés entre des plaques fixes. Les tamis utilisés sont en demi-lune. L'admission des grains est réglée par une trappe verticale glissante. La goulotte d'évacuation est rectangulaire et l'extrémité inclinée vers l'extérieur. Le moulin est doté d'un embrayage pour le freinage de la rotation des marteaux pour toute intervention ne nécessitant pas l'arrêter du moteur, comme le changement de tamis.

Dans une perspective de diversification des sources d'énergie, un moulin à traction asine, avec un débit de 40 kg/h, a été mis au point et fabriqué en partenariat avec un artisan de Gossas grâce à un financement de la coopération allemande. Il est composé d'une petite trémie circulaire d'une capacité de 6 kg environ, qui se ferme par un couvercle à l'aide d'un crochet. L'alimentation est directe sans trappe de réglage. Dans la chambre de mouture sont logées 2 meules en carborundum fixées à un arbre : une meule fixe, dite dormante, réglable par glissement horizontal pour jouer sur la finesse de la mouture, et une meule située du côté de la poulie tournant avec la machine en action. Le châssis, grâce à un axe central, est relié à une roue motrice en pneumatique roulant sur une tour circulaire en briques. Le principe de fonctionnement du moulin est basé sur le mouvement circulaire de la roue actionnant un système de transmission constitué d'un arbre portant un gros pignon à dents, une chaîne de transmission et un petit pignon fixé sur l'arbre du système de mouture. Grâce à un dispositif d'attelage adapté, l'animal entraîne l'ensemble (châssis et moulin) tout en déclenchant dans sa marche le système de transmission. La goulotte de sortie évacue le produit vers un récipient posé dans une loge spéciale aménagée sur le châssis. Il faut signaler que plus les meules sont serrées (mouture fine), plus la force de traction nécessaire est importante, ce qui peut essouffler l'animal très vite (refus d'avancer). C'est l'une des raisons pour lesquelles la diffusion de la machine a été limitée.

D'une manière générale, les résultats des tests montrent que la qualité de la mouture dépend de la combinaison d'un certain nombre de facteurs : débit et régularité de l'admission des grains dans la chambre de mouture, combinaison vitesse de rotation et dimension des trous du tamis.

LES MATÉRIELS SPÉCIALISÉS

Le granulateur polyvalent

Le développement du marché des céréales locales transformées a amené les promoteurs des unités installée en zone urbaine à diversifier leurs activités en produisant des granulés traditionnels à haute valeur ajoutée : couscous, *arraw, caakri,* à partir de farine de mil principalement. Mais, ils ont le plus souvent recours à la technique traditionnelle de granulation manuelle, qui est longue, fastidieuse pour les femmes et peu adaptée aux perspectives du marché.

Le granulateur polyvalent (brevet OAPI 061/SN), qui s'inspire du procédé traditionnel, est un équipement intéressant pour l'*arraw* et le couscous de mil. Il est composé d'un tambour fixe de forme circulaire placé verticalement, dont la taille est définie en fonction de la charge utile désirée. Le fond du tambour est sphérique de préférence pour faciliter le roulage. Des pales ayant une section longitudinale qui épouse celle du tambour et une section transversale de forme aérodynamique sont montées de façon solidaire à un moyeu, qui lui-même est monté sur un arbre

placé verticalement au fond du tambour et en son centre. Cet arbre est entraîné par un moteur-réducteur de 3 CV. En tournant, les pales provoquent la mise en mouvement tourbillonnante du produit contenu dans le tambour. L'addition d'eau contribue à l'agglomération des particules entre elles. Des couteaux rotatifs entraînés par un moteur de 1 CV, tournant à une vitesse relativement élevée, autour de 1 500 tours/min, effectuent, suivant qu'ils sont dans le produit ou placés à sa surface, le mélange ou le sectionnement des grosses mottes en petits fragments. L'effet de granulation est obtenu grâce à la forme aérodynamique des pales, à leur rotation et à la forme circulaire du tambour. La capacité actuelle du modèle diffusé est de 50 kg/h.

La machine à décortiquer le fonio

Le décorticage est l'une des principales contraintes du fonio : l'opération, longue et pénible, demande jusqu'à 2 h au mortier et au pilon, pour 2,5 kg de produit. Le grain de fonio, de forme ovoïde, est en effet minuscule (1 600 à 2 500 grains/g selon les variétés). Les décortiqueuses mécaniques de type Engleberg, à disques abrasifs, à meules ou à rouleaux, sont peu efficaces ou inadaptées, en raison de la finesse, de la faible dureté et de la densité du grain.

La machine à décortiquer le fonio Sanoussi est apparue en 1993. Spécialement conçue pour le fonio, elle décortique les grains au passage de palettes abrasives souples et flexibles, en rotation sur un plateau fixe. Elle fonctionne en discontinue. Les grains chargés dans la trémie passent dans la chambre de décorticage, où ils sont usinés (décortiqués et blanchis) par les palettes abrasives. Le grain et l'enveloppe sont séparés par un système de ventilation disposé sur le même axe de rotation que les palettes, qui refoule les enveloppes et le son vers le cyclone. Une goulotte munie d'une trappe permet d'évacuer le grain propre à la fin du temps de séjour du fonio dans la chambre, qui est fonction de la quantité introduite.

La machine se présente en deux versions : thermique de 4 CV et électrique de 1,5 kW. Le moteur thermique est à axe vertical. La charge maximale est de 5 kg. Le débit, de l'ordre de 30 à 40 kg/h (usinage de fonio brut), donne un rendement de décorticage-blanchiment de 65 % en moyenne et un taux de décorticage-blanchiment de 99,2 %. Ce taux a été confirmé récemment au Mali dans le cadre d'un projet piloté par le CIRAD et l'IER (Institut d'économie rurale) de Bamako.

La machine Sanoussi, considérée comme la première machine à décortiquer le fonio, est diffusée dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest (Mali, Ghana, Gambie, Bénin), à la suite d'un programme de tests sur le terrain soutenu par l'African Development Foundation de Washington entre 1995 et 1997. Le dernier modèle de la machine développé par le constructeur date de 2000.

La machine à décortiquer le néré

La machine à décortiquer le néré *(Parkia biglobosa)* a été mise au point en 1990. Le système traditionnel de préparation du *nététu* se déroule en quatre étapes bien distinctes : première cuisson (10 à 12 h), décorticage manuel, deuxième cuisson (10 à 12 h), fermentation. L'objectif de la première cuisson est de préparer le décorticage manuel au pilon des graines. En effet, l'eau en pénétrant dans la graine pendant la première cuisson facilite le détachement de l'enveloppe pendant

le pilage au mortier. Ces deux premières étapes consomment beaucoup de bois de chauffe et provoquent des maladies respiratoires pour les femmes en charge de l'opération. L'objectif principal était donc de supprimer ces deux premières étapes, en introduisant le décorticage mécanique.

Le décorticage à sec des graines de néré est fondé sur un principe de cisaillement des graines entre deux plateaux. La nature du revêtement des plateaux est le facteur le plus déterminant dans le processus de décorticage. Un certain nombre de combinaisons de matières pour le revêtement des plateaux ont été testées. Les abrasifs (émeri de diverses granulométrie) et les meules n'ont pas donné de bons résultats à cause du colmatage rapide de la surface par les restes de pulpes de la graine et des amandes. Finalement, une tôle perforée combinée à un plateau revêtu d'une couche en latex a donné les meilleurs résultats, avec toutefois un certain pourcentage de graines décortiquées éraflées. Les produits décortiqués (amandes entières et brisures) et les enveloppes sont séparés par un système de colonne d'air à flux simple.

LES MATÉRIELS DE CONSERVATION

Le séchoir mixte

Le séchage solaire des aliments est une technique largement utilisée au Sénégal, notamment par les femmes en milieu rural. Il permet de conserver les produits invendus ou de les valoriser pour procurer aux producteurs un revenu supplémentaire. En outre, il contribue à réduire les pertes et à prolonger la période de disponibilité des produits, tout en conservant leur qualité nutritive. La méthode traditionnelle de séchage à l'air libre sur le sol présente des inconvénients : temps de séchage long, problèmes d'hygiène liés à la présence de mouches, d'insectes et de poussière. Dans le cadre de la coopération entre le Sénégal et la Chine, l'ITA de Dakar et l'université de Pintung ont mis au point en 2002 un séchoir solaire mixte fonctionnant au gaz butane. Il est installé dans le village de Ndame Lo, dans la région de Thiès, auprès d'un groupement de femmes.

Le séchoir solaire indirect est composé d'un capteur et d'une cabine. Le capteur constitué d'un ensemble de cadres rectangulaires en bois sur lesquels sont fixées des pièces en verre transparent sur les 2 côtés latéraux et sur la face exposée directement au soleil. Des blocs de pierre de 15 à 20 cm de diamètre, peints en noir et disposés à l'intérieur du capteur, constituent le corps noir. La cabine de séchage de même largeur que le capteur de séchage est composée d'une large enceinte dont les 3 faces sont en verre, la 4^{e} face en bois contient les 4 portes. Elle est divisée en 4 compartiments contenant chacun 10 rangées de claies de séchage constituées par des moustiquaires en nylon montées sur des cadres carrés en bois de 90 cm de côté. La capacité du séchoir est de 120 kg de mangue fraîche. Deux cheminées métalliques montées sur un collecteur en tôle métallique sont installées au sommet de la cabine. Elles permettent d'évacuer l'air chargé d'humidité des produits à sécher. Enfin, 2 rampes à gaz opposées sont installées sur les 2 côtés latéraux au niveau du capteur, 25 cm avant l'entrée de la cabine. Elles sont alimentées par une bouteille à gaz butane sur laquelle est monté un détendeur. Toutes les parties extérieures du séchoir (sauf les verres) sont peintes en noir afin de capter le maximum de chaleur. Ce séchoir mixte permet de sécher les produits en 20 h effectives à des températures comprises entre 50 et 60 °C, niveaux thermiques considérés comme convenables pour sécher des fruits et légumes tels que la

mangue, la papaye, la banane, le coco, la pomme de cajou, la tomate et le haricot vert. Grâce à ses performances, le séchoir solaire mixte au gaz butane est un prototype facilement diffusable. Il est adaptable dans plusieurs milieux et peut être utilisé en milieu rural, notamment par les groupements féminins.

Les conteneurs isothermes à poissons

Les conteneurs isothermes à poissons permettent de réduire les pertes après capture, d'améliorer la qualité de la production et d'augmenter les revenus de la pêche artisanale. La technique a un certain nombre d'exigences : accessibilité des lieux, disponibilité de la glace, importance des débarquements, bon niveau d'organisation des groupes cibles (artisans, mareyeurs, pêcheurs), existence d'infrastructures et de services d'encadrement. Trois types de conteneur ont été expérimentés : à bord de la pirogue, au sein d'une structure de stockage et en cours de transport.

Les matériaux utilisés pour la construction des conteneurs sont disponibles localement : contreplaqué marin ou ordinaire selon la disponibilité, bois de fraké ou de sapin, mousse de polyuréthane ou du polystyrène expansé, colle blanche, tôle galvanisée ou en aluminium, résine (polystyrène expansé dissous dans de l'alcool), ersatz au mastic (colle blanche et ciment), peinture à l'huile. Il faut adapter le conteneur à son contexte d'utilisation et assurer son étanchéité avec un revêtement intérieur en tôle galvanisée, tout en veillant à protéger le contreplaqué ordinaire à défaut d'utiliser du contreplaqué marin.

En travaillant proprement et rapidement, la glace, dont la capacité réfrigérante est de l'ordre de 80 kcal/kg à 0 °C, permet de garder le poisson humide tout en le maintenant à une température légèrement supérieure à son point de congélation. Elle est facile à acquérir et à manipuler. Les densités d'arrimage sont de 2,2 à 2,3 m^3/t pour la glace sous forme d'écailles et de 1,09 m^3/t pour la glace en bloc. Les tests menés à bord d'une pirogue avec un conteneur aux dimensions adaptées et de la glace en barres de 25 kg concassées lors de l'utilisation montrent que la conservation du poisson passe de 8 h, sans conteneur, à 2 jours, avec un conteneur traditionnel, et à 4 jours, avec le conteneur amélioré avec des rejets de 0 % pour la qualité. Les caractéristiques du conteneur utilisé sont les suivantes : isolation en polyuréthane ou polystyrène d'une densité de 15 à 25 kg/m^3 à l'intérieur, renforcée en bois à l'extérieur ; volume de 2 m^3 ; épaisseur des parois de 10 cm ; 1 000 à 1 550 kg de poisson stocké ; 700 kg de glace.

Les matériels agricoles divers

Les pompes et les matériels d'exhaure

Dans les années 1970, l'ISRA a étudié des matériels Guéroult à traction bovine pour l'exhaure. Ces matériels, adaptés aux puits profonds, n'ont pas été diffusés en milieu rural car trop coûteux. La première unité de ce type a été installée sur le puits de Keur Lamine, un village situé près de Kaffrine. Cette unité était une version adaptée du système à traction bovine testé en station par le CNRA de Bambey. Le prototype, destiné à équiper les puits de grand diamètre (2 m), uniformes de la margelle jusqu'au fond, a en effet été redimensionné afin de prendre en compte le rétrécissement, fréquent en milieu réel, de la margelle à leur

base, pour un diamètre variant de 1,50 m à 1,70 m (Plessard, 1971). Pour augmenter la productivité de la technique de puisage, un système à 2 postes a été mis au point par le CNRA de Bambey, et le prototype a été fabriqué par la SISCOMA.

Au cours de la même période, de nombreux projets se sont intéressés aux pompes manuelles et à pédales, utilisables jusqu'à 50 m de profondeur, pour les puits et les forages où les motopompes ne se justifiaient pas. Ces projets ont rencontré des difficultés du fait de la diversité de modèles introduits et de l'entretien fréquent qu'ils nécessitent. Des essais d'éoliennes — multipales artisanales, SISMAR, Savonius de l'IUT (Institut universitaire de technologie) de Dakar, Sahores de Dello — se sont soldés par des échecs car les vents sont irréguliers à l'intérieur du pays.

LES ÉQUIPEMENTS DE TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES ET CHIMIQUES

Le stériculteur de nématicide

Entre 1982 et 1988, l'ISRA, en collaboration avec le CIRAD, la SISMAR et l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération), a participé à la mise au point du stériculteur de nématicide à traction animale. Les traitements nématicides au DBCP se sont en effet révélés efficaces contre le nématode *Scutellonema cavnessi* (15 kg/ha de matière active diluée dans 100 l). Ils améliorent de 50 à 80 % les rendements en gousses et en fanes de l'arachide, dans les régions de Louga, Thiès et Diourbel. Les premières parcelles d'essais ont été traitées avec un pal injecteur manuel, non utilisable à grande échelle. Les matériels motorisés étant onéreux et mal adaptés, les essais ont porté sur un appareil à traction équine, la plus répandue dans le nord du bassin arachidier. Un appareil combiné de traitement nématicide et de semis a été mis au point car le nématicide, le Némagon, est efficace dès les premières pluies, lorsque les nématodes se remettent en activité au moment des semis. Il a été fabriqué à 1 000 exemplaires, mais sa diffusion a cessé car les paysans rencontraient des difficultés pour s'approvisionner en produits nématicides, de plus dangereux pour la santé de l'homme.

Les matériels de traitement herbicide en riziculture irriguée

En riziculture irriguée, certains traitements herbicides reposent sur des produits capables de diffuser largement au contact d'une lame d'eau. Il n'est pas nécessaire de les pulvériser, un épandage par gouttes plus ou moins grossières suffit pour assurer leur répartition homogène sur toute la surface traitée. Parmi les herbicides préconisés pour le désherbage du riz au Sénégal, il existe deux produits de ce type : Londax 60DF, dont la matière active est bensulfuron-méthyl, et Ronstar 12L, dont la matière active est l'oxadiazon.

Pour la préparation du produit, on peut utiliser une bouteille vide en matière plastique de récupération de 1,5 l, dont le couvercle est percé à l'aide d'un objet pointu de manière à obtenir un orifice de 2 à 3 mm de diamètre. La solution ou la bouillie herbicide est préparée dans un récipient ouvert afin de réaliser correctement le mélange, puis versée dans la bouteille jusqu'à hauteur de 1 l, le couvercle est ensuite bien refermé. Il faut 2 l pour traiter 0,25 ha ou 8 l pour 1 ha.

La largeur de la bande de traitement pour un passage est de 4 à 5 m. Juste avant de commencer, il faut tenir la bouteille renversée et avancer à pas réguliers tout en effectuant de larges mouvements du bras dans le sens transversal, la vitesse d'avancement étant d'environ 40 m/min. Le produit est appliqué sur une rizière submergée d'une lame d'eau homogène de 5 à 10 cm. Les adventices doivent être à un stade végétatif ne dépassant pas 3 à 5 feuilles, la majeure partie des plantules étant en contact avec l'eau. Après le traitement, la lame d'eau doit être maintenue sans perturbation pendant au moins 5 jours.

Les services d'appui au développement de la mécanisation

Le secteur des agroéquipements

Le secteur de la fabrication, de la distribution et du financement est difficile à appréhender, car la plupart des statistiques se rapportent aux achats du matériel neuf et ne prennent pas en compte les occasions et les réformes. Ce secteur se divise en deux sous-secteurs : la traction animale et la motorisation.

Les agroéquipements en traction animale

Depuis une vingtaine d'année, le Sénégal est en situation de rupture dans l'évolution du marché des équipements agricoles de traction animale. Entre 1960 et 1980, les exploitations agricoles se sont équipées grâce au programme agricole, qui a financé et distribué des matériels en rapport avec le développement de l'arachide. Alimentés par l'importation, mais surtout par la fabrication industrielle locale, les programmes d'équipement ont favorisé la création de la SISCOMA en 1963, dont le capital était détenu en majorité par l'Etat. Confronté à des difficultés de gestion, à des taux élevés d'impayés et aux programmes d'ajustement structurel, le programme agricole a été suspendu en 1980, ce qui a entraîné l'arrêt des commandes à la SISCOMA, qui a connu rapidement des difficultés financières. Cette société est devenue en 1981 la SISMAR, dont le capital est en partie privé. Pendant cette période, les artisans et forgerons ont été tenus à l'écart du circuit, même pour la fourniture de pièces détachées, dont la distribution était assurée par la SONADIS (Société nationale de distribution des denrées alimentaires).

Le second marché, ou marché direct, a progressé à partir de 1975 en s'appuyant sur les compétences artisanales et sur les matières premières locales. La production de ce réseau et le marché correspondant sont estimés à 30 % des charrettes, 50 % des souleveuses d'arachide adaptables sur multiculteurs et moins de 10 % des charrues, multiculteurs et houes. Pour renforcer cette dynamique, des « opérations forgerons » visant à moderniser les ateliers et à former les artisans aux techniques plus élaborées ont été soutenues par la FAO, l'ONUDI (Organisation des Nations unies pour le développement industriel), le BIT (Bureau international du travail) et par les coopérations bilatérales. Des réseaux d'artisans, menuisiers métalliques et forgerons, capables de réparer et de fabriquer les matériels de traction animale se sont mis en place progressivement, principalement dans les centres urbains et les gros villages. Ces réseaux, qui ont

une capacité d'adaptation et une flexibilité supérieures à celle de la SISMAR, ne supportent pas les mêmes coûts de fonctionnement. La qualité de leurs produits est généralement inférieure à celle des produits importés, mais souvent comparable à celle des machines de la SISMAR si les artisans disposent de matériaux de bonne qualité. Leurs prix de vente varient entre 40 et 90 % de ceux des matériels importés. Depuis 1980, avec en moyenne moins de 3 000 équipements installés par an, la production de la SISMAR n'est pas rentable alors que les unités de fabrication artisanales en plein essor peuvent difficilement répondre à des appels d'offres et honorer les commandes importantes.

Les agroéquipements en motorisation

Ces vingt dernières années, le parc de tracteurs à roues s'est stabilisé à un faible niveau d'environ 500 exemplaires. Les motoculteurs sont quasiment inexistants et seuls les effectifs des moulins, décortiqueuses, motopompes et batteuses ont progressé de manière significative, leur utilisation étant facilitée par la diffusion de moteurs diesel de 3 à 20 kW compacts et légers, donc faciles à déplacer (on compte environ 5 000 moteurs de ce type). Une partie de ces matériels est fabriquée par les industries locales et les artisans, mais tous les moteurs et tracteurs sont importés. La transformation motorisée des produits est entre les mains de quelques paysans et organisations villageoises. En revanche, les équipements se trouvent en majorité dans les centres urbains et sont la propriété de fonctionnaires, de commerçants ou de salariés. En motorisation conventionnelle, le matériel appartient à des particuliers (paysans ou non), mais aussi à des collectivités (organisations de producteurs) et à des entreprises qui se sont constituées spontanément lors du désengagement de l'Etat. Le marché de l'occasion existe pour quelques matériels.

La formation

Les chercheurs participent à la formation des agents d'encadrement et de conseil à l'utilisation des matériels agricoles de traction animale, de motorisation et de postrécolte et des producteurs à la gestion de la mécanisation. Ils enseignent le machinisme aux ingénieurs agronomes de l'ENSA (Ecole nationale supérieure d'agriculture) de Thiès et de l'ENCR (Ecole nationale des cadres ruraux) de Bambey et accueillent des stagiaires et des étudiants sur des problématiques de recherche en mécanisation agricole.

L'impact de la mécanisation

La productivité des systèmes de production

Les faibles performances de la plupart des systèmes d'exploitation agricole sont liées, en partie, à l'adoption partielle de la mécanisation et à l'absence ou à la sous-utilisation de certains types d'équipement.

En traction animale, il existe plusieurs études sur la productivité des systèmes de production, depuis la période des unités expérimentales de Thyssé-Kaymor jusqu'aux recherches sur les performances des systèmes de production et le

transfert de technologie. La culture attelée est envisageable dans les zones pluviales, où le système de production est rentabilisé par des cultures de rente comme le maïs, le riz, l'arachide et le coton (Thénevin, 1975).

Le développement de la riziculture aussi bien dans les zones irriguées qu'en culture pluviale a entraîné des besoins croissants de mécanisation en amont et en aval de la production. En amont, la préparation du sol en système irrigué est largement dominée par l'offsetage (plus de 90 % de la pratique paysanne dans la vallée du fleuve Sénégal) alors qu'en système pluvial, elle est essentiellement manuelle. Le labour motorisé n'est pas une pratique courante dans les aménagements hydroagricoles alors qu'il est le garant d'une bonne gestion des niveaux d'enherbement et de la maintenance et de l'entretien physique des parcelles de culture (nivellement, gestion des sols, etc.). Aucune autre opération n'est mécanisée dans les systèmes irrigués, sauf la récolte avec l'utilisation de moissonneuses-batteuses pour les producteurs qui en ont les moyens (coopératives d'utilisation de matériel en commun ou prestation de service). En aval de la production, la mécanisation des opérations de postrécolte a eu plus d'effets dans la recherche de productivité. Les suivis du battage, du décorticage et de l'usinage ont montré qu'il y a une nette amélioration de la productivité du travail. La transformation mécanique du paddy est assurée aussi bien par les décortiqueuses villageoises, avec une capacité de transformation estimée à 100 sacs de paddy par jour, que par les minirizeries et rizeries, avec une capacité installée de l'ordre de 123 000 t.

Les opérations de transformation concernent aussi les autres céréales, mil, maïs et sorgho. La transformation manuelle pour l'autoconsommation, opération pénible souvent exécutée par les femmes, est répandue en zone pluviale. Le recours aux transformateurs de céréales (décortiqueuses et moulins) ne se rencontre que dans les gros villages et dans les centres urbains petits et grands.

La productivité de la main-d'œuvre

La stratégie de gestion de la main-d'œuvre en traction animale a toujours reposé sur la notion de blocs de travaux. Les études menées de 1970 à 1980 au CNRA de Bambey restent pertinentes quant à la valeur des temps de travaux associés à ces blocs de travaux. Les réactualisations conduites à partir de 1980, avec l'avènement des recherches sur les systèmes de production paysans et de la recherche-développement, ont permis d'améliorer certains paramètres, sans toutefois amener de différences significatives. Avec l'installation progressive de la sécheresse, marquée par le glissement des isohyètes vers le sud, un certain nombre de situations agricoles ont cependant évoluées (ISRA, 1984). Les blocs de travaux en zones pluviales humides et sèches, au nombre de trois, ont fait l'objet de plusieurs publications (Monnier, 1979 ; Pirot et Tchakérian, 1979a, 1979b ; Le Moigne, 1981 ; Havard, 1985a ; Fall, 1997).

La combinaison des temps de travaux, de l'efficacité aux champs des matériels utilisés et du nombre de jours ouvrables a permis d'évaluer les superficies potentielles qu'un matériel de traction animale peut couvrir dans les délais, pour une optimisation des principaux indicateurs agronomiques (levée des plantes, cycle végétatif, rendement, production). Ces superficies peuvent être utilisées pour estimer la demande quantitative potentielle en équipement des exploitations agricoles dans une situation agricole donnée (Le Moigne, 1981).

Les impacts sur les bénéficiaires

Le Sénégal, à l'instar de bon nombre de pays africains, s'est investi dans la rationalisation des technologies endogènes grâce aux efforts conjugués des centres de recherche-développement, du secteur de l'artisanat, des entreprises de construction mécanique et d'initiatives privées.

Les fournisseurs, fabricants et importateurs, tirent un profit considérable de la commercialisation des matériels agricoles et des équipements de transformation. Ils développent des stratégiques de marché en restreignant l'accès au savoir-faire et en fixant des prix souvent prohibitifs pour les utilisateurs et les promoteurs attirés par le secteur agroalimentaire. Par ailleurs, certaines pièces de ces équipements n'étant pas standard, l'utilisateur reste dépendant du fournisseur pour le service après-vente, avec des coûts d'intervention élevés et le déplacement d'un spécialiste.

Compte tenu de ces contraintes, la politique du Sénégal a été de mettre l'accent sur l'amélioration de l'artisanat et le développement de technologies qui s'appuient sur une base scientifique cohérente et organisée. La plupart des structures nationales de recherche-développement, telles que l'ITA et l'ISRA, se sont investies dans cette voie, aidées en cela par les pouvoirs publics, les partenaires du secteur privé et ceux du développement. Cette démarche a eu un impact positif, en développant notamment les compétences locales. Le secteur de l'agro-équipement a pris son essor et créé des emplois, aussi bien dans les entreprises de fabrication du matériel que dans les exploitations, qui étaient motivées par des coûts d'investissements à leur portée. Les complémentarités entre le secteur agricole et celui de l'industrie se sont renforcées, avec l'émergence de petites et moyennes entreprises performantes, dont certaines assurent déjà la reproduction des techniques en milieu rural et d'autres, la mise sur le marché de produits de qualité.

La mécanisation de la production et de la transformation a fait prospérer d'autres acteurs du secteur comme les prestataires de services, qui disposent d'un parc mécanique. Dans la vallée du fleuve Sénégal, 95 % de ces prestataires sont des agriculteurs et leur chiffre d'affaire est de l'ordre de 1 milliard de francs CFA pour une valeur ajoutée dans ce secteur de près de 23 %.

Sur le plan social, les femmes sont les principales bénéficiaires de ces prestations de service dans le domaine du battage et de la transformation, qui allègent les travaux ménagers et réduisent la pénibilité du travail. La transformation des fruits et légumes procurent aussi des emplois et des revenus aux groupements de femmes. La transformation des produits agricoles contribue ainsi à réduire la pauvreté et à nourrir une population croissante en améliorant et en diversifiant les produits disponibles.

Les impacts sur l'environnement

L'utilisation du matériel agricole a souvent été considérée comme l'un des facteurs les plus déstabilisants pour l'environnement : déforestation, dégradation des sols par érosion hydrique et éolienne, ruissellement des eaux de pluie. L'évolution des sols dans le bassin arachidier est souvent donnée en exemple pour illustrer ces phénomènes. Les producteurs connaissent l'impact de leurs pratiques sur l'environnement. Toutefois, il existe un certain nombre de techniques de gestion conservatrice proposées par l'ISRA pour minimiser les effets des pratiques

mécanisées : choix de matériels agricoles et d'équipements adaptés aux zones agroécologiques pour le travail du sol ; caractérisation physique, mécanique et chimique des sols sous culture ; détermination du régime hydrique des sols par zone agroclimatique ; régénération des peuplements agroforestiers.

Les perspectives

Des efforts considérables ont été déployés pour mieux insérer la machine dans les systèmes de production et de transformation, avec un ensemble de matériels de production et de transformation, mis au point, introduits, testés, validés et diffusés grâce à un travail commun de tous les partenaires du secteur — recherche, développement, industrie, artisanat. Il faut signaler qu'une partie non négligeable des matériels créés ou introduits a dû être abandonnée pour diverses raisons, en particulier leur inadaptation aux conditions techniques et socio-économiques des exploitations agricoles et aux performances des systèmes de production. En revanche, d'autres facteurs, comme l'impact des matériels sur l'environnement, n'ont pas représenté un critère discriminant dans la sélection des équipements agricoles. Ces aspects ne sont généralement abordés que dans les études d'impact, qui évaluent les effets indésirables de l'utilisation du matériel. Il est aussi important de noter que les équipements diffusés ont souvent bénéficié d'un environnement institutionnel favorable, dans le cadre de politiques agricoles ou d'actions de développement ciblées : c'est le cas de la traction animale à laquelle un grand nombre de producteurs ont eu accès (disponibilité des animaux de trait et des matériels agricoles adaptés, fabriqués par les industries locales) pour assurer la reproduction des systèmes de production. En revanche, le développement de la motorisation est resté localisé aux zones rizicoles et cotonnières et aux Niayes. A côté des tracteurs, il existe d'autres types de matériel motorisé, notamment de récolte (moissonneuses-batteuses), de postrécolte et de transformation (batteuses, décortiqueuses, moulins). Dans les zones semi-urbaines et urbaines, les matériels de transformation des produits se sont bien installés, ce qui a permis aux consommateurs de disposer, en quantité et en qualité, de différents produits et sous-produits céréaliers.

L'intégration de la mécanisation dans les stratégies de développement durable implique plusieurs acteurs : producteurs, Etat (recherche, développement, politiques agricoles), entreprises privées, transformateurs, organisations non gouvernementales, secteur de l'agroéquipement (artisans, industriels, commerçants). Dans le domaine de la production agricole, il est important de raisonner les itinéraires techniques pour une meilleure complémentarité des niveaux de mécanisation suivant les zones agro-écologiques (culture manuelle, traction animale et motorisation). Ce raisonnement est aussi valable dans le secteur de la transformation, piloté par la nature de la demande des consommateurs. La connaissance des performances des matériels utilisés devient un préalable à toute forme d'introduction et de diffusion. L'avenir de la mécanisation passe par la création de bases de données bien structurées, fonctionnelles et accessibles aux spécialistes et aux utilisateurs pour évaluer les besoins en mécanisation (production et transformation) selon les zones agroécologiques, par le développement de plans de mécanisation à partir des informations techniques disponibles et par l'élaboration de politiques agricoles et agroalimentaires moins bureaucratiques, qui impliquent davantage les producteurs et les transformateurs.

Références bibliographiques

ADRAO, SAED, ISRA, 1998. Comité technique combiné Isa/Asi : compte rendu de la réunion de préparation du programme de suivi de la batteuse Asi. ISRA, URR, Fleuve.

ADRAO, SAED, ISRA, 1998. Recherche au service du développement : manuel d'opération et d'entretien de la batteuse-vanneuse Asi. ADRAO, SAED, ISRA, Dakar.

ADRAO, SAED, ISRA, 2003. Fiche de présentation de la batteuse ADRAO-SAED-ISRA (Asi) : prix d'encouragement du Président de la république pour les sciences 2002. Dakar.

Aubineau M., 1983. Propositions d'orientations pour la recherche en machinisme au Sénégal. IRAT, INA-PG, Paris, 51 p.

Belières J.F., Havard M., Le Gal P.Y., 1995. Désengagement de l'Etat et dynamiques d'évolution de la riziculture irriguée dans le delta du fleuve Sénégal. *In :* Quel avenir pour les rizicultures de l'Afrique de l'Ouest ? Bordeaux, 4-7 avril 1995.

Benoit-Cattin M., 1986. Les unités expérimentales du Sénégal. ISRA, CIRAD, FAC, Montpellier, 500 p.

Bordet D., 1988. Inventaire des matériels de culture attelée essayés, mis au point et diffusés au Sénégal depuis 40 ans : de la recherche à l'appropriation par les paysans, succès et échecs de l'expérience de développement au Sénégal. CEEMAT, Montpellier, 100 p.

Borlaug N.E. et al., 1996. Lost crops of Africa. National Academy Press, Washington.

CEASM, ITA, 1994. Vulgarisation de conteneurs isothermes en Gambie et en Guinée.

CEEMAT, 1986. Mise au point d'un outil roulant et d'une dent à angle de pénétration variable pour le travail du sol avec traction animale : compte-rendu d'avancement des travaux. CEEMAT, Antony, 33 p.

Charreau C., Nicou R., 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine et ses incidences agronomiques. L'Agronomie tropicale, 26 : 903-978.

Cissé S. *et al.,* 1992. Evaluation finale du projet d'introduction du buffle domestique au Sénégal. USAID.

Cruz J.F., Drame D., Diallo T.A., Son G., 2001. Amélioration des technologies postrécolte du fonio, rapport annuel. CIRAD, Montpellier.

Diagne K., Mbodj M., 2000. Note sur l'utilisation et l'entretien du matériel de culture attelée et de transport. ISRA, CNRA, Bambey.

Diakité S., 1997. Rapport des tests sur le terrain de la machine à décortiquer le fonio.

Diouf M.N., 1997. La traction équine et asine dans le nord du bassin arachidier : situation actuelle et perspectives. ISRA, CNRA, Bambey, 80 p.

Djimtoloum E., 2000. Etude des pratiques et des stratégies paysannes en matière de traction animale dans le sud du bassin arachidier du Sénégal (cas du village de

Keur Bakary, communauté rurale de Kaymor). Mémoire de fin d'études, CNEARC, Montpellier, 92 p.

DMA, 1978. Premiers tests du tracteur Bouyer TE (Campagne 1977). ISRA, CNRA, Bambey.

Ducreux A., 1984. Caractérisation mécanique des sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche de l'Afrique de l'Ouest : étude d'un prototype d'outil permettant de les travailler en période sèche. Thèse de docteur-ingénieur, université Montpellier II.

Dugué P., 2002. Recyclage des résidus de récolte en vue d'accroître l'utilisation de la fumure organique : le cas du Sine-Saloum (Sénégal). *In :* Dégradation des sols au Sahel : techniques et méthodes de lutte. CNEARC, Montpellier, Etudes et travaux n. 23, p. 103-122.

Fall A., 1985. Situation actuelle de l'environnement et de l'utilisation du parc de matériels agricoles de traction animale en Basse-Casamance. ISRA, CRA, Djibélor.

Fall A., 1987. DJ-Eco : adaptation du semoir Super-Eco aux conditions des exploitations agricoles des paysans de la Basse-Casamance et à la riziculture pratiquée par les femmes. ISRA, CRA, Djibélor.

Fall A., 1992. Relations outils-sols : comportements et caractéristiques mécaniques de sols sablo-argileux et argileux. ENSA, Montpellier.

Fall A., 2000. Traction animale au Sénégal et dans le bassin arachidier. *In :* Séminaire de Garoua, 7-11 février 2000. 14 p.

Fall A., Mbengue H.M., Havard M., 1990. Les programmes et projets de mécanisation au Sénégal : proposition d'actions à mettre en place. ISRA, Dakar, 32 p.

FAO, ISRA. 1992. Programme national de technologie rizicole après récolte : résultats des travaux réalisés, conclusions et perspectives. FAO, Rome.

FAO, ITA, 1984. Introduction de conteneurs isothermes au Sénégal, 1981-1984. FAO, Rome.

Faye A., 1989. Le rôle du cheval dans le développement rural en zone sahélo-soudanienne du Sénégal : l'exemple du bassin arachidier. Cahiers de la recherche-développement, 21 : 19-29

Faye A., Havard M., 1988. Eléments d'analyse de la situation actuelle de la culture attelée au Sénégal : perspectives d'études et de recherches. *In* : Animal power in farming systems, Freetown, 19-26 septembre 1986. GATE, GTZ, Eschborn, p. 241-252.

Havard M., 1985a. Principales caractéristiques et contraintes de gestion du parc de matériels de culture attelée au Sénégal. ISRA, CNRA, Bambey.

Havard M., 1985b. Récolte mécanique de l'arachide au Sénégal. Machinisme agricole tropical, 92 : 31-43.

Havard M., 1986. Les conditions et les méthodes d'application de la fumure minérale au Sénégal. Machinisme agricole tropical, 96 : 42-57.

Havard M., 1987. L'apport de la recherche en machinisme à la mécanisation de l'agriculture au Sénégal. ISRA, Dakar, Document de travail n. 4, 46 p.

Havard M., 1988. Les conclusions des expérimentations (1950-1985) sur les semis en culture attelée des principales espèces cultivées. Machinisme agricole tropical, 101 : 11-51.

Havard M., 1991. Compte rendu des activités et premiers résultats des essais dans le cadre du projet d'introduction de buffles domestiques au Sénégal. ISRA, DRSAEA, Dakar.

Havard M., 1997a. Bilan de la traction animale en Afrique francophone subsaharienne : perspectives de développement et de recherches. Mémoire de DEA, faculté des sciences agronomiques, Gembloux, 72 p.

Havard M., 1997b. La traction animale dans les pays francophones d'Afrique subsaharienne : effectifs et marchés. CIRAD, Montpellier.

Huguenin J., 1989. L'élevage dans les exploitations sereer des terres neuves au Sénégal-Oriental. Mémoire de fin d'études, CNEARC, Montpellier, 89 p.

IRAT, 1964. Compte rendu d'essais : tarare Darragon, type Bambey. IRAT, CNRA, Bambey.

ISRA, 1984. Rapport d'activités : campagne agricole 1983-1984. ISRA, CRA, Djibélor.

ISRA, 1991. Rapport annuel 1989. ISRA, UNIVAL, Dakar.

ISRA, BAME, 2000. Quelques réflexions pour la relance des activités du Bureau d'analyses macroéconomiques. ISRA, BAME, Dakar.

ISRA, ENEA, CIRAD, CIEPAC, CADEF, 1990. Pilotage concerté de l'innovation dans les filières courtes. CEEMAT, GTA, Montpellier.

Kanté S., 1993. La motorisation de la riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal. ISRA, CRA, Saint-Louis.

Kanté S., 1996. Impact de la mécanisation sur le travail de sol dans le delta du fleuve Sénégal. ISRA, Fleuve.

