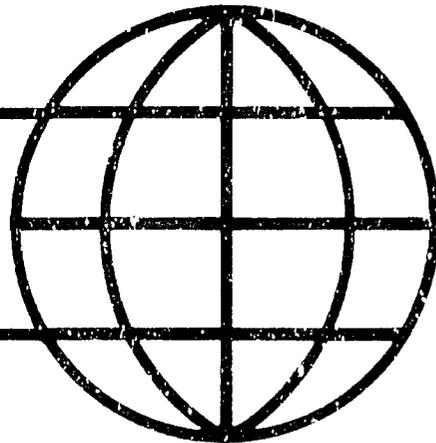


PN-ABA-940

1984

**COOPERATIVE AGREEMENT ON HUMAN SETTLEMENTS
AND NATURAL RESOURCE SYSTEMS ANALYSIS**



Clark University
International Development Program
950 Main Street
Worcester, MA 01610

Institute for Development Anthropology
99 Collier Street
P.O. Box 2207
Binghamton, NY 13902

PNPBA-940

58159

Les activités agricoles dans
la basse et la moyenne vallée
du Sénégal; problèmes
et propositions de solutions

par André Guinard
juin 1988

Préparé pour
USAID / Senegal.

Ce document est publié par l'Institute for Development Anthropology, IDA. Le travail a été subvenu par l'Accord de Recherche Coopérative sur les Etablissements Humains et l'Analyse des Systèmes de Ressources Naturelles, SARSA No. DAN 1135-A-00-4068-625-0929, à Clark University et L'Institute for Development Anthropology, financé par l'Agence du Gouvernement des Etats Unis pour le Développement International, Bureau de la Science et de la Technologie, Division du Développement Rural et Régional. Les opinions et les interprétations présentées dans ce document sont celles de l'auteur et ne doivent être attribuées ni à l'Agence pour le Développement International (USAID), ni à des personnes travaillant pour elle.

TABLE DES MATIERES

I. Les Conditions naturelles	1
II. Les Activités rurales traditionnelles	3
III. Amélioration des systèmes de production traditionnelles	6
IV. L'Irrigation	9
V. Les Problèmes des périmètres irrigués et les solutions	12
Les Méthodes d'aménagement et leur coût	12
Les Modes de production et leur coût	16
Organisation des périmètres irrigués	21
VI. Conclusions et propositions	24
Propositions d'études et de recherches	26
Formation	27

I. LES CONDITIONS NATURELLES

1. Cette région a une surface d'environ 12.000 km² dans la vallée proprement dite (FAO 1973) et de 100.000 km² pour tout son bassin versant (Okidi 1986). Elle est répartie entre deux états, Mauritanie et Sénégal (voir carte page 27). Sa population est d'environ 1 million de ruraux (Gibb et al. 1986). La densité sur l'ensemble du bassin versant est donc de 10 habitants par km² total. Ce chiffre peut être estimé à 20 ou 30 habitants par km² cultivable, valeur élevée compte tenu des conditions physiques locales.

2. Le climat est typique de la zone sahélienne (FAO 1973). Les pluies sont faibles (de 300 à 500 mm en moyenne par an) et concentrées de juillet à septembre. De plus elles sont très irrégulières comme les récentes années l'ont montré dramatiquement. La saison sèche est sévère. Sa sécheresse est encore accentuée par l'harmattan, vent sec et chaud soufflant surtout de janvier à mars. L'évaporation potentielle sur l'ensemble de l'année est de cinq à dix fois le total des pluies. Ce type de climat limite les possibilités des cultures pluviales et justifie une gestion prudente des ressources en eau.

3. La principale ressource hydraulique est le fleuve Sénégal. Les nappes aquifères souterraines sont profondes, de 50 à 100 mètres. La nappe la plus superficielle (15 à 20 mètres) ne donne qu'un débit faible et irrégulier (FAO 1987). Le débit moyen du Sénégal à Bakel est d'environ 90 m³/s à l'étiage et de 3.215 m³/s en pleine crue (Gibb et al. 1986, Guerber 1985). La crue moyenne commence en août pour se terminer en octobre; elle est très variable dans toutes ses caractéristiques. Elle peut commencer en juin ou se terminer en novembre. Son volume a atteint un maximum de 39 milliards de m³ en 1924 et un minimum de 6,9 milliards de m³ en 1983 et en 1984; corrélativement la surface inondée est estimée pouvoir varier de 1.500 à 4.000 km² mais elle n'a jamais été mesurée exactement. La durée de la crue est également très variable, de 15 à 45 jours en un même point.

4. Les sols de cette région ont fait l'objet de très nombreuses études (FAO 1973, Gibb et al. 1986, Sonader 1980, Sogreah 1975, BCEOM 1983, GERSAR 1980). Les terres des plateaux (ou diéri) bordant la vallée appartiennent au groupe des sols bruns sub-arides. Ce sont des sols pauvres, au potentiel limité et très sensibles à l'érosion. Le couvert végétal a été très fortement dégradé par les défrichements, la coupe du bois de chauffage et, surtout, le surpâturage des troupeaux nomades.

5. Les sols de la vallée sont très divers suivant leur situation topographique qui détermine l'influence des eaux de crue sur leur formation. Schématiquement le lit mineur est bordé par des berges où se sont déposés les sédiments les plus grossiers en suspension dans l'eau du fleuve. Les sédiments les plus fins se déposent dans les parties basses de la plaine inondable. La répartition des sols est, en fait, beaucoup plus complexe car le Sénégal a souvent changé de lit et des brèches dans les bourrelets de berge font communiquer le lit mineur avec la plaine inondable. Il en résulte une succession de cuvettes inondées

pendant la crue et dont les parties les plus basses sont devenues des mares permanentes. Dans la basse vallée et le delta, avant la construction du barrage de Diama, les eaux salées remontaient dans le lit mineur à la fin de la crue. Les sols bas sont donc souvent sodiques et la nappe phréatique est salée en saison sèche. La végétation naturelle est une steppe arbustive avec des boisements de gonakiers (*Acacia nilotica*) sur les terrasses basses. Ces boisements ont été très dégradés par la coupe de bois de chauffage et la production de charbon de bois.

