
Les ressources en eau

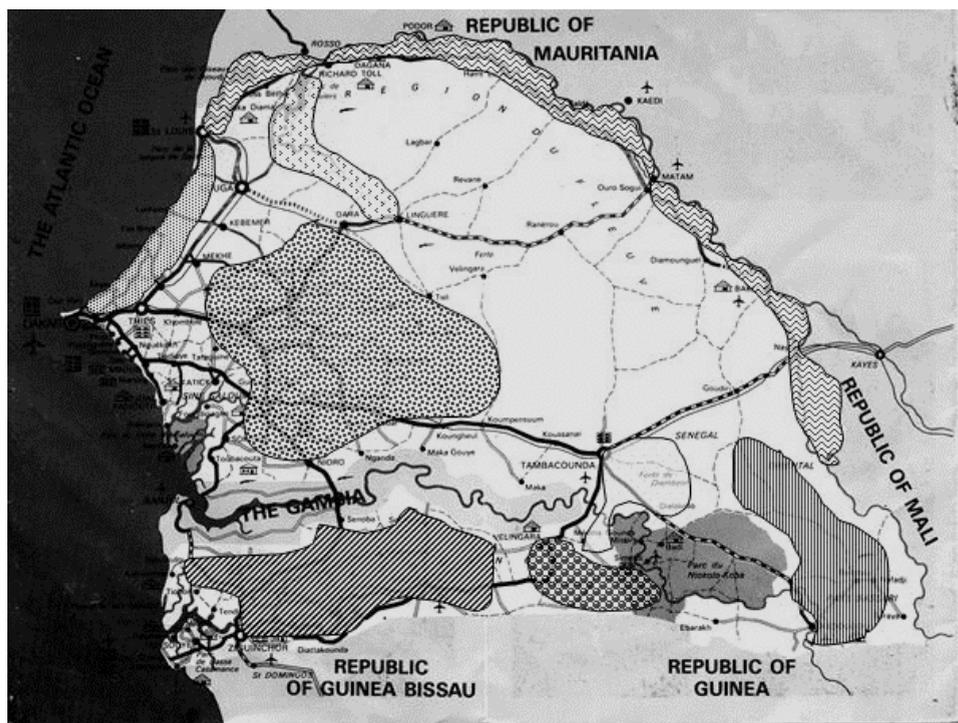
Magatte WADE, Tran Minh DUC, Honoré DACOSTA

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 m³. 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 m³/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 m³. 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 m³ 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 m³, 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 m³ 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-Djallon 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-Djalou, son débit varie beaucoup, passant de plus de 1 000 m³/s en période de crue à quelques m³/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'infléflux 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 m³/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-Djalou, 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 Kougheul. 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 m³/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 m³/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 m³/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'inféoflux 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'infiltré 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 de 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 m³/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 pêche 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 m³ 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 m³ 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 m³. 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, communiquant 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 m³/h pour des profondeurs 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 Guérout, 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 profondeurs 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'adaptation 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 efficace (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 Aéro-watt 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

À 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.

À 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. Developpement 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. Annuaire 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, Bordeaux, 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.

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