Kanté S., 1996. Rapport technique sur l'évaluation du combiné stripper-batteuse, hivernage 1995-1996. ISRA, URR, Fleuve.

Kanté S., 1997. Rapport technique sur l'évaluation du combiné stripper-batteuse, hivernage 1996-1997. ISRA, URR, Fleuve.

Kanté S., Ndiaye N., Dièye M., 1997. Rapport analytique 1996. ISRA, URR, Fleuve.

Kerharo J., 1973. La pharmacopée sénégalaise traditionnelle. Vigot, Paris.

Landais E., Lhoste P., 1990. L'association agriculture-élevage en Afrique intertropicale : un mythe techniciste confronté aux réalités de terrain. Cahiers des sciences humaines, 26 : 217-235.

Larrat R., 1947. L'élevage du cheval au Sénégal. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 1 : 257-265.

Le Craz J., 1970. Premieres résultats concernant les problèmes de préparation des terres, de semis et de binage dans le cadre de l'OPR. 25 p.

Le Moigne M., 1968a. Séparation des variétés d'arachide avec le crible du Sénégal. IRAT, CNRA, Bambey.

Le Moigne M., 1968b. Observations sur le crible à arachides dit « du Sénégal », fabrication SISCOMA. CNRA, Bambey.

Le Moigne M., 1981. Contraintes posées par l'insertion de la mécanisation dans les unités de production agricole en zone sahélienne. CEEMAT, Antony.

Le Moigne M., Tourte R., 1970. L'équipement rural au Sénégal : rôle de la recherche agronomique et de sa division du machinisme agricole et du génie rural. Machinisme agricole tropical, 31 : 3-18.

Le Thiec G., 1996. Agriculture africaine et traction animale. CIRAD, Montpellier, Techniques, 355 p.

Le Thiec G., Bordet D., 1988. Essais et mise au point d'outils de travail du sol à traction animale. Machinisme agricole tropical, 102 : 47-79.

Lericollais A., 1999. Paysans sereer, dynamiques agraires et mobilités au Sénégal. IRD, Paris, A travers champs, 668 p.

Lhoste P., 1986. L'association agriculture-élevage : évolution du système agropastoral au Sine-Saloum (Sénégal). Thèse, INA-PG, Paris, 314 p.

Ly C., Fall B., Camara B., Ndiaye C.M., 1998. Le transport hippomobile urbain au Sénégal : situation et importance économique dans la ville de Thiès. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 51 : 165-172.

Maganga-Mouity M., 2000. Traction animale, composante essentielle des stratégies paysannes : les pratiques actuelles face au désengagement de l'Etat, cas du village de Yéri Gueye, bassin arachidier centre-nord, Sénégal. Mémoire de fin d'études, ENCR, Bambey, 68 p.

Mbengue H.M., 1982. Décorticage et mouture mécanique à sec des céréales et du soja au Sénégal : étude technique et socio-économique d'une unité pilote en milieu semi-urbain. ISRA, CNRA, Bambey, 18 p.

Mbengue H.M., 1985. Projet de technologie postrécolte : introduction d'une unité de décorticage-mouture à sec des céréales en milieu semi-urbain (rapport final). Document de travail de l'ISRA n. 85/10, 42 p.

Mbengue H.M., 1986. Les équipements et matériels de traitement postrécolte des céréales au Sénégal : résultats d'enquêtes dans les régions de Diourbel et Thiès. Document de travail de l'ISRA n. 86/5, 39 p.

Mbengue H.M., 1988. Etude d'un décortiqueur adapté aux besoins de transformation artisanale des mils, maïs et sorgho au Sénégal. *In :* Les céréales en régions chaudes : conservation et transformation, Ngaoundéré, 22-27 février 1988. CNRA, Bambey, 10 p.

Mbengue H.M., 1992. Mise au point, expérimentation et diffusion de décortiqueurs à céréales au Sénégal : cas du décortiqueur CIS. *In :* Séminaire GASGA, Montpellier, 16 juin 1992. 17 p.

Mbengue H.M., Havard M., 1992. La technologie postrécolte des céréales au Sénégal. *In :* La technologie postrécolte des céréales, Montpellier, 1er septembre 1992. 11 p.

Mbodj M., Diagne K., 2000. Note sur l'utilisation des unités de transformation des céréales (mil, maïs et sorgho) : spécifications techniques des machines testées et identification de leurs défaillances. ISRA, CNRA, Bambey.

Monnier J., 1979. Relations entre mécanisation, dimensions et systèmes d'exploitation. Machinisme agricole tropical, 38 : 33-48.

Ndiaye M., 1978. Contribution à l'étude de l'élevage du cheval au Sénégal. Thèse, EISMV, Dakar, 183 p.

Nolle J., 1986. Machines modernes à traction animale : itinéraire d'un inventeur au service des petits paysans. L'Harmattan, Paris, 478 p.

Pelissier, 1996, Les paysans du Sénégal : civilisations agraires du Cayor à la Casamance. Fabrègue, Saint-Yrieix, 940 p.

Pirot R., Tchakérian E., 1979a. Note relative aux normes d'équipement en matériel agricole. ISRA, Bambey, 5 p.

Pirot R., Tchakérian E., 1979b. Systèmes techniques de production basés sur la motorisation intermédiaire, tracteur TE Bouyer : éléments d'analyse. ISRA, CNRA, Bambey.

Plessard F., 1971. Adaptation du système d'exhaure à traction bovine. ISRA, CNRA, Bambey.

Plessard F., 1973. Batteuse à mil et sorgho : modèle 1971. CNRA, Bambey.

Plessard F., Pirot R., 1972. Essai de faucheuse : faucheuse à traction animale Mesko (Pologne). CNRA, Bambey.

PSI, 1999. Une technique de lutte contre les mauvaises herbes adaptée à la riziculture irriguée en zone sahélienne : note technique. PSI, ISRA, Fleuve.

SAED, DPDR, 1996. La commercialisation de la production de paddy de l'hivernage 1995-1996 à travers les rizeries et les minirizeries de la vallée du fleuve Sénégal. SAED, Etude de suivi n. 10.

SAED, DPDR, 2000. Bilan de la collecte, de la transformation et de la commercialisation de la production du riz à travers les rizeries et les minirizeries de la vallée du fleuve Sénégal : hivernage 1999-2000. SAED.

Sourisseau J.M., 1996. Données générales sur la filière riz au Sénégal : campagnes 1991-1992 à 1994-1995. OSIRIZ.

Sow D.F., Badiane A., Maloney M., 2002. L'embouche paysanne : exemple d'adaptation de l'élevage traditionnel à la nouvelle situation agricole dans le bassin arachidier du Sénégal. ISRA, CNRA, Bambey, 23 p.

Thénevin P., 1975. Planification et comportement des centres de décision en milieu rural. Ministère de la Coopération, Paris.

Traverse S., 1974a. Traditions et modernisations des techniques de riziculture en Basse-Casamance. Station rizicole, Djibélor, 10 p.

Traverse S., 1974.b Le bœuf Ndama et la riziculture en Basse-Casamance. Station rizicole, Djibélor, 12 p.

La transformation

Ababacar NDOYE, Ousmane SY, Babacar NDIR

Les programmes de recherche de l'ITA (Institut de technologie alimentaire) se sont appuyés sur les stratégies mises en œuvre par le Sénégal dans le cadre de ses plans de développement du secteur industriel. L'ITA a ainsi traduit en sujet d'études les priorités de ces plans, notamment celles qui concernent la valorisation des ressources locales de chaque filière alimentaire, et cherché à développer la transformation des produits par une intégration verticale plus poussée, l'introduction de technologies nouvelles et la mise au point de nouveaux produits.

L'ITA s'est aussi penché sur les problèmes des utilisateurs potentiels — ménages, artisans, petites et moyennes entreprises, grandes industries — et sur leurs besoins spécifiques. Il a ainsi tissé des relations avec une multiplicité d'acteurs, qui sont autant de relais pour la mise en valeur des produits locaux.

L'ITA évolue dans un environnement des plus favorables, puisque le secteur agroalimentaire est l'un des secteurs les plus dynamiques de l'économie sénégalaise. En effet, avec les quatre principales filières qui le composent — fruits et légumes, produits halieutiques, céréales et oléoprotéagineux, produits de l'élevage —, ce secteur s'appuie sur une population et une économie essentiellement agricoles avec un contexte marqué par une forte croissance démographique (2,9 % par an), un taux d'urbanisation en progression rapide (4 % par an) et une évolution des styles alimentaires en zones urbaines et périurbaines qui privilégie les produits importés, pour la plupart subventionnés.

Le poids de l'agroalimentaire dans le PIB n'a cessé d'augmenter depuis les années 1980 et ce secteur connaît aujourd'hui un regain d'intérêt du fait du renchérissement des produits alimentaires importés après la dévaluation du franc CFA et l'émergence de réflexes identitaires, « consommer sénégalais » ou « consommons local ».

Après le réajustement de la parité du franc CFA en 1994, l'ITA s'est engagé, avec l'appui de l'ACDI (Agence canadienne de développement international), dans un vaste programme de restructuration, qui a débouché, entre autres, sur une redéfinition de sa mission qui est de « contribuer à l'amélioration des performances du secteur agro-industriel au Sénégal et dans la sous-région, en intervenant dans tout le processus de transformation et de conservation des produits alimentaires par la recherche, le développement et le transfert technologique ». Cette nouvelle

mission s'est accompagnée de l'adoption d'une approche participative dans la définition des programmes de recherche, approche qui associe toutes les parties concernées, y compris les organisations professionnelles, afin de faciliter la circulation de l'information, la diffusion des résultats et leur appropriation par tous les utilisateurs, la grande industrie, les petites et moyennes entreprises et l'artisanat alimentaire. Il faut souligner que le tissu industriel agroalimentaire est marqué par une dualité prononcée entre un secteur moderne structuré et une multiplicité d'unités informelles de transformation (petites et moyennes entreprises et industries, mais surtout microentreprises familiales).

Les agro-industries relevant du secteur moderne structuré sont pour la plupart affiliées à de grands groupes agroalimentaires, qui ne manifestent qu'un intérêt limité pour les produits locaux et la recherche locale. Elles s'intéressent à l'arachide, à la tomate et au poisson. L'ITA a donc principalement orienté ses travaux vers le développement de produits et de procédés exploitables par les microentreprises et les petites et moyennes industries, qu'il accompagne dans leurs efforts de mise aux normes de qualité pour les marchés intérieurs et extérieurs.

L'une des particularités du secteur alimentaire au Sénégal est l'importance et le dynamisme du secteur informel, qui résulte surtout de la présence des femmes dans les groupements villageois et dans les activités de transformation, principalement dans les filières des fruits et légumes, des produits halieutiques et des produits céréaliers et dans l'alimentation de rue.

Les recherches sur les fruits et légumes répondent aux objectifs nationaux visant à accroître et à diversifier les produits pour satisfaire la demande intérieure et augmenter le volume des exportations de produits frais et transformés. Les résultats dans ce secteur portent aussi bien sur la conservation à l'état frais des produits locaux que sur la détermination des stades de récolte, les méthodes et les techniques de maturation complémentaire pour rendre les produits plus attrayants et plus compétitifs et la maîtrise de techniques de transformation en produits stables et à haute valeur ajoutée.

L'ITA s'est largement investi dans la valorisation des productions de la pêche et de l'élevage, secteurs importants dans le développement économique du pays. Ses travaux sur la viande de bœuf ont conduit à une gamme variée de produits (saucisses, salamis, saucissons, pâtés divers, jambon...), actuellement distribués sur les marchés sénégalais et des pays environnants. Ses recherches sur le lait ont porté sur la rationalisation des techniques traditionnelles de conservation et de transformation, en particulier sur l'identification et la formulation des ferments lactiques au sein de l'atelier de biotechnologie alimentaire. Pour le poisson et les produits halieutiques, les travaux réalisés sur les techniques artisanales de transformation (séchage, fumage, salage et fermentation) ont permis d'élaborer des méthodes améliorées de traitement du poisson et d'introduire de nouveaux matériels (fours de fumage, séchoirs solaires, conteneurs isothermes, bacs de salage et de fermentation).

Pour les céréales et les légumineuses, les résultats intéressent les domaines du stockage et des transformations primaires par voie sèche, qui garantissent de meilleures conditions d'entreposage et de distribution des farines, semoules et autres brisures. Des recherches ont aussi concerné la mécanisation de la production de granulés (couscous, *arraw*) avec la mise au point d'un granulateur.

Pour les transformations secondaires, les travaux ont porté sur les techniques de fabrication de produits de cuisson à base de farines composées, sur les aliments énergétiques équilibrés destinés aux groupes vulnérables (aliments de sevrage, farines enrichies à base de produits locaux) et sur les procédés de fabrication fondés sur de nouvelles techniques comme la cuisson-extrusion.

Les acquis de la recherche menée par l'ITA ont été réalisés dans le cadre de collaborations à l'échelon national, sous-régional et international, grâce au soutien permanent des partenaires du développement tant sur le plan bilatéral que multilatéral.

Les produits animaux

Le secteur de l'élevage constitue une composante essentielle de l'économie nationale. Sa contribution au PIB est d'environ 7,5 % tandis qu'elle est de 35 % pour le produit intérieur brut agricole. Cependant, ce secteur est sous-valorisé malgré son rôle dans la sécurité alimentaire des ménages. Enfin, le développement de l'industrie de la viande peut constituer une source de revenus intéressante pour les exploitants.

La qualité des carcasses et des viandes bovines

La production de viandes à partir d'animaux de boucherie impose une série d'opérations : le transport sur le lieu d'abattage, l'inspection de l'état sanitaire, l'abattage proprement dit, la préparation de la carcasse et du cinquième quartier et l'inspection postmortem.

Faute de bascules à bétail dans les abattoirs et les lieux de vente des animaux sur pied, il n'est pas possible de déterminer le rendement des carcasses des animaux. Un système de cotation de la qualité des carcasses a permis de distinguer les classes de « boucherie » des classes de « transformation » (Savic, 1970a). Selon les résultats de l'ITA sur les bovins de race zébu et de ses métis, on peut qualifier de viande de boucherie de qualité moyenne une carcasse avec une graisse de couverture médiocre, dont le rendement tissulaire de la cuisse se décompose en 60 à 63 % de viande, 18 à 20 % d'os, 7 à 8 % d'aponévroses et 4 à 8 % de graisses. Les rendements d'une carcasse de transformation sont de 56 à 61 % de viande, de 20 à 22 % d'os, de 6 à 10 % d'aponévroses et de 2 à 5 % de graisses. Ces chiffres sont très bas, par rapport à ceux obtenus avec des bovins de races européennes. La viande de bovins de race zébu et de ses métis est généralement caractérisée par une teneur élevée en eau et en protéines et une faible teneur en matières grasses. La viande renferme environ 75 % d'eau à l'état de liquides inter et intracellulaires, répartis dans la trame tissulaire. Ces liquides contiennent en dissolution des substances telles que sels, protéines, acides aminés et acide lactique (Hornsey, 1959).

Pour préserver la qualité des viandes au cours de la transformation, il est nécessaire de protéger le produit lui-même et son environnement (Cerf et Carpentier, 1996). La conservation au froid ou sous atmosphères modifiées prévient ou retarde la croissance microbienne, par exemple (Valin et Lacourt, 1980). La viande doit être tendre, juteuse et de flaveur agréable. Les procédés de la transformation des viandes sont essentiellement le traitement thermique

(pasteurisation, stérilisation), le fumage, le salage et le séchage. Une gamme de produits frais de charcuterie, de conserve et de semi-conserve à base de viandes bovines a été mise au point grâce à ces procédés.

Les jambons cuits

Les carcasses de bovin destinées à la fabrication des jambons cuits doivent être refroidies immédiatement après l'abattage ou au plus tard 1 h après, la température de la chair de la cuisse doit être amenée à + 3 °C en 14 h au maximum. Dans les conditions tropicales, il est déconseillé d'effectuer le parage, et plus particulièrement le désossage, des jambons bruts destinés à être salés. La combinaison des saumurages par injection à l'artère ou aux muscles et par immersion (saumurage mixte) est fréquemment utilisée.

Pour assurer une bonne qualité bactériologique à la saumure, il est recommandé de stériliser au préalable l'eau et le sel, d'utiliser des cuves à salaison et des ustensiles propres et de refroidir la saumure entre 3 et 6 °C. Cependant, l'eau utilisée ne doit pas être très dure. La saumure d'injection doit titrer 15 à 18 °Baumé. La saumure d'immersion a d'habitude une concentration voisine (tableau I).

Tableau I. Concentrations de saumure exprimées dans différents systèmes de mesure.

Salinité de la saumure (%)	Degrés Baumé	Salinomètre	Sel nécessaire (kg/100 l d'eau)
10	9,9	37,8	11,110
12	11,7	45,5	13,640
15	14,5	56,7	17,835
18	17,3	68,2	21,950
20	19,0	75,6	25,000

Il convient d'employer le sel nitrité dans les mêmes proportions que le sel ordinaire du fait de la très faible teneur en nitrite (0,6 %). La quantité de salpêtre suffisante pour assurer une bonne fixation de la couleur est de 0,3 à 0,4 g/kg de viande. On utilise les polyphosphates dans une proportion de 0,3 à 0,5 % du poids de la viande. Le sucre est utilisé à raison de 1 %.

La température de la saumure à injecter ne doit pas dépasser 5 °C. La saumure est injectée par voie intravasculaire ou intramusculaire. La quantité de saumure injectée, qui varie entre 12 et 25 % du poids du jambon, est fonction de sa teneur en sel. L'ITA a obtenu de bons résultats en utilisant une saumure d'injection de 15 à 17 °Baumé et une saumure d'immersion de 17 à 18 °Baumé. Après injection, les jambons sont bien tassés dans les cuves ou dans des bacs de saumurage et plongés dans la saumure vierge à température contrôlée. La durée de salaison avec les saumures nitritées ne doit pas être inférieure à 2 jours. Les jambons retirés de la saumure sont mis à égoutter dans une chambre froide à la température de 2 à 3 °C pendant 1 à 3 jours. Il convient de ranger les jambons bien serrés, sur une hauteur de 1 m au moins. Un égouttage prolongé, supérieur à ces durées, est à déconseiller. Le dessalage s'effectue à l'eau courante. On dégage ensuite tous les os et les gras. Les espaces vides sont remplis par un

morceau de chair convenablement taillé. La mise en moule permet de donner aux jambons cuits la forme désirée et facilite leur découpe en tranches régulières. Pour favoriser le collage des chairs, on saupoudre de gélatine les parties musculaires en contact. Les jambons sont cuits à l'eau ou à l'étuve à la température de 72 à 75 °C. Le temps de cuisson est de 57 min/kg de jambon. Après la cuisson, les couvercles des moules sont légèrement pressés, le liquide exsudé est éliminé. Les moules sont refroidis pendant 2 h à l'eau courante fraîche avant d'être placés en chambre froide. Après refroidissement, les jambons sont démoulés à l'air comprimé ou par immersion dans l'eau bouillante pendant quelques instants. Ils sont alors emballés dans du plastique puis pasteurisés à 85-95 °C pendant 50 à 60 min (Savic, 1970b).

Le pressed beef

Le pressed beef est une semi-conserve pur bœuf, préparée à partir de cuisses de jeunes bovins réfrigérées (3 à 4 °C au moins pendant 48 h), désossées et parées. Il est indispensable d'appliquer une technique de parage et de désossage, qui permet d'éviter les manipulations insalubres des muscles et leur dépréciation par des incisions désordonnées.

La salaison du maigre dans une bonne formule (2,5 % de sel, 0,5 % de polyphosphates, 0,1 à 0,3 % de gélatine, 0,2 % d'acide ascorbique) se pratique de la façon suivante : le maigre correctement pesé est d'abord placé dans le bol du mélangeur que l'on met en marche après avoir saupoudré avec le sel nitrité la surface de la viande, les polyphosphates sont ensuite ajoutés quand le sel nitrité est bien absorbé (après 3 min environ) ; les autres ingrédients, comme la gélatine et l'acide ascorbique sont ajoutés à la fin de l'opération. Le travail avec le mélangeur doit continuer jusqu'à l'apparition d'une couche blanchâtre à la surface des morceaux de viande. Il peut être assimilé à une macération au cours de laquelle le sel nitrité pénètre dans le maigre et extrait les protéines hydro et halosolubles. Ces dernières, qui rendent le maigre visqueux et collant, se manifestent par la couche blanchâtre. A ce stade, le mélange salé est transféré du mélangeur dans les récipients à entreposer à basse température (entre 2 et 4 °C pendant 7 jours) en vue de procéder à la maturation.

Cette opération doit être réalisée avec beaucoup de précautions. Il faut utiliser des récipients plus hauts que larges, pour restreindre la surface de contact de la viande avec l'oxygène de l'air responsable du brunissement rencontré aux points de contact. L'emploi de feuilles de plastique de qualité autorisée recouvrant hermétiquement le récipient est conseillé.

Au cinquième jour de l'entreposage, la vérification de la maturation se fait sur plusieurs gros morceaux, que l'on coupe pour examiner la surface en profondeur. La maturation peut être considérée comme terminée si une couche rouge vif uniforme apparaît. S'il existe des plages bien colorées à côté de zones brunâtres ou grisâtres, il faut poursuivre l'exposition pendant 2 jours au moins, jusqu'à obtenir une couleur complètement uniforme.

Après la maturation, le pressed beef est bien tassé dans des boîtes exemptes de défaut mécanique de différents formats (1/6 basse, 1/4 basse, 1/2 haute et basse) à l'aide d'une remplisseuse hydraulique, l'uniformisation du poids étant faite sur des balances bloquées aux poids désirés.

Le sertissage assurant une fermeture hermétique et étanche des boîtes se fait à l'aide d'une sertisseuse automatique, semi-automatique ou manuelle. La pasteurisation est réalisée avec des barèmes de température et de temps en fonction des formats des boîtes de fer blanc utilisées (75 à 80 °C et 45 à 60 min pour des boîtes de 1/6). Le refroidissement des boîtes consécutif au traitement thermique doit être rapide pour éviter la déformation des boîtes. Le stockage des pressed beef se fait à une température comprise entre 2 et 4 °C. Dans ces conditions, la durée de vie du produit peut aller jusqu'à 6 mois (Marinkov et Seydi, 1971).

Le luncheon beef meat

La mêlée, la pâte fine obtenue après cutterage des différents composants, est essentiellement constituée de viande maigre de bœuf, de gras de couverture (10 % du poids de la viande utilisée) et de bouillon d'os (18 % du poids de la viande maigre), auxquels viennent s'ajouter, en fonction du poids de ces constituants de base, les additifs : 4,5 % de fécule de pomme de terre, 0,1 % de sel ordinaire, du nitrite de sodium ou du potassium (0,6 % du poids du sel ordinaire utilisé) et des épices (0,3 % de poivre blanc, 0,05 % de laurier, piment et thym, 0,6 % de muscade, acide ascorbique et ail). On obtient la mêlée avec le cutter, qui permet d'avoir un mélange bien homogène de l'ensemble. Les boîtes de divers formats (1/2 basse, 1/2 haute) sont remplies, serties avant d'être stérilisées à 115 °C pendant 45 min et refroidies avec de l'eau froide (Diouf, 1984).

Les saucisses pur bœuf

La viande maigre de bœuf deuxième choix et le gras de bosse (12 % du poids de la viande) sont broyés finement à l'aide d'un hachoir électrique avant d'être passées au cutter pour réaliser la mêlée avec tous les autres intrants, notamment du bouillon d'os (18 % du poids de la viande maigre), des polyphosphates, du sel ordinaire et du lait en poudre (1 % du poids du mélange constitué par la viande maigre, le gras de bosse et le bouillon).

Lors de la préparation de la mêlée, la vitesse du cutter est réglée dans un premier temps à 1 500 tours/min avant d'introduire, dans l'ordre, la viande déjà broyée avec le gras de bosse, le sel, les polyphosphates ou les autres émulsifiants (jaune d'œuf : 2 unités/kg de mêlée), le bouillon glacé et les épices (0,5 % de poivre blanc, piment, 0,05 % de laurier et de thym, 0,1 % de muscade et d'ail). Dans la deuxième phase, la vitesse du cutter passe à 3 000 tours/min.

Après cutterage, l'embossage, ou mise en boyaux de la mêlée, s'effectue à l'aide d'un poussoir électrique. Les saucisses filetées sont ensuite égouttées pendant 2 h à température ambiante et fumées à chaud dans un fumoir avec de la sciure de bois, pendant 40 à 60 min. Les saucisses sont ensuite pasteurisées à 70-75 °C pendant 35 à 45 min pour assurer leur cuisson. Après la pasteurisation, les saucisses sont refroidies puis détachées et conditionnées, sous vide de préférence, avant d'être gardées au frais (Seydi et Savic, 1974).

Le poulet fumé

Les poulets frais, de bonne qualité, sont nettoyés et salés en saumure légère, avec une concentration de 12 à 16 °Baumé. Pour la salaison, les poulets sont plongés dans la saumure pendant 4 à 5 jours en chambre froide, entre 4 et 5 °C. Les épices — par rapport au poids de saumure préparée : 0,3 % de poivre, 0,05 % de thym, 0,5 % de laurier, 0,1 % de muscade, 0,1 % d'ail — sont enveloppées dans un tissu propre formant un bouquet, qui est plongé dans la saumure pendant toute la durée de la maturation en chambre froide.

Après salaison, les poulets sont dessalés en les plongeant dans de l'eau douce pendant 1 h, puis égouttés en les accrochant par les pattes sur des crochets pendant 2 h au moins, à température ambiante, avant d'être fumés à chaud dans un fumoir pendant 4 à 8 h, selon la quantité. Après fumage, les poulets sont conditionnés sous vide dans des sachets en plastique ou dans des barquettes (Gaye et Diouf, 2000).

Le lait caillé de type *mbannick*

Au Sénégal, le lait frais ou reconstitué est largement consommé sous forme de lait caillé de type *mbannick*. Les producteurs de lait caillé, essentiellement le secteur artisanal peuhl établi en milieu urbain, ne maîtrisent plus le procédé traditionnel de fermentation. Les conditions sanitaires des ateliers ainsi que l'utilisation de poudre de lait à la place du lait frais devenu rare ont incité les producteurs à se détourner de leur procédé traditionnel (fermentation spontanée du lait frais, utilisation d'ustensiles de traite et de fermentation qui permet de conserver une flore spécifique). Le procédé le plus répandu est l'utilisation de la présure pour le caillage. Si l'usage de ce produit ne présente pas de risque de toxicité propre, son utilisation dans les conditions de travail de ces ateliers ne peut prévenir une contamination accidentelle par des organismes pathogènes. De plus, le produit fini s'éloigne par sa texture, son arôme et son acidité du produit traditionnel. D'autres unités de transformation, de type semi-industriel ou industriel, font usage de ferments d'importation souvent destinés à la préparation de yaourt, produit qui, par sa texture et son arôme, diffère du *mbannick*. Il était donc intéressant de développer un ferment qui, utilisé dans des conditions contrôlées, peut restituer un produit fini se rapprochant le plus possible du *mbannick* traditionnel.

Le wayaliine est un ferment mésophile multiple de type D, composé de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (souche acidifiante), de *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* biovar *diacetylactis* (souche aromatisante) et de *Lactobacillus* sp. (qui participe à la texture du lait caillé obtenu). Les souches constituant ce ferment sont issues d'une banque de souches obtenue à partir d'un échantillon représentatif de laits caillés sénégalais de type *mbannick*. L'utilisation d'un lait frais ou d'un lait reconstitué à partir d'une poudre de type s*pray-dried high heat* à 26 % de matières grasses combinée à l'ensemencement par le ferment wayaliine produit un lait caillé aux propriétés organoleptiques semblables à celles du *mbannick* et largement apprécié. Le ferment se présente sous la forme d'une poudre lyophilisée, conditionnée sous vide en sachet alumine. Les sachets ont une contenance de 20 g de ferment lyophilisé. Une conservation à basse température (- 45 °C) est recommandée. Dans ces conditions de conservation, le ferment est utilisable dans les 3 mois suivant sa réception. Un sachet de wayaliine contient la dose

nécessaire pour la production de 10 l de culture mère. En production, celle-ci est utilisée à un taux de 4 %. Un sachet de wayaliine permet donc de produire 250 l de lait caillé à partir du lait en poudre reconstitué à un taux de 16 % de matières sèches. L'évolution de l'acide dornique et du pH au cours de la fermentation, qui dure 24 h, indique qu'au bout de 6 h le pH du lait est en dessous de 5, ce qui empêche le développement de micro-organismes pathogènes et garantit ainsi un produit fini propre à la consommation (figure 1).

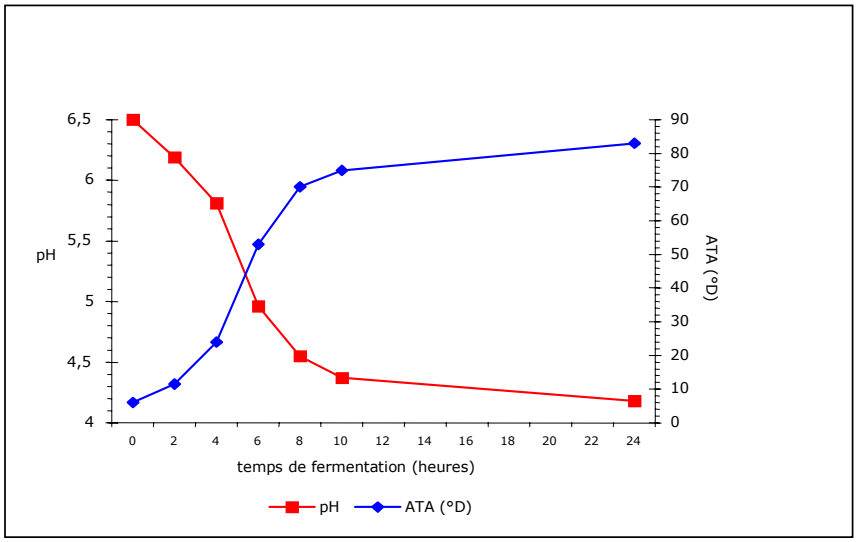


Figure 1. Profil de fermentation du ferment wayaliine.

Les produits de la pêche

Le fumage, le séchage, le salage et la fermentation constituent les principaux procédés de conservation du poisson. Les procédés de transformation du poisson ont fait l'objet d'améliorations techniques, qui ont été diffusées dans les centres de pêche du Sénégal et de la sous-région. Ces procédés peuvent être mis en œuvre seuls ou associés afin d'obtenir un produit aux qualités spécifiques d'arôme, de saveur et de couleur.

Le salage

Le salage est une méthode traditionnelle de transformation du poisson. Les sels de bonne qualité peuvent contenir jusqu'à 99,9 % de chlorure de sodium, mais aussi des impuretés comme la poussière, le sable et des sels chimiques (chlorures et sulfates de calcium, de magnésium, sulfates et carbonates de sodium, traces de cuivre et de fer). Même en petites quantités, ces impuretés peuvent nuire à la qualité du poisson.

La présence de quantités suffisantes de sel (5 à 10 %) dans le poisson réduit nettement, voire empêche, l'action des micro-organismes. Toutefois, les bactéries halophiles peuvent provoquer un rougissement de la chair humide ou partiellement

séchée du poisson salé. Des moisissures peuvent se développer sur du poisson salé séché et provoquer la formation de taches foncées.

Des facteurs telles la teneur en matières grasses, l'épaisseur, la fraîcheur du poisson et la température ambiante influencent le salage. Plusieurs techniques sont utilisées pour le salage après parage du poison (étêtage, éviscération, ouverture).

Le salage à sec

Le sel fin a l'avantage de pouvoir être reparti de manière uniforme. Le contact du sel avec le poisson entraîne une déshydratation trop rapide des couches superficielles et conduit à la coagulation des albumines, qui retardent la pénétration du sel dans les couches plus profondes. Les gros cristaux de sel se dissolvent plus lentement et agissent d'une manière moins brutale sur les couches superficielles. L'aspect général du poisson est meilleur et plus alléchant. Pour un meilleur résultat, il est conseillé d'utiliser un mélange de 2 parts de gros sel pour 1 part de sel fin. Le salage est léger avec 15 kg de sel pour 100 kg de poisson et fort avec 30 kg de sel pour 100 kg de poisson.

Le salage en saumure

Les saumures sont des solutions plus ou moins concentrées de sel dans l'eau. On obtient généralement les saumures par simple dissolution à froid. Une saumure saturée contient 35,5 % de sel, une saumure légère 15 % et une saumure est dite forte quand le taux dépasse 25 %. Il faut veiller à éviter la réutilisation de la saumure car elle vieillit vite du fait de la présence de germes produisant de l'ammoniac, de l'hydrogène sulfuré et des mercaptans, et dégage une mauvaise odeur.

Le poisson salé

Diverses espèces, surtout maigres, sont utilisées pour le salage, en particulier les ethmaloses, les carangues et les mulets. Le poisson est piqué vers l'arrière tête pour prendre le maximum de chair, il est ensuite étêté, lavé, éviscéré et ouvert en portefeuille. Le premier lavage est effectué à l'eau douce. Un deuxième lavage est effectué dans une saumure légère pendant quelques minutes afin d'éviter que le produit ne soit altéré par la chaleur. Cette phase ne doit pas dépasser 1 h. Le salage se fait à sec. Des couches de poisson et de sel sont alternées et disposées en piles, qui laissent couler la saumure vers l'extérieur. Cette opération dure 3 à 5 jours selon l'épaisseur du poisson. A la fin, les poissons sont de nouveau lavés dans une saumure légère, égouttés et séchés. Des bacs spéciaux de saumurage et de lavage rectangulaires, résistants à l'attaque du sel, permettent d'obtenir un produit de qualité. Le rapport entre poisson et sel pour un bon traitement est de 3/1. L'humidité du produit fini ne doit pas dépasser 35 %. Le rendement du poisson salé séché est de 40 %. La teneur en sel du poisson sec doit être comprise entre 10 et 20 %. La couleur doit être uniformément claire et le produit sec, crissant au pliage.

Le poisson salé et pressé

La technologie consiste à conserver le poisson, généralement la sardinelle, à partir du salage et de la pression. Il faut procéder à un salage fort et bien protéger le poisson pour pallier les effets de certaines bactéries et de la rancidité oxydative. Les poissons sont étêtés, éviscérés, lavés et salés à sec. Le salage dure 4 à 8 jours selon l'espèce et la saison. Les poissons sont ensuite récupérés et pressés pendant 48 h au moyen d'une presse manuelle métallique dimensionnée selon la capacité à traiter. Le pressage de 48 h permet à l'eau résiduelle de diffuser vers la surface et d'être facilement éliminée lors du séchage. On obtient ainsi du poisson salé pressé pouvant être consommé comme du poisson frais après dessalage. On peut aussi le sécher ou le fumer.

Le séchage

Le séchage du poisson consiste à éliminer l'eau contenue dans les tissus sous l'effet de la chaleur, dans des conditions contrôlées de température, d'humidité et de vitesse d'air. Le séchage, en modifiant profondément la composition du poisson par la réduction de sa teneur en eau, ne permet pas lors de la reconstitution de retrouver les qualités initiales. Plusieurs facteurs influent sur le degré de séchage : l'humidité relative, la vitesse et la température de l'air, la teneur en matières grasses, la teneur initiale en eau du poisson, l'épaisseur et la température du poisson.

Pour assurer un meilleur séchage dans les conditions naturelles, il faut agir sur plusieurs paramètres : la hauteur des claies de séchage par rapport au sol (si le poisson est soulevé au-dessus du sol, même de 1 m, la circulation de l'air est plus efficace et le séchage se fait sur les deux faces) ; l'inclinaison des claies (les claies sont construites en pente légère pour permettre un bon égouttage des produits et éviter la stagnation de l'eau sur la surface de séchage) (figure 2).

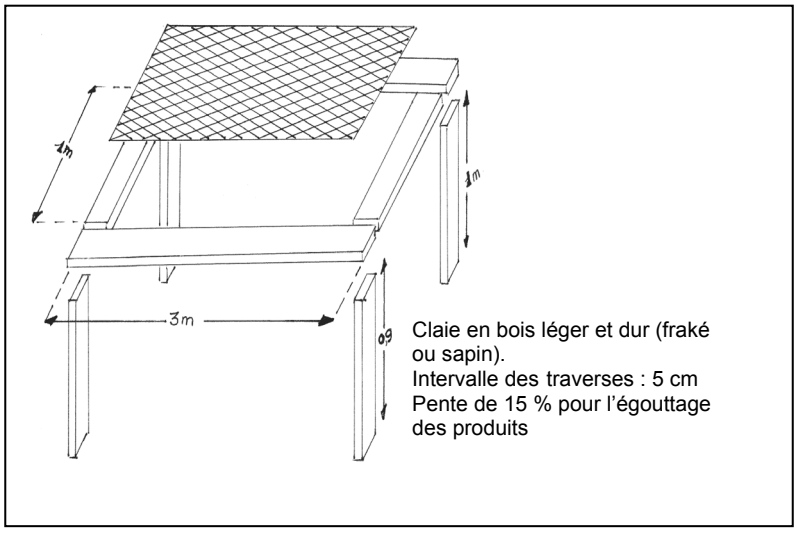


Figure 2. Claie de séchage amélioré.

Le poisson fermenté

Toutes les espèces de seconde qualité sont utilisées, en particulier les capitaines et les courbines. Le poisson fermenté entier ou coupé en morceaux sert aussi bien d'aliment que de condiment. Il contribue effectivement à la ration protéinique des populations. La fermentation est une dégradation microbiologique partielle, qui peut être contrôlée par l'addition de sel. Le processus conduit à un produit ayant une flaveur particulière. Le poisson déjà préparé est plongé dans une saumure légère pendant 12 à 48 h avant d'être séché. Le rendement du poisson fermenté est de 30 %. L'opération conduit en général à un produit de couleur marron clair uniforme. Il convient de maintenir des températures de séchage à 45 °C pendant 20 h pour empêcher l'infestation par les larves des mouches.

Le séchage solaire en tente

Pour diminuer les risques de souillure par les insectes, les animaux et les autres parasites et améliorer la qualité du séchage, il est préférable de sécher le produit en enceinte fermée. Le modèle de séchoir ITA privilégiant les matériaux locaux est un dessiccateur de type Brace bien exposé aux vents dominants et au soleil. Il utilise un système de chauffage direct avec un cadre constitué d'un assemblage de poutrelles et de lattes de bois à base rectangulaire, dont la face du dessus est légèrement inclinée. La surface d'absorption, en polyéthylène noir et opaque de 350 µ, est placée au niveau de la face arrière et à la base et agit comme un corps noir. Les dimensions sont de 7 m de long, 4 m de large pour une hauteur arrière de 2 m et avant de 1,80 m. La capacité du séchoir varie de 600 à 800 kg selon les espèces. Les températures de séchage solaire ne doivent pas dépasser 46 °C pour éviter l'altération du produit (formation de croûte, altération de la couleur et de la saveur du produit final). La durée de séchage est en moyenne de 40 h. A la fin du séchage, le produit fini a un taux d'humidité compris entre 20 et 27 % selon l'espèce traitée.