6. Les sols de berges (ou Fallo) sont sablonneux, très perméables et à fortes pentes. Ces surfaces limitées conviennent à des cultures à courte cycle (maïs, légumes) car ils ont été submergés chaque année. Le sommet des berges, presque toujours exondé, est occupé par les villages et leurs jardins avec des légumes et des arbres fruitiers. Sur le versant des berges, le long des cuvettes inondables, les sols (ou fondés) sont argilolimoneux, relativement perméables et à pente faible. Leur potentiel de production est bon. Ils conviennent à de nombreuses cultures (céréales, légumineuses, tomate, canne à sucre, coton, etc). Ils sont cependant soumis aux risques de crue.

7. Les sols des cuvettes (ou hollaldé) sont des vertisols ou argiles noires à fentes de retrait lorsqu'ils se dessèchent. Leur texture très fine et leur structure instable les rendent difficiles à travailler. Le calendrier des opérations culturales doit respecter strictement l'évolution de leur teneur en eau après la décrue. Ils sont encore plus difficiles à mettre en valeur lorsqu'ils sont salés. Ces sols conviennent au sorgho et au riz mais leur fertilité est médiocre.

II. LES ACTIVITES RURALES TRADITIONNELLES

8. La seule culture de diéri est pratiquement le petit mil. Chaque champ est cultivé un ou deux ans de suite puis laissé en jachère pendant trois ou quatre ans si la densité de population le permet. En mai ou juin la végétation naturelle est coupée et brûlée. Les champs sont semés au début des pluies en juillet, sarclés en juillet et août puis récoltés en octobre. Les rendements moyens sont estimés à 300 kg de grain par hectare. Ils varient très fortement d'une année à l'autre suivant la hauteur des précipitations et surtout leur régularité après le semis. Ainsi les récentes années de sécheresse ont réduit à zéro la production de diéri. De plus les attaques d'oiseaux (quelea) et de sauterelles peuvent causer de très lourdes pertes. On estime qu'il faut environ 50 jours de travail par hectare de mil. La surface totale est estimée à 80.000 ha donnant une production totale variant de 0 à 25.000 tonnes de grain (Castiaux 1970, Club des amis du Sahel 1977).

9. Les champs de hollaldé sont cultivés tous les ans en sorgho de décrue. Lorsque la terre est redevenue assez ferme, environ une semaine après le retrait des eaux, le champ est nettoyé des mauvaises herbes puis semé. L'entretien consiste en quelques sarclages et surtout en gardiennage contre les attaques d'oiseaux et de phacochères. Le sorgho est récolté en février-mars. Les rendements moyens sont estimés à 400 kg de grain par hectare demandant environ 80 journées de travail. Les rendements varient suivant plusieurs facteurs dépendant de l'inondation qui apporte toute l'eau destinée à la culture. Le premier élément est la situation topographique du champ qui détermine sa submersion plus ou moins régulière. Les caractéristiques de la crue jouent aussi. Trop brève, elle peut ne pas apporter assez d'eau. Trop lente, elle colmate les fentes des vertisols imperméables avant que l'eau n'ait eu le temps de pénétrer en profondeur. La date de la décrue est également importante, car les variétés locales de sorgho sont sensibles au photopériodisme. Si elle est tardive la fructification est mauvaise puisqu'elle a lieu pendant la saison de l'harmattan et, de plus, le cycle végétatif est raccourci. Une décrue trop rapide ne laisse pas aux cultivateurs le temps suffisant pour semer tous leurs champs dans les conditions optimales d'humidité du sol. Les variations de rendement en fonction de chacun de ces différents facteurs n'ont pas été mesurées. Il semble cependant qu'elles soient moindres que sur les champs de diéri. Elle dépendrait plus de la situation de la parcelle que de l'année.

10. Les surfaces totales cultivées en décrue sur les hollaldés n'ont jamais été mesurées exactement. D'après diverses estimations elles varieraient, suivant les années de 5.000 à 100.000 ha (Gibb et al. 1986, Juton et Mutsaers 1971, Hamdinou et Rijks). Notons qu'en 1957-1958 l'enquête de la MISOES (Mission socio-économique du fleuve Sénégal) évaluait cette surface à 125.000 ha, mesure la plus précise jamais effectuée. Selon la crue la production totale de sorgho serait donc de 6.000 à 40.000 tonnes, près du double du maximum obtenu sur le diéri.

11. Les cultures de berges sont très variées: maïs, tomates, niébé, tabac, légumes. Elles sont une activité annexe pour les cultivateurs et n'occupent que de faibles surfaces, environ 10 pourcent des surfaces cultivées dans la vallée (Gibb et al. 1986).
12. L'élevage de bovins et petits ruminants est une activité importante dans la vallée. Le bétail appartient soit aux agriculteurs soit à des pasteurs nomades. Les animaux paissent sur les terres hautes non cultivées et, après leur récolte, sur les champs de mil pendant la saison des pluies. Pendant la saison sèche ils paissent dans la vallée. La culture attelée est rare dans cette région. Comme souvent en Afrique tropicale, cet élevage nomade apporte peu à la culture; les animaux sont cependant souvent parqués pendant la nuit sur les champs qui vont être semés, leur fournissant ainsi une certaine fumure organique. Réciproquement le droit de vaine pâture conduit à la destruction de beaucoup d'arbres. Il y aurait environ 1 million de bovins et 7 millions d'ovins et caprins dans la région (Gibb et al. 1986, GERSAR 1980). Ce chiffre est sans grande signification car on estime que les 2/3 du cheptel appartiennent à des éleveurs nomades de Mauritanie qui se déplacent sur des distances considérables. Il semble que plus de la moitié du cheptel ait disparu pendant la dernière sécheresse.
13. La pêche est une activité importante. Pendant la crue les poissons du fleuve se multiplient dans la plaine d'inondation. Des pêcheurs spécialisés existent surtout dans le delta où les eaux saumâtres sont plus poissonneuses; leur production est vendue. Les cultivateurs de la vallée pêchent pour leur consommation familiale, le poisson étant estimé constituer 80 pourcent de leur ressources en protéines (BCEOM 1983). La production annuelle totale de poisson est évaluée à 40.000 ou 50.000 tonnes (Okidi 1986).
14. Les habitants tirent des boisements naturels le combustible dont ils ont besoin. On estime cette consommation à 0,8 kg par personne et par jour ce qui correspondrait à 400.000 m³ de bois par an (FAO 1987). Ce chiffre est très supérieur à la production potentielle des 30.000 ha de gonakiers, principale ressource forestière locale (Okidi 1986). Ceci explique leur disparition progressive. Cette évolution a été encore accélérée par la récente sécheresse qui a freiné la croissance des arbres. Aussi la région importe-t-elle maintenant du charbon de bois.
15. Il est difficile de décrire une exploitation moyenne représentative de la vallée. Les caractéristiques des exploitations dépendent en effet d'abord des traditions des différents groupes ethniques et des ressources dont ils disposent: terres, travail, capital. Or les groupes ethniques sont nombreux dans la vallée. Toutes les études (Mathieu 1985, Schmitz 1986) soulignent l'extraordinaire complexité du système foncier dans la plaine alluviale; sur le plan technique ces études montrent que les groupes sociaux et, à l'intérieur de ceux-ci, les familles en fonction de leur rang social, ont cherché à disperser leurs parcelles pour amortir les risques liés aux irrégularités de la crue. De même sur une même parcelle peuvent coexister plusieurs droits d'utilisation; une telle mosaïque compliquera les aménagements.

16. Très schématiquement un exemple d'exploitation tiré de différents documents serait le suivant (Gibb et al. 1986, FAO 1987, Castiaux 1970, et Club des amis du Sahel 1977). Elle comprendrait dix personnes dont cinq seraient en âge de participer aux travaux agricoles. Cette famille cultiverait 1,50 ha sur le diéri, 2,50 ha dans la plaine alluviale dont 2,25 ha sur hollaldé et 0,25 ha sur fondé et falo. Aux rendements moyens estimés, les besoins alimentaires totaux de la famille sont couverts en année moyenne, mais non lorsque la crue ou la pluie sont défavorables. Les activités annexes et les salaires des membres de la famille ayant quitté la région sont les seules sources de revenus monétaires. Les champs de la plaine alluviale produiraient 70 pourcent de la consommation familiale, un pourcentage qui montre l'importance des cultures de décrue. Ces dernières absorberaient les 3/4 du travail agricole familial dont le potentiel semblerait inutilisé pour les 2/3 sur l'ensemble de l'année. A l'exception des pointes de travail telles que le sarclage du mil de diéri, ou le semis du sorgho de décrue le sous-emploi agricole lié au rythme des saisons est considérable.

III. AMELIORATION DES SYSTEMES DE PRODUCTION TRADITIONELLES

17. Les études et expérimentations sur les cultures de diéri et de oualo ont été peu nombreuses. Elles ont cependant donné des résultats intéressants quoique non encore définitifs.

18. Sur les terres de culture pluviale il a été démontré (FAO 1987) que le reboisement et la fumure organique pouvaient augmenter les rendements tout en stabilisant les cultures sur les meilleures terres. La plantation d'arbres tels que Acacia Senegal et d'autres acacias locaux ou des espèces importées telles que eucalyptus permet de produire du bois de chauffage, de la gomme et des feuilles consommées par le bétail. Le couvert végétal réduit l'érosion éolienne. Le feuillage améliore la fertilité en élevant le taux de matière organique dans le sol soit directement à la défoliation soit indirectement par le fumier des animaux qui l'ont consommé. Plusieurs projets agro-forestiers au voisinage de Podor, Richard-Toll et Bakel ont été financés pour introduire ces techniques dans les villages. Il s'agit là d'une action de très longue haleine qui demande 10 à 15 ans avant de donner les premiers résultats marquants. Ce délai est imposé par la lenteur de la croissance des arbres.

19. Le succès de ces projets implique une profonde transformation des traditions. Pour que les jeunes arbres plantés ne soient pas détruits par les troupeaux nomades il faut soit les protéger par des clôtures soit supprimer les droits traditionnels de vaine pâture. Compte tenu du coût de la clôture de petites surfaces (800 mètres par hectare pour des surfaces unitaires de 0,25 hectare, 40 m/ha pour des surfaces unitaires de 100 ha, 13 m/ha pour des surfaces unitaires de 1.000 ha) l'action collective et l'interdiction des divagations du bétail pendant toute l'année sont les seules solutions réalistes; c'est d'ailleurs ce qui s'est passé dans les pays de la zone tempérée. De plus le travail que chaque paysan doit investir dans son champ est si élevé qu'il ne le fera pas s'il ne reçoit pas un droit foncier exclusif et transmissible à ses descendants. L'application de ces techniques requiert donc un véritable bouleversement de règles sociales en vigueur dans ces collectivités. Cette évolution demandera de longues années. Malgré tout, les cultures de diéri resteront tributaires des pluies. La production pourrait doubler ou tripler avec ces techniques en bonne année; elle restera nulle lorsqu'il ne pleut pas.

20. Les recherches sur les cultures de décrue (Castiaux 1970, Sapin et Reynard 1968) ont été interrompues depuis 1975. Beaucoup de points restent à éclaircir. Mais il est déjà démontré que, lorsque les conditions hydrauliques sont bonnes, le sorgho peut donner 1.000 à 1.200 kg de grain par hectare, environ 2,5 à 3 fois plus que le rendement traditionnel. Cette amélioration repose sur:

-un semis précoce avec des variétés sélectionnées, traitées aux fongicides et aux insecticides;

-un démariage précoce;

-des sarclages facilités par l'arrachage des herbes avant l'arrivée de la crue, ces sarclages pouvant être faits avec des outils tirés par des boeufs;

-une fumure de 35 kg d'azote par hectare;

La seule dépense monétaire est l'achat d'engrais et de produits phytosanitaires qui représente 25 à 30 pourcent du supplément de récolte. Ces techniques sont donc très rentables.