LE FUMAGE

La méthode consiste, après un salage préalable et un léger séchage, à exposer la chair du poisson à de la fumée issue de la combustion lente du bois. Ce traitement confère au poisson une couleur, une saveur et une texture particulières. Le pouvoir bactéricide de la fumée augmente proportionnellement à son opacité. Tous les bois résineux, qui dégagent en même temps que leur fumée des substances aromatiques, sont inaptes au fumage car ces substances, en s'infiltrant dans les tissus du poisson, donnent une saveur âcre et désagréable.

Le fumage à froid

Dans le fumage à froid, la température ne s'élève jamais à un niveau où la chair risque d'être cuite (pas de dénaturation de la protéine). Le fumage à froid se fait à des températures comprises entre 24 et 28 °C sur du poisson préalablement salé et égoutté.

Le fumage à chaud

Le fumage à chaud est réalisé avec du poisson frais et rapidement salé par immersion dans une saumure (1 volume de sel pour 5 volumes d'eau) pendant une dizaine de minutes. Le salage en saumure permet d'éviter d'éventuelles irrégularités de couleur et le rancissement du produit. Au cours du traitement, la chair subit une cuisson. Les requins et les raies peuvent être fumés à chaud, mais le machoiron reste l'espèce la plus prisée.

Les opérations comprennent le lavage, l'éviscération et l'ouverture du poisson en portefeuille, qui permet d'avoir une plus grande surface d'exposition à la fumée, puis le fumage, qui se fait en deux phases. Dans la première phase, le poisson est exposé dans le fumoir à un courant d'air provenant d'un feu vif et très aéré à des températures de 120 °C à 140 °C. Cette température dessèche le poisson en le rôtissant. Dans la seconde phase, la flamme vive tombe, une fumée s'échappe du foyer pour aller vers le poisson. La température de la fumée doit être comprise entre 40 et 60 °C. Les bourres de coco, dont la lente combustion produit de la fumée légère et régulière, donne la coloration dorée finale du produit. Le rendement du poisson fumé est de 40 % avec une humidité maximale de 30 % du produit fini. Le poisson doit être uniformément sec et de couleur brune.

Le braisage

Le braisage est surtout pratiqué pour la sardinelle (*Sardinella aurita* et *Sardinella madarensis*). Les poissons sont placés sur le métal déployé en rang serré, les têtes tournées vers le bas. Ils sont ensuite recouverts de tôles de façon à forcer la fumaison et à concentrer la chaleur. Le poisson est braisé à combustion lente par élévation de température pendant 2 h. A la fin de l'opération, il faut laisser le poisson refroidir et subir une maturation pendant 8 h avant de le peler, saler et sécher. Le poisson braisé doit avoir un taux d'humidité maximal de 28 %.

Le braisage artisanal de 10 kg de poisson frais permet d'obtenir 5 kg de poisson braisé séché *(kéthiakh).* La dépense d'énergie varie de 8 000 à 9 000 kcal/kg de poisson frais traité. Le braisage au four parpaing demande une dépense totale d'énergie de 4 102 kcal/kg de poisson frais. On peut donc conclure que le braisage au four parpaing se traduit par une économie d'énergie d'environ 50 % par rapport au braisage traditionnel et limite considérablement la pollution de l'environnement par le peu de fumée dégagée (tableau II).

Tableau II. Consommation de bois dans un four parpaing en briques d'argiles calcinées.

Espèce	Quantité de poisson frais (kg)	Poids de poisson après braisage (kg)	Consommation de bois (kg de bois/kg de poisson)
Silure	600	370	0,61
Sardinelle	740	420	0,57

Les produits végétaux secs

La réduction des pertes postrécolte et la valorisation des produits végétaux secs sont des préoccupations permanentes pour les opérateurs. Le séchage, la cuisson et la fermentation constituent des moyens assez efficaces pour y parvenir.

Le séchage

Les principaux travaux dans ce domaine ont consisté à définir les paramètres d'utilisation (températures et durée) des différents types d'équipement mis au point ou introduits pour le séchage des produits à base de céréales et de légumineuses, comme le couscous, l'*arraw* et le niébé fermenté. Les conditions de séchage des produits roulés (couscous et *arraw*) ont été déterminées avec deux prototypes de séchoir à gaz de type Attesta et Fac 2000 introduits du Burkina Faso et du Mali et adaptés avec succès au séchage des produits céréaliers.

Une étude technique, commanditée par le projet de promotion des céréales locales et exécutée par l'ITA en juin 2000, a permis de déterminer les conditions optimales de séchage de l'*arraw* de mil. Le séchage devait permettre de passer d'une humidité de 40-45 % à 7-9 %, en préservant au mieux la qualité microbiologique et organoleptique du produit. Les cinétiques de séchage ont été réalisées pour quatre températures (55, 60, 65 et 70 °C) avec une densité de charge sur les claies de 5 kg/m^2. Les produits obtenus ont fait l'objet d'analyses chimiques (humidité) et microbiologiques et de tests organoleptiques.

Un séchage à 70 °C donne des résultats intéressants sur le plan microbiologique, en un temps relativement court (65 min), mais avec des répercussions moins appréciées sur le plan organoleptique. En revanche, à 55 °C, on préserve mieux le goût et la couleur du produit avec un effet presque aussi important sur la charge microbienne. La durée de séchage est cependant deux fois plus élevée (135 min). Compte tenu de l'importance que revêt la qualité organoleptique, un séchage de l'*arraw* à 55 °C pendant 135 min est recommandé, ce qui permet de réduire presque la totalité de la microflore tout en préservant au mieux les qualités organoleptiques par rapport aux autres barèmes (température et durée) de séchage. Bien que cette étude ait été conduite au moyen d'un séchoir électrique, alors que la plupart des transformateurs ne disposent que de séchoirs solaires ou à gaz, elle fournit des repères pour améliorer leurs pratiques de séchage.

La cuisson-extrusion

La cuisson-extrusion consiste à cuire en continu un mélange, hydraté ou non, et à le façonner par un passage forcé au travers d'une filière, dont la configuration de l'ouverture va conditionner la forme du produit sortant. Dans le cadre d'un projet de l'UNU (Université des Nations unies) et de l'AUA (Association des universités africaines), l'ITA a été équipé d'un cuiseur extrudeur de laboratoire, qui lui a permis de mener différents travaux.

Il a ainsi mis au point des produits expansés à base de mil, de maïs, de sorgho et de niébé, seuls ou mélangés à d'autres produits, pour la fabrication de farines précuites de sevrage et d'aliments de complément. Le traitement thermique permet d'améliorer

la digestibilité du produit et de détruire les micro-organismes pathogènes et les substances toxiques présents dans les matières de base.

Il a également développer des produits gélatinés, naturels ou assaisonnés, de type beignets de crevette, qui sont ensuite expansés dans un bain de friture au moment de la consommation. Ces produits ont eu beaucoup de succès lors des minitests de marché effectués avec Junior Entreprise, une société constituée par des étudiants de l'université de Dakar.

La conservation

Le Sénégal, à l'image de la plupart des pays sahéliens, enregistre des pertes postrécolte qui peuvent atteindre 30 %. Des travaux ont été menés afin de réduire ces pertes et d'améliorer la qualité des grains par la mise au point de technologies adaptées pour le stockage et la conservation.

C'est dans cette optique que la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) a financé, de 1970 à 1974, un projet de recherche coordonné par l'ITA visant à réduire les pertes en cours de stockage chez le paysan. Il a abouti à la mise au point de fûts métalliques appelés cana-greniers, dont la principale caractéristique est l'étanchéité. Les nuisibles qui étaient déjà présents dans les grains s'asphyxient rapidement en consommant le peu d'air disponible. Pour une meilleure conservation, l'humidité des grains ne doit pas être supérieure à 13 %. Ce système est utilisé principalement pour le mil, le niébé, le sorgho et l'arachide décortiquée. Les résultats obtenus sont très satisfaisants aussi bien pour la conservation que pour la qualité germinative des grains.

Des essais d'utilisation de poudres insecticides (Actellic, Bromophos et Nuvanol) pour la protection de l'arachide contre la bruche ont été également menés entre 1974 et 1980 avec l'appui financier de l'ONCAD (Office national de coopération et d'assistance au développement). Ils se sont déroulés en plein air avec des stocks de 100 t disposés en vrac bardis dont les 25 t formaient le bardis. Les mêmes essais étaient conduits à titre comparatif par l'ISRA sur la station de Bambey et par l'ITA. Dans chaque localité, un stock traité au lindane a été pris comme référence et l'insecticide était appliqué par brassage à raison de 500 g/t, en plus d'un traitement de couverture de 100 g/m^2. Les résultats satisfaisants obtenus après trois mois de stockage ont permis d'homologuer et de vulgariser l'Actellic, le Bromophos et le Nuvanol dans le traitement des arachides en stock.

L'un des problèmes auxquels sont confrontés les producteurs et les distributeurs de niébé *(Vigna unguiculata)* est l'infestation par la bruche, qui peut entraîner une dépréciation du grain. Des techniques de traitement simples comme la torréfaction et l'utilisation d'un mélange d'oxyde de calcium et de cendre, qui a une action desséchante sur la graine, la rendent moins vulnérable aux attaques des larves et des bruches (ITA et USAID, 1989).

La fermentation

La fermentation permet de détruire les facteurs antinutritionnels, de rehausser la valeur nutritive des aliments et d'améliorer leur digestibilité et leurs qualités organoleptiques. Dans le cadre du partenariat avec le CWBI (Centre wallon de

biologie industrielle), l'ITA a été doté en 1992 d'une unité de biotechnologie équipée pour la valorisation des procédés de fermentation traditionnelle.

La fabrication du nététu

Le nététu est un condiment largement utilisé dans la région. Il est obtenu par fermentation des cotylédons cuits de la caroube africaine *(Parkia biglobosa)*. Afin de rationaliser le procédé traditionnel de fermentation, une étude a été réalisée sur l'utilisation d'une culture starter sélectionnée (Ndir *et al.,* 1994, 1997b, 1999, 2000 ; Ndir, 2002a).

Dans un premier temps, la microflore des trois types de nététu, originaires de Casamance, de Guinée et du Mali, a été déterminée. Elle se compose d'une microflore sporulée dominante représentée par des *Bacillus* sp. ($1,5\ 10^5$ à $9,4\ 10^8$ spores poussant à 45 °C par g de produit humide) et d'une microflore d'accompagnement. Les apports microbiens durant les 8 étapes du procédé traditionnel de fabrication du nététu ont été étudiés en milieu réel et les points critiques de contrôle, identifiés. Sur les cotylédons cuits en début de fermentation, les analyses ont révélé la présence d'une microflore sporulante mixte (*Bacillus subtilis* et *Bacillus licheniformis*) et la prédominance des spores poussant à 45 °C. Deux ferments, *Bacillus subtilis* NTO1 et NTO2, ont été sélectionnés après avoir été identifiés par des tests phénotypiques et génétiques (Ndir, 2002a).

Les trois types de nététu ont été caractérisés sur le plan chimique : teneur en eau, pH, acidité, fibres brutes, protéines, matières grasses, cendres, calcium, acides aminés, acides gras et tocophérols. Les substances volatiles ont été étudiées par SPME-CG/SM en comparant les nététus du commerce de fabrication traditionnelle avec ceux obtenus par fermentation contrôlée en utilisant les ferments NTO1 et NTO2. L'implication de *Bacillus subtilis* dans la fermentation a été mise en évidence. Le bouquet aromatique est composé d'acides organiques de faible poids moléculaire, qui seraient responsables du goût piquant, de pyrazines, responsables de l'arôme de chocolat, de composés soufrés et de phénols, responsables de la note épicée (Ndir, 2002a).

L'ensemble de ces résultats a permis de valoriser le nététu en utilisant un ferment, après le décorticage mécanique des graines, et de proposer aux consommateurs des produits traditionnels de qualité standard répondant à leurs besoins. Une entreprise de fabrication du nététu avec un ferment est en cours d'installation à Sédhiou, en Casamance.

La fermentation contrôlée du mil

La fermentation lactique des céréales se caractérise par la production d'acide lactique à partir des sucres et de l'amidon de la farine utilisée par les bactéries lactiques en synergie avec d'autres organismes comme les levures. Lors de ce processus, la flore bactérienne arrête sa croissance à un pH de 3,5 à 4,0 et on obtient un milieu stable pouvant se conserver plusieurs semaines.

La mise au point du ferment pour la fermentation du mil est le résultat d'un partenariat entre des universitaires sénégalais et belges, des transformateurs et l'ITA. Les micro-organismes responsables de la fermentation du mil (*Pennisetum typhoides* ou *glaucum*) ont été isolés sur les variétés traditionnelles Souna et

Sanio. Il s'agit principalement de bactéries lactiques (*Lactobacillus* et *Pediococcus,* productrices d'acide) et de levures (source d'arômes). Les bactéries lactiques ont été ensuite sélectionnées pour leur capacité à acidifier la farine de mil. L'une des souches sénégalaises s'est avérée bonne productrice et elle résiste au conditionnement sous forme de ferment, il s'agit de *Lactobacillus plantarum* 308a.

Le ferment pour mil a été mis au point en 1999, avec la collaboration de l'unité de biotechnologie de l'ITA, et conditionné sur son substrat d'origine, la farine de mil préalablement stérilisée. Ce mode de conditionnement permet de produire le ferment localement et de le rendre économiquement accessible. Sa viabilité est maintenue pendant au moins 6 mois à 4 °C. Au-delà, sa capacité d'acidification diminue et il doit alors être utilisé à une dose plus élevée. La lyophilisation permet une conservation plus longue, mais elle est plus coûteuse. Les tests de fabrication de produits roulés fermentés à base de mil effectués à l'ITA avec le ferment ont donné des résultats concluants. Le transfert a été effectué en 2000 dans une unité de transformation du programme de promotion des femmes en milieu urbain de Dakar.

La transformation des céréales et des légumineuses

L'évolution des habitudes alimentaires en milieu urbain s'est traduite par l'abandon des céréales et des légumineuses locales (mil, sorgho, niébé) au profit de produits importés. Le Sénégal détient le record des importations de ces produits en Afrique de l'Ouest, la production nationale ne couvrant que 50 % des besoins. Les travaux ont eu pour objectifs de promouvoir la consommation des céréales et légumineuses locales, en mettant au point des produits transformés de qualité en quantité suffisante.

La caractérisation des variétés de mil

Les travaux de caractérisation effectués jusqu'ici ne prenaient généralement pas en compte l'aptitude technologique qui prédispose à la fabrication d'un produit donné. Dans le contexte actuel de transformation industrielle ou semi-industrielle, cet aspect est devenu capital.

Dans le cadre d'un projet sous-régional du ROCAFREMI (Réseau ouest et centre africain de recherche sur le mil), trois variétés de mil — Thialack, Souna III, Sosat C — ont fait l'objet d'une caractérisation avec la collaboration de l'ESP (Ecole supérieure polytechnique). Leurs caractéristiques physico-chimiques ont été déterminées ainsi que leur aptitude à la fabrication de produits de consommation courante comme le couscous, l'arraw et les pains. L'aptitude à la fabrication de couscous et d'arraw fermentés a été évaluée par l'ESP sur les variétés Souna III et Sosat C. Sur le plan technologique, Souna III, qui donne une farine moins fine, est plus apte pour le roulage manuel et moins performante pour le procédé mécanique que Sosat C. Les tests sensoriels ont montré une légère préférence pour Souna III en ce qui concerne la couleur et la taille des grains (ROCAFREMI, 2001). Des tests de fabrication de pains à base de farines composées de 15 % de mil et de 85 % de blé ont été également effectués par l'ITA sur ces mêmes variétés. Les résultats des tests de fabrication et l'évaluation des pains obtenus ont fait ressortir une nette préférence pour la variété Thialack, sur le plan aussi bien technologique qu'organoleptique. Ces résultats permettent déjà d'orienter les transformateurs dans le choix des variétés en fonction des types de produits à fabriquer comme c'est le cas pour le blé.

La transformation primaire par voie sèche

Les principales opérations de la transformation primaire qui permettent de passer du grain à la farine ou à la semoule sont le nettoyage, le calibrage, le décorticage, le broyage, ou mouture, et le tamisage.

Le nettoyage est une étape importante, qui élimine les impuretés en fonction de leur différence de taille (sables et graines étrangères) ou de densité (débris végétaux et pierres). Le calibrage permet d'obtenir une matière première de taille homogène et, par conséquent, une meilleure qualité de décorticage. L'ITA recommande des taux de décorticage situés entre 18 et 20 % pour préserver l'assise protéique adjacente et la couche à aleurones riche en composés vitaminiques (ITA et USAID, 1986). Dans le cas du maïs, le décorticage doit être suivi de l'élimination du germe (dégermage), qui est riche en matières grasses, pour éviter un rancissement rapide des produits de mouture. Pour ce qui est du niébé, il doit être débarrassé des enveloppes et du hile. A partir du grain décortiqué et débarrassé du son, plusieurs types de produit de mouture peuvent être obtenus en fonction des paramètres de broyage et de tamisage (brisures, semoules et farines).

Les procédés traditionnels nécessitent une humidification des grains avant le décorticage et un lavage avant la mouture, ce qui limite la durée de conservation des produits à une journée à température ambiante. L'ITA a mis au point des procédés de décorticage et de mouture par voie sèche en laboratoire pilote et semi-industriel, qui assurent une durée de conservation des produits finis supérieure à 6 mois. Des fiches techniques précisant les spécifications physico-chimiques ont été élaborées pour une harmonisation des différents produits fabriqués et commercialisés par les unités semi-industrielles (ITA et USAID, 1986).

Les produits de cuisson à base de farines composées

Le Sénégal importe près de 200 000 t de blé par an pour la fabrication de produits de boulangerie, pâtisserie et biscuiterie. La décision d'orienter la recherche vers la substitution du blé dans les produits de panification date de 1964, avec le lancement par la FAO du programme sur les farines composées. Le pain à base de farine composée contenant 70 % blé et 30 % de mil a valu à l'ITA un prix d'innovation au Salon international de l'agriculture de Paris en 1972. Compte tenu des préférences des consommateurs sénégalais, c'est un pain avec 15 % de farines locales qui a été diffusé. Il est actuellement commercialisé sous l'appellation « pain riche ». D'autres produits de panification de type sucré — pains au lait et pains de mie — contenant 15 % de farines locales ont été également développés et diffusés.

L'utilisation de la gomme xanthane a permis de passer à la fabrication de pains à 100 % de farines locales (ITA et CEA, 2000). La gomme xanthane est un biopolymère produit de la fermentation de la bactérie *Xanthomonas campestris* cultivée sur glucose. L'intérêt de cette gomme réside dans ses propriétés épaississantes. L'utilisation de la xanthane seule ou en association avec d'autres gommes végétales *(Stercullia setigera)* a donné des résultats satisfaisants dans la fabrication de pains moulés de type anglo-saxon sans blé. Cependant, pour les pains de type français, qui correspondent plus aux habitudes alimentaires, il a fallu incorporer au moins 50 % de farine de blé pour avoir des résultats acceptables. Des pâtisseries de type cake ont été également développés par l'ITA, avec des taux d'incorporation de céréales locales pouvant atteindre 70 %.

Concernant la biscuiterie, différentes formules à base de maïs, de mil, de niébé et de pâte d'arachide contenant plus de 50 % de farines locales ont été mises au point au laboratoire avant d'être testées à l'échelle industrielle.

Un aliment de sevrage à base de mil

Une farine à cuisson rapide, préparée à partir de semoule de mil *(sanxal),* a été mise au point et fabriquée à l'échelle pilote (ITA et USAID, 1986). Cette farine est cuite à la vapeur, séchée et broyée, puis mélangée aux autres composants (sucre, lait et huile d'arachide) et complémentée par un mélange expérimental de vitamines et minéraux. Elles est bien acceptée et présente une bonne tolérance digestive et bonne valeur nutritive. L'étude de sa stabilité après conditionnement dans des boîtes en PVC à 25, 30 et 44 °C n'a pas montré de modification significative après 6 mois de conservation.

Les produits à base de niébé

Le niébé est une source intéressante de protéines mais, comme toutes les légumineuses, il contient des facteurs de flatulence (le stachyose et le raffinose) et des antimétabolites (acide phytique et inhibiteurs trypsiques), qui limitent sa valeur nutritive. Sa préparation est de plus pénible et ses qualités organoleptiques parfois mal acceptées. Afin de lever les freins à sa consommation, des travaux ont été menés sur trois variétés — 58/57, CB-5 et Bambey 21 — et ont abouti à plusieurs produits (ITA et USAID, 1989).

Une farine de niébé fermentée a ainsi été conçue pour la préparation de beignets salés appelés *akara,* dont la recette est originaire du Bénin. Ces beignets, appréciés par les Sénégalais, sont préparés traditionnellement à partir de pâte de niébé, dont la fabrication est très fastidieuse. Le produit a fait l'objet de tests d'acceptabilité auprès de ménages et de structures hôtelières et les résultats ont été satisfaisants.

Des produits à base de niébé grillé (grains décortiqués, farines et semoules) ont été mis au point à l'échelle artisanale (avec une poêle) et semi-industrielle (avec un torréfacteur rotatif à gaz). Les graines sont légèrement humidifiées, entre 13 et 15 %, avant d'être grillées pour faciliter le décorticage. La farine est surtout utilisée dans la formulation d'aliments de complément et comme substitut, total ou partiel, de l'arachide grillée dans certaines préparations culinaires ou pâtes à tartiner chocolatées. Ce procédé améliore l'acceptabilité organoleptique du niébé.

Tous ces produits se sont révélés stables après 12 mois de stockage dans des conditions ambiantes de température (30 et 42 °C) et d'hygrométrie (40 et 80 %).

Les produits végétaux frais

La conservation des fruits et légumes est d'une grande importance économique pour le Sénégal, qui produit chaque année 175 000 t de fruits et 200 000 t de légumes. La conservation de ces produits très périssables permet de réduire les pertes postrécolte et de prolonger leur disponibilité à l'état frais ou transformé (jus, confiture, purée, pâte).

En tant qu'organes vivants même après leur récolte, les fruits et légumes sont le siège de changements physiologiques qui nuisent à leur conservation. Il en résulte que, pour les maintenir en vie le plus longtemps possible, il faut ralentir leur respiration et les processus physiologiques et les protéger contre les altérations d'origine mécanique et parasitaire. Trois facteurs interviennent : la température, l'humidité relative et de la composition de l'atmosphère. Ces facteurs sont les paramètres déterminants de la conservation par le froid (réfrigération simple dans l'air) et doivent être choisis judicieusement afin de ne pas nuire à la qualité des produits au cours de l'entreposage (Marcellin, 1977). A l'opposé, la chaleur peut être utilisée pour relever, dans une certaine mesure, la qualité des produits par son effet destructeur sur les micro-organismes grâce à une pasteurisation, une stérilisation ou une opération de séchage. Les produits ainsi traités par la chaleur sont stabilisés et se conservent plusieurs mois, voire plusieurs années.

La conservation des fruits et légumes tropicaux se heurte encore à plusieurs difficultés au Sénégal. Ces produits sont sensibles non seulement à de nombreuses maladies, dues aux champignons, mais aussi à l'action du froid et de la chaleur qui, s'ils ne sont pas judicieusement appliqués, peuvent provoquer des maladies physiologiques (fissures, nécroses, brunissement superficiel) et une perte de qualité (changement de goût et de saveur). Par ailleurs, le manque d'installations frigorifiques bien équipées et l'ignorance des conditions optimales d'entreposage liées à l'évolution physiologique des produits constituent encore un handicap pour leur entreposage et leur transport. En ce qui concerne la transformation des fruits et légumes frais, le manque d'équipements mécanisés, de moyenne ou faible capacité, adaptés aux espèces locales constitue un obstacle majeur, de même que l'inexistence de barème de pasteurisation spécifique à chaque espèce. A cela s'ajoutent les contraintes liées à l'approvisionnement régulier en matières premières et en emballages et à l'accès au crédit pour les transformateurs désirant acquérir les équipements de production. Sur le plan technique, il est possible de développer les procédés membranaires, tels que la microfiltration tangentielle et l'osmose inverse, pour d'autres produits comme la mangue, le tamarin, le made et le gingembre. Enfin, l'utilisation d'emballages souples peut constituer une solution d'avenir pour conditionner certains produits, notamment les conserves de légumes.

LA CONSERVATION PAR LE FROID

La réfrigération dans l'air, à des températures comprises entre 0 et 12 °C, est la plus employée pour conserver les produits végétaux à l'état frais. Elle consiste à entreposer les produits dans une chambre isolée thermiquement et dont la température et l'humidité relative permettent de les conserver aussi longtemps que possible sans altération de leurs qualités nutritives et organoleptiques.

La température optimale d'entreposage au froid et l'humidité relative nécessaires à la conservation ont fait l'objet de plusieurs recherches depuis 1972 à l'ITA. Les résultats les plus importants portent sur la mangue, la banane, les agrumes, les tomates, les melons, le gombo, le haricot vert et le chou pommé. Ils ont été diffusés auprès des exportateurs de fruits et légumes frais et des vendeuses de fruits frais (tableau III).

Tableau III. Conditions et durée d'entreposage au froid de fruits et légumes tropicaux du Sénégal.

	Température d'entreposage (°C)	Humidité relative (%)	Durée d'entreposage (j)
Mangue (variétés Amélie, Keitt, Sensation, Tommy Atkins)	12	85-90	21
Banane (variété Lacatan)	13	80-95	14
Tomate (variété Heinz 1370)			
Stade vert	12	85-90	21
Stade tournant	8	85-90	8-10
Stade rouge	4	85-90	8
Melon (variété Galia)	8	85-90	14
Melon (variété Cantaloup)	8	85-90	10
Clémentine (variété Linda)	16	80-85	60
Clémentine (variété Linda)	12		85
Orange (variété Washington)	16	80-85	60
Orange (variété Valenciate)	12	80-85	85
Haricot vert (en sachet plastique 50 µ, 10 trous de 0,5 cm de diamètre/0,25 m²)	10	80-85	15
Gombo (en sachet plastique 50 µ, 10 trous de 0,5 cm de diamètre/0,25 m²)	8	80-85	21
Chou pommé	2	80-85	45

Ces conditions de réfrigération sont influencées par un certain nombre de facteurs (espèce, variété, conditions climatiques et traitement sur pied) mais sont dans les limites recommandées par plusieurs auteurs (IIF, 1965).

Le déverdissage des agrumes

L'entreposage des agrumes au froid est actuellement une nécessité avec la tendance de plus en plus marquée à améliorer la couleur des fruits et à prolonger leur période de disponibilité afin de bénéficier de cours favorables sur le marché. Ainsi, le déverdissage des oranges (variétés Valenciate et Washington) et des clémentines (variété Linda) est pratiqué sur les fruits qui ont atteint un certain degré de maturité sans pour autant avoir la couleur désirée. Il consiste à appliquer des substances chimiques (éthylène, acétylène, éthrel), qui accélèrent le processus naturel de la dégradation de la chlorophylle et la révélation de pigments jaunes cachés.

Les oranges et les clémentines récoltées au stade tournant (1/2 à 3/4 de la surface jaune vert) sont d'abord lavées à l'eau ordinaire avant d'être trempées pendant 5 min dans une eau chlorée à une concentration de 500 ppm. Les fruits sont ensuite plongés dans une solution d'éthrel pendant 5 min à une concentration de 2 000 ppm. Les fruits sont enfin placés pendant 4 à 5 jours dans une chambre froide, dont la

température est de 25 °C et l'humidité relative de 85 à 90 %, avant d'être entreposés 10 jours dans une autre chambre froide réglée à 12 °C (humidité relative 90 à 95 %). A la fin de l'opération, les fruits présentent une belle couleur orange typique de l'espèce grâce à l'éthrel. Plusieurs auteurs ont montré que le déverdissage des agrumes par l'éthrel était optimal à une température comprise entre 25 et 30 °C pendant 12 à 60 h (Pantastico, 1975 ; Tugwell et Gillepsie, 1987 ; INRA, 1968).

La maturation complémentaire des fruits

Des fruits climactériques tels que la mangue, la banane et la papaye sont souvent récoltés au stade vert, mais mûrs physiologiquement. Ils subissent ensuite une maturation artificielle au moyen de produits tels que l'éthylène, l'azéthyl ou l'acétylène. L'éthylène étant cher et dangereux (risque d'explosion) et l'azéthyl indisponible, c'est le carbure de calcium, qui libère de l'acétylène, qui est employé au Sénégal pour la maturation artificielle des bananes et des mangues. Quand le carbure de calcium est placé dans de l'eau ou exposé à l'air humide, il se forme de l'acétylène et de l'hydroxyde de calcium avec un dégagement de chaleur (Russo, 1968). L'acétylène libéré, qui réagit de la même façon que l'éthylène sur certains fruits, entraîne leur mûrissement (Tirtosoekotjo, 1984 ; Thompson et Seymour, 1982 ; Kaltenbach, 1939).

La maturation artificielle des mangues

Pour la maturation artificielle des mangues par contact direct, on peut utiliser des paniers en feuille de rônier. Le procédé consiste à peser les fruits et à introduire dans le fond du panier un ou plusieurs morceaux de carbure de calcium enveloppés dans un tissu ou du papier à raison de 1 g/kg de fruit pendant 2 jours.

Par contact indirect, la maturation est réalisée dans un local, où les fruits sont disposés dans des caisses ajourées en bois ou en plastique. On introduit un pot contenant 1 g de carbure de calcium pour 2 l d'eau. Le gaz dégagé, l'acétylène, se dissipe dans le local et provoque le mûrissement des fruits au bout de 3 à 4 jours.

Dans les deux cas, le local équipé d'un groupe frigorifique est réglé à 25 °C avec une humidité relative de 80 à 90 %. Les fruits mûris par contact indirect sont plus fermes et ont une couleur plus belle et plus homogène que les fruits mûris par contact direct. Par ailleurs, les fruits qui sont au fond, et donc plus proches des morceaux de carbure de calcium, mûrissent plus vite et mieux que les autres.

Ces résultats montrent que l'utilisation du carbure de calcium ainsi que la qualité du produit ont une certaine influence sur la vitesse de maturation des fruits (Tirtosoekotjo, 1984). Les mêmes procédés ont été utilisés sur la banane et la papaye et donnent des résultats similaires (Espanto, 1984 ; Lyons, 1972 ; Malan, 1953 ; Kaltenbach, 1939). Le froid est déterminant dans l'acquisition de la couleur des fruits comme pour le déverdissage des agrumes (Grierson et Fawzey, 1972).

LA TRANSFORMATION DES FRUITS ET LÉGUMES

Avec une teneur en eau de 94 à 96 %, les fruits et légumes sont exposés à la prolifération microbienne. La transformation permet de les garder dans un état convenable de salubrité, de valeur nutritionnelle et d'acceptabilité organoleptique.

Elle doit intervenir le plus tôt possible après la récolte et doit porter sur des fruits et légumes de bonne qualité, sains et de maturité convenable.

Le choix de la matière première est déterminant pour la qualité du produit fini. Un bon produit ne peut être obtenu qu'avec une bonne matière première. Ce choix est fonction des caractéristiques du produit à fabriquer. La transformation comporte une série de prétraitements, qui ont pour but de rendre les fruits et légumes aptes à la confection des produits finis. Les travaux de l'ITA portent sur les confitures, les sirops, les concentrés, les conserves de légumes et les produits séchés. Ils sont très largement utilisés par les micro et petites entreprises et par les groupements féminins.

Les produits de confiturerie

Trois produits ont été mis au points — la confiture, la marmelade et la gelée — dont les schémas de fabrication sont les mêmes, alors que le traitement primaire et l'aspect des produits finis diffèrent. La confiture est préparée à partir des morceaux de fruits, la marmelade avec de la purée et la gelée avec le jus extrait.

La préparation des fruits comprend la pesée, le lavage avec de l'eau potable, le triage, l'épluchage (mangue, papaye), l'épépinage (pastèque, papaye), le découpage en morceaux (mangue, papaye, pastèque), la précuisson avec un peu d'eau (calices frais de bissap, morceaux à chair dure comme la mangue ou la papaye verte), le broyage et le raffinage de la pulpe grossière en purée raffinée, l'extraction mécanique de la pulpe par abrasion (ditax) et la décoction des calices frais (bissap).

La quantité de sucre dans le mélange est généralement inférieure ou égale à celle des fruits, sauf pour le bissap du fait de sa forte acidité et de sa richesse en pectine (gélifiant). L'acide citrique et la pectine sont des substances indispensables pour la prise en masse et certains caractères organoleptiques du produit fini. Si le fruit n'en apporte pas assez, il faut en ajouter, sous forme d'additifs ou d'un fruit qui en contient. C'est ainsi que l'ITA a formulé une marmelade composée de patate et de buy (fruit d'*Andansonia digitata*) et une confiture de pastèque-bissap (tableau IV).

Ces recettes ne sont pas immuables. Elles sont susceptibles d'être modifiées en fonction de la qualité des fruits, en particulier de leurs teneurs en sucre, acide et pectine.

Tableau IV. Formule de fabrication des confitures et marmelades.

	Fruits nettoyés (%)	Sucre (%)	Acide citrique (%)	Pectine (%)
Confiture de mangue	55,3	44,3	0,4	
Confiture de papaye	55,3	44,3	0,4	
Confiture de pastèque	60 (après réduction d'eau par la cuisson)	40	0,5	0,5
Confiture de bissap	35	65		
Marmelade de ditax	55,2	44,2	0,4	0,2
Marmelade de goyave	51,7	48	0,3	
Marmelade de patate et de buy	37 de patate + 18 de buy	45		

L'ensemble des ingrédients est soumis à une cuisson plus ou moins longue selon le produit considéré. Cette cuisson vise à réduire la teneur en eau, à dissoudre le sucre, à provoquer l'inversion partielle du saccharose ajoutée, à parfaire l'amollissement des fruits, à libérer en solution des pectines et à pasteuriser le produit. En cas de besoin, l'acide est additionné au début de la cuisson tandis que la pectine est ajoutée à la fin de la cuisson. Le produit doit contenir à la fin de la cuisson 65 % de matières sèches solubles lues au réfractomètre. Il doit avoir un pH compris entre 2,8 et 3,4.

Les sirops de fruits

Le sirop est le produit résultant de la cuisson de l'extrait filtré de fruit en présence de sucre soigneusement dosé, additionné au besoin d'acide citrique. Cette cuisson doit conduire à un produit dont la teneur minimale en matières sèches solubles lues au réfractomètre est de 65 %.

La préparation des fruits comprend la sélection de la matière première, la pesée, le lavage, l'épluchage et le broyage au cutter (rhizomes de gingembre), le lavage, le découpage, la pression et le tamisage (agrumes), le trempage pour macération avec un ratio bien défini (tableau V). L'extraction par diffusion des substances solubles se fait par macération durant 2 à 3 h. A la fin de la macération le liquide de trempage est récupéré puis filtré au filtre à plaques ou, artisanalement, au tamis muni d'une couche de coton hydrophile.

Tableau V. Formule de fabrication des sirops.

	Ratio de trempage (poids fruits/volume eau)	Temps de macération (h)	Filtrat (%)	Sucre (%)	Acide citrique (%)
Sirop au bissap	1/5	2-3	40	60	
Sirop au tamarin	1/3	2	40	60	
Sirop au gingembre	1/2,5	1	35,7	63,5	0,8
Sirop de citron	0,75 l de jus de citron + 0,25 l d'eau		40 % du mélange	60	

L'ensemble des ingrédients calculés est soumis à une cuisson rapide jusqu'au début de l'ébullition pour dissoudre le sucre, provoquer son inversion, clarifier le produit par l'élimination de l'écume qui entraîne toutes les impuretés et pasteuriser le produit fini. Avec de telles formules de fabrication, le mélange est à 64-65 % de matières sèches solubles lues au réfractomètre. Le sirop chaud est conditionné dans des bouteilles propres, qui sont fermées puis couchées pendant 5 min pour achever l'autostérilisation Elles sont refroidies rapidement pour sauvegarder les caractères organoleptiques.

Les boissons de fruits

Le jus de fruit est le produit naturel obtenu à partir de la pression mécanique de fruits juteux frais, sains et mûrs, non fermentés. Le nectar est le produit obtenu par la dilution du sirop, acidulé au besoin, de jus de fruit non buvable en l'état parce que trop sucrés, acides ou trop visqueux. Le produit doit contenir au moins 25 % d'extrait. La boisson au fruit est préparée à partir de jus, de purée ou de filtrat provenant de la macération suivie de la filtration.

La transformation primaire des fruits comprend le lavage, le triage, l'épluchage, le dénoyautage, le broyage et le raffinage pour les fruits pulpeux. Pour les fruits secs, elle comprend le trempage, la macération et la filtration au filtre à plaques ou au tamis fin muni d'une couche de coton hydrophile. Les formules de fabrication ont été mises au point par l'ITA (tableau VI). La préparation des boissons se fait en mélangeant l'ensemble des ingrédients.

Tableau VI. Formule de fabrication des boissons et nectars.

	Ratio de trempage (poids fruits/volume eau)	Temps de macération (h)	Filtrat (%)	Sucre (%)	Acide citrique (%)
Boisson au bissap	1/30	2-3	87	13	
Boisson au tamarin	1/6	2	88,5	11	
Boisson au gingembre	1/40	1	85,8	13,7	0,5
	Purée raffinée (%)		Eau (%)	Sucre (%)	Acide citrique (%)
Nectar de mangue	17,6		70,5	11,5	0,4
Nectar de ditax	22		66	11,6	0,3
Nectar de made	17,7		70,8	11,5	
Nectar de corossol	17,6		70,5	11,5	0,3
Nectar de goyave	13,1		74,3	12,2	0,2

Les conserves de légumes

La préparation de légumes correspond au choix des variétés adaptées, au lavage, au triage, à l'épluchage, au découpage des carottes et des navets, à l'éboutage, à l'effilage et au découpage des haricots verts. Le blanchiment est un bref chauffage à l'eau ou à la vapeur auquel sont soumis les végétaux que l'on se propose de conserver par appertisation, déshydratation ou congélation. Il vise à attendrir le tissu végétal, à réduire le volume apparent, à éliminer l'air et autre gaz des espaces intercellulaires et à accroître la perméabilité des parois cellulaires afin d'augmenter la vitesse de déshydratation et de pénétration de la chaleur.

Le mélange de la macédoine s'effectue avec 50 % de légumes verts et 50 % de carottes et navets, ou 35 % de légumes verts et 65 % de carottes et navets (Leraillez, 1955). Le remplissage doit se faire selon les règles suivantes : 250 g de mélange pour les boîtes de 1/2, 560 g pour les boîtes de 4/4 et 1 100 g pour les boîtes de 5/2. Le jutage se fait avec le liquide de couverture composé d'eau (95 %), de sel (2 %) et de vinaigre (3 %) pour les produits à pasteuriser. Il est composé de 98 % d'eau et de 2 % de sel pour les produits à stériliser. La fermeture doit intervenir après avoir laissé échapper les dernières traces d'air de tissus végétaux. Les boîtes subiront des traitements de stabilisation.

LA CONSERVATION PAR LES PROCÉDÉS THERMIQUES

Les fruits et les légumes transformés ont besoin d'être soumis à des traitements appropriés pour leur conservation. Le traitement des jus de fruit par appertisation est le plus répandu.

L'appertisation consiste à introduire le produit dans un récipient hermétiquement clos et à le maintenir à une température suffisamment élevée et assez longtemps pour détruire les micro-organismes et inactiver les enzymes qui pourraient altérer le produit ou le rendre impropre à la consommation. Le barème de ce traitement thermique, couple temps-température, est fonction des caractéristiques du produit, du mode de chauffage et de l'emballage. Les légumes ont généralement un pH plus élevé que les fruits et les conserves de légumes doivent être soumises à un traitement thermique plus sévère pour rester en parfait état pendant 6 à 12 mois. Le barème de stérilisation de l'ITA pour les conserves de haricots verts est de 115 °C pendant 30 à 45 min selon le format de la boîte.

La pasteurisation est une opération couramment pratiquée sur les fruits transformés. Elle consiste, en général, à fixer la température et à faire varier le temps en fonction du produit à traiter. Les produits dérivés des fruits sont généralement acides, ce qui inhibe les germes thermorésistants. Ils sont soumis à une température supérieure à 72 °C pour éviter leur altération par les micro-organismes mais inférieure ou égale à 100 °C pour limiter le brunissement, le goût cuit et la destruction des vitamines.

Pour les boissons à base de fruit, la pasteurisation peut être réalisée avant ou après conditionnement. Après le conditionnement, la pasteurisation consiste à faire monter la température à 75-80 °C et à la maintenir pendant 10 à 15 min, puis à refroidir aussi rapidement que possible. Lorsqu'elle est appliquée avant le conditionnement, la température est montée rapidement à 90-95 °C et maintenue pendant 2 à 3 min, puis abaissée à 80-75 °C, le conditionnement et le refroidissement doivent ensuite être rapides. Lorsque le matériel est disponible, il est possible de faire monter la température de 105 à 115 °C et de la maintenir pendant 2 à 3 secondes, puis de refroidir rapidement à 75-80 °C avant de conditionner à chaud ou de refroidir complètement pour conditionner aseptiquement. Le chauffage suivi du conditionnement à chaud et du refroidissement immédiat est la pratique la plus usuelle.

La concentration consiste à éliminer par évaporation une partie importante de l'eau contenue dans les jus de fruit, la pulpe juteuse de fruit ou le filtrat (extrait de fruit obtenu par macération ou par décoction suivi de la filtration) en vue d'empêcher la prolifération microbienne. Elle facilite le transport et l'entreposage. Il existe deux systèmes d'évaporation : la concentration sous vide et la concentration par évaporation à l'air libre. La concentration sous vide est utilisée pour les produit fragiles et sensibles à la température afin de réaliser l'évaporation partielle de l'eau à basse température. Le matériel disponible à l'ITA permet de produire des concentrés d'extraits de bissap ou de tamarin. Le concentré de bissap obtenu est dilué à 95 % environ pour préparer une boisson très prisée. Pour rentabiliser l'opération, une macération à contre-courant a été testée afin d'obtenir un filtrat riche en matières sèches solubles (11 à 14 °B). La concentration par évaporation à l'air libre utilise un matériel simple. Elle est pratiquée par les transformatrices pour produire des concentrés de tomate ou de piment. Les produits obtenus sont de qualité inférieure à celle des produits de l'industrie mais permettent de conserver les surplus de production. L'ITA, en collaboration avec le CIRAD, a testé la production de concentré de bissap par microfiltration suivie d'osmose inverse. Le produit obtenu est de très bonne qualité.

Le séchage

Le séchage est une technique largement utilisée au Sénégal, notamment en milieu rural, où il permet de sécher certains fruits et légumes en vue de limiter les pertes et de mettre sur le marché de nouveaux produits à haute valeur commerciale. Pour améliorer le goût du produit séché et réduire le temps de séchage et l'énergie à fournir, on procède souvent à une déshydratation partielle par voie osmotique, qui est une opération fréquemment intégrée dans le processus de séchage (Ponting, 1973 ; Guilbert et Raoult-Wackt, 1990). Elle consiste à tremper les morceaux de fruits dans une solution fortement concentrée en sucre pendant un certain temps en vue de les enrichir en sucre (10 à 40 %) et d'extraire une bonne partie de l'eau (jusqu'à 70 % à une température modérée de 30 à 50 °C) avant le séchage proprement dit. L'intérêt de la déshydratation osmotique est double car elle permet d'obtenir des produits de meilleure qualité tout en réalisant des économies d'énergie considérables.

En pratique, on incorpore dans la solution de sucre des agents de conservation tels que du sulfite ou de l'acide. Ces produits visent à assurer une longue conservation au produit, c'est-à-dire une durée de vie supérieure à 6 mois. Les résultats les plus significatifs obtenus sur le séchage des fruits en passant par la déshydratation imprégnation par immersion portent sur la mangue. Après lavage et épluchage des mangues mûres et fermes, les morceaux obtenus sont trempés dans une solution de chlorure de calcium (20 g/l) afin de les rendre plus fermes et de leur permettre de supporter le traitement à la chaleur. Les fruits subissent ensuite un blanchiment à une température de 100 °C pendant 15 à 20 min. Ils sont enfin trempés pendant 4 h dans un sirop de sucre à 40 °Brix contenant du métabisulfite de sodium (5 g/l). A la fin de l'opération, les tranches de mangue sont retirées puis saupoudrées de sucre en poudre. Le mélange est laissé au repos pendant 24 h, avant d'être séché à une température interne moyenne de 65 °C environ. Les produits obtenus ont une belle couleur caractéristique de la mangue, un goût et une texture tendre grâce au traitement par le sucre.

La durée du séchage, 20 h environ, est obtenue grâce à un appoint de chaleur en butane, qui permet de marquer une pause de 6 à 8 h pendant l'opération. La papaye, la banane et le coco ont fait aussi l'objet de séchage après une déshydratation osmotique. Les produits obtenus sont de bonne qualité. Il en est de même pour la pomme d'acajou, partie souvent négligée lors de la cueillette des noix d'anacarde, qui représente les 4/5 du fruit. La tomate, le gombo, le haricot vert et l'oignon sont les principaux légumes séchés. Tous ces produits séchés emballés dans des sachets en polypropylène peuvent se conserver 6 à 8 mois sans perte significative de qualité (tableau VII).

Tableau VII. Rendement au séchage des fruits.

	Rendement de séchage (%)	Température de séchage (°C)	Durée du séchage (séchoir à gaz) (h)
Mangue	20	55	20
Papaye	15	55	20
Banane	17	55	20
Coco	37	55	17
Pomme d'acajou	25-30	60	24

La sécurité sanitaire et la qualité des aliments

La sécurité des aliments est l'assurance que les aliments n'occasionneront pas de dommages au consommateur s'ils sont préparés ou consommés conformément à l'usage auquel ils sont destinés. Elle constitue avec la salubrité des aliments, qui rend l'aliment acceptable pour l'usage auquel il est destiné, les deux composantes de la qualité hygiénique des aliments. La sécurité sanitaire des aliments, pour ses aspects microbiologiques et chimiques, et la qualité d'une façon générale constituent l'un des secteurs vitaux pour la protection de la santé des populations et le développement cohérent des petites et moyennes industries agroalimentaires. C'est pourquoi parmi les priorités des institutions de recherche figure le développement des structures de services et de contrôle de la qualité. Actuellement le contrôle de la qualité des aliments est régi au Sénégal par une loi de base (loi n. 66-48 du 27 mai 1966).

Les produits de transformation artisanale et les aliments de rue, destinés au marché intérieur, posent actuellement des problèmes sanitaires plus graves que les produits de fabrication industrielle ou semi-industrielle, destinés aux marchés d'exportation. Cette situation s'explique par le fait que les entreprises industrielles ou semi-industrielles sont incitées, voire obligées, à se conformer aux normes nationales et internationales en vue de satisfaire des consommateurs très exigeants. Cet écart doit être corrigé afin d'améliorer la qualité des aliments produits et consommés localement et de préserver la santé des populations. A cet égard, il importe de privilégier la mise en place d'un système simple d'analyse des risques et de maîtrise des points critiques (système HACCP, *hazard analysis control critical point),* c'est-à-dire d'un ensemble de dispositions préétablies et systématiques pour maîtriser les différentes étapes de la fabrication et de la commercialisation. Il est également indispensable de prévoir une réglementation relative aux codes d'usage, l'installation de commodités de base (eau, électricité, système de gestion des déchets), de locaux adaptés et d'équipements adéquats, la formation à l'hygiène des aliments du personnel et des programmes d'assainissement. Les principaux avantages d'un tel système sont de responsabiliser les transformateurs et les vendeurs et d'améliorer leur capacité à fournir aux consommateurs des aliments locaux sûrs et salubres, mais aussi d'accroître la crédibilité de la transformation artisanale et de l'alimentation de rue (une fois reconnue officiellement et réglementée) dans une dynamique de développement économique et social.

La transformation industrielle ou semi-industrielle

Les principaux résultats obtenus par les laboratoires de contrôle microbiologique et chimique ont porté sur les viandes, les produits carnés, les volailles, les œufs, les ovoproduits, les produits de la mer, le lait, les produits laitiers et les produits végétaux.

Pour les aspects microbiologiques liés à la sécurité alimentaire (présence de salmonelles, staphylocoques pathogènes et coliformes fécaux), les risques les plus élevés sont enregistrés pour les produits carnés tels que les merguez (79 % des échantillons non satisfaisants du point de vue de la qualité globale) et les saucissons à l'ail (31 % des échantillons non satisfaisants ; Seydi et Sylla, 1996 ; Seydi *et al.,* 1996), les crèmes glacées (69 % des échantillons non satisfaisants ; Seydi *et al.,* 2001b), les produits de la pêche tels que les huîtres du Sénégal (85,71 % des

échantillons sont contaminés par les coliformes fécaux ou *Escherichia coli* présomptifs), les poissons braisés séchés et les poissons fermentés entiers de fabrication artisanale (Ndir *et al.,* 1992 ; Seydi et Niang, 1996).

Les problèmes observés pour les produits de la mer transformés artisanalement et destinés au marché intérieur sont en rapport avec le non-respect des bonnes pratiques de fabrication. L'amélioration des conditions de travail appuyée par des actions de sensibilisation à l'hygiène pourrait contribuer à minimiser les risques (Ndir *et al.,* 1992). Au contraire, les produits de la mer exportés tels que les filets de poissons congelés, les crevettes congelées décortiquées crues, les poulpes traités congelés et les blancs de seiche ne présentent pas de risques, ils sont généralement de qualité satisfaisante (Seydi et Niang, 1993 ; Ndiaye, 1998). L'autocontrôle, la tendance à se mettre en conformité avec les normes nationales et internationales et les objectifs de certification qui prévalent actuellement dans les industries de la pêche ont certainement contribué à améliorer la qualité globale des produits de la mer transformés industriellement. En ce qui concerne les produits d'importation, les salmonelles qui sont des pathogènes spécifiques ont été mises en évidence sur des cuisses de poulets congelées importées : 2,5 % des échantillons étaient non conformes (Kane, 2002).

Les produits céréaliers ont vu leur qualité globale améliorée grâce aux nouvelles technologies qui minimisent les contaminations dangereuses, comme les équipements de mouture, de séchage et de cuisson-extrusion et les emballages, mais aussi du fait d'une sensibilisation du personnel au respect des prescriptions d'hygiène (Ndir *et al.,* 1997a).

Les autres aspects chimiques liés à la sécurité alimentaire concernent les mycotoxines (notamment l'aflatoxine), l'histamine, le mercure et les pesticides. Pour les produits halieutiques issus des unités de transformation industrielle ou semi-industrielle, les résultats obtenus entre 1987 et 2003 sur plus de 2 000 échantillons montrent que le taux de mercure dans les poissons pêchés, toutes espèces confondues, sur les côtes sénégalaises ne constitue pas un risque sanitaire pour le consommateur puisqu'il est presque toujours inférieur au seuil de 0,500 ppm exigé par la législation européenne. En ce qui concerne l'histamine les taux trouvés se situent entre 0 et 500 ppm pour les différentes espèces de thon (albacore, listao et patudo) vendues par les sociétés de pêche aux conserveries locales. Cette situation est le résultat des efforts entrepris pour maintenir la fraîcheur du poisson et éviter ainsi les intoxications de types histaminiques.

Dans le secteur de la transformation artisanale du poisson, en 1992, des analyses effectuées par l'ITA ont révélé, dans les poissons fermentés *guédj* et le sel utilisé, la présence de pesticides (pyrimiphosméthyle, malathion-fénitrothion ou deltaméthrine) à des taux anormalement élevés (1 000 fois supérieurs aux limites maximales de résidus fixées pour les produits végétaux pour lesquels ces pesticides sont recommandés). Par la suite, les risques ont été éliminés par des actions de formation et de sensibilisation au respect des bonnes pratiques de fabrication (Ndir *et al.,* 1992).

Pour les aliments d'origine végétale, les mycotoxines en général et les aflatoxines en particulier sont parmi les contaminants les plus dangereux à côté des pesticides. Les mycotoxines contaminent principalement les produits arachidiers, le maïs et les fruits secs. Il n'existe que peu d'études sur le niveau de contamination du maïs dans les unités industrielles ou semi-industrielles au

Sénégal. En revanche, l'ITA a travaillé avec quelques sociétés (Agrifa, Patisen et Chocosen, entre autres) qui avaient opté pour l'amélioration de la qualité sanitaire de leurs produits à base d'arachide (pâte d'arachide et crème d'arachide chocolatée) pour pouvoir pénétrer des marchés très restrictifs comme ceux de l'Union européenne. Des tris sévères ont ainsi été pratiqués sur les graines d'arachide en associant le tri manuel au tri colorimétrique. L'expertise de l'ITA a permis d'obtenir des produits de qualité, dont les teneurs en aflatoxines étaient conformes aux normes européennes (Kane *et al.,* 1991, 1993 ; ITA, 1992). On peut donc par des pratiques connues réduire fortement le niveau de contamination des produits arachidiers. Cependant, il existe un risque certain lié à l'utilisation pour une consommation humaine des écarts de tri, qui peuvent contenir des taux d'aflatoxines très élevés (Kane *et al.,* 1991, 1993 ; ITA, 1992).

En ce qui concerne la sécurité sanitaire des produits horticoles, la recherche devra privilégier les programmes axés sur le respect des bonnes pratiques agricoles pour réduire les résidus de pesticides : en effet des études récentes ont montré que, sur 62 échantillons collectés de haricot vert et de tomate, 23 % avaient été traités avec des molécules interdites dans l'Union européenne (zinèbe, Cuprosan, acéphate, bénomyl, Benlate) ou en phase de l'être (tralométhrine, Tracker, bioresméthrine) (CERES-Locustox, 2003). A cet égard des efforts soutenus doivent être déployés par tous les acteurs de la filière pour maintenir et renforcer les actions déjà entreprises afin d'améliorer la qualité des produits, de rendre « l'origine Sénégal » plus compétitive sur le marché d'exportation et de garantir la qualité des produits consommés localement.

Les aliments de rue

Pour l'OIT (Organisation internationale du travail), les aliments vendus sur la voie publique, ou aliments de rue, comprennent les aliments et boissons préparés à l'extérieur du foyer, vendus par les entreprises du secteur informel pour être consommés directement. Pour la FAO, ce sont des aliments prêts à la consommation, préparés ou vendus par des vendeurs et marchands ambulants, notamment dans les rues et autres lieux publics (FAO et OMS, 1997).

Depuis plusieurs années, le système informel de l'alimentation de rue s'est développé à Dakar d'une manière accélérée et incontrôlée, dans des conditions d'hygiène et de salubrité insuffisantes, qui posent des problèmes de santé publique. Ce phénomène est aggravé par l'instauration de la journée continue et l'insuffisance de l'offre de transport par rapport à la demande. La sécurité et la salubrité sont donc considérées comme deux aspects importants de l'alimentation de rue et méritent une attention particulière. Les analyses de laboratoire et les enquêtes réalisées par la FAO à Dakar ont confirmé un certain nombre de risques microbiologiques et chimiques, qu'il faut prendre en compte pour protéger le consommateur (Ndir et Gning, 1989 ; Kane *et al.,* 1991, 1993 ; ITA, 1992 ; Seydi et Diouf, 1993 ; Seydi *et al.,* 2001a ; Ndir *et al.,* 1997b ; Ndir, 1999, 2002b).

Les résultats permettent de classer les aliments de rue à Dakar en fonction des risques microbiologiques (présence de germes pathogènes ou de mycotoxines) qu'ils présentent. Les aliments à risque faible, comme l'arachide grillée, la noix de cajou grillée, les laits caillés et les eaux gazeuses de fabrication industrielle, sont vendus dans des glacières. Les aliments à risque élevé comprennent les plats

cuisinés à base de viande ou de poisson, notamment le riz au poisson, les sandwichs (viande, salade, œuf, mayonnaise), les tranches de fruits (mangue, coco), les jus de fruit faiblement acides (gingembre), les produits laitiers préparés à domicile, les pâtes et graines d'arachides (aflatoxine B1), l'huile d'arachide de fabrication artisanale (aflatoxine B1) et les graines de maïs (aflatoxine B1).

Face aux risques identifiés dans le secteur de l'alimentation de rue, des mesures ont été prises pour la ville de Dakar (ITA, 2001 ; Ndir, 2002b), comme l'assainissement et la construction d'abris (marché Castor, hôtel de ville), la mise en place de commodités de base (installations sanitaires, vidoirs, points d'eau), la réalisation et la diffusion d'équipements hygiéniques (chariots à bras mobiles pour la vente des aliments à la gare routière de Pétersen) et la formation à l'hygiène des vendeurs, vendeuses et agents de contrôle de l'hygiène et de la qualité des aliments. Ces actions sont expérimentales, mais elles ont montré leur efficacité dans le contexte socio-économique de la ville de Dakar. Elles ont favorisé des changements d'attitude et d'organisation, amélioré l'innocuité des aliments et encouragé l'hygiène individuelle et collective des vendeurs. La formation à l'hygiène a été un succès car elle s'est accompagnée de l'octroi d'équipements de vente, de kiosques rénovés ou construits, de points d'eau et de vidoirs. Cette formation doit être suivie sur le terrain et mise à jour par les conseils des agents de contrôle. Le séminaire municipal organisé à Dakar, en réunissant tous les partenaires du système informel de l'alimentation de rue, a permis de proposer des axes stratégiques de réorganisation, tout en conservant les avantages économiques et nutritionnels des aliments de rue.

Les perspectives

Le maintien de la qualité des denrées alimentaires dépend, non seulement du choix d'un ensemble de facteurs du milieu, mais également de la nature biologique de ces denrées, de leur état initial et de l'absence ou de l'inhibition des parasites. Il importe donc de respecter strictement les conditions hygiéniques et de rationaliser les opérations de manutention, de conditionnement, de transport, de stockage et de transformation.

La grande diversité des facteurs d'altération des aliments et l'accroissement des besoins alimentaires et nutritionnels des populations imposent des méthodes de préservation adaptées aux caractéristiques propres à chaque catégorie de produits. La valorisation des denrées alimentaires fait en effet intervenir plusieurs secteurs d'activité dont la coordination est le gage d'une alimentation diversifiée, mieux élaborée et conformes aux besoins des consommateurs.

Les procédés de préservation et de transformation des produits agricoles et de la pêche mis au point par l'ITA ont été conçus en s'appuyant sur une approche intégrée, systémique, multisectorielle et participative. Cette démarche n'a toutefois pas empêché certaines difficultés lors du transfert des acquis, en raison notamment de l'alimentation externe d'une frange importante de la population. Une politique volontariste des pouvoirs publics a permis, grâce à des mesures concrètes, de créer les conditions d'un transfert de ces procédés vers les communautés rurales, le secteur de l'artisanat alimentaire et la petite et moyenne entreprise.

En ce qui concerne les communautés rurales, le simple fait d'inclure dans le programme de formation des monitrices d'économie familiale des stages pratiques à l'ITA sur ces procédés a permis de transférer bon nombre de résultats. Cette action des monitrices d'économie familiale, conjuguée aux initiatives des structures nationales de développement et des organisations non gouvernementales, a contribué grandement à limiter les pertes postrécolte, à améliorer les circuits de distribution et à développer les unités familiales orientées vers la transformation des fruits et légumes, des céréales et des légumineuses, notamment.

En ce qui concerne les petites et moyennes entreprises, l'émergence d'un tissu entrepreneurial en milieu urbain et périurbain a été possible grâce à des mesures incitatives prises par l'Etat en faveur des promoteurs attirés par le secteur agroalimentaire, comme le soutien à la formation, l'amélioration de l'accès au crédit et aux équipements et les mesures fiscales. Les résultats d'une telle politique sur la relance de la consommation des produits locaux ont encouragé l'Etat à soutenir le processus de création d'une pépinière agroalimentaire au sein du technopôle de Dakar, en mettant en avant l'important potentiel que représentent les acquis de l'ITA. C'est ainsi qu'en attendant l'avènement de cette pépinière, l'Etat a incité l'ITA à mettre ses unités pilotes à la disposition des promoteurs désireux d'explorer le marché avec un produit innovant. Par ailleurs, le développement de ces petites et moyennes entreprises agroalimentaires s'est traduit pour l'ITA par une augmentation des demandes d'assistance technique, pour l'accompagnement, le transfert de technologie et surtout la formation. Il a aussi entraîné des besoins d'adaptation aux normes de qualité nationales et internationales. La réglementation du secteur de l'alimentation de rue doit prendre en charge cet aspect et sensibiliser les producteurs et autres opérateurs à la sécurité des produits. L'Etat quant à lui interviendra à travers ses inspecteurs pour valider le système de production mis en place.

Dans ce contexte de développement de l'alimentation de rue et des petites et moyennes entreprises autour des produits locaux, il importe, pour des structures de recherche-développement comme l'ITA, d'avoir une attitude de veille par rapport à l'évolution de l'environnement des entreprises émergentes et des marchés, envahis par des produits alimentaires importés de plus en plus élaborés.

L'un des atouts majeurs pour l'ITA demeure la tendance à la professionnalisation des acteurs engagés dans la transformation des produits locaux, qui se manifeste par la création de comités nationaux interprofessionnels dans différentes filières : céréales locales (mil, sorgho et maïs), fruits et légumes, riz, arachide. Cette professionnalisation requiert de tenir compte des exigences de qualité de la grande distribution intégrées par l'ITA dans les techniques proposées à la diffusion. L'autre atout réside dans la construction actuelle d'un système national de recherche agricole et agroalimentaire qui repose sur le pilotage par l'aval du processus de production, de transformation, de conservation et de mise en marché.

La participation des institutions de recherche à ces cadres formels de concertation, leur engagement dans le système national de recherches agricoles et agro-alimentaires et l'ouverture de leur organe de décision aux partenaires du développement, notamment aux opérateurs économiques, contribuent à asseoir une véritable recherche pilotée par la demande, renforcée par la création du Fonds national de la recherche agricole et agroalimentaire. Il ressort déjà de l'expérience de participation de l'ITA aux comités interprofessionnels actuellement opérationnels

(céréales locales, arachide, fruits et légumes) l'importance qu'il convient d'accorder aux aspects socio-économiques dans l'exécution des thèmes de recherche. En effet, il découle des concertations au sein de ces structures formelles que l'appropriation des résultats de la recherche par les bénéficiaires n'est souvent pas effective en raison de considérations économiques, socio-culturelles et structurelles. D'où l'intérêt des études socio-économiques et des équipes multidisciplinaires dans la conduite des recherches.

Références bibliographiques

CERES-Locustox, 2003. Rapport de l'atelier d'évaluation du programme d'accompagnement aux exportations de produits de contre-saison (campagne 2003). PPEA, CERES-Locustox, Dakar, 33 p.

Cerf O., Carpentier B., 1996. L'hygiène dans les bio-industries. *In :* Adhésion des micro-organismes aux surfaces, Bellon Fontaine M.N. (éd.). Lavoisier, Paris.

Diouf L., 1984. Technologie de la viande bovine au Sénégal : expérience de l'ITA. 8 p.

Espanto L.R., 1984. Post-harvest practices of saba banana growers in a Bangay in Los Banos. Post-harvest Research Notes, n. 1-118.

FAO, OMS, 1997. Dispositions générales : hygiène alimentaire, supplément au volume 1B (2^{e} éd.). FAO, Rome.

Gaye O., Diouf L., 2000. Poulets fumés. Fiches techniques.

Grierson, Fawzey A.H., 1972. Ethephon for postharvest degreening of oranges and grapefruit. Journal of the American Society for Horticultural Science, 97 : 541-544.

Guilbert S., Raoult-Wack A.L., 1990. Séchage partiel des fruits et légumes par immersion dans des solutions osmotiques concentrées. Industries alimentaires et agricoles, 10 : 963-967.

Horsney, 1959. Etude sur la salaison des viandes. Food manup.

IIF (Institut international du froid), 1965. Guide pratique de l'entreposage frigorifique. Pergamon Press, 239 p.

INRA, 1968. Les agrumes au Maroc. INRA, Technique et production agricoles, 667 p.

ITA, 1992. Mycotoxin management in peanut by prevention of contamination and monitoring: annual report 1992. The Peanut Collaborative Research Support Program, Dakar, 67 p.

ITA, 2001. Conception d'équipements de conservation d'aliments de rue. FAO, Rome, 22 p.

ITA, CEA, 2000. Projet pilote de production et d'utilisation de gomme xanthane en panification de farines tropicales en Afrique : rapport final. ITA, CEA, Dakar, 36 p.

ITA, USAID, 1986. Etudes techniques sur la transformation du mil : rapport final. ITA, USAID, Dakar, 154 p.

ITA, USAID, 1989. Projet sur la transformation du niébé : rapport final. ITA, USAID, Dakar, 154 p.

Kaltenbach D., 1939. Artificial ripening of fruits with acetylene. Monthly Bulletin of Agricultural Science and Practice, n. 30.

Kane A., Diop N., Diack T.S., 1993. Unrefined peanut oil, a source of human exposure to aflatoxins. African Newsletter on Occupational Health and Safety, Supplements, 2 : 43-47.

Kane A., Ndir B., Sarr A.B., Diop N., Mane Y., Diack T.S., 1991. Occurrence de l'aflatoxine B1 dans les principales denrées alimentaires vendues sur les marches sénégalais. *In :* Alimentation et nutrition dans les pays en développement. Karthala, Paris, p. 143-148.

Kane M., 2002. Contribution à l'étude de la qualité bactériologique des cuisses de poulet congelées importées au Sénégal. Thèse de médecine vétérinaire, Dakar, n. 35, 82 p.

Leraillez P., 1955. La conservation industrielle des légumes. Baillière, Paris, Nouvelle bibliothèque professionnelle.

Lyons J.M., 1972. Ethylene production respiration and internal concentration in fruits at various stages of maturity. Plant Physiology, 37 : 31-36.

Malan E.F., 1953. Artificial ripening of Cavendish bananas. Farming in South Africa, 28 : 391-412.

Marcellin P., 1977. Le traitement frigorifique des produits d'origine végétale. 1. Etude biologique préleminaire. IFFI, 72 p.

Marinkov A.B., Seydi M., 1971. Le pressed beef, nouvelle semi-conserve pur bœuf. FAO, ITA, Dakar.

Ndiaye A., 1998. Contribution à l'étude de l'évolution de la qualité bactériologique des produits de la pêche destinés à l'exportation en 1996-1997. Thèse doctorat vétérinaire, n. 17, Dakar.

Ndir B., 1999. Résultats du diagnostic de l'alimentation de rue : méthodologie de mise en œuvre d'un plan HACCP. FAO, Rome, 52 p.

Ndir B., 2002a. Caractérisation microbiologique et biochimique du nététu, condiment alimentaire obtenu par fermentation des graines de caroubier africain *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. Thèse de doctorat, Faculté des sciences agronomiques, Gembloux, 180 p.

Ndir B., 2002b. Evaluation des tests de formation et des tests d'amélioration d'infrastructures pour l'alimentation de rue. FAO, Rome, 31 p.

Ndir B., Diagne Y., Souané M., 1992. Etudes préliminaires visant la mise en place d'un système simple de contrôle et d'assurance qualité dans le secteur traditionnel de transformation des produits de la mer au Sénégal. ITA, Dakar, 56 p.

Ndir B., Gning R.D., 1989. Etudes des profiles microbiologiques et biochimiques des farines et couscous précuits de mil *(Pennisetum typhoides)* vendus sur les marchés de Dakar. *In :* Les carences nutritionnelles dans les pays en développement. Karthala, ACCT-AUPELF, Paris, p. 591-597.

Ndir B., Gning R.D., Keïta N.G., 1997a. Bilan actuel de la qualité microbiologique et physico-chimique des aliments traditionnels préemballés à base de céréales et légumineuses locales. ITA, Dakar.

Ndir B., Gning R.D., Keïta N.G., Souané M., Laurent L., Cornelius C., Thonart P., 1997b. Caractéristiques microbiologiques et organoleptiques du nététu du commerce. Cahiers agricultures, 6 : 299-304.

Ndir B., Hbid C., Cornelius C., Roblain D., Jacques P., Vanhentenryck F., Diop M., Thonart P., 1994. Propriétés antifongiques de la microflore sporulée du nététu. Cahiers agricultures, 3 : 23-30.

Ndir B., Keita N.G., Laurent L., Gning R.D., Cornelius C., Diop M., Thonart P., 1999. Procédé traditionnel de fabrication du nététu : composition microbienne et détermination des points critiques de contrôle. Cerevisia, 24 : 45-50.

Ndir B., Lognay G., Wathelet B., Cornelius C., Marlier M., Thonart P., 2000. Composition chimique du nététu, condiment alimentaire produit par fermentation des graines du caroubier africain *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. Biotechnologie, agronomie, société et environnement, 4 : 101-105.

Pantastico B., 1975. Post-harvest physiology, handling and utilization of the tropical and subtropical fruits and vegetables. Avi Publishing, 560 p.

Ponting J.D., 1973. Osmotic dehydration of fruit: recent modifications and applications. Process Biochemistry, 8 : 18-20.

ROCAFREMI, 2001. Rapport d'activité 1999-2000 : Sénégal. ROCAFREMI, Projet P-5, 41 p.

Russo L., 1968. Chemical regulation of fruit repening. Biosciences, 18 : 109.

Savic I., 1970a. Transformation de la viande de bœuf. FAO, Rome.

Savic I., 1970b. Mode de préparation des saucissons secs. FAO, ITA, Rome, 31 p.

Seydi M., Diouf F., 1993. Qualité hygiénique des aliments vendus sur la voie publique à Dakar et sa banlieue : étude préliminaire. Médecine et maladies infectieuses, 23 : 913-918.

Seydi M., Minlaa J.C., Aw A., Akollor E., Dione A., 2001a. Qualité hygiénique de quelques denrées alimentaires d'origine animale commercialisées sur le marché dakarois. Revue de microbiologie et d'hygiène alimentaire, 13 : 33-41.

Seydi M., Minlaa J.C., Ndao A., 2001b. Qualité microbiologique des crèmes glacées commercialisées sur le marché dakarois. Revue de microbiologie et d'hygiène alimentaire, 13 : 35-40.

Seydi M., Minlaa J.C., Sylla P., 1996. Qualité bactériologique et commerciale du saucisson à l'ail vendu à Dakar. Revue de microbiologie et d'hygiène alimentaire, 8 : 9-14.

Seydi M., Niang P.N., 1993. Qualité hygiénique et commerciale des crevettes sénégalais congelées. Revue de médecine vétérinaire, 11 : 915-919.

Seydi M., Niang P.N., 1996. Bactéries indicatrices de pollution fécale dans l'huître du Sénégal *Crassostrea gasar* en zones conchylicoles. Revue de microbiologie et d'hygiène alimentaire, 8 : 8-11.

Seydi M., Savic I., 1974. Produits de charcuterie pur bœuf. FAO, ITA, Dakar.

Seydi M., Sylla P., 1996. Qualité bactériologique et commerciale des merguez vendus à Dakar. Revue de microbiologie et d'hygiène alimentaire, 8 : 8-13.

Thompson A.K., Seymour G., 1982. Comparative effects of acetylene and ethylene gas on initiation of banana ripening. Annals of Applied Biology, 101 : 407-410.

Tirtosoekotjo R.A., 1984. Physico-chemical characteristics of carabao mango ripened with carbide calcium. Post-harvest Research Notes, n. 93-94.

Tugwell B.L., Gillepsie K.J., 1987. Controlled repening and degreening of fruit. South Australia Department of Agriculture, Horticultural Notes n. 5/78, 14 p.

Valin C., Lacourt A., 1980. Action du froid sur les tissus musculaires animaux. Revue générale du froid : 1053-1065.

Quatrième partie
Les attentes des utilisateurs

Chercher autre chose, autrement

Maniével SENE, Jean-Luc FARINET, Michel PASSOUANT,
Jean-François BELIERES, Papa Léopold SARR, Malick SARR, Dogo SECK,
Maty BA DIAO, Macoumba DIOUF, Emmanuel NDIONE, Babacar TOURE,
Idrissa WADE

Au Sénégal, des programmes de recherche majeurs ont abouti à des opérations de recherche-développement ou de développement agricole grâce à un partenariat entre les institutions de recherche et de développement. Ces relations ont connu des variations dans le temps, avec des périodes dynamiques et des périodes de ralentissement. Des produits essentiels sont nés de ces programmes collaboratifs entre les institutions de recherche, les structures de développement et les organisations de producteurs.

Nous allons tenter, d'une part, de décrire l'évolution des relations entre la recherche agricole et le développement, d'autre part, d'identifier des programmes majeurs autour desquels un partenariat s'est développé avec des institutions de développement et des acteurs professionnels et de présenter quelques acquis majeurs.

Dès ses débuts, la recherche agricole a alimenté la vulgarisation par ses résultats. L'expérimentation multilocale a été lancée en 1952 pour mieux adapter les recherches à la diversité des situations agricoles et établir des liaisons entre la recherche agronomique et la vulgarisation agricole. Cela a permis la rupture du parallélisme et du cloisonnement des interventions de ces différents acteurs, qui étaient fondées sur un schéma chercheur-développeur-producteur. En effet, l'expérimentation multilocale est la première action conjointe entre la recherche et la vulgarisation agricole. Le développement de ce programme a donné naissance en 1962 aux PAPEM (points d'appui de prévulgarisation et d'expérimentation multilocale), relais de la recherche, gérés avec les vulgarisateurs. L'expérimentation multilocale avec son dispositif de PAPEM a servi à la promotion des opérations « thèmes légers » et « thèmes lourds ». Toutefois, les thèmes lourds impliquant un équipement coûteux, inaccessible au paysan, n'ont pas été adoptés.

La nécessité d'appliquer en vraie grandeur les thèmes techniques pour mieux évaluer leur adaptabilité à l'environnement physique et social a exigé un dispositif complémentaire aux PAPEM : les unités expérimentales du Sine-Saloum, qui ont été mises en place à partir de 1969. Avec les unités expérimentales, la démarche

de partenariat est entreprise entre les différents acteurs et oriente les relations et les programmes de recherche, qui prennent en compte l'exploitation agricole dans l'adaptation technique et socio-économique des résultats. Les unités expérimentales ont servi à la promotion de l'opération des exploitations semi-intensives en 1975, qui devaient évoluer en exploitations intensives motorisées dès 1981. Toutefois, cette évolution ne s'est pas opérée du fait des faibles capacités des exploitations agricoles et du mode traditionnel d'organisation et de gestion des territoires et du foncier.

La fin du projet des unités expérimentales a été marquée par la généralisation de la démarche « recherche système », à partir de 1984, destinée à adapter aux systèmes de production paysans les résultats produits par les programmes thématiques en conditions contrôlées dans les stations. A côté des équipes thématiques, des équipes systèmes sont installées dans les centres régionaux de recherche agricole de l'ISRA (Institut sénégalais de recherches agricoles) à Saint-Louis, Kaolack et Djibélor. Dorénavant, des programmes collaboratifs sont élaborés et mis en œuvre en partenariat avec des organisations de producteurs. C'est le cas du programme de l'ISRA et du CADEF (Comité d'action pour le développement du Fogny) en Casamance avec l'équipe système de Djibélor.

Sur le plan institutionnel, des liens dynamiques sont établis entre la recherche agricole et les structures de développement publiques, comme la SATEC (Service d'appui technique et commercial), la SODEVA (Société pour le développement et la vulgarisation agricole) et les sociétés régionales de développement rural, et privées (organisations de producteurs, organisations non gouvernementales, sociétés industrielles). Les journées du machinisme agricole, les journées nationales sur l'expérimentation multilocale et les visites organisées dans les unités expérimentales ont été de véritables plages de rencontre entre les chercheurs, les techniciens du développement, les paysans, les décideurs et les autres partenaires. La mise en place de la SISCOMA (Société industrielle sahélienne de commercialisation des matériels agricoles), devenue la SISMAR (Société industrielle sahélienne de mécanique, de matériels agricoles et de représentation), est l'un des résultats essentiels des journées du machinisme agricole. Cependant, les relations entre les structures de recherche et de développement sont devenues très lâches vers la fin des années 1980.

Le lancement du PNVA (Programme national de vulgarisation agricole) en 1990 a tenté de rétablir et de dynamiser les relations entre la recherche et la vulgarisation agricole. Cependant, cet acquis n'a pas été consolidé par la mise en place de structures d'intermédiation et de cadres de concertation entre les structures de recherche, les organisations de producteurs et les autres utilisateurs des acquis de la recherche.