21. La régularisation partielle de la crue par le barrage de Manantali et la suppression des remontées d'eaux saumâtres par le barrage de Diama diminuent les risques que l'irrégularité des crues faisait peser sur le sorgho de décrue. Dans les cuvettes où les cultivateurs sont assurés de pouvoir semer avant fin novembre sur des sols gorgés d'eau, une production de 1.000 à 1200 kg de grain par hectare est possible.

22. Des aménagements simples permettraient une garantie supplémentaire à la culture de décrue. En effet Manantali ne régularise que 45 pourcent du débit du Sénégal. Un exemple de ces aménagements a été étudié pour la cuvette de Dirol (USAID/ RBDO 1986) en Mauritanie. Il consiste en une digue permettant de retenir la crue pendant quatre à six semaines sur les terres cultivables avec des vannes pour l'entrée des eaux du fleuve. La production de sorgho de la cuvette serait multipliée par quatre; la régularisation de la submersion permettrait d'augmenter la surface moyenne cultivée et justifierait l'emploi de techniques plus intensives donnant de meilleurs rendements. Le coût des investissements serait de 900 \$ E.U. par hectare cultivable, les travaux étant faits à l'entreprise, sans participation des paysans. Si les bénéficiaires contribuaient par leur travail gratuitement aux terrassement de la digue, ce qui semblerait logique et qui est possible, le coût serait moindre et la rentabilité plus élevée. Avec le mode de réalisation prévu, la rentabilité du projet est évaluée à 20 pourcent, ce qui est excellent.

23. Les possibilités d'amélioration de la culture de décrue sont donc prometteuses. Tous les problèmes ne sont pourtant pas résolus. Etudes et expérimentations devraient reprendre sans tarder. Des études topographiques devraient préciser la localisation et l'étendue des hollaldés inondés en fonction des débits prévisibles du Sénégal en août et septembre. Pour chaque cuvette il conviendrait de déterminer la probabilité de l'inondation optimum compte-tenu de la variabilité subsistant dans le régime du fleuve. Les cartes topographiques et les hydrogrammes existants devraient permettre un première approche. Une enquête auprès des cultivateurs permettrait de recueillir leurs souvenirs récents sur les hauteurs et dates d'inondation des cuvettes où ils ont des champs. L'exploitation des couvertures photographiques SPOT prises pendant les crues donnerait alors des cartes d'inondation fiables.

24. Il faudrait déterminer aussi la hauteur et la durée de la submersion optimale. Cet élément dépend de la structure et de la perméabilité, c'est à dire du type de sol. Les études pédologiques disponibles semblent suffisantes pour localiser les différents sols de la vallée. Une enquête auprès des cultivateurs permettrait de réunir les connaissances qu'ils ont de la crue optimale dans chaque cuvette. Une expérimentation sur des sites représentatifs de la vallée permettrait de vérifier les résultats de l'enquête et d'analyser l'effet de différents types de submersion sur le stockage de l'eau dans le sol.

25. Une expérimentation agricole permettrait d'améliorer les techniques d'exploitation de la plaine inondable. Elle pourrait porter sur:

- la sélection des variétés de sorgho;

- les techniques de culture (préparation du sol, sarclage, fumure, lutte contre les parasites, amélioration des terres par amendements sableux ou calcaires). Le repiquage du sorgho qui est pratiqué dans d'autres plaines alluviales africaines pourrait être essayé;

- la mise au point de cultures dérobées après le sorgho comme le niébé ou les cultures fourragères (Castiaux 1970);

- l'amélioration des cultures de berges (légumes, fruits, tabac), ce programme étant moins urgent vu la surface réduite qui est consacrée à ces cultures;

- le reboisement des zones non cultivées par l'introduction d'essences forestières et fruitières;

- le mode d'exploitation des pâturages naturels.

26. Ces études pourraient donner des résultats rapidement. Il serait alors possible de choisir les cuvettes où les conditions naturelles sont favorables à une culture de décrue améliorée et de définir les caractéristiques des aménagements souhaitables. Ces éléments purement techniques ne sont pas les seuls à prendre en considération. L'intérêt porté par chaque groupe villageois à l'aménagement proposé, les problèmes fonciers sont au moins aussi importants pour le succès des actions. Lorsque les facteurs techniques et les aspects sociaux auront été précisés il serait alors possible de déterminer les coûts et bénéfices d'un programme d'ensemble pour l'amélioration d'ensemble des activités traditionnelles dans la vallée ce qui n'a jamais été fait. En se basant sur les données du projet Dirol il paraît évident que les résultats d'actions portant sur 100.000 hectares pourraient être spectaculaires.

IV. L'IRRIGATION

27. L'irrigation a toujours eu la priorité absolue dans les actions de mise en valeur de la vallée du Sénégal. Les premières tentatives, rapidement avortées, eurent lieu en 1926 à Richard-Toll. Puis, dès 1935 des programmes étaient envisagés. Les premiers travaux commencèrent après la fin de la dernière guerre mondiale. Les aménagements hydro-agricoles commencés au titre de l'état du Sénégal furent ensuite conçus dans un cadre inter-états aboutissant en 1972 à la création de l'Organisation Pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS) qui regroupe les états du Sénégal, de la Mauritanie et du Mali. Dans le seul domaine hydro-agricole le programme de l'OMVS prévoit, grâce à la construction des barrages de Diama et Manantali, l'aménagement de 375.000 ha irrigués dont 366.000 au Sénégal et en Mauritanie. L'objectif annuel est de 3.000 à 5.000 ha irrigués pour chacun de ces deux états. A partir de l'année 2030 la culture irriguée devrait avoir totalement remplacé la culture de décrue.