Par conséquent, le PSAOP (Programme des services agricoles et organisations de producteurs), nouveau système d'appui au monde rural, a été mis en place en 1999. Il sert de cadre institutionnel pour renforcer et systématiser les relations entre les institutions de recherche, le conseil agricole et rural (nouveau système d'appui au producteur) et les producteurs ruraux. Les services agricoles devaient être pilotés par la demande des producteurs et de leurs organisations. Cela s'est traduit dans le montage institutionnel du PSAOP, dont le cadre organisations de producteurs-conseil agricole et rural-recherche constitue la pierre d'angle.

Les programmes mis en œuvre ont abouti à l'organisation du monde rural en coopératives agricoles et en diverses organisations interprofessionnelles et professionnelles. Ils ont également permis le développement de la traction animale, la diffusion de variétés adaptées aux différentes régions agricoles, l'équipement du monde rural en matériel de traction, la maîtrise de la santé animale, et la mise en place de systèmes de crédit et de microfinancement par l'intermédiaire de la BNDS (Banque nationale de développement du Sénégal), de la CNCAS (Caisse nationale de crédit agricole du Sénégal), des projets, des organisations non gouvernementales comme l'ENDA (Environnement et développement) et des mutuelles d'épargne et de crédit.

L'évolution de la vulgarisation agricole

Ce chapitre comporte trois parties correspondant aux différentes périodes de l'évolution de la vulgarisation agricole au Sénégal. Les acquis produits durant ces périodes sont présentés.

DE LA VULGARISATION AGRICOLE AU CONSEIL AGRICOLE ET RURAL

Dans cette partie, l'évolution de la vulgarisation, en tant qu'approche d'appui au développement agricole par la promotion des acquis de la recherche, est caractérisée et les déterminants des changements de systèmes de vulgarisation identifiés. A cet effet, on tente d'expliquer le passage de la vulgarisation agricole au conseil agricole et rural, approche actuellement en vigueur avec l'ANCAR (Agence nationale de conseil agricole et rural) dans le cadre du PSAOP.

Depuis l'indépendance, plusieurs politiques agricoles et programmes de développement rural se sont succédé, à la suite des ajustements et des réajustements successifs. Sur le plan institutionnel, différentes structures ont été créées pour mettre en œuvre ces programmes. Le dispositif institutionnel chargé de porter les programmes de développement agricole ou d'encadrement du monde rural s'est renforcé et diversifié à la suite de changements de politiques et de stratégies d'intervention. On se rend compte qu'au Sénégal l'évolution de la vulgarisation, ou de l'approche de l'appui au développement rural, est liée à celle de la politique agricole et du climat, qui constitue une contrainte essentielle pour le secteur agricole. Cette évolution peut être décrite en trois grandes périodes.

La période de 1960 à 1980

Cette période, marquée par des organismes d'Etat, a privilégié l'accroissement de la production agricole, notamment arachidière. La demande formulée portait sur des variétés performantes et sur l'intensification de l'agriculture par l'engrais et le machinisme : les fiches techniques servaient de media entre recherche et vulgarisation. On pourrait faire remarquer que cette période a eu des succès (une production de 1 million de tonnes d'arachide, par exemple) mais parfois dus à un détournement par les paysans des techniques proposées par la recherche. Le machinisme a donné lieu à l'extension des surfaces cultivées plus qu'à l'accroissement des rendements à l'hectare cultivé.

L'économie agricole est fortement administrée avec une vulgarisation agricole d'encadrement. L'Etat a mis en place un important dispositif de vulgarisation, avec des structures nationales dans le cadre du plan quadriennal, qui a défini les premiers objectifs de développement agricole.

La vulgarisation est axée sur des thèmes proposés par la recherche agricole, sous forme de recettes à faire appliquer par les services de l'agriculture. La vulgarisation agricole s'appuie sur le programme agricole en collaboration avec les services de coopération qui encadrent les coopératives. Le programme est constitué à partir des besoins exprimés par les coopérateurs, sur les conseils des vulgarisateurs. Cependant, il n'existe pas de mécanismes de coordination ou de cadre de partenariat entre les différents acteurs de l'encadrement du monde rural (services de vulgarisation, services d'animation et services de coopération), qui interviennent sans concertation ni synergie en milieu rural.

L'année 1964, marque le début de la crise arachidière car l'arachide n'est plus subventionnée par la Communauté européenne, avec comme conséquence des pertes de recettes d'exportation pour le pays. Afin de compenser ces pertes, l'accroissement de la production agricole est la vision de la politique agricole et du système de vulgarisation. Cet accroissement exige une intensification de la vulgarisation agricole et une densification du dispositif de vulgarisation et d'encadrement du monde rural grâce à un financement volontariste des opérations d'encadrement. C'est le début de l'ère des SRDR (Société régionale de développement rural) pour une spécialisation régionale des productions agricoles : la SATEC en 1964, pour l'opération productivité arachide-mil dans le bassin arachidier, remplacée en 1968 par la SODEVA ; la SAED (Société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé) en 1965, pour le riz dans la région du Fleuve. A partir de 1970, il y a une SRDR dans chaque région.

Afin d'alléger les charges d'encadrement devenus très lourdes, la vulgarisation est désormais basée sur une plus grande responsabilisation des producteurs ruraux à travers des projets. Le conseil de gestion aux exploitations agricoles est entrepris avec une formation technique et une alphabétisation fonctionnelle en langues nationales.

La période de 1980 à 1997

L'objectif est d'accroître les productions et d'augmenter les revenus des ruraux en responsabilisant les producteurs vis-à-vis de l'intervention des agents de l'Etat. En effet, on note, sur le plan institutionnel, l'émergence des groupements de producteurs, des associations agriculture-élevage, du crédit agricole, des recherches participatives avec des organisations non gouvernementales prenant en compte les systèmes de production et les exploitations agricoles, à travers l'approche *training and visit.*

Cette période correspond à la phase de désengagement de l'Etat du secteur agricole, à la libéralisation de l'économie et à l'ajustement structurel. Par conséquent, le programme agricole est supprimé en 1979, l'ONCAD (Office national de commercialisation et d'assistance au développement) dissoute en 1980, et la nouvelle politique agricole est promulguée en 1984 et conduit au démantèlement du système d'encadrement du monde rural. La BNDS puis la

CNCAS sont créées pour mettre en place un système de crédit agricole favorable à l'initiative privée. Ainsi, ces nouvelles orientations politiques, avec leur cortège de mesures d'ajustement, ont fini par installer la vulgarisation agricole dans une crise.

Des réformes institutionnelles profondes sont entreprises avec le PASA (Programme d'ajustement du secteur agricole) au début des années 1990. Elles visent une plus grande responsabilisation des producteurs et une libéralisation des marchés. Malgré les importants résultats obtenus par les différentes structures de vulgarisation, les systèmes d'encadrement présentent des lacunes déterminantes : multiplicité des intervenants, diversité des méthodologies, insuffisance des liens avec la recherche, etc. Eu égard à ces faiblesses, la politique d'appui aux producteurs ruraux devait être réorientée. Pour combler les insuffisances, le PNVA avec sa méthode de vulgarisation training and visit a été mis en œuvre en 1990.

Toutefois, le développement de la démarche *training and visit* a été limité car les structures de vulgarisation (SRDR, projets, organisations non gouvernementales, etc.) ne l'ont pas adoptée. En définitive, le PNVA n'a pas réussi à combler les insuffisances notées avec les systèmes de vulgarisation précédents, entre autres la prise en compte réelle de la demande des producteurs, leur responsabilisation et leur participation aux programmes. Cet échec a eu pour conséquence l'affaiblissement du dispositif de vulgarisation dans sa globalité du fait du désengagement de l'Etat, des mauvaises performances du PNVA et des autres intervenants, du manque de moyens et de l'inadéquation des démarches et des méthodes utilisées.

La période de 1997 à nos jours

Cette période est marquée par des thématiques nouvelles : gestion durable des ressources par les collectivités décentralisées grâce au POAS (plan d'occupation et d'aménagement du sol), prise en compte des externalités de l'agriculture (pollutions), demande d'outils d'aide à la décision économique et politique comme le SIG (système d'information géographique), prise en compte de l'urbanisation (nouveaux produits transformés pour des consommateurs soucieux de qualité). Au cours de cette période, la recherche doit développer à la fois des approches verticales, par filière, et horizontales, sur les territoires donc pluridisciplinaires, et trouver des alliances nouvelles de type partenarial avec des acteurs multiples, publics et privés. Plus que jamais, elle doit éclairer les prises de décisions politiques en soulignant les dures réalités de l'agriculture : terres, eaux, capital, main-d'œuvre, information. Elle doit combiner programmation et flexibilité.

Le choix se porte sur des réformes institutionnelles profondes et un investissement rural productif, conformément aux orientations du PISA (Programme d'investissement du secteur agricole). Face à l'accroissement de la pauvreté en milieu rural, qui fait suite à la baisse de la production agricole liée en partie à la faiblesse des systèmes de vulgarisation ou d'appui au développement rural, l'Etat a opté pour une réduction de la pauvreté par le PISA en 1998, dont la composante institutionnelle est le PSAOP signé en 1999 avec la Banque mondiale. C'est l'avènement du conseil agricole et rural matérialisé par la création de l'ANCAR dans le cadre du PSAOP, pour un nouveau système d'appui au monde rural, plus complet que la vulgarisation.

En effet, les diagnostics effectués sur la vulgarisation agricole, le transfert de technologie, l'appui et le conseil aux producteurs ont montré que les systèmes antérieurs étaient encore peu performants. Ces systèmes n'étaient pas aptes à identifier les besoins des producteurs et de leurs organisations et à répondre à leurs demandes par la fourniture des services nécessaires.

La stratégie du nouveau système d'appui au développement rural du PSAOP repose sur la centralité du producteur. Elle consiste à habiliter les producteurs et leurs organisations afin qu'ils soient aptes à prendre part aux décisions et orientations les concernant et à piloter les services agricoles (la recherche agricole et agroalimentaire, le conseil agricole et rural) par rapport à leurs besoins. Elle vise aussi à mettre en place des services de recherche (agricole et agroalimentaire) et de conseil agricole et rural comptables de leurs résultats et capables de répondre à la demande des producteurs.

QUELQUES ACQUIS ET RÉSULTATS MAJEURS

La valorisation agroénergétique des déchets d'abattoir

L'ISRA s'est intéressé de longue date à la production de biogaz et de compost par digestion anaérobie. La production de biogaz est alors considérée comme une plus-value pour inciter les paysans à recycler les déjections animales et les résidus de récolte. De nombreuses techniques de digestion anaérobie ont été testées, tant en milieu contrôlé qu'en milieu réel. Les perspectives de développement de la filière en milieu rural se sont principalement heurtées aux difficultés de mobilisation de la biomasse valorisable et à un coût d'investissement prohibitif pour le paysannat.

A la fin des années 1980, les préoccupations grandissantes en matière d'impact des activités agricoles sur l'environnement ont permis de mettre en œuvre une application particulière de la digestion anaérobie dans le secteur des abattoirs. Au sein de la filière animale, l'abattoir constitue un lieu privilégié pour mobiliser aisément de grandes quantités de biomasse. De plus, cette entité publique à caractère industriel et commercial a accès à des crédits d'investissement et bénéficie d'une main-d'œuvre qualifiée.

En 1989, un projet pilote a été implanté à l'abattoir de la ville de Thiès afin de tester un système intégré de valorisation agroénergétique des déchets couplé à un dispositif de traitement des effluents liquides par lagunage. Ce projet a été conduit sur 5 ans par la SERAS (Société d'exploitation des ressources animales au Sénégal) et le groupement Agriforce avec l'appui du CDH (Centre pour le développement de l'horticulture) de l'ISRA, pour la valorisation du compost en culture maraîchère.

L'abattoir de Thiès dispose d'une capacité d'abattage de 2 000 t/an de carcasses. Les déchets sont constitués des déjections des aires de parcage, des matières stercoraires rejetées par la triperie et du sang. Ils représentent au total 480 t/an avec un taux de matière sèche totale (MST) de 83 %. Les effluents sont constitués des eaux de lavage, des eaux de traitement des peaux et des eaux des vannes (toilettes, douches) pour un total de 3 000 m^3/an avec une demande chimique en oxygène (DCO) de 2 900 mg/l et une teneur en azote ammoniacal ($N\text{-}N_4$) de 300 mg/l.

Le système de valorisation

Le système de valorisation agroénergétique des déchets comprend : un digesteur Transpaille d'une capacité utile de 40 m^3 ; 2 gazomètres souples d'une capacité unitaire de 30 m^3 ; un groupe électrogène adapté au biogaz d'une puissance de 20 KVA ; une aire bétonnée pour la maturation du compost.

Le groupe électrogène alimenté au biogaz fournit l'électricité nécessaire aux groupes frigorifiques de l'abattoir pendant les heures de pointe de tarification (19-23 h). Etant donné sa qualité, le compost est valorisé pour la fabrication de mottes destinées à l'élevage de plants maraîchers (Farinet, 1994). Au cours des deux années de suivi du système, les performances relevées sont les suivantes : charge organique du digesteur : 5,5 kg/m^3/j de matière sèche totale (95 % de matières stercoraires) ; température moyenne de fermentation : 32 °C ; production de biogaz : 0,162 m^3/kg de matière sèche totale ; production d'électricité : 0,22 kWh/kg de matière sèche totale ; production de compost : 55 % de la matière sèche initiale ; production de mottes : 22 unités/kg de matière sèche totale (mottes de 4 x 4 x 4 cm).

Le traitement des effluents

Le dispositif de traitement des effluents liquides comprend en série : une préfosse de dégrillage et dégraissage ; un décanteur-digesteur ; une lagune naturelle à microphytes de 250 m^2 ; 2 lagunes à macrophytes de 168 et 84 m^2 (Farinet et Copin, 1994).

La préfosse et le décanteur-digesteur permettent un premier abattement de la charge organique de 70 % et de la charge azotée de 30 %. Dans la lagune naturelle, les microphytes (ou microalgues) se développent aux dépens des éléments polluants, notamment de l'azote ammoniacal, qui subit un abattement de 60 %. Les lagunes à macrophytes sont recouvertes de *Pistia stratiotes* (laitue d'eau), une espèce fréquente au Sénégal et d'exploitation facile. Ces algues assimilent les éléments minéraux et piègent les matières en suspension dans leur système racinaire. Globalement, le dispositif de traitement permet de réduire les teneurs en DCO de 91 % et celles de $N\text{-}NH_4$ de 98 %.

Le bilan économique

Les simulations économiques réalisées à partir des résultats obtenus sur l'unité pilote de l'abattoir de Thiès ont montré que, si le compost est vendu en l'état, le produit d'exploitation comprenant les économies d'électricité permet de couvrir les charges d'amortissement et de fonctionnement. Dans ce cas, l'abattoir procède au traitement de ses déchets et effluent à un coût nul. Si le compost est vendu sous forme de plants maraîchers en motte, la rentabilité est assurée avec un temps de retour de l'investissement de 4 ans. On notera cependant que la conduite d'installations de traitement des déchets et effluents nécessite une certaine technicité, ce qui militerait en faveur d'une sous-traitance de cette activité à une entreprise spécialisée.

Un système d'information sur les aménagements hydrauliques

La SAED a notamment pour mission de planifier le développement régional et de coordonner le développement rural intégré sur la rive gauche de la vallée du fleuve Sénégal. Pour lui permettre de disposer d'informations régulières, fiables et

représentatives, un programme de coopération entre le CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) et la SAED, financé par le ministère français de la Coopération, a abouti à la réalisation et à la mise en place d'un système de suivi-évaluation original.

A la fin des années 1980, la SAED s'est vue notifier de nouvelles missions dans un contexte général de désengagement de l'Etat et de libéralisation de l'économie. Alors qu'elle subissait une forte diminution de ses effectifs, de nouveaux acteurs apparaissaient, qui occupaient l'espace économique libéré et menaient des opérations d'aménagement, de production et de fourniture de biens et services. Dans un tel contexte pour mener à bien ses missions, la SAED se devait de repenser et de réorganiser son système d'information sur sa zone d'intervention. Pour remplacer une information qualitative, hétérogène, parcellaire et dispersée, car détenue par chacun des agents de terrain, il a été décidé de mettre en place un système fournissant un ensemble uniformisé de données, collectées de manière systématique et gérées informatiquement par le personnel de la SAED.

Les enjeux du système d'information étaient nombreux : accumuler et stocker les données de base sous une forme permettant une large variété d'analyses et des modes de restitution variés (tableaux statistiques, graphiques, cartes) ; diffuser largement tant au sein de la SAED qu'auprès de l'ensemble des acteurs concernés, traditionnels ou nouveaux venus, des informations fiables et diversifiées ; proposer à l'ensemble de ces acteurs une structure d'accueil et de partage des informations détenues.

Le système d'information ainsi construit et géré au sein de la Direction de la planification et du développement rural propose un cadre de référence cohérent dans lequel viennent s'intégrer les différentes données statistiques du dispositif de suivi-évaluation, dont certaines possèdent un caractère localisé exploité au sein d'un SIG. Certaines de ces données sont collectées de manière exhaustive sur l'ensemble de la zone, d'autres font l'objet d'une collecte sur échantillon.

La méthode

Il a été décidé que la mise en place du système se ferait par étape pour permettre une maîtrise progressive par l'ensemble des personnels concernés : la base de données, noyau central du système d'information de suivi en 1991, a été installée, puis les différents composants (enquêtes par sondage, SIG) sont venus s'y greffer, alors que le travail de collecte, d'accumulation de données et d'enrichissement du système de suivi se poursuivait régulièrement chaque année.

La démarche de conception a été bâtie en partant de la demande la plus forte, qui portait sur le suivi des aménagements hydroagricoles et des principaux acteurs de l'aménagement et de l'exploitation des périmètres, notamment les organisations paysannes. Elle a permis de construire avec l'ensemble des utilisateurs potentiels un modèle de données développé selon le schéma entité-association. Après avoir clarifié et unifié les concepts de base, ce modèle a aidé à mettre en place un cadre unificateur de gestion de l'information fondé sur un système de codification uniforme et partagé.

Cette modélisation a été conduite en collaboration permanente avec les utilisateurs, avec la mise en place par étape de composants directement opérationnels et produisant des résultats tangibles. Les utilisateurs ont été mobilisés autour d'un système qui leur rendait des services réels et leur suggérait de nouveaux besoins qu'il

fallait prendre en compte. Le système a ainsi connu des évolutions successives : des modifications régulières ont été apportées tant à la structure du schéma relationnel qu'aux variables mesurées, aux requêtes, états de sorties ou cartes produits.

Le développement informatique a été mené en laissant une grande liberté aux utilisateurs pour construire leurs propres accès aux données, qu'il s'agisse de produire des cartes ou des états statistiques à un rythme régulier ou des requêtes spécifiques pour une étude en cours ou un questionnement particulier.

Le fonctionnement

L'exploitation du système (collecte, saisie, contrôle, analyse et restitution des données) a été calquée sur l'organisation territoriale de la SAED. Chacune des 4 délégations, représentant la SAED dans les départements, exploite pour ses besoins propres sur un poste informatique autonome la partie de la base de données qui la concerne. Les échanges de données avec le siège se font par transfert de fichiers sur disquettes.

Le mode opératoire est fondé sur un cycle annuel de recueil de données. Dans les délégations, le réseau des conseillers agricoles collecte les données sous le contrôle des chefs de secteur et la gestion des données est assurée par le bureau de suivi-évaluation (BSE). Au siège, la division du suivi-évaluation (DSE) assure par son administrateur de base de données, la cohérence globale (structure de la base, nomenclatures) et par son chargé de télédétection l'exploitation des images satellitaires et du SIG (mise à jour annuelle des couvertures géographiques).

La collecte et la distribution de l'information sont organisées dans chaque délégation, avec un principe de restitution vers l'agent de terrain à l'origine du recueil de données. L'utilisation par les conseillers agricoles des données qu'ils ont recueillies, dans le cadre de leur activité d'encadrement, est le principal gage de qualité.

L'organisation du système d'information

Le système d'information s'appuie sur une organisation tripolaire des unités d'observation et de suivi (figure 1) : les unités sociales (regroupant les divers acteurs du développement), les unités géographiques spatialisées (essentiellement à caractère hydraulique) et le croisement des deux types précédents avec les parcelles attribuées aux acteurs (le parcellaire correspond ici à la superficie attribuée à une organisation paysanne ou à un exploitant agricole, regroupant le plus souvent plusieurs parcelles hydrauliques ou foncières non nécessairement contiguës).

La base de données identifie toutes les unités statistiques porteuses d'informations, les décrit par des variables d'état permanent et de suivi d'activité. Elle concerne les acteurs du développement, et rassemble tout groupe structuré d'individus, ou les institutions locales intervenant dans le développement rural de la vallée, dont relèvent non seulement les organisations paysannes, unions et groupements d'intérêt économique, mais aussi la SAED elle-même. Elle concerne aussi les aménagements, définis à partir d'une source d'eau (point de pompage la plupart du temps) et de l'usage qu'il en est fait (relèvent de cette notion aussi bien les axes hydrauliques, que les périmètres d'irrigation proprement dits ou les drains), et le parcellaire attribué (unités de mise en valeur, UMV), défini comme la partie d'un aménagement attribuée à un acteur unique. Ce concept un peu abstrait a été construit, et admis par les utilisateurs, pour faire correspondre les unités géographiques et socio-économiques de base.

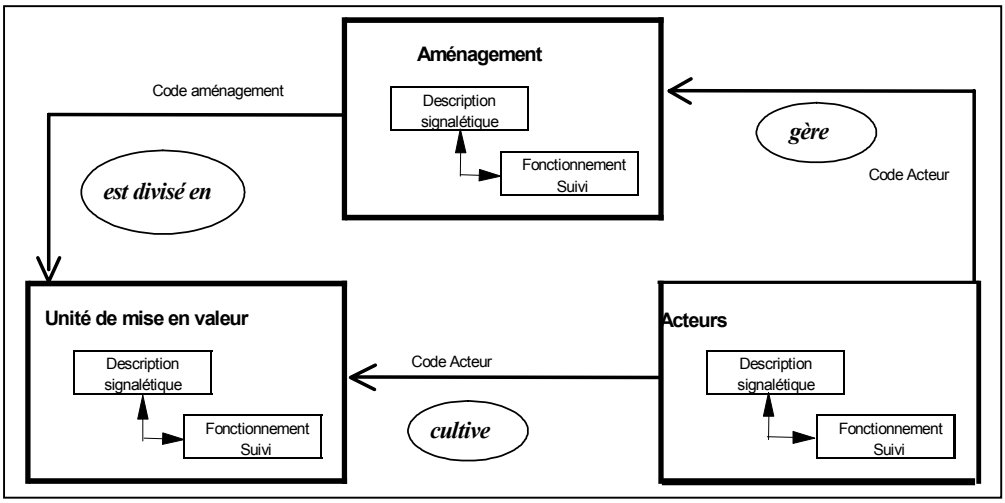


Figure 1. Schéma tripolaire des données.

On notera que des choix de granularité ont été faits : ni l'agriculteur, ni la parcelle foncière ne sont présents dans le modèle. Il s'agit d'un choix d'échelle d'observation lié, d'une part, aux objectifs assignés au système en relation avec les modes d'intervention de la SAED et, d'autre part, à la très grande difficulté, voire à l'impossibilité, d'observer ces unités exhaustivement sur l'ensemble de la zone. En revanche, la base de données a servi au sondage ou à l'échantillonnage pour des enquêtes et suivis sur d'autres unités.

Comme cela a été mis en évidence ci-dessus, certaines unités d'observation possèdent une représentation spatiale, et le modèle relationnel construit a donc été enrichi d'une composante géographique organisée en couches thématiques superposables : aménagements hydroagricoles et parcellaire attribué (UMV) ; occupations diverses du sol (élevage, autres activités, zones humides, zones urbaines) ; réseaux hydrauliques (canaux, stations de pompage) et hydrologiques (fleuve, affluents et défluents) ; équipements (routes, pistes, digues) et infrastructures (rizeries) ; unités administratives (contours des arrondissements, communautés rurales, localisation des villages) ; unités morphopédologiques issues de la carte au 1/50 000 (FAO et SEDAGRI, 1973).

Ainsi, parallèlement à la mise en place du système statistique, une identification des aménagements et du parcellaire, des réseaux hydrauliques et hydrologiques par photo-interprétation d'images Spot a été réalisée pour constituer un atlas des aménagements. Cette étude a été effectuée par la SAED en association avec BDPA (Bureau pour le développement de la production agricole) et le CIRAD (figure 2).

Un dispositif complémentaire d'enquêtes

Le système d'information centré sur la base de données a été complété par un dispositif d'enquêtes, de recensement et de suivi pour des unités différentes et à des niveaux d'échelles plus précis (agriculteurs et parcelles, notamment) tout en conservant la même structure de données. Ainsi, outre la mise en place de la base de données et les travaux de cartographie, un programme d'enquêtes socio-

économiques et techniques est venu compléter les informations de la base de données, principalement en ce qui concerne l'évaluation de la production agricole (rendements, coûts de production, utilisation des matériels de pompage, coût de l'eau), le recensement des principaux agents économiques privés en amont et en aval de la production et la connaissance de leurs performances économiques. L'échantillonnage et l'extrapolation des résultats sont réalisés à partir de la base de données et du SIG.

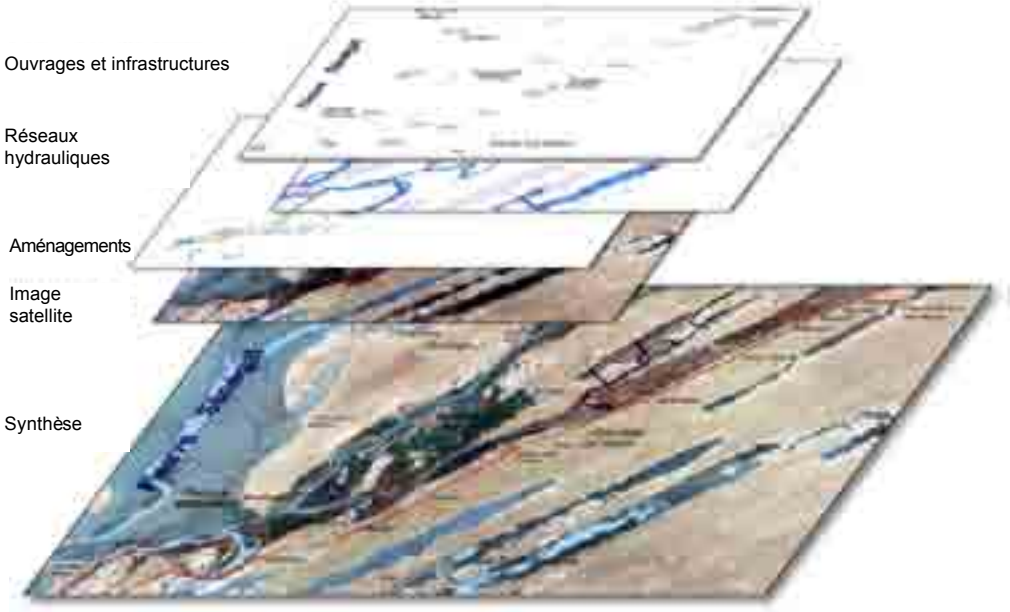


Figure 2. Modèle en couches géographiques.

Des dispositifs complémentaires ont également été mis en place pour répondre à des besoins spécifiques ou localisés, par exemple pour réaliser des études de faisabilité ou d'évaluation de projets avec la même démarche utilisant comme base d'échantillonnage et d'extrapolation des données de la base.

Les produits directs

Les produits directs peuvent être classés en trois grandes catégories : les statistiques agricoles, les rapports d'étude ou monographies et les synthèses.

La production de statistiques agricoles à fréquence régulière est une activité classique de la SAED. Sont concernés les superficies aménagées, cultivées et récoltées, les rendements et productions, les quantités transformées et commercialisées ainsi que les prix. Le système d'information mis en place a permis de poursuivre ce type d'activité en dépit du désengagement avec une amélioration de la fiabilité des informations et en rendant possible le contrôle des informations de base et le croisement des informations en provenance de plusieurs sources. On peut citer ici la double collecte des informations concernant les superficies (aménagées et cultivées) avec les données collectées par les conseillers agricoles auprès des producteurs et celles issues des cartographies à partir des images satellitaires. On peut aussi citer les données sur les rendements provenant de l'enquête sur la production et celles provenant des suivis d'exploitations agricoles.

Ce système a également permis une large gamme d'agrégations pour répondre à la fois aux besoins des différents destinataires et aux besoins des analyses : les résultats sont présentés selon le découpage de la SAED, mais aussi selon d'autres zonages (administratif ou hydraulique, par exemple) ou des thèmes techniques (types d'aménagement, types d'acteur ou organisations paysannes, entre autres).

Enfin, le système a permis d'augmenter considérablement la gamme d'informations produites et les modes de présentation : éditions des nomenclatures utilisées, des fichiers signalétiques, des suivis de la mise en valeur et production de tableaux de synthèse. Dans le delta, avec le système d'information géographique, la plupart des résultats ont pu être produits sous forme de cartes thématiques.

Les produits dérivés

Parmi les produits dérivés, il faut citer l'expérience et les compétences acquises par la SAED dans le cadre de cette opération de recherche-développement avec deux prolongements importants : la capacité du personnel à utiliser de nouveaux outils, à concevoir de nouvelles applications aux méthodes développées et d'autres produits ; la diffusion de ces compétences vers d'autres organismes par des prises de postes d'agents formés à la SAED dans d'autres institutions au Sénégal.

Ainsi, au rang des résultats majeurs il faut inclure les prolongements construits en profitant du cadre cohérent et structuré proposé par le système d'information.

L'évaluation des besoins en eau

Le logiciel Sigbiriz (Système d'information pour la gestion des besoins en irrigation de la riziculture) est le résultat de l'intégration dans le SIG de la SAED du modèle de calcul des besoins en eau de la riziculture Biriz. Le logiciel Biriz a été développé durant la première phase du projet de gestion de l'eau par la Katholieke Universiteit voor Leuven (KUL) pour la SAED. Le modèle Sigbiriz est l'aboutissement de la deuxième phase du même projet. Ce logiciel Sigbiriz est une application du SIG de la SAED, le transformant ainsi en outil d'aide à la décision en matière de gestion de l'eau en permettant d'estimer rapidement sur une base décadaire (SAED et DPDR, 1997) : les besoins en eau de la riziculture des différents aménagements hydroagricoles localisés dans le delta selon plusieurs paramètres de mise en valeur ; les quantités d'eau évacuées vers la nappe par percolation profonde suite à la mise en valeur des aménagements hydroagricoles ; les quantités d'eau évacuées par les réseaux de drainage des aménagements hydroagricoles ; les débits devant transiter par les axes hydrauliques principaux du delta pour satisfaire cette demande en eau.

L'opération POAS

Les données et les compétences acquises grâce au système d'information de la SAED ont servi de base au développement de POAS et plus tard de PAF (plan d'aménagement foncier) à l'usage des collectivités locales, qui répondent aux besoins d'amélioration de la gestion foncière.

Dans le cadre de la gestion des ressources naturelles par les collectivités locales, la SAED, l'ISRA et le conseil rural de Ross-Béthio ont réuni leurs compétences et prérogatives, avec l'appui de la sous-préfecture, autour du SIG pour expérimenter un POAS dans cette communauté rurale. Ils ont exploité plus particulièrement la cartographie de tous les aménagements et de toutes les infrastructures hydroagricoles et des cultures irriguées, la base de données socio-économiques sur les aménagements et les acteurs du développement et la carte morphopédologique.

Une représentation de l'économie locale de comptabilité sociale

L'un des prolongements de ce système d'information a été la mise en place d'une matrice de comptabilité sociale pour représenter l'économie agricole régionale, qui a permis la mise en cohérence de l'ensemble des données produites par ce système, mais aussi de ces données avec des informations provenant d'autres sources, sur le secteur agricole et sur les autres secteurs de l'économie.

Conclusion

La construction de cette matrice, fortement orientée vers l'agriculture irriguée, a été réalisée après la dévaluation du franc CFA pour apporter des éléments d'analyse aux questions récurrentes qui portent sur l'évaluation des effets des politiques, la rentabilité et la compétitivité des principales productions (et tout particulièrement le riz). L'enjeu initial de la collaboration entre recherche et développement était de mettre en place au sein d'une société de développement restructurée un système de suivi-évaluation qui permette une réelle maîtrise de l'information sur le développement des périmètres irrigués dans la zone d'intervention. Le système d'information qui a été développé répond aux objectifs car il permet effectivement de collecter, centraliser, capitaliser et redistribuer des informations statistiques de qualité (exhaustivité, fiabilité, pertinence) pour le suivi des périmètres irrigués, mais aussi des données sur l'évolution de l'agriculture irriguée dans le delta du fleuve Sénégal.

Le système d'information et le dispositif qu'il constitue ont permis également d'aller au-delà avec des prolongements qui se sont concrétisés par la mise en place de nouveaux programmes de recherche-développement et la production de résultats significatifs comme le logiciel de gestion de l'eau dans le delta du Sénégal (Sigbiriz), l'évaluation des effets des politiques économiques à travers des représentations de l'économie régionale par des matrices de comptabilité sociale, l'élaboration de méthodes de planification de la gestion des ressources naturelles par les collectivités locales à travers la construction de POAS.

L'originalité et le succès de cette opération de recherche appliquée sont avant toute chose liés au très fort degré d'appropriation par les cadres de la SAED. C'est, à notre avis, le résultat direct de la démarche volontariste de coconstruction permanente avec les acteurs et du souci constant de mettre l'instrument informatique à leur service et de répondre à leurs attentes. Cela s'est manifesté parfois par une réaction de surprise et de déception (provisoire) des agents devant un outil qui était tellement proche de leurs pratiques qu'ils n'y voyaient pas une véritable innovation. Cette première impression (significative) passée, il s'est institué un véritable dialogue, à double sens, entre recherche et développement suscitant de nouveaux questionnements, de nouvelles réponses au service du développement de la vallée.

Un système d'information et de régulation des filières maraîchères

Au Sénégal, le secteur maraîcher a connu un développement rapide du fait d'une urbanisation galopante, de la dévaluation du franc CFA et de la crise du riz dans la vallée du fleuve.

Cependant, les prix des produits horticoles sont caractérisés par de fortes instabilités du fait de leur saisonnalité et de leur caractère périssable. On assiste pendant la saison maraîchère à une chute des prix suite à l'arrivée massive de produits. De plus, d'un jour à l'autre les variations peuvent être de grande ampleur.

Cette situation place les agriculteurs en position de faiblesse par rapport aux intermédiaires. En effet, ces derniers disposent d'une meilleure information que les producteurs sur l'évolution des situations de marché du fait de leur mobilité le long de la filière ; d'où une asymétrie de répartition de l'information. L'accès à l'information sur le niveau d'approvision-nement et les prix prévalant dans les zones de collecte et les marchés d'écoulement apparaît alors déterminant.

Plusieurs dispositifs visant à améliorer la circulation de l'information et la transparence des marchés de produits horticoles ont été mis en place : diffusion dans la presse écrite (CDH puis Direction de l'horticulture) ; diffusion par la radio pour l'oignon et la pomme de terre dans les Niayes (PAEP, Projet d'appui à l'entreprenariat paysan) ; bulletin semestriel diffusé par la radio (PSI, Pôle systèmes irrigués, de l'ISRA puis SAED dans la vallée du fleuve Sénégal) ; dernièrement diffusion par téléphone portable et WAP (*wireless application protocol,* système permettant de se connecter à Internet via un téléphone mobile et Internet) par Manobi, une société privée qui collecte et fournit de l'information sur les marchés des fruits et légumes de Dakar, Touba et Kaolack et sur les produits de la pêche à Dakar. Différentes théories économiques peuvent être mobilisées pour justifier cette diffusion de l'information (tableaux I et II).

Cependant, la mise en place des systèmes d'information sur les marchés (SIM) pose le plus souvent des problèmes. Les résultats de nombreux travaux antérieurs montrent un décalage entre l'engouement pour la mise en œuvre de ces dispositifs et les résultats obtenus. Pour certains, les causes de cet échec sont à chercher dans la faiblesse technique des dispositifs alors que d'autres auteurs soulignent les limites d'une action basée uniquement sur la diffusion de l'information. Il convient de tenir compte de la diffusion spontanée de l'information au sein du marché par le jeu des échanges.

Nous avons cherché à déterminer, d'une part, comment les acteurs des filières maraîchères au Sénégal gèrent les risques et incertitudes auxquels ils font face, d'autre part, quels impacts les systèmes d'information sur les marchés peuvent avoir en terme de modification des comportements des producteurs.

Les enquêtes ont été menées auprès de 232 producteurs entre mai et juin 2003 dans les Niayes (Rao, Potou, Mboro, zone de Bud-Sénégal) et la moyenne vallée du fleuve Sénégal (Thillé-Boubacar). Ces enquêtes ont été complétées par des entretiens auprès de commerçants aussi bien sur les marchés de ces zones de production que sur les trois marchés de gros de Dakar (Thiaroye, Dalifort et Castors).

L'étude confirme le constat souvent fait par ailleurs du faible impact des systèmes d'information sur les marchés lorsqu'ils se limitent à la diffusion par radio d'une information peu adaptée aux besoins des acteurs. A contrario, l'expérience novatrice du système privé de Manobi, qui met l'utilisateur en situation de gérer lui-même son approvisionnement en information, se révèle intéressante. Bien que le système soit récent (moins de 2 ans d'existence), il montre que l'accès à une information ciblée, disponible dans un délai court, permet d'améliorer la capacité de négociation des producteurs. Cependant, cela ne remet pas en cause les modes de coordination existants, ceux-ci n'étant pas déterminés uniquement pas les besoins en information (également flux financiers, transport). Reste à voir comment Manobi pourra s'implanter plus largement dans les années à venir et quel sera alors son impact sur l'organisation des filières agricoles.

Tableau I. Effets attendus de l'amélioration des décisions individuelles induites par l'augmentation du niveau d'information des acteurs (Egg et Galtier, 1998).

Effets microéconomiques attendus	Effets macroéconomique attendus
Amélioration des arbitrages des acteurs (dans le temps, dans l'espace, entre produits, etc.)	Marché plus intégré et plus concurrentiel, allocation plus efficace des ressources
Baisse des coûts de transaction	Baisse des prix à la consommation Hausse des prix à la production
Sécurisation de l'environnement des acteurs	Augmentation des investissement dans le secteur (à long terme, baisse des coûts de production et de commercialisation)
Accès au marché plus facile pour les producteurs	Augmentation du pourcentage commercialisé de la production
Amélioration des règles du jeu du marché par les acteurs	Amélioration de la transition d'une économie administrée à une économie marchande
Meilleure connaissance des nouvelles opportunités du marché	Innovation, adaptation toujours plus grande de l'offre aux besoins des consommateurs

Tableau II. Effets attendus du rééquilibrage des rapports de force entre les acteurs, induit par la réduction des asymétries d'information (Egg et Galtier, 1998).

Effets microéconomiques	Effets macroéconomiques
Augmentation du pouvoir de négociation des producteurs (et consommateurs) vis-à-vis des commerçants	Baisse des marges des intermédiaires augmentation des revenus des producteurs et du pouvoir d'achat des consommateurs
Baisse de l'opportunisme des petits commerçants vis-à-vis de leur patron-grossiste	Sécurisation et accroissement du commerce à grande distance
Diminution des barrières à l'entrée permettant aux entrant potentiels de faire peser une menace crédible sur les acteurs de la filière	Baisse des rentes des acteurs de la filière

Par ailleurs, l'étude met en évidence l'une des limites de la théorie des coûts de transaction qui prend la division du travail comme une donnée exogène. En effet, selon cette théorie, les producteurs devraient développer un contrat de long terme avec les *bana-banas* (commerçants itinérants chargés de la collecte et de l'acheminement des produits maraîchers jusqu'aux marchés de gros) eu égard au degré d'incertitude de cette transaction. En fait, ils ont recours aux services de *coxers,* terme utilisé au Sénégal pour désigner tous les types de courtiers dans le secteur informel (modification de la division du travail), ce qui permet de réduire l'incertitude dans la transaction avec les *bana-banas* et ainsi de maintenir une relation de type « marché spot » (marché où l'échange physique de produits suit immédiatement la transaction) avec eux.

L'étude montre également le rôle central que joue le *coxer* comme source d'information pour les producteurs et les *bana-banas*. On peut se demander de ce fait si le *coxer* ne peut être considéré comme un système d'information propre au marché. Le fait que le système Manobi se soit développé principalement dans les zones où les *coxers* sont peu représentés, renforce cette idée et nous conduit à proposer une hypothèse de complémentarité entre les dispositifs. Les systèmes d'information sur les marchés, dispositifs extérieurs au marché, devraient alors chercher à pallier les déficiences informationnelles en priorité dans les zones où il y a absence ou défaillance des systèmes propres au marché.

QUELLES POSSIBILITÉS DE DÉVELOPPEMENT DES PRODUITS

Les différentes orientations politiques actuelles de l'Etat sont fondées entre autres sur le renforcement des capacités des collectivités locales et des organisations de producteurs, la promotion de l'investissement et des infrastructures dans le secteur agricole, la préservation des ressources naturelles et la restauration de la fertilité des sols, l'adaptation du crédit agricole aux systèmes de production. Les politiques convergent vers des objectifs principaux : réduction de la pauvreté, sécurité alimentaire et développement agricole durable, et ce, par l'amélioration de la compétitivité du secteur agricole, l'instauration d'un système de crédit agricole sécurisé, la réalisation d'infrastructures en milieu rural et la maîtrise de l'eau pour sécuriser la production.

Ce contexte politique est apte à la promotion de produits technologiques adaptés en tant qu'instruments permettant d'atteindre cet objectif.

Le système de valorisation agroénergétique des déchets d'abattoir

L'expérience particulière du système de traitement par compostage anaérobique des effluents d'élevage et d'abattoir, pour limiter les atteintes des filières animales à l'environnement, est une démonstration des possibilités réelles de prise en compte de l'environnement dans les systèmes de production agricole et rurale et de l'industrie.

Il est évident que les possibilités de développer ce système en milieu rural sont limitées, du fait des contraintes liées à la disponibilité et à la mobilisation de la biomasse valorisable et au coût d'investissement qui est hors de portée du paysannat.

Toutefois, à l'échelle communautaire, la promotion de ce système intégré en milieu rural peut être envisagée dans le cadre d'une politique d'investissement en milieu rural permettant de développer de petites et microentreprises ou industries agricoles et rurales de conservation ou de transformation de produits agricoles locaux. Les déchets issus de ces unités de transformation et de conservation seraient valorisables par la composante agroénergétique, qui fournirait à son tour une partie de l'énergie nécessaire au fonctionnement des unités. Le compost produit servirait à l'amendement organique des sols cultivés ou aux potagers domestiques.

Des abattoirs existent dans les principales villes du Sénégal. Leur environnement est souvent pollué par les déchets de toute nature qui y sont produits. Le système intégré de valorisation agroénergétique pourrait contribuer à l'assainissement de cet environnement tout en fournissant des matières organiques transformées aux systèmes agricoles urbains et périurbains.

En effet, l'agriculture urbaine et périurbaine, bien développée dans les banlieues de Dakar, tend à se généraliser dans les autres grandes villes. Les investissements nécessaires pour établir ce réseau d'unités intégrées devraient créer de nouveaux marchés et débouchés pour les abattoirs et contribuer à leur développement. Les communautés rurales peuvent bénéficier de ces investissements dans le cadre de programmes d'infrastructures rurales comme le PNIR (Programme national d'infrastructures rurales) ou de programmes de promotion de l'entrepreneuriat en milieu rural. La politique de développement d'infrastructures rurales, prévue par la loi d'orientation agrosylvopastorale (LOA), devrait également favoriser de tels investissements. Le PISA et le DSRP (Document de stratégie de réduction de la pauvreté) sont des programmes destinés à réduire la pauvreté. La stratégie du PISA est fondée en partie sur la promotion des investissements productifs en milieu rural dans sa composante PNIR. Celle du DSRP repose essentiellement sur la création de richesses dans le secteur agricole. Par ailleurs, dans le cadre de la décentralisation, les collectivités locales doivent disposer de plus de moyens pour financer des investissements liés à ce système, s'il répond aux besoins des populations. Le développement des infrastructures et des services publics en milieu rural est aussi l'une des options politiques de la loi d'orientation agrosylvopastorale. Cet ensemble d'actions requiert un engagement politique de la part de l'Etat et de ses partenaires.

Le système d'information sur les aménagements hydrauliques

La diversité des fonctions — suivi-évaluation, gestion de l'eau, évaluation des effets des politiques économiques à l'échelle régionale, planification et gestion des ressources naturelles — du système d'information assure son ouverture à une gamme variée d'utilisateurs potentiels. La voie est ainsi ouverte pour la prise en compte de ces quatre dimensions dans le système d'information géographique. Il est évident que cela constitue un atout certain pour sa promotion.

A priori, on peut imaginer que dans la vallée du fleuve Sénégal et dans le bassin de l'Anambé, zones d'intervention respectives de la SAED et la SODAGRI (Société de développement agricole et industriel), il est possible de développer le système pour améliorer le suivi et l'évaluation des différents aménagements hydroagricoles et la gestion de l'eau et construire des POAS pour la gestion des ressources naturelles.

Le POAS et le PAF sont des instruments utiles aux collectivités locales dans la gestion du foncier et des ressources naturelles. Dans le PGIES (Plan d'actions pilote pour la gestion intégrée des eaux et des sols), il est prévu de généraliser la mise en place de POAS, par un fonds national d'aménagement foncier, dans les communautés rurales pour favoriser une bonne affectation des ressources foncières et naturelles et améliorer la gestion de ces ressources. Le PGIES, par une politique d'utilisation rationnelle et de gestion intégrée du capital foncier et des ressources végétales et hydriques, cherche à lutter contre l'insécurité alimentaire et la pauvreté en milieu rural et à préserver l'environnement.

Par ailleurs, la loi d'orientation agrosylvopastorale prend en compte la vision du PGIES. Dans cette loi, l'Etat définit une politique et des programmes de mise en valeur efficiente et durable de l'eau sur l'ensemble du territoire national, fondés sur les principes de gestion intégrée des ressources en eau et de rentabilité des investissements hydroagricoles. A cet effet, la loi offre de réelles possibilités pour

le développement de l'utilisation de ce système d'information dans toutes les zones disposant d'aménagements hydroagricoles.

Le système d'information sur les aménagements hydrauliques du fleuve Sénégal est le fruit d'une coopération réussie entre le CIRAD et la SAED. Sans le CIRAD, la SAED n'aurait pas élaboré un tel produit ; mais sans le concours de la SAED, l'équipe du CIRAD n'aurait certainement pas réussi à aborder le sujet de cette façon et à construire un outil aussi performant et complet. La coopération entre les deux parties a été indispensable.

Cet exemple de collaboration entre institutions du Nord et du Sud devra davantage inspirer les relations de coopération entre le CIRAD et ses partenaires de la recherche et du développement au Sénégal et dans les autres pays en développement. Ces pays à faibles capacités de recherche ont de plus en plus besoin d'une coopération avec les pays développés, axée sur des programmes de recherche et de développement, aptes à générer des instruments opérationnels répondant à des problèmes qui ont un impact sur la pauvreté des populations rurales et sur la préservation de l'environnement.

Le système d'information et de régulation des filières maraîchères

L'étude a montré le rôle central que joue le système d'information, avec le *coxer* (interne au marché) ou Manobi (système d'information informatisé extérieur au marché), comme source d'information des producteurs et des *bana-banas* pour la limitation des risques et incertitudes des transactions. Les deux systèmes sont complémentaires mais les dispositifs sont isolés. Pour plus d'efficacité, l'intégration de leurs dispositifs semble nécessaire.

Il s'agit de mettre les NTIC (nouvelles technologies de l'information et de la communication) au service de l'agriculture et des professionnels agricoles en établissant un réseau d'échange d'informations entre les acteurs : techniques agricoles et scienti-fiques disponibles, marchés nationaux et internationaux, commercialisation et relation entre vendeurs et acheteurs, suivi des exploitations agricoles, traçabilité des produits. La qualité des produits et l'information sur cette qualité sont déterminants pour l'accès aux industries africaines et aux marchés extérieurs. Dans le contexte actuel du commerce mondial, tout produit agricole, même de haute qualité, sans traçabilité n'a pas d'avenir sur le marché mondial : la traçabilité a un impact sur sa valeur commerciale. La problématique de la traçabilité des produits interpelle plus que jamais les Etats et les professionnels (producteurs, organisations professionnelles, services agricoles publics et privés, industriels).

De par son caractère intégré et donc assez global, un tel système d'information sur les marchés peut améliorer les décisions (gains de temps, pertinence, précision et fiabilité de la décision) de toute nature (commerciale, politique, institutionnelle, choix d'objectifs, gestion) des acteurs professionnels horticoles et agricoles au sens large. La société Manobi-Sénégal constitue un exemple des possibilités de mise sur pied d'un tel système, qui va renforcer la compétitivité économique du secteur agricole africain. Le contexte mondial actuel est favorable au développement des NTIC ; la solidarité numérique se met en œuvre.

Les perspectives

Les acteurs socioprofessionnels se diversifient, se professionnalisent davantage. Ils doivent de plus en plus prendre part aux décisions et aux orientations les concernant, piloter les services agricoles par rapport à leurs besoins. Cela implique un renforcement des capacités des organisations de producteurs et des services agricoles. Des réformes institutionnelles profondes sont donc entreprises dans le cadre du PSAOP.

Les demandes des organisations de producteurs et des organisations professionnelles sont plus diversifiées et plus spécialisées si l'on se réfère à la nature de celles qu'elles soumettent à l'ANCAR. En effet, elles ont des demandes agricoles ou non agricoles, des besoins en informations de nature diverse parfois très spécialisées : demande en matière de gestion, d'organisation ou de marketing, etc. Cela influence leurs attentes et leurs exigences vis-à-vis de la recherche agricole et agroalimentaire.

La conclusion présente des cas de réponses aux attentes des producteurs et s'ouvre à des perspectives concernant l'évolution des recherches sur le plan national, pour mieux répondre aux besoins des acteurs professionnels (collectivités locales, organisations de producteurs, conseil agricole et rural, organismes de développement publics ou privés). En ce sens, les attentes des organisations de producteurs et des organismes de développement sont exprimées.

Les attentes des principaux utilisateurs

Les attentes communes à tous les acteurs

La réforme foncière est une demande commune aux paysans et aux communautés rurales. Les trois principales justifications d'une réforme foncière sont la reconnaissance de droits fonciers réels aux paysans, la création d'une fiscalité foncière aux communautés rurales, la réponse aux besoins fonciers de l'urbanisation et du développement économique du pays.

Cette réforme exige des outils de gestion du foncier et des ressources naturelles. Ces outils ont un coût élevé d'élaboration par rapport aux budgets actuels des communautés rurales. De ce fait, l'aide de l'Etat sera à cet effet indispensable.

Les principaux besoins exprimés à ce sujet sont de mettre en place des plans d'occupation et d'aménagement des sols pour les communautés rurales ; de créer un fonds national d'aménagement foncier et de remembrement pour financer en partie ou en totalité l'élaboration des POAS et subventionner les programmes d'aménagement, de remembrement et de gestion des terroirs des communes rurales ; de développer les contrats d'exploitation des ressources naturelles des terres non affectées. Plusieurs projets de gestion des ressources naturelles mènent des expériences dans ce sens. Ces expériences prennent en compte l'accès des populations aux ressources du domaine public de l'Etat : forêts classées, parcs nationaux, aires protégées, entre autres. La synthèse des résultats permettrait de les généraliser.

Les producteurs et leurs organisations

La démarche développée par l'ANCAR suit un processus d'identification et de prise en charge de la demande des producteurs. Elle comporte quatre étapes : le diagnostic, la programmation, la mise en œuvre, le suivi-évaluation. Dans ce schéma, le partenariat est transversal. Ces demandes sont de trois types : des demandes pour lesquelles il existe des réponses prêtes à l'emploi (type A), ces réponses seront formulées sous forme de conseils ; des demandes pour lesquelles les réponses doivent être adaptées (type B), elles constitueront les activités de recherche-développement ; des demandes pour lesquelles il n'existe pas de réponses (type C), elles seront transmises à la recherche.

Le programme de conseil agricole et rural de l'ANCAR provient des demandes de type A (c'est-à-dire autour des activités de conseils) et de type B (pour lesquelles la recherche-développement va élaborer des réponses adaptées devant déboucher sur des conseils, qui concernent aussi les services de recherche. Les attentes majeures exprimées par les producteurs dans le cadre de leurs organisations se répartissent selon quatre catégories.

La mise au point de produits et de technologies répondant aux demandes des producteurs est une attente essentielle souvent exprimée. Faute de prendre en compte les priorités et les critères des paysans, les produits qui leur sont destinés ne satisfont pas toujours leurs attentes. Pour remédier à ces problèmes, il faut permettre aux utilisateurs de participer à toutes les étapes de la mise au point des technologies : c'est un principe de base du PSAOP. Il suppose une bonne identification des besoins par les services agricoles, avec des implications en termes de méthodes pertinentes d'approche des réalités.

L'accès à l'information technique agricole et rurale est également une demande des producteurs, qui exigent une information intégrée sur les techniques agricoles disponibles, sur les marchés nationaux et internationaux, sur la commercialisation et sur le suivi des exploitations agricoles. Cela impose la construction d'un système intégré d'information technologique agricole et rurale (SITAR). L'ANCAR, le CNCR (Conseil national de concertation et de coopération des ruraux), l'ASPRODEB (Association sénégalaise pour la promotion des petits projets de développement à la base), l'ISRA et l'ITA (Institut de technologie alimentaire) projettent de mettre en place un tel système à moyen terme. De par son caractère intégré et donc assez global, le système intégré d'information technologique agricole et rurale pourra améliorer les décisions des producteurs. Il permettra d'établir un véritable réseau d'échange et de circulation de l'information entre les acteurs. En tant que composante de ce système, ce réseau aura l'avantage de susciter une dynamique et de permettre des économies d'échelle par la mise en commun des efforts des différents partenaires grâce à de multiples concertations et collaborations à l'échelon local, régional et national par l'intermédiaire des cadres de concertation.

La valorisation du savoir-faire local dans la recherche de solutions a des implications méthodologiques certaines, mais elle assure une meilleure adaptation sociale aux résultats, techniques et méthodologiques, proposés par la recherche. Ce savoir mérite d'être partagé par l'ensemble des intervenants. A l'échelon institutionnel, la participation des producteurs aux instances de programmation de la recherche apparaît comme un bon moyen pour faire entendre leurs

préoccupations. Cette pratique existe dans le PSAOP, les services agricoles étant de plus en plus pilotés par les demandes des producteurs.

L'accès au crédit est une contrainte à l'utilisation des résultats de recherche, dans la mesure où leur application par les producteurs nécessite souvent un investissement. Dans ce domaine, les capacités des producteurs et de leurs organisations sont très faibles en raison de la pauvreté qui sévit en milieu rural. L'accès au crédit rural se heurte au risque lié aux aléas pluviométriques et aux invasions de ravageurs. Cela peut être traduit comme une exigence double des producteurs : des technologies performantes et plus accessibles, car peu coûteuses en investissement ; un système de crédit agricole et rural sécurisé et moins coûteux. Le Fonds des services ruraux, régi par la demande, apporte une réponse satisfaisante à ce problème d'accès au crédit. Le système d'épargne et de crédit mis en place par l'ENDA est une alternative enrichissante. Désormais les priorités de la recherche agricole et agroalimentaire devraient être, d'une part, la mise au point de systèmes ou de mécanismes de crédit adaptés aux différentes catégories de producteurs, d'autre part, l'élaboration de technologies peu exigeantes en investissement.

La coordination, la cohérence et la synergie des interventions en milieu rural sont indispensables. Les interventions en milieu rural manquent souvent de cohérence et d'efficacité car les stratégies mises en œuvre par les différents intervenants ne se complètent pas faute de coordination. Les stratégies ne cadrent pas toujours avec la vision et la démarche des producteurs. Une répartition et une coordination des rôles s'imposent entre les intervenants, dont les compétences se complètent. Les cadres locaux de concertation des organisations de producteurs (CLCOP) et les conseillers agricoles et ruraux de l'ANCAR contribuent de façon significative à lever les contraintes liées au manque de coordination des acteurs et d'implication des producteurs. Sur le plan méthodologique, la construction d'outils et d'instruments aptes à améliorer la coordination et l'organisation des interventions des acteurs en milieu rural ou dans l'entité sociale considérée peut constituer un défi pour la recherche.

Les collectivités locales

Du fait des compétences qui leur sont transférées, les besoins des collectivités locales concernent un ensemble d'outils de planification, de gestion et d'aide à la décision : système d'information géographique, à l'image du POAS ou du PAF, leur permettant de mieux connaître et gérer les territoires, de prévoir leur évolution, d'orienter et de planifier le développement local ; outil de suivi et d'évaluation des investissements et des infrastructures locaux ; informations politiques, technologiques agricoles et rurales fiables pouvant aider à l'élaboration de programmes locaux de développement ; outil d'évaluation des effets des politiques sur l'économie locale, comme les matrices de comptabilité.

Les structures de développement publiques et privées

Les attentes des structures de développement portent essentiellement sur un partenariat dynamique, qui assure une cohérence entre les programmes de recherche et de développement et une adéquation entre les propositions technologiques de la recherche et les problèmes essentiels du développement rural.

Avec un tel partenariat, il devient possible de bâtir un cadre de concertation permanent permettant de mieux orienter les programmes de recherche par rapport aux problèmes de développement et, partant, d'élaborer des projets collaboratifs autour de la recherche-développement, de participer davantage à la conduite de dispositifs de recherche-développement, de former le personnel de ces institutions de développement et de l'informer des résultats de recherche, de mieux valoriser des produits de recherche et d'assurer la remontée des problèmes de développement vers la recherche agricole et agroalimentaire.

La mise en place d'un système d'information scientifique, technologique agricole et rural constitue également une préoccupation pour les institutions de développement. Eu égard à l'enjeu lié à un tel système, l'ANCAR, en partenariat avec l'ISRA, l'ITA, le CNCR et l'ASPRODEB, envisage d'installer un système intégré d'information technologique agricole et rurale, véritable réseau d'échange et de circulation de l'information technologique entre les acteurs du développement rural. Ce système n'est réalisable que dans le cadre d'un partenariat entre les acteurs. Il aura l'avantage de susciter une dynamique et de permettre des économies d'échelle par la mise en commun des efforts des différents partenaires grâce à de multiples concertations et collaborations aux différents niveaux.

DES RÉPONSES AUX ATTENTES DES PROFESSIONNELS

Les producteurs ont des attentes en matière de technologies agricoles : technologies pertinentes et accessibles ; crédit peu coûteux et accessible ; information, formation et renforcement de capacités sur les nouvelles techniques agricoles et rurales ; outils de gestion et de planification. Quelques exemples de réponses à ces attentes sont présentés : le partenariat entre l'Etat et les organisations de producteurs ; le partenariat entre l'ANCAR et les organisations de producteurs ; la demande sociale des utilisateurs, principalement des organisations paysannes, et les activités du FNRAA (Fonds national de recherches agricoles et agroalimentaires) ; le cas de l'épargne et du crédit ; les acquis et les perspectives des recherches de la culture du sésame (*Sesamum indicum* L.) au Sénégal.

Le partenariat entre l'Etat et les organisations de producteurs

Le partenariat avec les organisations de producteurs se traduit par une contractualisation, qui vise à mettre en œuvre des programmes de développement rural. L'ASPRODEB gère techniquement et financièrement la composante organisations de producteurs du PSAOP, du PSSA (Programme spécial de sécurité alimentaire) et du PPPGT (Projet de promotion paysanne pour la gestion des terroirs). Pour conduire ces projets et programmes, elle a mis en place une agence d'exécution des projets (AGEP), composée de professionnels du développement.

Cette responsabilisation des organisations de producteurs a abouti à une structuration plus performante des organisations à la base, grâce aux cadres locaux de concertation des organisations de producteurs, à l'échelon régional, grâce aux cadres régionaux de concertation des ruraux, et à l'échelon national grâce au CNCR. Elle a aussi entraîné une plus grande implication des organisations de producteurs dans les orientations politiques du secteur agricole et à un début de pilotage des services agricoles par les demandes des producteurs dans le cadre de leurs organisations.

La dynamique ainsi enclenchée devrait permettre d'améliorer la synergie entre les différents programmes, d'harmoniser les méthodes et les procédures d'intervention et d'améliorer les services agricoles fournis aux producteurs, comme l'illustrent les exemples de l'ANCAR et du FNRAA. La meilleure utilisation des ressources publiques, grâce en partie à cette dynamique, devrait favoriser la réalisation des objectifs du DSRP, qui place l'agriculture au centre des préoccupations.

Cette volonté s'est manifestée par plusieurs décisions majeures. Une loi d'orientation agrosylvopastorale qui affirme l'ambition de l'Etat et en conséquence, définit la vision du devenir de l'agriculture sur une période de 10 à 20 ans, fixe les grandes orientations, les objectifs, les stratégies et les mécanismes institutionnels. Un soutien public à la diversification agricole porte sur la promotion des filières du maïs, du sésame et du manioc. Une réforme en profondeur de la filière de l'arachide vise à restaurer et à accroître la productivité, la compétitivité et les revenus des producteurs. Un partenariat avec les organisations paysannes a abouti à un consensus entre les organisations de producteurs et l'Etat sur le devenir de l'agriculture et les principales mesures à mettre en œuvre.

Le contexte du développement rural est donc globalement favorable : une volonté politique existe et se manifeste, les acteurs et principalement les producteurs sont de plus en plus organisés et leurs organisations mieux structurées. Toutefois, les conditions nécessaires pour avoir un impact sur les revenus et conditions de vie des populations rurales exigent des décisions plus fortes de la part de l'Etat.

Le partenariat entre l'ANCAR et les organisations de producteurs

Le conseil agricole et rural est piloté par la demande des producteurs. C'est pourquoi, l'approche de l'ANCAR est fondée sur un vrai partenariat avec les producteurs et les acteurs du développement rural. Les producteurs participent de façon effective à toutes les étapes du processus d'élaboration, de mise en œuvre et d'évaluation du conseil agricole et rural.

Dès sa mise en place, l'ANCAR a lancé avec les producteurs un partenariat, qui s'est construit progressivement. Trois cas sont présentés pour caractériser ce partenariat : la sélection du personnel technique de l'Agence, la contractualisation des programmes de conseil agricole et rural, et la recherche-développement.

Pour sélection le personnel technique de l'Agence, l'ANCAR et la composante organisations de producteurs (CNCR-ASPRODEB) ont organisé deux ateliers ,en septembre 2000 et en janvier 2001, avec les acteurs du développement rural, qui ont permis de définir les méthodes, les critères, les grilles, les procédures et l'organisation de la sélection. Les organisations de producteurs, les collectivités locales et les partenaires de la recherche ont été impliqués dans la sélection des 59 conseillers agricoles et ruraux, des 22 chefs d'équipe et des 22 techniciens spécialisés recrutés en 2002. La sélection des conseillers agricoles et ruraux se termine par un stage de 30 jours dans une communauté rurale sous la responsabilité du conseil rural et la supervision d'une organisation de producteurs.

Le programme de conseil agricole et rural est défini dans la communauté rurale par trois acteurs principaux : le conseil rural, le CLCOP et l'ANCAR. Il commence par un contrat, couvrant une ou plusieurs activités, négocié et signé d'un commun accord entre l'ANCAR et chaque organisation de producteurs commanditaire, puis visé par le CLCOP et le conseil rural. Avant la signature, le contrat est partagé

entre l'ANCAR, le CLCOP, le conseil rural et les autres acteurs publics et privés présents dans la communauté rurale. Pour les deux années d'intervention de l'ANCAR, de nombreux contrats (600) ont été signés avec les organisations de producteurs pour exécuter 62 programmes dans 62 communautés rurales. Les organisations de producteurs ont participé au budget des contrats, et les conseillers agricoles et ruraux se sont mis au service des organisations de producteurs. Dans les contrats, ils ont accordé plus de 70 % de leur temps de travail aux organisations de producteurs.

Le partenariat entre l'ANCAR et les organisations de producteurs s'est davantage renforcé et manifesté dans la recherche-développement, qui connaît des dysfonctionnements depuis les années 1980. Avec le démarrage de l'ANCAR en 2002, la recherche-développement a été relancée. En effet, une centaine d'activités de recherche-développement a été réalisée avec la recherche agricole et agroalimentaire, les organisations de producteurs et les partenaires publics et privés. Le bilan des activités de recherche-développement relatives aux programmes locaux semenciers a été dressé pour une réorientation vers des systèmes semenciers communautaires. Les activités ont créé une dynamique interinstitutionnelle, qui a favorisé l'organisation d'un atelier national de relance de la recherche-développement. Les directions régionales de l'ANCAR et les cadres régionaux de concertation des ruraux du CNCR ont animé des ateliers de restitution et de mise en œuvre des recommandations avec les acteurs régionaux et locaux. La recherche-développement est réorganisée et les cadres de concertation sont dynamisés.

Le partenariat est confronté à certaines difficultés liées au redimensionnement de la recherche agricole, qui limite l'implication des chercheurs dans la recherche-développement dans certaines régions, et à l'insuffisance de synergie entre les projets financés par le FNRAA et les actions en cours.

La demande sociale des utilisateurs et les activités du FNRAA

La science et la technologie, par les investissements dans la recherche, ont contribué de façon remarquable à la croissance du secteur agricole dans de nombreuses régions du monde. Depuis le milieu des années 1960, la production alimentaire mondiale a augmenté de 80 %, dont plus de la moitié dans les pays en développement, où l'adoption de résultats de recherche a contribué à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté.

Pour accroître l'impact de la recherche sur le développement économique et social, il convient de centrer la recherche sur la satisfaction de la demande des divers utilisateurs, notamment des producteurs, par un diagnostic partagé de leurs contraintes. La stratégie mise en place dans le cadre du PSAOP, financé par l'Etat sur un prêt de la Banque mondiale, vise à rapprocher les chercheurs des divers utilisateurs des résultats de la recherche.

L'identification de la demande

Si la recherche sénégalaise a produit de nombreux résultats, elle se heurte à un contexte particulièrement difficile : les sécheresses des années 1970, l'inadaptation de certaines techniques aux réalités rurales sénégalaises, la faible réactivité des producteurs face aux bouleversements de l'environnement tant sur le plan national que sur le plan international. L'économie nationale en général, et agricole en particulier, évolue dans un contexte qui nécessite des mutations

profondes. La croissance démographique rapide et la faible productivité entraînent une baisse tendancielle de la production par habitant. Sur le plan économique, la libéralisation conduit l'Etat au désengagement progressif (recherche d'une alternative en matière de conseil rural et agricole, dépérissement des structures publiques de vulgarisation, suppression des subventions). Parallèlement, un important mouvement associatif se développe chez les producteurs et les acteurs. Enfin, l'intégration sous-régionale et la mondialisation font de la compétitivité l'un des défis majeurs que l'agriculture doit relever. Dans ce contexte, il est vital que la recherche participe à l'identification de la demande sociale et redéfinisse le rôle qui doit être le sien pour répondre efficacement aux besoins des utilisateurs.

Pour élaborer une programmation scientifique pluriannuelle, pilotée par la demande des utilisateurs, les deux principales institutions de recherche concernées, l'ISRA et l'ITA, ont élaboré des plans stratégiques en étroite collaboration avec l'ensemble des acteurs (producteurs, partenaires scientifiques, secteur privé, Etat, organisations non gouvernementales). Ainsi, dans la zone agroécologique du centre-nord du bassin arachidier par exemple, les principales contraintes identifiées sont une réduction de l'intervention de l'Etat à la suite des plans d'ajustement structurel, une forte pression démographique, qui engendre une surexploitation des forêts et une réduction des zones de pâturage, et des modes de gestion de la fertilité non reproductibles faute de fumures minérales et d'apports réguliers de matière organique. A cela il faut ajouter une demande liée à l'émergence de groupements de producteurs autogérés et à l'installation de nouveaux exploitants issus des classes moyennes (marabouts, émigrés). Cette situation pourrait conduire au développement d'une agriculture plus performante, professionnelle, avec des besoins plus précis, plus spécialisés et plus exigeants en technologies et en informations.

A l'échelle nationale, les attentes exprimées par le CNCR, à l'issue de son congrès extraordinaire sur les difficultés du monde rural, portaient, entre autres, sur l'insuffisance de semences de qualité, le déficit pluviométrique, la vulnérabilité du cheptel et les difficultés d'alimentation du bétail, la dégradation des ressources halieutiques, la surexploitation des ressources forestières en Casamance, et les difficultés d'irrigation des cultures de fruits et légumes.

La réponse aux attentes

Le soutien financier accordé aux institutions de recherche concernées vise, au-delà d'un appui institutionnel, à orienter les recherches vers des projets de qualité, pilotés par la demande et valorisant leurs résultats, grâce au financement du FNRAA. Il doit permettre d'élargir l'offre de recherche et de centrer les recherches sur les priorités des producteurs et des utilisateurs de leurs résultats. Ses objectifs, qui découlent des plans stratégiques de l'ISRA et de l'ITA et du plan d'orientation stratégique du système national de recherche agricole, sont les suivants : améliorer la compétitivité de l'agriculture sénégalaise de manière à accroître les exportations et à assurer la relance des marchés intérieurs ; diversifier les productions ; préserver les ressources naturelles ; améliorer la valeur ajoutée de la production agricole par la transformation des produits, notamment en zone rurale, afin de stimuler l'emploi et d'augmenter les revenus des ruraux.

Les organes du FNRAA sont le comité de gestion, qui est l'autorité morale, le comité scientifique et technique (CST), responsable de l'évaluation de la qualité des projets, et le secrétariat exécutif, chargé de la mise en œuvre des décisions du

comité de gestion. Pour s'assurer de la prise en compte des besoins des utilisateurs, toutes les décisions de financement des projets sont prises par le comité de gestion, constitué d'utilisateurs, dont la majorité sont des représentants d'organisations de producteurs.

Depuis 2000, le comité de gestion a lancé 4 appels à propositions et financé 28 projets sur un total de 85 soumissions. Les thèmes des projets retenus portent sur la sécurité alimentaire, l'amélioration des méthodes de production et de transformation des produits, la mise au point d'outils de prévision des superficies et des rendements agricoles, l'intensification et la diversification des productions agricoles, la gestion et la restauration de peuplements d'espèces forestières menacées de disparition, l'élaboration de modèles de gestion intégré des espaces sylvopastoraux, l'appui au développement de filières traditionnelles et la promotion de produits industriels à haute valeur ajoutée, la mise au point de méthodes alternatives de contrôle des ravageurs des denrées stockées, l'application des biotechnologies végétales à la production de semences saines de pommes de terre, l'utilisation de résidus organiques pour améliorer la production agricole, la mécanisation des transformations postrécolte, l'intégration de techniques agroforestières en zone irriguée et pour la valorisation des sols salés, l'étude des exploitations agricoles familiales pour élaborer des politiques agricoles, l'insémination artificielle.

Il est surprenant de noter qu'aucun projet financé ne porte sur les filières de la pêche et de l'arachide, malgré leur importance stratégique nationale. Les raisons de cette situation devront être identifiées lors de l'évaluation de la première phase du PSAOP pour apporter les corrections appropriées à cette lacune.

L'observation des projets soumis et financés montre un nombre total de 85 projets soumis, ce qui est appréciable compte tenu de la communauté scientifique nationale restreinte et de son inexpérience des fonds compétitifs dans le système de recherche agricole sénégalais. L'analyse plus approfondie de l'expérience montre aussi une nette tendance au partenariat institutionnel et à l'implication des organisations de producteurs dans l'exécution des projets financés. En effet, il apparaît au travers des trois premiers appels (ayant déjà fait l'objet de décaissements) que 86 institutions au total sont impliquées. 42,3 % des projets impliquent effectivement des organisations de producteurs comme partenaires, 38,5 % impliquent des structures de développement ou de conseil agricole et 19,2 % associent recherche agricole (ISRA) et recherche agroalimentaire (ITA). L'observation des types de projets financés montre une nette tendance à l'augmentation du nombre de projets de recherche-développement, sensés être les plus aptes à prendre en compte la demande des utilisateurs. Du 1er au 4^{e} appel, la proportion des projets de recherche-développement est ainsi passée de 7,2 à 83,3 % des soumissions et de 9,1 à 100 % des projets retenus.

L'épargne et le crédit

Il convient de rappeler que l'ENDA tiers-monde, organisation à laquelle appartient ENDA-GRAF (Groupes de recherche, action, formation), a été créée par des enseignants chercheurs de l'IDEP (Institut africain de développement économique et de planification), alors en rupture avec les joutes idéologiques qui, opposant marxistes et « impérialistes », traversaient le monde universitaire africain. L'idée selon laquelle la recherche ne prenait tout son sens que dans l'action auprès des

populations était au cœur de la démarche des fondateurs de l'ENDA. Ainsi, nous avons privilégié la recherche en traversant des phases diverses, les concepts évoluant au gré des enseignements de la pratique : recherches sur les pauvres, recherches avec les pauvres et finalement recherches par les pauvres jusqu'au concept actuel de recherches populaires, qui élargit le champ de recherche au champ de l'action sociale en posant l'initiative populaire comme démarche de recherche.

Ce que les populations entreprennent, individuellement, collectivement ou à l'échelle communautaire, est autant de recherches. En effet, derrière toute initiative siègent un raisonnement, des concepts et une certaine conception du monde et de soi dans ce monde. Dans le sillage de toute entreprise populaire, débrouillarde ou confuse, on découvre toujours un certain nombre d'hypothèses qui sont autant de paris implicites sur la bonne marche du monde et sur ses chances de mieux s'y insérer. Quand les gens « essaient voir », ils expérimentent. Certes, sans protocole formel, sans discours sur la méthode, mais avec le souci de valider, et de faire valider, ce qu'ils entreprennent. C'est pourquoi, à l'ENDA depuis longtemps, nous parlons de recherches et de chercheurs populaires. C'est la raison pour laquelle le concept de recherche-action a été développé. En même temps, nous constatons que la créativité technologique ou la production de savoirs sur la marche du monde n'est pas l'affaire des seuls instituts dits de recherche, quelle que soit la valeur de leurs apports.

Reconnaître que les initiatives populaires sont de facto des recherches ne revient cependant pas à affirmer leur pertinence et moins encore à proclamer leur efficacité. Si les populations pensent, entreprennent, expérimentent, inventent, elles ne sont pas pour autant nécessairement efficaces dans leurs démarches. Beaucoup de recherches populaires sont inefficaces au sens où elles ne produisent pas les réponses attendues par ceux-là mêmes qui les posent, elles ne parviennent pas à prendre de l'ampleur ou alors, confirment le succès de certains aux dépens des autres.

L'épargne et le crédit comme processus de transformation sociale

Dans les sociétés, locales ou globales, on peut grossièrement distinguer deux familles de processus de transformation, d'une part, ceux que les populations subissent de l'extérieur et auxquels elles sont contraintes de se soumettre tant bien que mal, en s'adaptant autant que possible, appelons-les les processus exogènes et, d'autre part, ceux qu'elles initient elles-mêmes et qui valorisent leur créativité et leurs capacités d'anticipation, c'est-à-dire les processus endogènes.

Face aux processus de transformation endogènes qui vont dans le sens de la neutralisation de l'appauvrissement, dont l'expérience d'épargne et de crédit fait partie, la mission de l'ENDA se déploie dans une quadruple fonction d'appui qui peut se résumer en autant de mots clefs : reconnaître, consolider, relier ou décloisonner, interpeller.

Fondée en 1987, la Caisse d'épargne et de crédit des femmes (CEC) de Grand-Yoff est née des réflexions menées par 103 femmes réparties en 13 groupements à Grand-Yoff sur les difficultés qu'elles rencontraient dans leurs stratégies d'insertion économique : difficultés d'accès aux services bancaires, précarité des revenus, dépendance vis-à-vis des usuriers, tontines mal gérées.

Conscientes de l'urgence d'une solution alternative, des groupements de femmes de Grand-Yoff ont sollicité l'appui de l'ENDA. A la suite de rencontres hebdomadaires animées par l'ENDA sur une période de 6 mois, les femmes ont pris conscience de l'urgence d'une solution alternative. Ainsi, chaque femme apportait une cotisation mensuelle de 500 FCFA, qui matérialisait son engagement, sa volonté de constituer les apports devant contribuer à résoudre son problème par la mobilisation de l'épargne locale en vue de financer les activités socio-économiques des femmes pour leur permettre de faire face à la difficile conjoncture. C'est ainsi qu'un montant de 998 800 FCFA a été mobilisé à partir des cotisations individuelles pour réaliser les premières opérations de prêts de la caisse avec un complément de près de 3 millions de FCFA apporté par l'ENDA sous forme de crédit.

La caisse d'épargne et de crédit de Grand-Yoff s'est donc constituée en 1987 avec un capital de près de 4 millions de FCFA. Les membres fondateurs ont défini les critères et modes d'accès au crédit et les modalités de remboursement, la durée et la garantie des prêts, l'organisation et le fonctionnement de la caisse. Cette expérience endogène a été reconnue comme l'une des premières, sinon la première dans ce domaine au Sénégal.