28. Le premier périmètre important fut créé à Richard-Toll pendant la période 1948-1958. Il couvrait 6.000 ha. La technique d'aménagement était simple: la submersion contrôlée. Une digue protégeait le périmètre contre les crues. Lorsque le niveau du Sénégal montait, l'eau était admise sur les terres cultivables par un ouvrage régulateur. Le périmètre était cultivé en riz par une société privée avec des ouvriers et un matériel motorisé important. Ce schéma rudimentaire fonctionna mal et fut donc perfectionné: l'eau fut alors pompée dans le fleuve, des diguettes intermédiaires limitèrent en tout point l'épaisseur de la lame d'eau à 25 cm. La société privée ayant fait faillite, l'exploitation fut reprise par une société d'état en 1961. En 1966 il fut décidé de remplacer le riz par la canne à sucre et l'exploitation en régie fut confiée à une autre société d'état, la Compagnie Sucrière du Sénégal (CSS). La surface totale du périmètre de la CSS était de 7.300 ha en 1985. Deux autres périmètres fonctionnant de manière semblable avec deux autres sociétés d'état produisent de la tomate industrielle sur 400 ha.

29. En 1965 fut créée la Société d'Aménagement et d'Exploitation du Delta (SAED) au Sénégal. Son activité fut ensuite étendue à l'ensemble de la vallée. En 1975 la Mauritanie créait la Société Nationale de Développement Rural (SONADER) chargée des actions agricoles sur l'ensemble du territoire national y compris la vallée du fleuve (SONADER 1985, SAED 1985a).

30. Ces deux sociétés d'état construisirent des périmètres irrigués de grande taille, plus de 1.000 ha chacun. Au début la méthode était la submersion contrôlée puis, comme à Richard Toll elle fut améliorée à partir de 1975: alimentation par pompage, diguettes intermédiaires, réseaux internes de distribution d'eau et de drainage, évacuation du drainage par pompage. La culture du riz était confiée à des colons groupés en coopératives pour faciliter le contrôle de la SAED ou de la SONADER. Celles-ci, en plus de la création et de l'entretien des aménagements, assuraient tous les gros travaux de culture (labours, battage) avec leur matériel mécanique; elles fournissaient aussi semences,

engrais et produits phytosanitaires; elles avaient le monopole de la collecte du paddy produit par les colons; elles usinaient ce paddy dans leurs rizeries et vendaient le riz. Le rôle des colons était essentiellement d'assurer les opérations culturales qui ne pouvaient être facilement mécanisées (semis, sarclage, récolte). Chaque actif cultivait environ un hectare. En 1985 la surface totale de ces grands périmètres de colonisation était de 13.000 ha dont 1.500 ha en Mauritanie et 11.500 ha au Sénégal.

31. A partir de 1974 la SONADER puis la SAED apportèrent leur concours à des villageois qui voulaient créer des périmètres irrigués. Ces aménagements sont de petite taille, 10 à 15 ha. La technique d'irrigation est le pompage à l'intérieur d'un périmètre protégé des crues par une digue. Les sociétés d'aménagement participent aux gros travaux (digue, canaux principaux, installation de la pompe) avec les intéressés; elles assurent ensuite l'entretien de la pompe et fournissent les semences ainsi que les produits nécessaires; elles assuraient l'usinage du paddy et la commercialisation du riz. Les paysans regroupés en une coopérative faisaient les aménagements terminaux ainsi que le planage final; ils exécutaient à la main tous les travaux de culture: labour, semis, sarclage, irrigation, récolte. Chaque actif cultive environ 0,25 ha. La surface totale ainsi aménagée était de 15.580 ha en 1985 dont 2.600 ha en Mauritanie et 13.250 au Sénégal.

32. En 1985 la SAED commença à créer des périmètres villageois d'une conception intermédiaire entre les deux types précédents. Le périmètre d'une surface de quelques centaines d'hectares est divisé en unités de base de 60 ha; chacune de ces unités relève d'une coopérative paysanne disposant de matériel motorisé et maître de sa gestion sous le contrôle de la SAED. Les travaux d'aménagement sont faits à l'entreprise avec des engins mécaniques. Les travaux agricoles et l'entretien du périmètre sont à la charge des membres de la coopérative. En 1985 cette méthode avait été appliquée sur 700 ha.

33. Depuis 1984, pour restreindre les déficits du secteur public, les gouvernements du Sénégal et de la Mauritanie ont décidé de limiter les interventions de leurs sociétés de développement, SAED et SONADER, à l'aménagement des terres et à la vulgarisation agricole. Leurs autres activités (approvisionnement des exploitations, traitement des récoltes, commercialisation, crédit agricole) devaient être progressivement reprises par le secteur privé ou des organismes spécialisés.

34. En 1985 la surface totale aménagée (SONADER 1985, SAED 1985a) était de 36.550 ha, dont 7.700 ha pour des entreprises agro-industrielles au Sénégal, 13.000 ha de grands aménagements et 15.850 ha d'aménagements villageois. Pendant les dernières années elle s'est accrue de 3.000 à 4.000 ha par an (2.500 ha à 3.000 ha au Sénégal, 500 à 1.000 ha en Mauritanie). Mais la surface cultivée n'était que de 90 pourcent de la surface aménagée et la surface récoltée que de 85 pourcent de la surface aménagée. Ces pertes sont dues soit à un aménagement insuffisant des périmètres (mauvais planage qui empêche l'irrigation ou le drainage) soit aux pannes de pompes qui n'ont pas été réparées en temps utile. Parfois des exploitants n'ont pas eu les moyens d'acheter le carburant dont

ils avaient besoin. L'amélioration des méthodes d'aménagement (de la submersion contrôlée à la maîtrise complète de l'eau par pompage) a permis de réduire les surfaces sinistrées de 25 pourcent à 5 pourcent en 20 ans.