La reconnaissance des dynamiques va de pair avec celles des groupes, organisations ou communautés. Reconnaître les porteurs d'initiatives qui aboutissent à des transformations revient implicitement à promouvoir la créativité populaire et, indirectement, à fonder la légitimité et donc, in fine, le pouvoir des initiateurs. Faire connaître et reconnaître la valeur des dynamiques de transformation locales portées par les populations, tant vis-à-vis des autorités qu'à leurs propres yeux est une tâche capitale pour l'ENDA.

La dynamique partie de Grand-Yoff s'est étendue progressivement à plusieurs autres quartiers de la région de Dakar et même à d'autres régions du Sénégal, Thiès et Kaolack, notamment. Des femmes des quartiers périphériques (Ouakam, Grand-Dakar et Médina dans un premier temps) ont au fur et à mesure sollicité la caisse de Grand-Yoff pour trouver les ressources nécessaires au développement de leurs activités économiques. La prise en compte de ces demandes entre dans le cadre de la lutte contre l'exclusion et l'appauvrissement des femmes.

L'analyse de la nouvelle situation ainsi créée a permis de constater que l'accroissement du nombre de membres venant d'autres quartiers risquait de réduire la pression sociale, gage essentiel du bon recouvrement des créances. Partant de ce constat, les femmes de Grand-Yoff ont développé une stratégie d'encouragement et d'appui à la création de caisses autogérées par les femmes de ces quartiers avec l'accompagnement de la caisse mère de Grand-Yoff selon deux étapes.

La création de caisses périphériques

La première étape a commencé en 1992 avec l'ouverture d'autres caisses. La stratégie développée dans ce sens consistait à accompagner les groupes de femmes lors de séances d'animation dans les quartiers. Cet accompagnement est réalisé sous la forme de « consultations » directement par les femmes de Grand-Yoff, qui ont acquis entre-temps une expertise en matière d'animation, d'organisation et de gestion de caisse d'épargne et de crédit. Cet appui apporté par des femmes en terme de formation vers d'autres femmes est une forme de reconnaissance de valorisation et d'utilisation réciproque de l'expertise populaire

féminine. C'est ainsi qu'ont été ouvertes les caisses de la Médina et de Grand-Dakar, en 1992, et de Ouakam, en 1993. L'ensemble de ces 4 caisses comptait en 1994 près de 7 800 membres, dont 2 900 pour Grand-Yoff.

L'accélération du processus par la création de caisses à partir des guichets

Pendant ces premières années, malgré le succès des caisses, il restait une frange importante de la population très démunie, qui ne pouvait pas accéder directement à la caisse. La réflexion a conduit à l'idée de « guichets dans les marchés ». Le marché étant le lieu commun de rencontre quotidienne des femmes et de forte circulation monétaire, la mobilisation de l'épargne des femmes y est facilitée par l'ouverture de guichets.

Le guichet joue le rôle de structure primaire de collecte de l'épargne, dont les montants quotidiens sont variables et fonction des capacités propres de chaque membre (25, 50, 100, 200 FCFA). Une guichetière animatrice y est affectée pour collecter l'épargne, fournir des informations, conseiller et orienter les femmes en vue de leur structuration et de leur adhésion à une dynamique d'épargne et de crédit autour de la caisse dont le guichet dépend.

Les objectifs sont de collecter et de mobiliser l'épargne sur les marchés, d'aider les femmes les plus démunies à accéder à la caisse à partir de l'épargne de petites sommes, de faciliter l'accès à la nourriture en créant des groupements d'achat, de lutter contre les pratiques usuraires sur les marchés et chez les commerçants spéculateurs, de décentraliser les services de la caisse en la rapprochant le plus possible des usagers, d'informer et d'accompagner les femmes porteuses de projets.

Quatre guichets de marché ont été créés en 1994 : à Castors, Ouakam, Grand-Yoff et Parcelles-Assainies. En 1996, les résultats obtenus ont prouvé que dans le domaine de la collecte de l'épargne le guichet occupait une position stratégique. Le guichet du marché Zinc de Pikine, créé par la suite, versait chaque mois environ 6 millions de FCFA d'épargne.

Les réflexions autour de ces résultats ont amené les femmes à revoir leur démarche pour l'ouverture de caisses. Le guichet est désormais le point de départ vers l'ouverture d'une caisse. Quand l'épargne collectée par un guichet atteint un certain seuil, ce dernier est transformé en caisse, qui développe à la suite d'autres guichets qui lui seront rattachés. Les caisses de Pikine et des Parcelles-Assainies ont été ouvertes selon ce modèle, d'autres tels que Colobane, Guinaw-Rail et Castors ont suivi l'exemple. L'expérience a démontré que toutes les caisses qui ont ouvert plus de 3 guichets ont eu une base solide de collecte d'épargne, qui leur a permis de répondre aux sollicitations des membres en matière de crédit.

La fonction de décloisonnement est ainsi probablement la plus déterminante en ce sens qu'elle ouvre les portes au changement d'échelle, qui est une priorité pour l'ENDA. En effet, il est important de faire en sorte que des processus de transformation, isolés mais stratégiquement solidaires, soient connectés entre eux au point de déclencher des transformations d'ampleur.

La démarche mise en œuvre visait principalement à inciter les femmes à réfléchir sur elles-mêmes et sur leurs situations, pour résoudre les problèmes auxquels elles sont confrontées en mobilisant les ressources du quartier. Elle devrait permettre de faciliter l'accès des plus pauvres au crédit à partir d'une mobilisation

intense de l'épargne populaire et de développer la solidarité pour résoudre certains de leurs problèmes, de mettre en place dans les quartiers populaires de Dakar des outils financiers endogènes participant au développement local, de renforcer les appuis mutuels par des échanges d'expériences et des apprentissages afin de promouvoir l'expertise populaire locale, de mobiliser les fonds généralement canalisés vers les tontines et les différents systèmes d'épargne populaire et d'assurer une meilleure articulation entre eux.

Dans cette dynamique, l'ENDA joue essentiellement un rôle d'animation et de facilitation en cherchant à valoriser les savoir-faire des femmes à travers la mise en relation de groupements féminins et d'organisations populaires et le renforcement de leurs capacités de gestion. Ainsi, pouvoir et initiative sont demeurés entre les mains des femmes, qui ont réussi à mettre en place des mécanismes de régulation, des procédures et normes de gestion acceptées de tous les membres. Ces instances de gestion et de régulation fonctionnent depuis le départ selon les principes de la démocratie participative. Les décisions qui engagent les membres sont mises en débat et configurées collectivement. Cela revient à décider, mais aussi à gouverner, c'est-à-dire à administrer autrement. Les différentes caisses tout en étant autonomes échangent et s'autorenforcent dans la réflexion à travers un réseau dont l'épicentre est la coordination créée par les femmes et animée par les anciennes gérantes issues des groupements de quartiers.

Décider et gouverner autrement signifie à l'ENDA, plus horizontalement, de manière plus responsabilisante, de sorte que le plus grand nombre, non seulement alimente les décisions et les débats d'intérêts qui les sous-tendent, mais aussi invente et expérimente d'autres modèles décisionnels, plus intégrateurs, plus interactifs, plus justes.

Au 30 juin 2003, le réseau comptait 28 075 membres, 24 284 épargnants, 459 275 172 FCFA d'encours des dépôts, 274 094 784 FCFA d'encours des crédits, 767 341 500 FCFA de crédit octroyé en 2002, 55 guichets et 16 caisses, dont Médina, Colobane, Grand-Dakar, Ouakam, Grand-Yoff, Parcelles-Assainies, Cambérène, Castors, Artisans, Pikine, Guinaw-Rail, Diamaguène, Malika, Rufisque-Chérif, Rufisque-Mérina, Bargny.

A l'ENDA, nous pensons que les initiatives populaires, mais aussi institutionnelles, quel que soit leur domaine, technique, social, organisationnel, économique ou politique, sont des démarches qui s'inscrivent potentiellement à l'appui d'une recherche soit collective, soit individuelle. Ce sont généralement des expérimentations, c'est-à-dire des efforts structurés et systématisés en vue de vérifier la justesse de perspectives de changement. Quand nous parlons de recherches pour désigner les initiatives ou dynamiques populaires, nous voulons dire que celles-ci reposent sur des modes de pensée spécifiques autant que sur des concepts qui éclairent une perspective souvent originale sur le monde et les problèmes de la vie. Reconnaître ces conceptions, qui fondent autant de savoirs, et les comprendre font partie de toute démarche d'appui aux recherches populaires. C'est pourquoi les démarches d'intervention de l'ENDA ne visent pas l'application ni la généralisation de conceptions générées ou planifiées en dehors des sociétés locales mais, au contraire, font le pari que les recherches populaires et locales par essence ont une valeur pour construire une société globale comprise alors comme le lieu de rencontre et d'interfécondation plurielle.

Les recherches sur la culture du sésame

Le sésame (*Sesamum indicum* L.) est une plante oléagineuse alimentaire annuelle de la famille des pédaliacées, cultivée dans les zones tropicales, subtropicales et tempérées chaudes (Weiss, 1971 ; Yahya, 1998). Il est riche en huile (45 à 55 %), en protéines (19 à 25 %), en vitamines (B, E) et en minéraux (Ca, P). Ses utilisations sont multiples : alimentation humaine (graines et huile) et animale (tourteau et pâte), en cosmétologie et en pharmacopée (Weiss, 1971 ; Purseglove, 1984). Au Sénégal, sa culture avait presque disparu après la période coloniale et ce n'est qu'en 1985 qu'elle a été réintroduite de façon informelle par l'Association africaine de la jeunesse agricole et culturelle (AAJAC) et le Comité de lutte pour la fin de la faim (COLUFIFA) en Moyenne-Casamance (CRS, 1999).

Malgré des rendements encore faibles, d'environ 250 à 300 kg/ha, la culture du sésame suscite actuellement un réel engouement des populations rurales. Cela s'est traduit par son extension rapide et continue, surtout dans la partie sud, de 1 600 ha en 1993 à 10 000 ha en 2000 et de 640 t en 1993 à 5 000 t en 2000 (DISA et DAPS, 1994-2001). Cet intérêt s'explique, d'une part, par les problèmes rencontrés avec les principales cultures d'exportation telles que l'arachide et le coton, d'autre part, par les faibles exigences du sésame en entretien et en intrants, sa haute valeur nutritionnelle et l'existence d'un marché international lucratif pour l'exportation : environ 450 000 à 910 000 FCFA/t de graines sur le continent africain, qui est le deuxième producteur mondial (Dabat, 1999 ; Diouf *et al.,* 2000).

Dans ce contexte, le gouvernement et ses partenaires du développement ont fait de la promotion de la culture du sésame une priorité en l'intégrant dans le volet diversification des cultures du programme agricole national. Cette décision a poussé, dès 1998, l'ISRA et ses partenaires à mener des recherches en laboratoire, en station expérimentale et en milieu paysan dans les régions centre et sud du pays.

L'objectif général de ces recherches était de contribuer aux efforts engagés par le gouvernement du Sénégal pour améliorer la sécurité alimentaire et augmenter les revenus des populations rurales. Plus spécifiquement il s'agissait d'améliorer les connaissances sur la culture ; de proposer des variétés productives et adaptées aux principales zones agroécologiques ; de mettre au point et transférer aux producteurs des itinéraires techniques de production et des technologies de transformation rentables et durables ; d'augmenter la production nationale pour la consommation locale et l'exportation ; de mener des études socio-économiques sur la filière.

Une étude bibliographique suivie d'une définition des priorités de recherche a été réalisée. Les recherches d'accompagnement ont concerné la mise au point d'un paquet technique, en particulier pour les densités et la fertilisation. Des travaux ont également porté sur l'évaluation des besoins en eau, la croissance, la productivité de variétés introduites, ainsi que sur la caractérisation des réponses agromorphologiques et physiologiques aux conditions de sécheresse. Une étude socio-économique a concerné les exploitations agricoles des membres des organisations paysannes partenaires, leurs contraintes à la production et leurs motivations à cultiver le sésame. Par ailleurs, certaines expérimentations en milieu paysan ont servi de champs de démonstration pour le transfert des techniques culturales aux producteurs (formation d'encadreurs, suivi-encadrement d'agriculteurs et d'agropasteurs pilotes des régions de Kolda, Tambacounda, Kaolack et Fatick).

Ces recherches ont abouti à un certain nombre de résultats concrets. Une synthèse des connaissances a été élaborée sous la forme d'un guide sur la culture du sésame à l'usage des techniciens (Diouf, 1999a, 1999b). Une collection de 56 variétés, dont certaines à haut rendement, a été mise en place pour le remplacement des mélanges variétaux peu performants, qui étaient utilisés en milieu paysan. Les capacités germinatives en condition de stress hydrique à la levée ont été déterminées ainsi que les besoins en eau de certains génotypes (Diouf *et al.,* 1999) : Ceraas-1-98 (70 j, 205 mm, 625 kg/ha), 32-15, 38-1-7, Jaalgon-128, Cross n. 3 et Yendev-55 (90 à 95 j, 337 mm, 1 400 kg/ha), Primoca (120 j, 486 mm, 879 kg/ha). Ces études ont permis de définir leurs zones agroclimatiques d'introduction potentielles : Ceraas-1-98 pour le nord de la zone sahélienne ; 32-15, 38-1-7, Jaalgon-128 et Cross n. 3 pour la zone soudano-sahélienne (centre et nord) ; Primoca et Yendev-55 pour la zone soudanienne à subhumide (centre et sud) (Guèye, 2000 ; Diouf *et al.,* 2003a, 2003b). Une caractérisation variétale à différents stades, fondée sur des paramètres physiologiques tels que le potentiel hydrique, l'activité photochimique et la photosynthèse nette, a permis d'identifier des variétés tolérantes à la sécheresse : Primoca, 32-15, Cross n. 3 et 38-1-7.

Un paquet technique a été défini. Pour la fertilisation, la dose optimale est de 80 kg/ha de N6K20P10, même si la rentabilité économique de l'apport d'engrais n'a pas encore été établie (Konaté, 2001 ; Bèye, 2003 ; Ndiaye *et al.,* 2003). Les variétés ramifiées peuvent être semées à des densités variant de 83 333 à 222 222 pieds/ha sans incidence sur le rendement. Pour les variétés non ramifiées, la densité de 250 000 pieds/ha (40 cm x 20 cm) donne la meilleure performance avec 1 750 kg/ha (Ndiaye *et al.,* 2003). Le transfert de techniques culturales a été effectué grâce à la formation et à l'encadrement de 70 techniciens du développement et de 88 producteurs, de 1999 à 2002. Il a permis d'améliorer les connaissances des producteurs sur la phytotechnie et la physiologie, notamment pour déterminer la maturité physiologique avant l'égrenage des capsules qui a toujours occasionné des pertes importantes de récolte. Les tests variétaux ont permis d'augmenter les rendements en graines de 300 à 800 kg/ha. La qualité commerciale a été améliorée à partir des variétés proposées à graines de couleur claire et de gros calibre (Diop, 2002 ; Diouf, 2003 ; Diouf *et al.,* 2003a, 2003b). Ainsi, les variétés Primoca, 32-15 et 38-1-7 ont été recommandées pour les régions de Kolda, Tambacounda et Kaolack et les variétés Cross n. 3 et 32-15, pour la région de Fatick (Diouf *et al.,* 2003b).

Une caractérisation socio-économique et un diagnostic de la production ont été effectués (Diop, 2000 ; Mbaye, 2003). La culture du sésame occupe 17 % des superficies des exploitations agricoles, ce qui témoigne de l'intérêt des producteurs pour cette culture. Malgré quelques contraintes pédoclimatiques, techniques et socio-économiques, elle est économiquement plus rentable que celle de l'arachide et du coton du fait de ses faibles exigences.

Une expertise en matière recherche sur le sésame a été développée. Elle se traduit par trois projets élaborés et financés (CERAAS, 2000 ; 2001 ; 2002), 5 ingénieurs agronomes formés et 9 chercheurs impliqués. D'autre part, un partenariat s'est développé avec des institutions de recherche et de formation (ISRA, ITA, ENSA, UCAD), des organisations non gouvernementales (CRS, VSF, GADEC, Ewa-Promono), des organisations paysannes (CNCR, AAJAC, COLUFIFA, EGAT, EGAN, FADECBA, KAWRAL FEDDE, UNICOM) et des structures d'encadrement et d'orientation (ANCAR, FNRAA, Primoca).

Afin de valoriser les acquis et de faciliter l'extension et l'adoption durable de cette culture ainsi que le transfert des technologies aux utilisateurs des résultats de recherches, les perspectives suivantes peuvent être dégagées :
– identification de variétés résistantes à la sécheresse et à la verse pour les principales zones agroclimatiques et poursuite des recherches sur l'amélioration variétale ;
– poursuite des travaux de mise au point ou de mise à jour du paquet technique ;
– modélisation de la croissance et de la productivité du sésame pour la prévision des récoltes ;
– formation de paysans multiplicateurs et mise en place d'une filière semencière ;
– constitution d'un capital semencier pour les variétés recommandées ;
– organisation du circuit de commercialisation ;
– amélioration des techniques locales de transformation et des modes d'utilisation du sésame ;
– implication des industriels dans la commercialisation et la transformation.

L'agriculture urbaine et périurbaine

Durant ces dernières décennies, l'approvisionnement des villes en produits vivriers est devenu une obsession surtout pour les pays d'Afrique subsaharienne. En effet, toutes les prévisions démographiques des Nations unies montrent une croissance galopante de la population urbaine dans ces pays qui sont parmi les plus affectés par l'insécurité alimentaire. Cette augmentation de la population et les effets néfastes qui s'en suivent imposent des mesures et des solutions urgentes de la part des communautés, des chercheurs et des responsables politiques.

Parmi les pistes, l'agriculture urbaine s'avère être l'une des réponses à cette urbanisation rapide et à la non-satisfaction de la demande qui l'accompagne. Elle apporte une contribution remarquable à l'approvisionnement des villes, à la création d'emplois et de revenus et à la gestion de l'environnement. Par exemple à Dakar, l'agriculture urbaine fournit 60 % de la consommation en légumes et la totalité des œufs de consommation et a permis de créer plus de 30 000 emplois directs ou indirects.

L'assainissement de la ville par la valorisation des déchets pour l'agriculture et l'alimentation animale constitue également une fonction spécifique de l'agriculture urbaine qui participe à l'amélioration du cadre de vie dans les espaces urbains. Autour des villes secondaires comme Kolda, Sédhiou et Tambacounda, l'amélioration de la production laitière par l'implantation des étables fumières permet d'approvisionner ces villes en lait local pendant la saison sèche.

Malgré ses nombreuses fonctions, l'agriculture urbaine a très peu retenu l'attention des décideurs dans les stratégies de développement. Dans la réalité, l'altération de l'environnement urbain et périurbain liée à la pratique de l'agriculture urbaine (utilisation des pesticides, pollution et dégradation des ressources naturelles, bruits, odeurs) constitue l'impact le plus visible. Par conséquent, la « légitimité » de cette agriculture reste encore à conquérir pour amener les politiques, notamment celles de planification et d'aménagement du territoire, à prendre en compte les activités agricoles dans la planification urbaine. La recherche agricole et agro-industrielle a donc un rôle majeur à jouer dans la mise à disposition d'informations et d'instruments nécessaires à la définition d'une stratégie de développement des zones urbaines et périurbaines intégrant toutes les activités de production.

La formulation des stratégies passe d'abord par l'analyse des contraintes qui limitent le développement de l'agriculture urbaine. Ces contraintes sont relatives aux risques de santé publique associés à l'agriculture urbaine : quels sont ces risques ? Y a-t-il des innovations pour les réduire, comment, à quel prix ? La bonne gestion des effets négatifs de l'agriculture urbaine constitue un impératif majeur pour assurer sa durabilité et sa légitimité institutionnelle au regard des décideurs et des planificateurs. Les contraintes concernent aussi le foncier — l'accès au foncier est souvent une contrainte majeure et l'une des sources de différenciation des systèmes de production —, l'occupation des sols, le statut du foncier, les superficies cultivées et leurs conséquences sur la compétitivité des filières agricoles. Elles ont trait à la durabilité de l'agriculture urbaine, qui englobe les deux questions précédentes, mais également les questions de productivité. La mesure du poids économique de l'agriculture urbaine, la compréhension de son fonctionnement et l'évaluation de ses forces et faiblesses sont autant de questions posées à la recherche. La question de la compétitivité des produits de l'agriculture urbaine (type, prix et qualité) par rapport à ceux du milieu rural et de l'importation est également posée. Les citadins ont aujourd'hui des attentes multiples concernant la qualité de leur alimentation. Les qualités nutritionnelles et sanitaires des aliments, leur origine territoriale ou culturelle, leur authenticité sont devenues des facteurs importants de leur appréciation par le consommateur et donc de leur compétitivité. Les marchés alimentaires au Sénégal sont encore mal caractérisés malgré l'existence de quelques études. Enfin, l'identification des acteurs est un enjeu essentiel : qui sont les détenteurs d'enjeux ? Les acteurs sont nombreux et d'origines diverses (producteurs, commerçants, organisations non gouverne-mentales, Etat, municipalités). Ils doivent tous être impliqués dans l'identification des problèmes majeurs et leur hiérarchisation, dans le choix de solutions adaptées pour résoudre les problèmes identifiés et dans le partage des responsabilités.

Cette liste n'est pas exhaustive, mais les questions sont nombreuses. Cependant, les outils de diagnostic de cette agriculture et les moyens pour faire face à ses problèmes font souvent défaut aux chercheurs, décideurs et agents de développement, traditionnellement tournés vers les zones rurales, et aux spécialistes de la gestion urbaine, peu familiers avec le monde agricole. En effet, l'agriculture urbaine présente des spécificités par rapport à l'agriculture rurale : nouvelles fonctions marchandes et non marchandes ; acteurs aux opportunités d'emploi et de capitaux plus variés qu'en milieu rural ; complexité du droit foncier ; sophistication, voire artificialisation, de certaines pratiques agricoles.

L'agriculture urbaine est en effet plus complexe que l'agriculture rurale, parce qu'elle est plus mobile dans l'espace et dans le temps et que ses productions sont plus risquées (produits périssables, élasticité de la demande). Pour saisir cette complexité, il est nécessaire d'articuler plusieurs disciplines (géographie, agronomie, zootechnie, sciences de l'environnement urbain. Pour réussir leur mission, les chercheurs ont besoin de méthodes et d'outils adaptés aux problèmes de l'agriculture urbaine.

Références bibliographiques

ANCAR, 2000a. La recherche-développement pour le conseil agricole et rural : démarche, méthodes et outils. ANCAR, Dakar, 13 p.

ANCAR, 2000b. Présentation de l'Agence nationale de conseil agricole et rural : missions, organisation, programmes. ANCAR, Dakar, 7 p.

ANCAR, 2002. Manuel des procédures techniques de l'Agence nationale de conseil agricole et rural. ANCAR, Dakar, 139 p.

Anonyme, 2001. Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique. Abuja, 59 p.

Anonyme, 2004. Projet de loi d'orientation agrosylvopastorale. Dakar, 26 p.

Anonyme. Stratégie de réduction de la pauvreté. 35 p.

Aquino P., 1995. Mise en place d'un système d'information géographique sur le delta du fleuve Sénégal. CIRAD, Montpellier, 88 p.

Aquino P., 1998. Action de recherche : opération pilote POAS. PSI, 54 p.

Bâ Diao M., 2004. Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar. Cahiers agricultures, 13 : 39-49.

Bâ Diao M., Senghor C.D., Diao B., Thys E., 2002. Production et transformation du lait en région agropastorale au Sénégal : cas de la zone périurbaine de Kolda. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 55 : 221-228.

Banque mondiale, 1999a. Document d'évaluation de projet relatif à un crédit proposé à la république du Sénégal : projet de services agricoles et organisations de producteurs pour la première phase d'un programme de services agricoles et organisations de producteurs. Banque mondiale, Washington.

Banque mondiale, 1999b. Projet de services agricoles et organisations de producteurs pour la première phase d'un programme de services agricoles et organisations de producteurs. Banque mondiale, Washington, 128 p.

Bélières J.F., 1994. Présentation de la banque de données pour le suivi des aménagements hydroagricoles et des organisations paysannes. SAED, CIRAD, 93 p.

Bélières J.F., Benoit-Cattin M., Touré E.H.A., 1998. Construire une matrice de comptabilité rurale pour la représentation de l'économie agricole de la vallée du fleuve Sénégal : structure, remplissage et principaux résultats pour la MCR de 1994 dans le delta. SAED, CIRAD, 108 p.

Benoit-Cattin M., Bélières J.F., Touré E.H.A., 1998. La matrice de comptabilité rurale, outil de mobilisation des connaissances technico-économiques pour la décision de politique de développement régional : exemple du delta du fleuve Sénégal. *In* : La recherche système et les politiques agricoles, Bamako, 21-25 septembre. AOCA, RSP-GRN.

Bèye G., 2003. Effet de la densité de semis sur la croissance et la productivité de deux types botaniques, ramifié et monotige, du sésame (*Sesamum indicum* L.) au Sénégal. Mémoire d'ingénieur, ENSA, Thiès, 59 p.

Bezançon G., 1999. Le mil. *In :* Diversité génétique des plantes tropicales cultivées, Hamon P. *et al.* (éd.). CIRAD, Montpellier, Repères, p. 309-326.

Centres J.M., 1993. La méthode Benor « training and visit » aurait-elle atteint ses limites après 3 ans ? La Lettre du réseau recherche-développement, n. 19, 28 p.

CERAAS, 2000. Recherches pour la promotion de la culture du sésame au Sénégal : 2000-2003. CERAAS, CRS-organisartions paysannes.

CERAAS, 2001. Amélioration de la production et valorisation du sésame au Sénégal : 2002-2005. ISRA, ITA, CNCR, UNICOM.

CERAAS, 2002. Amélioration de la productivité de la culture du sésame (*Sesamum indicum* L.) et de la qualité nutritionnelle de l'alimentation des populations rurales en Afrique de l'Ouest (Gambie et Sénégal) : 2002-2003. ISRA, CERAAS, NARI, CIRAD.

Ceupens J., Kane M., 1997. Besoins en eau des aménagements hydroagricoles du delta et débits d'équipement des grands axes hydrauliques. Ministère de l'Agriculture, SAED, Saint-Louis, 40 p.

Ceupens J., Lambrecht D., 1999. Programme d'appui à la consolidation et à la valorisation du système de suivi-évaluation de la SAED : rapport final. Ministère de l'Agriculture, SAED, Saint-Louis.

CIRAD, ITCF, 1996. Winstat. CIRAD, ITCF, Paris.

Clément J.C., Bezançon G., Billard G., 1993. Prospections des mils cultivés et des mils sauvages de l'Afrique de l'Ouest. *In :* Le mil en Afrique : diversité génétique et agrophysiologique, potentialités et contraintes pour l'amélioration génétique et l'agriculture, Hamon S. (éd.). ORSTOM, Paris, Colloques et séminaires, p. 9-19.

CNCR, 2002. Déclaration du congrès extraordinaire du CNCR sur les difficultés du monde rural. CNCR, Dakar, 3 p.

CNCR, 2004. Réflexion des organisations paysannes sur le foncier : rapport introductif au séminaire national des ruraux sur la réforme foncière, Dakar, janvier 2004. CNCR, Dakar, 18 p.

CRS, 1999. Actes du forum des acteurs de la filière sésame, Faoune (département de Sédhiou, région de Kolda), 15-18 juin 1999, 53 p.

Dabat M.H., 1999. Sésame. CIRAD, www.cirad.fr, 6 p.

Dièye P.N., Duteurtre G., Sissokho M.M., Sall M., Dia D., 2003. La production laitière périurbaine au sud du Sénégal : saisonnalité de l'offre et performances économiques. Tropicultura, 21 : 142-148.

Diop M., 2002. Effet de l'interaction génotype x milieu sur la croissance et la productivité du sésame (*Sesamum indicum* L.) au Sénégal. Mémoire d'ingénieur, ENSA, Thiès, 93 p.

Diop O., 2000. Caractérisation socio-économique des organisations paysannes partenaires du projet et des producteurs pilotes dans le cadre des activités du projet 678-00-08 CERAAS, CRS-organisations paysannes « Recherches pour la promotion de la culture du sésame au Sénégal ». BAME, ISRA, Dakar, 18 p.

Diouf M., 1999a. Programme d'activités de recherches : évaluation agronomique et caractérisation du comportement morphophysiologique du sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride du Sénégal. CERAAS, Thiès, 8 p.

Diouf M., 1999b. Synthèse sur la culture du sésame (*Sesamum indicum* L.). CERAAS, Thiès, 7 p.

Diouf M., 2003. Rapport final des campagnes 2000 et 2001 : évaluation agronomique et formation-encadrement des producteurs. CERAAS, ISRA, Thiès, 29 p.

Diouf M., Diop M., Sarr B., 2003c. Carte variétale du sésame (*Sesamum indicum* L.) au Sénégal (cas des régions centre, sud et orientale du pays) : déterminisme agroclimatique. CERAAS, Thiès, 10 p.

Diouf M., Guèye M., Sarr B., Ogbonnaya C., Roy-Macauley H., 2003a. Water needs and yield performance of seven varieties of sesame (*Sesamum indicum* L.) in the semi-arid Senegal. Physiology and Molecular Biology of Plants (à paraître).

Diouf M., Roy-Macauley H., Colleuille A., 2000. Le Sénégal s'ouvre au sésame. CORAF action, 16 : 6-7.

Diouf M., Sall M.N., Sall P.M., 1999. Evaluation de la résistance au déficit hydrique pendant la germination et la croissance des plantules de sept génotypes de sésame (*Sesamum indicum* L.). CERAAS, Thiès, 15 p.

DISA, DAPS, 1994-2001. Résultats définitifs des campagnes agricoles, 1994-1995 à 2000-2001. DISA, DAPS, Dakar.

Egg J., Galtier F., 1998. Les systèmes d'information sur les marchés (SIM) : un instrument de politique agricole adapté à la construction du marché ? CIRAD, ministère de la Coopération, Paris.

Fall S.T., Fall A.S., 2001. Cités horticoles en sursis ? L'agriculture urbaine dans les grandes Niayes du Sénégal. CRDI, Ottawa, 140 p.

FAO, 2004. Rôle de la recherche dans la sécurité alimentaire mondiale et le développement agricole. *In :* Sommet mondial de l'alimentation, 13-17 novembre 1996, Rome. FAO, Rome.

FRAO, 1997. Etude et suivi du partenariat institutions de recherche-organisations de producteurs : éléments d'analyse tirés des programmes appuyés par la FRAO en Afrique de l'Ouest. FRAO, Dakar, 21 p.

FRAO, 2002. Faciliter le processus de développement participatif de technologie en milieu rural : le cas du programme de la vallée de Djibanar. Cahiers d'innovations et de développement participatif, n. 7, 44 p.

Fussel L.K., Bidinger F.R., Bielder P., 1991. Crop physiology and breeding from drought tolerance: research and development. Field Crop Research, 27 : 183-199.

Gavaud M., 1977. Les grands traits de la pédogenèse au Niger méridional. ORSTOM, Paris, Travaux et documents, n. 76, 102 p.

Gayte O., 1997. Conception des systèmes d'information sur l'environnement. Hermès, Paris, Géomatique, 153 p.

Guèye M., 2000. Evaluation des besoins en eau, de la croissance et de la productivité de sept variétés de sésame (*Sesamum indicum* L.) en zone semi-aride du Sénégal. Mémoire d'ingénieur agronome, ENSA, Thiès, 73 p.

ISRA, 1997. La recherche agricole et agroalimentaire à l'horizon 2015 : projet d'entreprise. ISRA, Dakar, 90 p.

ISRA, CNBA, 1996. Plan stratégique de la zone CNBA. ISRA, CNBA, Dakar, 64 p.

Konaté O., 2001. Comportement agromorphologique et adaptabilité de cinq variétés de sésame (*Sesamum indicum* L.) dans la zone sud du Sénégal (département de Sédhiou, région de Kolda). Mémoire d'ingénieur agronome, ENSA, Thiès, 84 p.

Laurent C., Centres J.M., 1990. Elevage bovin laitier en Tanzanie : un programme de développement pour les petits producteurs des régions de Kilimandjaro et Arusha. URSAD, Versailles.

Laurini R., Milleret-Raffort F., 1993. Les bases de données en géomatique. Hermès, Paris, Géomatique, 340 p.

Malinvaud E., 1987. Statistiques aujourd'hui, histoire demain. *In :* Pour une histoire de la statistique. INSEE, Economica, Paris.

Mbaye K., 2003. Contribution à l'étude diagnostique de la production de sésame (*Sesamum indicum* L.) dans les zones centre, sud et orientale du Sénégal. Mémoire d'ingénieur agronome. ENSA, Thiès, 86 p.

Ministère de l'Agriculture, 1998. Programme des services agricoles et organisations de producteurs : composante conseil agricole et rural. Ministère de l'Agriculture, Dakar.

Ministère de l'Agriculture, 1999. Lettre de politique du développement institutionnel du secteur agricole. Ministère de l'Agriculture, Dakar.

Ministère de l'Agriculture, 2003. Plan d'actions pilotes pour la gestion intégrée des eaux et des sols dans le bassin arachidier. Ministère de l'Agriculture, Dakar, 33 p.

Monteith J., 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystem. Journal of Applied Ecology, 2 : 747-766.

Moustier P., Mbaye A., De Bon H., Guerin H., Pages J., 1999. Agriculture périurbaine en Afrique subsaharienne. CIRAD, Montpellier, Colloques, 276 p.

Ndiaye M., Guèye M., Diouf M., 2003. Amélioration de la productivité et valorisation du sésame au Sénégal : effets de la fertilisation minérale sur la croissance, le développement et la productivité du sésame (*Sesamum indicum* L.) cultivé au Sénégal. CNRA, 48 p.

Parnot J., Passouant M., 1996. Système d'information géographique sur le delta du fleuve Sénégal : description du système. CIRAD, BDPA-SCETAGRI, Montpellier, 98 p.

Purseglove J.W., 1984. Tropical crops: dicotyledons. Longman, Singapour, 719 p.

SAED, DPDR, 1993. Banque de données pour le suivi des aménagements : guide de l'utilisateur, les éditions et leur gestion. Ministère de l'Agriculture, SAED, Dakar.

SAED, DPDR, 1995. Note de présentation sur la mise en place de l'observatoire socio-économique de la vallée. Ministère de l'Agriculture, SAED, Dakar, 16 p.

SAED, DPDR, 1997. Recueil de statistiques de la vallée du fleuve Sénégal : annuaire 1995-1996, version détaillée. Ministère de l'Agriculture, SAED, Dakar.

Seck D., 2004. Un exemple de fonds compétitif pour la recherche : l'expérience du Fonds national de recherches agricoles et agroalimentaires. *In :* VII^{e} atelier sous-régional du réseau recherche-vulgarisation-organisations paysannes, Saint-Louis, 19-24 janvier 2004, 8 p.

Seck P.A., Bâ A., Dia I., Diouf S., Guiro A., Wane O., 1997. L'approvisionnement et la distribution alimentaire de Dakar : étude de cas. *In :* Séminaire sous-régional sur l'approvisionnement et la distribution alimentaires des villes de l'Afrique francophone, Dakar, 14-18 avril 1997. FAO, ISRA, Dakar, 149 p.

Sène M., 1999. La recherche-développement pour le conseil agricole et rural : approche, méthodes et outils. ANCAR, Dakar, 33 p.

Sène M., 2000a. Quelques axes pour l'orientation de la recherche-développement : note préparatoire à l'atelier de lancement du PSAOP, Savana-Mbour, juin 2000, 6 p.

Sène M., 2000b. Le partenariat pour la recherche développement. ANCAR, Dakar, 8 p.

Sène M., 2003a. De la vulgarisation au conseil agricole et rural. *In :* FIARA, Dakar, mars 2003, 13 p.

Sène M., 2003b. Importance de la recherche-développement dans le conseil agricole et rural : attentes de l'ANCAR vis-à-vis des partenaires dans son organisation et sa mise en œuvre, Savana-Sally, avril 2003, 13 p.

Sène M., Ndiaye M., Ndiaye O., 2004. Le partenariat entre l'Agence nationale de conseil agricole et rural et les organisations de producteurs. *In :* VII^{e} atelier sous-régional du réseau recherche-vulgarisation-organisations paysannes, Saint-Louis, 19-24 janvier 2004.

Shaner W.W., Philip R.F., Schmehl W.R., 1981. Farming systems research and development: guidelines for developing countries. *In :* A consortium for international development study, Donald E.Z. (éd.). Boulder, Westview.

Smith O.B., Moustier P., Mougeot L.J.A., Fall A., 2004. Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone : enjeux, concepts et méthodes. CIRAD, Montpellier, 173 p.

Weiss E.A., 1971. Castor, sesame and safflower. Leonard Hill, Londres, 901 p.

Yahya A., 1998. Responses to salinity of sesame (*Sesamum indicum* L.) and sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Agraria 122, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Swedish University of Agricultural Sciences.

Conclusion

Conclusion et perspectives

Le bilan des recherches effectuées dans le domaine agricole et agroalimentaire au Sénégal montrent que d'importants résultats ont été acquis par les institutions nationales de recherche et leurs partenaires du Nord, le CIRAD et l'IRD notamment, durant cette période de référence (1962-2002). Ces résultats se présentent sous forme de connaissances, de technologies prêtes à l'emploi ou encore d'outils d'aide à la décision.

Ces résultats ont été, pour la plupart, transférés aux utilisateurs et ont permis de doper la production ou de donner une plus-value significative aux produits agricoles grâce aux techniques de conservation ou de transformation proposées par la recherche. Les exemples sont nombreux. Les pénuries de légumes — tomate, chou pommé, gombo, entre autres — observées pendant de très longues années durant l'hivernage au Sénégal sont devenues de lointains souvenirs grâce à la création variétale, à l'introduction de variétés performantes et adaptées et à l'élaboration de bonnes pratiques culturales. De même, le boom dans la fabrication artisanale ou industrielle des jus naturels à base de fruits et légumes ou de charcuterie est le résultat des recherches de qualité menées dans le domaine agroalimentaire.

En outre, nous avons assisté au développement rapide du secteur de l'élevage grâce à la bonne connaissance des agents pathogènes, à la mise au point de vaccins efficaces et à moindre coût, ainsi qu'à la formulation de rations alimentaires adaptées à chaque type d'animaux (poulet, caprins, ovins, etc.). Dans le domaine des productions forestières, diverses espèces ligneuses tolérantes à la salinité ont été sélectionnées pour la récupération et la valorisation agroforestière des sols salés. Des stratégies de gestion des ressources naturelles sont élaborées pour la préservation de l'environnement.

Les résultats enregistrés dans le domaine des cultures vivrières sont éloquents. Des variétés performantes et des paquets technologiques adaptés sont mis au point pour améliorer les rendements des cultures. Aussi, des semences de prébase sont disponibles pour les principales espèces cultivées : mil, sorgho, maïs, riz, etc.

Dans le domaine des productions halieutiques, des outils d'aide à la décision sont élaborés pour la gestion et le contrôle de la pression de pêche sur les stocks. Des potentiels de captures par type de ressources sont évalués pour servir, entre autres, de base de négociation pour la signature d'accords de pêche avec des pays tiers.

Cependant, force est de constater qu'un nombre relativement important de connaissances et de technologies générées restent encore dans les tiroirs des chercheurs pour diverses raisons. Elles doivent être revues et améliorées pour tenir compte des mutations de l'environnement et des tendances de la demande sociale. Il faut par conséquent développer une attitude de veille pour décoder les mutations qui s'opèrent dans le monde rural afin de répondre aux nouvelles interpellations des utilisateurs.

Le mérite de ce bilan de la recherche agricole et agroalimentaire réside dans le fait que la quatrième partie « Les attentes des utilisateurs » est une tribune libre offerte aux différents utilisateurs des résultats de la recherche pour qu'ils indiquent clairement leur point de vue et la vision qui est la leur par rapport à toutes les questions qui intéressent la recherche. Aussi, des exemples de *success story* en matière de recherche participative et collaborative menée en partenariat avec d'autres institutions de recherche y sont relatés. Des analyses pertinentes y sont également développées, ce qui permet d'avoir une bonne lecture des mutations qui se dessinent. Enfin, ce document de référence, outre l'aspect marketing qu'il suggère, est un outil inestimable de programmation future des activités de recherche agricole et agroalimentaire.

Ces programmes futurs devront être élaborés en partenariat avec les utilisateurs et les clients de la recherche afin de tenir compte de la demande sociale. Ce partenariat peut permettre de développer des stratégies pour une prise en charge des questions par le biais d'une gestion rationnelle du potentiel scientifique du système national de recherche agricole et agroalimentaire (SNRAA), et pour l'accès à des ressources financières sûres et durables. Ce partenariat au niveau national devrait inclure les institutions de recherche sœurs, les universités, les écoles de formation, les organisations paysannes, les organisations non gouvernementales, les décideurs, les bailleurs de fonds et les instances politiques.

A l'échelon sous-régional, les institutions de recherche agricole et agroalimentaire du Sénégal peuvent bénéficier de la part des institutions de recherche membres du CORAF du principe de la complémentarité des recherches, dans les domaines qui ne correspondent pas à leurs avantages comparatifs. Elles pourront également exploiter les ressources financières mises à disposition par cet organisme sous-régional pour financer les projets de recherche collaborative.

A l'échelon international, la coopération scientifique avec les universités, les institutions de recherche avancée des pays du Nord, ainsi que les centres internationaux de recherche agricole peut permettre d'améliorer l'articulation avec la recherche amont. C'est également un bon ciment pour l'expertise, pour la formation des chercheurs, pour leur encadrement, ainsi que pour la constitution d'équipes de recherche permettant de prendre en charge des thématiques transversales qui intéressent des zones géographiques différentes. Le financement de telles recherches peut s'effectuer par l'intermédiaire de guichets internationaux dans le cadre de la coopération bilatérale ou multilatérale.

Dr Pape Abdoulaye Seck
Directeur général de l'ISRA

Annexes

Sigles et abréviations

AAJAC	Association africaine de la jeunesse agricole et culturelle
ACDI	Agence canadienne de développement international
ADRAO	Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest
AFRENA	Réseau africain de recherche agroforestière
AGEP	Agence d'exécution des projets
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
ANCAR	Agence nationale de conseil agricole et rural
ARAF	Association régionale des agriculteurs de Fatick
ASPRODEB	Association des producteurs pour le développement à la base
AUA	Association des universités africaines
BAME	Bureau d'analyses macroéconomiques
BDPA	Bureau pour le développement de la production agricole
BIT	Bureau international du travail
BNDS	Banque nationale de développement du Sénégal
BOAD	Banque ouest-africaine de développement
BSE	Bureau de suivi-évaluation
CADEF	Cadre d'action pour le développement du Fogny
CDH	Centre pour le développement de l'horticulture
CEC	Caisse d'épargne et de crédit des femmes
CEEMAT	Centre d'études et d'expérimentation du machinisme agricole tropical
CEN	Centre d'études nucléaires
CERAAS	Centre d'étude régional sur l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse
CERES	Centre de recherche en écotoxicologie pour le Sahel
CERP	Centres d'expansion rurale polyvalents

CETRA	Cellule d'encadrement temporaire et de recherche d'accompagnement
CGOT	Compagnie générale des oléagineux tropicaux
CILSS	Comité permanent inter-Etats de lutte contre la sécheresse au Sahel
CIMMYT	Centre international pour l'amélioration de la culture du maïs et du blé
CIPEA	Centre international pour l'élevage en Afrique
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CLCOP	Cadres locaux de concertation des organisations de producteurs
CNCAS	Caisse nationale de crédit agricole du Sénégal
CNCR	Conseil national de concertation et coopération des ruraux
CNDST	Centre national de documentation scientifique et technique
CNES	Concertation nationale sur l'enseignement supérieur
CNIA	Comité national interprofessionnel de l'arachide
CNRA	Centre national de recherches agronomiques
CNRF	Centre national de la recherche forestière
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
COLUFIFA	Comité de lutte pour la fin de la faim
CONGAD	Confédération des ONG en appui au développement
COOPLAIT	Société coopérative laitière
CORAF	Conseil ouest et centre africain pour la recherche et le développement agricoles
CRAT	Centre régional africain de la technologie
CRDI	Centre de recherches pour le développement international
CRODT	Centre de recherches océanographiques de Dakar-Thiaroye
CRSP	Collaborative Research Support Program
CRZ	Centre de recherches zootechniques
CSE	Centre de suivi écologique
CSRP	Commission sous-régionale des pêches
CSS	Compagnie sucrière sénégalaise
CTA	Centre technique de coopération agricole et rurale
CWBI	Centre wallon de biologie industrielle
DEFCCS	Direction des eaux, forêts, chasse et conservation des sols
DEPP	Direction des études, des projets et du plan

DGPA	Direction générale de la production agricole
DGPRE	Direction de la gestion et de la planification des ressources en eau
DGRST	Délégation générale à la recherche scientifique et technique
DIPT	Direction de l'innovation et du progrès technologique
DOPM	Direction de l'océanographie et des pêches maritimes
DPDA	Déclaration de politique de développement agricole
DRAAI	Direction des recherches agricoles et agro-industrielles
DRCSI	Direction des recherches sur les cultures et systèmes irrigués
DRSSH	Direction des recherches en sciences sociales et humaines
DSE	Division du suivi-évaluation
EISMV	Ecole inter-Etats des sciences et médecine vétérinaires
ENCR	Ecole nationale des cadres ruraux
ENDA	Environnement et développement
ENEA	Ecole nationale d'économie appliquée
ENSA	Ecole nationale supérieure d'agriculture
ENSUT	Ecole nationale supérieure universitaire de technologie
ESP	Ecole supérieure polytechnique
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FARA	Forum africain pour la recherche agricole
FIDA	Fonds international pour le développement agricole
FIRST	Fonds d'impulsion de la recherche scientifique et technique
FMRA	Forum mondial de la recherche agricole
FNRAA	Fonds national de recherches agricoles et agroalimentaires
FONGS	Fédération des ONG du Sénégal
FPE	Fonds de promotion économique
FRAO	Fondation rurale pour l'Afrique de l'Ouest
GAM	Groupe d'amélioration du mil
GCRAI	Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale
GERDAT	Groupement d'études et de recherche pour le développement de l'agronomie tropicale
GIRE	Gestion intégrée des ressources en eau
GREEN	Groupe de recherche et d'études environnementales
GRET	Groupe de recherche et d'échanges technologiques

ICCAT	Commission internationale pour la conservation des thonidés de l'Atlantique
ICRAF	Centre international de recherche en agroforesterie
ICRISAT	International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
ICS	Industries chimiques du Sénégal
IDEP	Institut africain de développement économique et de planification
IEMVT	Institut d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux
IFAN	Institut fondamental d'Afrique noire
IITA	International Institute of Tropical Agriculture
ILRAD	Laboratoire international de recherche vétérinaire
ILRI	Institut international de recherche sur l'élevage
INDR	Institut national de développement rural
INRA	Institut national de la recherche agronomique
INSAH	Institut du Sahel
INTSORMIL	Sorghum and Millet Collaborative Research Support Program
INTSOY	International Soybean Program
IRAT	Institut de recherches agronomiques tropicales et des cultures vivrières
IRD	Institut de recherche pour le développement
IRHO	Institut de recherches pour les huiles et oléagineux
ISE	Institut des sciences de l'environnement
ISN	Institut sénégalais de normalisation
ISRA	Institut sénégalais de recherches agricoles
ITA	Institut de technologie alimentaire
IUT	Institut universitaire de technologie
JICA	Japan International Cooperation Agency
LERG	Laboratoire d'enseignement et de recherche en géomatique
LFER	Laboratoire fédéral d'élevage
LNERV	Laboratoire national de l'élevage et des recherches vétérinaires
MAS	Mission d'aménagement du Sénégal
MIRCEN	Centre de ressources microbiologiques
NOVASEN	Nouvelle valorisation de l'arachide du Sénégal
NRBAR	Natural Resource Based Agricultural Research
NTIC	Nouvelles technologies de l'information et de la communication

OIE	Office international des épizooties
OIT	Organisation internationale du travail
OMVG	Organisation pour la mise en valeur du fleuve Gambie
OMVS	Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal
ONCAD	Office national de coopération et d'assistance au développement
ONG	Organisation non gouvernementale
ONUDI	Organisation des Nations unies pour le développement industriel
ORSTOM	Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération
OSDIL	Organisation sénégalaise pour le développement des initiatives localisées
PAF	Plan d'aménagement foncier
PAFS	Plan d'action forestier du Sénégal
PAPEM	Points d'appui et d'expérimentation multilocale
PASA	Programme d'ajustement du secteur agricole
PDDF	Plan directeur de développement forestier
PDESO	Projet de développement de l'élevage au Sénégal-Oriental
PDRG	Plan de développement intégré de la rive gauche du fleuve Sénégal
PDRSO	Projet de développement rural du Sénégal-Oriental
PGIES	Plan d'actions pilote pour la gestion intégrée des eaux et des sols
PISA	Programme d'investissement du secteur agricole
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement
PNVA	Programme national de vulgarisation agricole
POAS	Plans d'occupation et d'affectation des sols
PPMEH	Projet de promotion des petites et moyennes entreprises horticoles
PPPGT	Projet de promotion paysanne pour la gestion des terroirs
PSAOP	Programme des services agricoles et organisations de producteurs
PSI	Pôle régional de recherches sur les systèmes irrigués
PSSA	Programme spécial de sécurité alimentaire
R3S	Réseau de recherches sur la résistance à la sécheresse
RED	Réseau environnement-développement
ROCAFREMI	Réseau ouest et centre africain de recherche sur le mil
ROCARIZ	Réseau ouest et centre africain du riz
ROCARS	Réseau ouest et centre africain de recherche sur le sorgho

ROPPA	Réseau des organisations paysannes et de producteurs de l'Afrique de l'Ouest
SAED	Société nationale d'aménagement et d'exploitation des terres du delta du fleuve Sénégal et de la Falémé
SAFGRAD	Réseau de recherche pour le développement des cultures vivrières en zones semi-arides
SALWA	Semi-Arid Low Lands in West Africa
SATEC	Service d'appui technique et commercial
SEIB	Société d'exploitation industrielle du Baol
SERAS	Société d'exploitation des ressources animales au Sénégal
SIG	Système d'information géographique
SISCOMA	Société industrielle sahélienne de commercialisation des matériels agricoles
SISMAR	Société industrielle sahélienne de mécanique des matériels agricoles et de représentation
SITAR	Système intégré d'information technologique agricole et rurale
SOCA	Société de conserves agricoles
SODAGRI	Société de développement agricole et industriel du Sénégal
SODEFITEX	Société nationale de développement des fibres textiles
SODESP	Société de développement de l'élevage en zone sylvopastorale
SODEVA	Société pour le développement et la vulgarisation agricole
SOMIVAC	Société pour la mise en valeur de la Casamance
SONACOS	Société nationale de commercialisation des oléagineux du Sénégal
SONADIS	Société nationale de distribution des denrées alimentaires
SONEES	Société nationale d'exploitation des eaux du Sénégal
SOSAP	Société sénégalaise d'armement à la pêche
SRDR	Société régionale de développement rural
UCAD	Université Cheikh Anta Diop
UCOLAIT	Union des coopératives laitières
UGB	Université Gaston Berger
UMV	Unité de mise en valeur
UNCAS	Union nationale des coopératives agricoles du Sénégal
UNIS	Union nationale interprofessionnelle des producteurs de semences
UNIVAL	Unité d'information et de valorisation
UNU	Université des Nations Unies

UPIL	Unité de production d'inoculum liquide
USAID	United States Agency for International Development
UTIS	Unité de traitement d'images satellitaires
ZSP	Zone sylvopastorale

Liste des auteurs

Alassane Samba	ISRA, CRODT, BP 2241, Dakar-Thiaroye, Sénégal
Bâ Amadou	ISRA, Direction Scientifique, BP 3120, Dakar, Sénégal
Bâ Cheikh Oumar	ISRA, BAME, BP 3120, Dakar, Sénégal
Bâ Diao Maty	ISRA, LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Badiane Aminata	ISRA, Direction Scientifique, BP 3120 Dakar, Sénégal
Badiane Djibril	ISRA, CRZ-Kolda, Kolda, Sénégal
Barry Mariama	ISRA, CRODT, BP 2241, Dakar-Thiaroye, Sénégal
Bélières Jean-François	CIRAD, BP 1813, Bamako, Mali
Benoit-Cattin Michel	CIRAD, Avenue Agropolis, TA 179/04, 34398 Montpellier Cedex 5, France
Bèye Amadou Moustapha	Consultant, Abidjan, Côte d'Ivoire
Bousso Tidiane	DPOM, DPCA, Dakar, Sénégal
Boye Cheikh Mbaye	ISRA, LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Chantereau Jacques	CIRAD, Avenue Agropolis, TA 70/01, 34398 Montpellier Cedex 5, France
Cissé Ndiaga	ISRA, CNRA Bambey, BP 53, Bambey, Sénégal
Coly Emile Victor	ISRA, UNIVAL, BP 3120, Dakar, Sénégal
Corniaux Christian	CIRAD, IER, BP 31, Ségou, Mali
Dacosta Honoré	IRD, BP 1386, Dakar-CP18524, Sénégal
Dancette Claude	CIRAD, retraité
Dème Moustapha	ISRA, CRODT, BP 2241, Dakar-Thiaroye, Sénégal
Diagne Ousmane	CNRF, BP 2312, Dakar, Sénégal
Diakité Boubacar	ITA, Route des Pères Maristes, BP 2765, Dakar-RP, Sénégal
Diakité Sanoussi	ITA, Route des Pères Maristes, BP 2765, Dakar-RP, Sénégal
Diatta Malainy	ISRA, CNRF, BP 2312, Dakar, Sénégal
Diaw Oumar Talla	ISRA, LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Diop Amadou Tamsir	ISRA, ISRA, LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Diop Mamadou	ISRA, LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Diouf Alioune	Dakar, Sénégal
Diouf Macoumba	ISRA-CERAAS, BP 3320, Thiès-Escale, Sénégal

Diouf Taïb	ISRA, Direction Scientifique, BP 3120 Dakar, Sénégal
Diouf Thiaka	ISRA-Saint-Louis, BP 240, Saint-Louis, Sénégal
Fall Alioune	ISRA-Saint-Louis, BP 240, Saint-Louis, Sénégal
Fall Amadou Abdoulaye	ISRA-Saint-Louis, BP 240, Saint-Louis, Sénégal
Fall Moussa	Comité de pilotage du SNRA, dakar, Sénégal
Fall Safiétou Touré	ISRA, LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Farinet Jean-Luc	CIRAD, Avenue Agropolis, TA 74/09, 34398 Montpellier Cedex 5, France
Fofana Amadou	ISRA, CRZ-Kolda, Kolda, Sénégal
Fontana André	IRD, retraité
Ganry Francis	CIRAD, Avenue Agropolis, TA 40/01, 34398 Montpellier Cedex 5, France
Gaye Abibou	CNRF, BP 2312, Dakar, Sénégal
Gaye Matar	IDEP, Dakar, Sénégal
Guèye Arona	ISRA, LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Guèye El Hadji Fallou	LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Guèye Mamadou	ISRA, LNRPV, BP 2057 Dakar-Hann, Sénégal
Guèye Momar Talla	ITA, Route des Pères Maristes, Dakar-Hann, Sénégal
Guèye Mour	ISRA, ANCAR, BP 10307, Dakar-Liberté, Sénégal
Havard Michel	CIRAD, IRAD, BP 2572, Yaoundé, Cameroun
Ickowicz Alexandre	CIRAD, Campus international de Baillarguet, BP 5037, TA 30/E, 34398 Montpellier Cedex 5, France
Kane Amadou	ITA, Route des Pères Maristes, BP 2765, Dakar-RP, Sénégal
Khouma Mamadou	ISRA, LNRPV, BP 2057 Dakar-Hann, Sénégal
Konté Mamady	ISRA, LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Lhoste Philippe	CIRAD, retraité
Madiagne Diagne	ISRA, Direction Scientifique, BP 3120, Dakar, Sénégal
Mbaye Abdou Aziz	ISRA, CDH, BP 2619, Dakar, Sénégal
Mbaye Demba Farba	ISRA, CRZ-Kolda, Kolda, Sénégal
Mbaye Ibrahima	ITA, Route des Pères Maristes, BP 2765, Dakar-RP, Sénégal
Missohou Ayaho	EISMV, Dakar, Sénégal
Ndiaye Abdou	ISRA, CNRA-Bambey, BP 53, Bambey, Sénégal
Ndiaye Jean-Pierre	ISRA, Direction Générale, BP 3120, Dakar, Sénégal
Ndiaye Mamadou	ISRA, CNRA-Bambey, BP 53, Bambey, Sénégal
Ndiaye Samba Arona	ISRA, CNRF, BP 2312, Dakar, Sénégal
Ndione Emmanuel	ENDA, BP 3370, Dakar, Sénégal

Ndir Babacar	ITA, Route des Pères Maristes, BP 2765, Dakar-RP, Sénégal
Ndoye Ababacar	ITA, Route des Pères Maristes, BP 2765, Dakar-RP, Sénégal
Ndoye Ousmane	ISRA, CNRA-Bambey, BP 53, Bambey, Sénégal
Passouant Michel	CIRAD, Campus international de Baillarguet, TA 60/15, 34398 Montpellier Cedex 5, France
Rippstein Georges	CIRAD, ISRA, LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Samb Birane	ISRA, CRODT, BP 2241, Dakar-Thiaroye, Sénégal
Sarr Benoît	CILSS, 03 BP 7049, Ouagadougou 03, Burkina Faso
Sarr Malick	SAED, BP 74, Saint-Louis, Sénégal
Sarr Papa Léopold	Banque mondiale, Dakar, Sénégal
Schilling Robert	CIRAD, retraité
Seck Dogo	FNRAA, Cité Sipres IV, Route de l'Aéroport, BP 23 387, Dakar, Sénégal
Seck Pape Abdoulaye	ISRA, Direction Générale, BP 3120, Dakar, Sénégal
Sène Maniével	ANCAR, BP 10307, Dakar-Liberté, Sénégal
Sène Modou	ISRA-CERAAS, BP 3320, Thiès-Escale, Sénégal
Sow Racine Samba	ISRA, LN ERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Sy Ousmane	ITA, Route des Pères Maristes, BP 2765, Dakar-RP, Sénégal
Thiam Djiby	ISRA, CRODT, BP 2241, Dakar-Thiaroye, Sénégal
Thiongane Pape Ibrahima	Consultant, Dakar, sénégal
Thiongane Yaya	ISRA, LNERV, BP 2057, Dakar-Hann, Sénégal
Thomas Ibrahima	CNRF, BP 2312, Dakar, Sénégal
Touré Adama	Banque mondiale, dakar, sénégal
Touré Babacar	ENDA, BP 3370, Dakar, Sénégal
Touré Oussouby	Consultant, Dakar, sénégal
Tran Minh Duc	CIRAD, retraité
Wade Idrissa	ENSAM, Montpellier, France
Wade Magatte	ENSA, Thiès, Sénégal
Wey Joseph	CIRAD, 73 rue Jean-François Breton, TA 60/15, 34398 Montpellier Cedex 5, France

Index

A

Abattoir 326, 462
Acacia 268, 371, 372
Acide
– ascorbique 423
– citrique 440
– dornique 426
– folique 257
– oléique 163
Aecidium habungense 214
Aflatoxine 163, 173, 175, 446, 448
Agriculture urbaine 489
Agroclimatologie 33
Agroforesterie 370, 379
Ail *(Allium sativum)* 217
Ajustement structurel 143, 144, 155
Akara 261, 436
Algue 117
Allium cepa (oignon) 216
Allium sativum (ail) 217
Alternariose 219
Aménagement hydroagricole 64, 65, 69
– zone d'aménagement potentiel 51
Analyse
– bromatologique 92
– géostatique 40
– microhistologique 95
– phytosociologique 92
Anaplasmose 292
Animal transgénique 307
Anthracnose 226
Appertisation 443
Aquaculture, 118
Arachide
– aflatoxine 173
– cercosporiose 168, 171
– coque 163, 178
– crise 460
– fane 163, 274
– filière 144
– marché informel 145
– norme 177
– rabougrissement 172
– réseau 166
– *rhizobium* 173
– rosette 172
– rouille 172
– sélection 167
– semence 145
– tourteau 274
– variété 168
Arachide *(Arachis hypogaea)* 163
Araignée rouge 214, 215, 220, 224, 225, 226
Arara 393
Ariana 393
Arraw 245, 420, 431, 434
Ascaridiose 303
Ascaridose 295
Azote
– bilan 81, 83
– fixation 81, 82
– lixiviation 81, 82
– perte 76, 82, 83

B

Bacillus thuringiensis 218
Bagasse 274
Barrage 54, 56, 57, 62, 63, 64, 65, 134
Base Baobab 300
Base de données 92, 464, 465
– météorologiques 34
Bassin arachidier 166, 167, 168, 169, 179, 180
Besoin en eau des cultures 37, 38
Bigaradier 224
Bilan hydrique 37, 92
– modèle de simulation 34
Bilan minéral 80
Bioclimatologie 33
Biogaz 462

Biomasse fourragère 268
Biomasse herbacée
– carte 92
– évaluation 92
Bissap 440
Bissap *(Hibiscus sabdariffa)* 221
Bolon 56
Borer 218
Botulisme 282, 290
Bovin
– race 311
Brassica oleracea (chou) 217
Bronchite infectieuse 302
Brucellose 282, 288
Bruche 432
— niébé 260

C

Caakri 316
Campylobactériose 289
Cana-grenier 432
Capsicum annuum (poivron) 213
Capsicum frutescens (piment) 215
Carence alimentaire 276
Caroube africaine *(Parkia biglobosa)* 433
Carte 92
– biomasse herbacée 92
– des milieux naturels 74
– d'occupation du sol 93
– pédologique 73
– variétale de l'arachide 41
Cartographie 468
Casier (pêche) 346
Céane 66
Cercosporiose 168, 171, 225
Céré-mew 316
Cétoine 221, 222
Champ
– de case 79
Champignon mycorhizien 378
Chancre bactérien
– niébé 260
Charançon 223, 227
Charbon 244
– bactéridien 287
– symptomatique 289
Charrette 98, 394
Charrue 393
– tourne-oreille 394
Chenille 220, 223
Chenille du cotonnier 221, 222
Chinchard 111
Chlamydiose 289
Choléra aviaire 288, 303
Chou (*Brassica oleracea)* 217
Cicadelle 214, 215
Citrange 224
Clone 307
Coccidiose 294, 303
Coccinelle des cucurbitacées 210
Cochenille 224, 225, 226, 227
Coléoptère 227
Colibacillose 302
Complémentation alimentaire 275, 314, 328
Composition botanique 93
– régime alimentaire 95
Compost 472
Concentration 443
Conseil
– agricole et rural 479
– de gestion 138
Conservation de la nature 370
Coton-graine
– fibre 189, 190
– qualité 191
– rendement 190, 193, 194, 195, 197
Courtilière 212
Cowdriose 291
Crédit 477, 484
– à la production 149
– coopératif 144
– intrant 150, 151
Crevette 113, 115, 117, 353
– côtière *(Penaeus notialis)* 353
– rose profonde *(Parapenaeus longirostris)* 353
Crustacé 113
Cucumis melo (melon) 210
Culture de décrue 56

D

Daraba laisalis 214
Daucus carota 219
Décorticage 180, 435
Décortiqueuse 401
Déficit céréalier 146
Dégradation
– de l'environnement 135
– des ressources 369
Densité de semis 259
Dermatophilose 282
Dermatose nodulaire contagieuse bovine 282
Désengagement de l'Etat 143, 145, 147, 153
Désertification 95
*Digitaris exilis*i (fonio) 249

Dismatose des ruminants 295
Disponible fourrager 268
Dispositif Panurge 298, 299
DNCB
Voir dermatose nodulaire contagieuse bovine
Douve 295
Drêche 274

E

Ecotype 40
Ehrlichiose bovine 292
Elevage
– sédentaire 312
– transhumant 312
Embouche 324
Emondage 382
Encéphalomyélite aviaire 302
Enquête 466
– consommation 228
– élevage 322
– ménages 336
– mobilité 94
– sérologique 285, 289
– sources d'abreuvement 99
– suivi-évaluation 130
Entérotoxémie bovine 282
Epierreur polycéréale 400
Ergot 244
Espèce ligneuse 269, 371, 372
– fourragère 383
Etable fumière 79, 312
Eucalyptus 372, 376, 384
Evapotranspiration
– potentielle (ETP) 37
– réelle (ETR) 38
Expérimentation multilocale 457
Exploitation agricole 136, 137

F

Fabrication *(formule)* 441, 442
Fane *(légumineuse)* 273, 274, 328
Farcin du bœuf 288
Farine
– composée 421, 434, 435
– de mil 434
– de niébé 436
– de riz 274
– de soja 264
– niébé 265
– tourteau d'arachide 173
Faucheuse 98, 395
Faune sauvage 100
Faux ver rose 213, 215, 225
Fermentation 429
Fièvre
– aphteuse 283
– de la vallée du Rift 282, 286
– Q 289
Filet (pêche) 346
Fixation de l'azote 81, 82, 83, 84, 170, 173, 379
Fixation de l'azote 262
Fixation symbiotique 76
Flétrissement 221, 222
Fleuve 109
Fonio
– rendement 249
– transformation 249
– variété 249
Fonio *(Digitaris exilis*) 249
Forage 66, 93, 94, 95, 99
Foresterie villageoise 369
Foreuse des gousses 209
Fourrage
– conditionnement 98
– fanage 98
Fourrage ligneux 383
Fragaria ananassa (fraisier*)* 220
Fraisier *(Fragaria ananassa)* 220
Fruitier forestier 384
FVR *Voir* fièvre de la vallée du Rift

G

Galle bactérienne 211, 213, 215
Gélatine 423
Germination 375
Gestion de l'eau 53, 64
Gestion des ressources 468
Glossine 282, 293
Glycine max (soja) 257
Glycoside cyanogénétique 269
Gombo *(Hibiscus esculentus)* 221
Gomme xanthane 435
Gommose 225
Gossypium (cotonnier) 189
Graminée fourragère 268, 271
Granulateur 420
Greffage 376
Groupement d'intérêt économique (GIE) 153
Guedj 349

H

Hæmonchose 294
Haricot 84
Haricot vert *(Phaseolus vulgaris)* 209
Harmattan 233
Herse 394
Hétérakidiose 303
Hibiscus esculentus (gombo) 221
Hibiscus sabdariffa (bissap) 221
Histamine 446
Houe
– occidentale 393
– sine 393, 394
Huile
– arachide 175
– de beurre 315
– soja 263
Huître 117
Hydraulique pastorale 91
Hygiène *(formation)* 448

I

Imagerie satellitaire 35, 43, 74, 92, 93, 268
Indice
– de condition de la végétation (VCI) 43
– de rendement espéré (IRESP) 44
– impact social de la recherche 203
Inoculation 82, 85, 170, 262, 378, 379
Insecticide 432
Insémination artificielle 312, 314, 326
Intensité de charge 94, 98
Ipomoea batatas (patate douce) 222
Irrigation 51, 53, 55, 66, 69
– pilotage 34, 42
– zone 54
Istiophoridé 116

J

Jacobiasca lybica 214
Jassides 221, 222

K

Kad *(Faidherbia albida)* 84, 85
Kaolinite 77
Keccax 349, 350
Kéthiakh 430
Kit de diagnostic 284, 285

L

laax 316
Lactuca sativa (laitue) 219
Lait
– caillé 315, 316
– en poudre 317
Laitue *(Lactuca sativa)* 219
Laitue d'eau *(Pistia stratiotes)* 463
Lax 264
Le blanc 211, 213, 215, 219, 221
Légumineuse fourragère 268, 271
Leptospirose 289
Levée de dormance 212, 374
Listériose 289
Lixiviation de l'azote 81, 82
Lutte
– biologique 245
– contre les insectes 375
– intégrée 211
Lycopersicon esculentum (tomate) 211
Lysimètre 38

M

Maïs
– adventice 248
– densité 248
– fertilisation 247
– rendement 246
– variété 246
Maïs *(Zea mays* 246
Maladie
– bactérienne 302
– de Gumboro 301
– de Johne 288
– de Marek 301
– de Newcastle 301, 339
– parasitaire 303
– virale 301
Mammite bovine 289
Mandariniers 225
Mangrove 63, 64
Manihot esculenta (manioc) 223
Manioc *(Manihot esculenta)* 223
Marché spot 471
Mareyage 348, 350
Mareyeur 118
Mariscus squarosus 248
Matrice
– de comptabilité rurale 157
– de comptabilité sociale 469
Mauvaise herbe 241
Mbannick 425
Mélasse 274

Mêlée 424
Melon *(Cucumis melo)* 210
Mercure 446
Merlu (*Merluccius)* 353
Métorah 349
Mil 242
– adventice 244
– densité 244
– fertilisation 243
– photopériodique 40
– rendement 241
– transformation 245
– variété 242, 243
Mil (*Pennisetum typhoides)* 241
Mildiou 210, 218, 244
Mimosine 269
Mode de consommation 316
Modèle
– Ara.B.Hy 34, 44, 183
– de simulation
– bilan hydrique 34
– des cultures 34
– multiagents 157
– Ridev 35
– Sarrah 46
– Sigbiriz 468
– Simarbhy 43
Moissonneuse-lieuse 396
Mollusque 113, 117
Mosaïque 224
Mouche des fruits 210, 213, 215, 225, 226
Mouture 435
Multiculteur 393
Mycobactériose 288
Mycoplasmose 302
Mycorhization 173, 259, 378, 379
Mycotoxine 446, 447

N

Nanisme 170
Navet *(Raphanus sativus)* 223
Ndiar 316
Neleng 261, 264
Néré *(Parkia biglobosa)* 404
Niébé
– bruche 260
– chancre bactérien 260
– densité 259
– farine 265
– fertilisation 259
– nutrition azotée 259
– produits transformés 260
– variété locale 258
Niébé *(Vigna unguiculata)* 84, 257
Niéling 249
Noctuelle de la tomate 210, 211, 214, 215, 216
Nutrition azotée 259

O

Oïdium 210
Oignon *(Allium cepa)* 216
Oranger 225
Organisation de producteurs 478
Organisation paysanne 51, 69, 149, 152, 153, 154, 155
Oryza (riz)
– *breviligulata* 233
– *glaberrima* 233
Outil d'aide à la décision 468

P

Paille 273, 274
Pain 434, 435
Palangre (pêche) 346, 348, 356
Palétuvier 56
PAPEM 129, 457
Paratuberculose 288
Parc à *Faidherbia albida* 79
Parcours 269
Pasteurellose 287, 303
Pasteurisation 315, 443
Patate douce *(Ipomoea batatas)* 222
Pâturage
– dispositif de suivi 91, 93
– postcultural 97
– productivité 268
– qualité 96
Pêche
– à la canne 356
– à la palangre 346, 356
– à la senne 346, 355
– au filet 346
– maritime 118
Pectine 440
Pennisetum typhoides (mil) 241
Performance laitière 312
Performance zootechnique 299, 305, 323, 326, 328, 329, 330, 334, 338
Péripneumonie contagieuse bovine 282
Peronospora parasitica 218
Peste
– bovine 282, 284
– des petits ruminants 284

– équine 285
– porcine africaine 285
Pesticide 447
Phaseolus vulgaris (haricot vert) 209
Phosphate 169
Phosphate naturel 100
Phytophthora 226
Piment *(Capsicum frutescens)* 215
Pirogue 346
Piroplasmose 292
Pistia stratiotes (laitue d'eau) 463
Plutella xylostella 218
Poisson 112
Poivron *(Capsicum annuum)* 213
Politique agricole 143
Polyculteur 393
Polyphosphate 423, 424
Pomme de terre *(Solanum tuberosum)* 212
Pomme du Sahel 377
Pompe 67
Potentiel halieutique 345, 361
Poudre de lait 316
Poulpe 113, 114, 353
Poulpe *(Octopus vulgaris)* 348
Pourriture
– cuir 220
– du collet 209, 212
PPA *Voir* peste porcine africaine
PPCB *Voir* péripneumonie contagieuse bovine
PPR *Voir* peste des petits ruminants
Production fourragère 92
Productivité 156
Pseudo-peste aviaire 339
Puceron vert 211, 212, 214, 215, 226
Pyriculariose 244

Q

Qualité 149
– des carcasses 421
– organoleptique 431

R

Race
– bovine 322
– ovine 321, 327, 329
– porcine 334
Raphanus sativus (navet) 223
Ration
– valeur nutritive 96
Reboisement 369
Recherche-action 138, 157
Réforme foncière 51, 475
Régime alimentaire (ruminant)
– composition 95
– détermination 95
Rendement
– séchagedes fruits 444
Rentabilité 139
Repiqueuse à riz 396
Réseau arachide 166
Ressource
– démersale 112
– pélagique 110
Revenu agricole 147
Rhizobium 82, 84, 85, 86, 173, 259, 262, 378, 379
Riz
– de qualité 149
– farine 274
– filière 147, 155, 237
– paille (de) 274
– qualité technologique 237
Riziculture 63, 64, 133, 147, 154
– double culture 236
– gestion intégrée 234
– irriguée 235
– pluviale 235
Roliculteur 395
Rosette 172
Rouille 172, 214, 215, 244
Rouleau piétineur 394

S

Sali 349, 350
Salinisation 335
Salmonelle 289, 302, 446
Sanio *Voir* Mil
Sardinelle *(Sardinella)* 111
Saumure 422, 425, 427, 429
Scombridé 116
Scrapper 395
Sécheresse 33, 35, 39, 57
Séchoir 429
Secteur informel 316
Seiche 113, 353
Sel nitrité 422, 423
Semoir 392, 395
Senne (pêche) 346, 348, 355, 359
Septicémie hémorragique des bovins 287
Septoriose 220
Sésame (*Sesamum indicum*) 487
Sesamia 244
Sesamum indicum (sésame) 487

Simulation
– croissance des plantes 44
– de l'indice de rendement espéré 44
Soja 261
– création variétale 261
– fertilisation 263
– huile 263
– *Rhizobium* 262
Soja (*Glycine max)* 257
Solanum aethiopicum 214
Solanum melongena 213
Solanum tuberosum (pomme de terre) 212
Sols
– dek 74, 77, 78
– dior 74, 77, 78, 85
– ferrallitiques 74, 76, 77
– ferrugineux tropicaux 74, 76, 77, 80
– hollaldé 78
Sombi 316
Son *(céréale)* 273, 328
Sonde à neutrons 33
Sorgho
– assolement 252
– effet allélopathique 252
– type 250
– variété 250, 251
Sorgho *(Sorghum bicolor)* 250
*Sorghum bicolor (s*orgho) 250
Souna *Voir* Mil
Sphinx 223
Spirochétose 303
Stemphiliose 214, 215
Stemphylium solani 214
Streptothricose cutanée bovine 288
Striga 241, 258
Stripper 396
Suivi
– aménagements hydroagricoles 464
– d'exploitation agricole 137, 138
– de la biomasse herbacée 92
– des pâturages 91, 93
– des performances zootechniques 312
– des peuplements 268
– des troupeaux 97, 268, 298
– écologique 92
– épidémiologique 283, 291
– individuel des animaux 291, 298
Suivi-évaluation 130, 131, 137, 144, 147, 157
Surveillance épidémiologique 283, 284, 286, 303, 304, 305
Sylvopastoralisme 91, 92, 101

Système
– agraire 130, 131
– aquifère 55
– coopératif 152
– d'élevage 298, 325, 328, 335
– de suivi-évaluation 469
Système coopératif 153
Système d'information 464, 465, 478
– sur les aménagements hydrauliques 473
– sur les marchés 470, 474
Système de production 129, 130, 131
– agropastoral 131, 134
– agrosylvopastoral 135
– halieutique 135
– sylvopastoral 135

T

Tambadiang 349
Tann 65
Taux de rentabilité interne (TRI) 203
Teigne 218
Télédétection 268
Téniasis 303
Thonidé 112, 116
Thrips 216
Tiacry 245
Tique des volailles 292
Toll diati *Voir* Champ:– de brousse
Toll keur *Voir* Champ de case
Tomate *(Lycopersicon esculentum)* 211
Tonnage de jauge brute (TJB) 352
Tourteau d'arachide 274, 328
Traction animale 139
Training and visit 460, 461
Trypanosomose 294
Tuberculose bovine 282, 288

U

Unités expérimentales 129

V

Vaccin recombinant 306
Valorisation des déchets 462, 472, 489
Variété naine 242
Variole aviaire 302
Ver du fruit 214, 215
Vibriose des ruminants 289
Vigna unguiculata (Niébé) 257
Virose 223
Voandzou *(Vigna subterranea)* 84

W

Wayaliine _____425

X

Xiphiidé _____116

Y

Yeet _____ 349

Z

Zea mays (maïs)_____ 246
Zonage
– agroclimatique_____ 40, 46
– agroécologique _____ 129, 131