35. La culture irriguée dans la vallée du Sénégal a donc atteint des résultats non négligeables. Elle est pratiquée par environ 20 pourcent des exploitants fournissant 16 pourcent de la production céréalière totale du Sénégal et 10 pourcent de celle de Mauritanie (Club des amis du Sahel 1977, FAO 1985).

V. LES PROBLEMES DES PERIMETRES IRRIGUES ET LES SOLUTIONS POSSIBLES

36. Les problèmes rencontrés lors du développement de l'irrigation dans la vallée du Sénégal sont considérables. Ceci n'est d'ailleurs pas surprenant car les conditions naturelles y sont très défavorables à l'irrigation, contrairement à ce qui a été généralement écrit. L'irrigation d'une plaine inondable par pompage dans le lit mineur d'un fleuve qui n'est pas complètement maîtrisé est en effet difficile. Ce type d'aménagement cumule même tous les handicaps imaginables. Il faut d'abord protéger le périmètre au moyen d'une digue insubmersible par les plus fortes crues prévisibles. L'expérience montre pourtant que des crues exceptionnelles, dites imprévisibles, peuvent se produire; or toute submersion brutale entraîne la destruction totale de l'aménagement ce qui ne s'est heureusement pas encore produit dans ce cas. De plus la plaine du Sénégal a un micro-relief tourmenté; chaque cuvette irriguée doit donc être protégée individuellement. Le rapport de la longueur de digue au nombre d'hectares protégés est ici plus élevé que dans les plaines alluviales où il suffit d'endiguer le lit mineur. Une certaine régularisation du fleuve par le barrage de Manantali ne permettra pas de se passer de digues ni même de diminuer sensiblement leur hauteur car la moitié du débit n'est pas contrôlée.

37. Il faut ensuite pomper l'eau d'irrigation du lit mineur jusqu'au périmètre. Il faut enfin évacuer l'eau de drainage par pompage lorsque la crue interdit son évacuation par gravité. Le riz n'est pas une plante de marais. De plus dans le delta, là où la nappe phréatique est salée, l'absence de drainage conduirait vite à une destruction quasi-irréversible des sols par remontée des sels. Ce type d'aménagement complexe est nécessaire. La preuve en est l'échec des méthodes rudimentaires d'aménagement (submersion contrôlée). Leur abondance a permis à la SAED de quadrupler le rendement du riz par hectare cultivé.

38. Ces difficultés naturelles ont été exacerbées par des programmes ambitieux impliquant un large recours à l'assistance technique et aux équipements motorisés. Des méthodes qui pouvaient être bonnes ailleurs ne conviennent pas forcément à une agriculture paysanne pauvre qui n'avait aucune expérience de l'irrigation.

Les méthodes d'aménagement et leur coût

39. La première conséquence des difficultés de l'irrigation dans la vallée du Sénégal est le coût très élevé des investissements. Suivant les documents ce coût est estimé, par hectare, être de 3 à 6 millions FCFA (11.000 à 22.000 \$ E.U.) sur les grands périmètres et de 1,0 à 1,5 millions FCFA (3.000 à 4.500 E.U.) pour les périmètres villageois (Sonader 1980, Koita 1986, SAED 1985b, Marchés Tropicaux 1981). Ces variations s'expliquent aisément. Notons tout d'abord que le coût de 3 à 4 millions FCFA cité par la SAED ne comporte pas toute la part supportée par la SAED considérée comme un service public. Cette contribution publique est certainement importante, mais aussi difficile à chiffrer.

Remarquons aussi que le coût doit varier beaucoup d'un périmètre à l'autre suivant leur localisation qui influe sur la hauteur et la longueur des digues. Le coût des petits périmètres villageois est beaucoup moins élevé à cause de la contribution en travail des exploitants aux aménagements (terrassements, planage final). Mais ces aménagements sont souvent très sommaires (SAED 1985b) et doivent être refaits après chaque crue importante ce qui, à la longue, finit par revenir cher (Boutillier 1980).

40. Les coûts d'investissement dans la vallée du Sénégal sont quatre à cinq fois ceux des pays du Sud-Est asiatique. Ce surcoût est dû, en plus des conditions physiques, à deux facteurs dont l'influence respective ne peut être facilement distinguée. Le premier élément est que les salaires et les coûts de matériel sont beaucoup plus élevés en Afrique de l'Ouest que dans le Sud-Est asiatique. L'autre élément tient à la méthode de développement employée dans la vallée du Sénégal. Le rôle essentiel ici a été donné à des organismes administratifs travaillant en régie et non aux exploitations paysannes ou privées. Or, dans tous les pays du monde, l'administration est le moins efficace des producteurs de biens et services.

41. Ces coûts ne baisseront pas si les méthodes de mise en valeur ne changent pas. Bien au contraire il est probable qu'ils augmentent (République du Sénégal, 1984). En effet, au fur et à mesure que les surfaces irriguées augmenteront, les nouveaux projets seront situés sur des terres de moins en moins propices; les terres seront plus basses, plus loin du fleuve ce qui demandera des travaux plus importants. Ainsi la plupart des périmètres villageois sont aujourd'hui construits sur des terres de fondé, situées à une altitude plus élevée et donc plus faciles à protéger des crues. Ce ne sera plus la même chose sur des terres hollaldé.

42. Deux solutions sont envisagées au Sénégal (République du Sénégal 1984) pour réduire le coût des investissements: passer des marchés de travaux plus importants avec des formalités administratives simplifiées; l'utilisation du corps du génie militaire. Il est estimé que le parc national d'engins de terrassement est suffisant pour aménager 4.000 ha par an. Une exécution plus rapide des marchés de l'état est supposée permettre une réduction des coûts de 5 à 10 pourcent. Une utilisation plus régulière des entreprises locales de travaux publics permettrait éventuellement une baisse supplémentaire de 20 à 25 pourcent d'après l'expérience des marchés concurrentiels. Le recours à l'armée ne ferait que transférer d'un service de l'état à un autre la charge financière des aménagements. De plus ceci risquerait de déséquilibrer le marché relativement étroit des travaux publics. Au total, il ne paraît guère possible d'espérer une diminution excédant 25 % des investissements par ces procédés. Et encore ceci implique que des engagements financiers à long terme soient disponibles pour lancer les programmes.

43. Une autre solution pourrait être envisagée: le recours à la main d'oeuvre familiale des exploitations paysannes. La quasi-totalité des périmètres irrigués dans le monde ont été construits par les cultivateurs eux-mêmes sans financement extérieur, que ce soit dans la

vallée du Nil, au Sri Lanka ou dans le Sud-Est asiatique. Ces aménagements ont demandé du temps, mais ils existent et fonctionnent bien. Leur extension ou modernisation sur financements étrangers ne représentent qu'une infime partie, probablement moins de 1 pourcent de ce que les cultivateurs avaient déjà créé. Or dans la vallée du Sénégal le potentiel de travail est largement sous-employé et le capital est rare. L'aménagement de nouvelles terres cultivables pourrait donc être basé davantage sur les cultivateurs que sur les machines. L'exemple des périmètres villageois montre que le coût des investissements est alors divisé par trois.

44. Il semblerait ainsi justifié de donner une priorité absolue aux périmètres villageois. Ceci implique un changement des méthodes d'intervention. Au lieu de faire elles-mêmes les travaux ou de les faire faire par des entreprises spécialisées, les sociétés de développement doivent apprendre aux paysans à les réaliser et les guider dans leurs efforts. L'aide technique aux exploitants demande des cadres très compétents dans la conception et l'exécution des travaux d'aménagements manuels: terrassement, compactage des digues, creusement et étanchéification des réseaux de distribution, planage, entretien des ouvrages et des pompes. Tous ces travaux peuvent être faits à la main ou avec du matériel léger. Encore faut-il les apprendre aux exploitants; et, pour cela que les agents d'encadrements et leurs supérieurs les connaissent et les ai pratiqués. Ceci est particulièrement vrai du planage cité comme l'un des points les plus faibles des aménagements dans la vallée du Sénégal. Or on admet que le planage représente la moitié du coût des aménagements terminaux. Un excellent planage peut être fait sans engin motorisé: ceci ne sont jamais employés dans les rizières des pays où cette culture est traditionnelle.

45. La conception générale des aménagements devrait être adaptée aux nécessités du travail manuel. Il conviendrait notamment de réduire la taille des parcelles individuelles pour faciliter le planage. Les plans d'aménagement sont souvent basés sur des parcelles de 0,50 ha, surface justifiée pour l'emploi de matériel motorisé (GERSAR 1980). Or en divisant par un facteur (n) la surface des parcelles individuelles on divise par (n) le volume de terre à transporter; lorsque les parcelles sont cultivées avec des animaux, leur surface peut ne pas dépasser 0,1 à 0,2 ha et le travail de planage serait alors divisé par trois ou cinq. C'est d'ailleurs la solution retenue par tous les riziculteurs traditionnels. Ainsi en pays Betsileo, à Madagascar, où tout le travail est fait à la main (aménagement et exploitation), les parcelles sur les pentes les plus fortes ne dépasse pas quelques mètres carrés. De même en pays Kabré, au Togo, où les terrasses ne sont pas utilisées pour l'irrigation, mais pour lutter contre l'érosion.

46. Il serait aussi possible de réduire les terrassements en tenant compte de la vocation des sols. Les sols fondé ne devraient pas être cultivés en riz car ils sont trop perméables. Le riz devrait être réservé aux sols hollaldé. Or le riz est largement cultivé sur sols fondé dans les périmètres villageois. Le riz est irrigué par submersion ce qui nécessite des parcelles à sol parfaitement horizontal pour que la lame d'eau ait partout une épaisseur

constante. Mais les autres cultures mieux adaptées aux sols fondé sont irriguées à la raie. Dans ce cas il est inutile de niveler les parcelles à l'horizontale; il suffit de supprimer les bosses et les creux du terrain pour obtenir une pente uniforme; le principe est que l'eau doit pouvoir circuler partout sans stagner nulle part. Une pente naturelle dans chaque parcelle est même utile car elle facilite le drainage. Dans tous les pays où le riz est cultivé en rotation avec d'autres cultures comme le soja ou le maïs, les cultivateurs construisent des billons après la récolte du riz pour faciliter le drainage de la deuxième culture. Ces billons sont ensuite nivelés pour la prochaine culture de riz. Cette rotation demande beaucoup de travail et une parfaite maîtrise du nivellement. Elle ne peut être envisagée que dans les pays où les cultivateurs ont une longue expérience de l'irrigation.

47. L'aide de l'état devrait consister surtout en conseils techniques et en formation, non en subventions. Si les agriculteurs estiment que leur temps disponible est mieux employé à autre chose qu'à construire des périmètres irrigués, les subventions publiques aux aménagements ne feraient que déséquilibrer l'économie locale. Un inconvénient additionnel bien connu des dons est de diminuer le sens des responsabilités de ceux qui les reçoivent. Des prêts seront nécessaires pour l'achat des pompes et de matériel, seules dépenses financières de ces investissements. Il devrait être bien précisé que tout prêt doit être remboursé avec les intérêts convenus.

48. Si la priorité est donnée aux périmètres villageois, la localisation des projets ne devrait plus tenir compte seulement de critères physiques. Au lieu de choisir les zones où la topographie et les sols se prêtent le mieux à l'irrigation il conviendrait de prendre d'abord en considération l'intérêt manifesté par les villageois. L'aptitude de la collectivité à entreprendre cet investissement et à le gérer sont aussi des critères décisifs. Les économies d'échelle étant notables en matière de polders, plus le groupe sera nombreux plus la réalisation sera aisée.

49. En accordant la priorité à l'initiative villageoise, le rythme annuel des extensions n'atteindra très probablement pas les 3.000 à 5.000 ha espérés. Mais cet objectif ambitieux est largement supérieur aux réalisations passées. De plus il requiert des financements extérieurs qui n'ont jamais été obtenus. Le coût total du programme d'aménagements irrigués sur la base des investissements par hectare dans les grands périmètres serait de l'ordre de six à neuf fois celui de deux barrages.

50. Le programme d'irrigation pourrait aussi faire appel à des entrepreneurs individuels disposant de capitaux et employant des ouvriers salariés. Le rôle des sociétés de développement serait alors de les aider à trouver des terres libres et de leur fournir les conseils techniques dont ces entrepreneurs pourraient avoir besoin. La faible rentabilité commerciale des cultures de céréales irriguées ne permet pas d'espérer que ces entreprises privées joueront un rôle important. Elles pourraient toutefois trouver une place dans les productions maraîchères ou d'autres spéculations à forte valeur ajoutée, mais dont le

marché est étroit. En 1985 les exploitations irriguées privées ne couvraient que 205 ha sur la rive gauche Sénégalaise (SAED 1984).

Les modes de production et leur coût

51. Les périmètres irrigués sont cultivés surtout en riz, ce qui occupe 80 pourcent des surfaces, non compris les aménagements agro-industriels. Cette prédominance est surprenante car la majorité des périmètres ne sont pas sur des sols à vocation rizicole. Ceux qui ont été créés par des groupes villageois sont sur sols fondé sont la vocation est le maïs, le sorgho ou le niébé. Cette prédominance tient probablement à la politique des sociétés de développement qui achetaient et transformaient le paddy. Les autres cultures telles que la tomate (6 pourcent de la surface non agro-industrielle), maïs et sorgho (15 pourcent de la même surface) sont faites en saison sèche mais non en rotation avec le riz. Il n'y a jamais double culture sur ces périmètres.

52. La première cause de l'absence de double culture était, dans le delta, le manque d'eau douce puisque, en saison sèche, l'eau salée remontait dans le fleuve. Cette raison n'était pas aussi valable dans la moyenne vallée. Elle disparaît avec la construction des barrages. Une autre cause était le mauvais état du matériel, largement utilisé sur les grands périmètres mais souvent en panne au moment des labours (World Bank 1979). Les semis étaient retardés puis, par contrecoup, tout le calendrier cultural ne laissant plus le temps à une deuxième culture. Sur les petits périmètres les fréquentes pannes de pompes (Boutillier 1980, Seymour, McPherson et Harman 1985) et le travail uniquement manuel pouvaient aussi décaler le cycle cultural.

53. La culture attelée, pourtant bien connue au Sénégal, n'est pas utilisée dans les cultures irriguées. Sa possibilité est évoquée mais les seuls programmes précis proposent la création de Coopératives d'Utilisation du Matériel Agricole (CUMA). La SAED (1985b) propose d'équiper chaque unité de 60 ha irrigués d'une CUMA possédant un tracteur de 60 cv avec ses équipement dont le coût est estimé à 16 millions FCFA, équivalent à \$1.000 par hectare. Avec ce matériel la surface qui pourrait être cultivée par un actif devrait passer de 0,25 ha à 0,75 ha (République du Sénégal 1984). Une famille de dix personnes étant supposée compter deux actifs, cette motorisation devrait lui permettre de cultiver 1,5 ha au lieu de 0,5 ha actuellement. Il est pourtant admis que sur une famille de dix personnes, la moitié participe aux travaux agricoles selon ses capacités. De plus l'expérience classique de la riziculture en Extrême-Orient montre qu'une famille de sept à huit personnes, dont trois à quatre participent aux travaux, cultive deux ha de rizières dont 60 pourcent en double culture (c'est à dire 3,20 ha pendant l'année) grâce à l'utilisation des animaux de trait. Il serait donc urgent de donner la priorité à l'introduction de la culture attelée sur les terres irriguées. Le bétail dressé existe dans les pays riverains ainsi que les équipements aratoires et de transport, à l'exception des herse à niveler.

54. Ce bétail de trait serait l'occasion d'associer élevage et culture irriguée. Il pourrait être nourri avec les sous-produits de récoltes (pailles et son de riz, rafles de maïs). Ultérieurement des cultures fourragères seraient introduites dans la rotation. Les animaux de trait pourraient être engraisés sur l'exploitation à la fin de leur carrière. Progressivement cette embouche serait étendue aux meilleurs éléments des troupeaux nomades. La SAED (République du Sénégal 1984) envisage l'introduction de buffles pour travailler les sols irrigués, estimant les bovins inaptes à ces cultures. Or les riziculteurs de Madagascar et de l'Inde ont montré, depuis des siècles, que les bovins peuvent parfaitement être utilisés en rizières. Le buffle utilisé notamment en Egypte et dans le Sud-Est asiatique présente de nombreux inconvénients: faible taux de reproduction, sensibilité aux maladies, temps de travail journalier relativement réduit. Son introduction à titre expérimental ne devrait pas faire oublier que la force de traction nécessaire à la vallée du Sénégal existe déjà sur place.

55. Si une certaine motorisation s'avérait indispensable, elle pourrait avantageusement être orientée vers les petits motoculteurs rustiques. Ces modèles ont été mis au point dans les années 1960 par l'International Rice Research Institute (IRRI) aux Philippines. Ce type de motoculteur de 5-7 cv, et non les modèles lourds et perfectionnés construits en Europe et au Japon, coûtait 1/10 d'un tracteur à roues importé de 45 cv, soit 750 \$ E.U. contre 76.000 \$ E.U. en 1976. Il est largement utilisé pour le labour des rizières et l'entraînement des batteuses. L'IRRI met ses plans à la disposition des industriels qui voudraient le construire, ce qui serait possible au Sénégal.

56. Le riz est semé en place et non repiqué. Le repiquage permettrait de réduire la consommation d'eau puisqu'il raccourcit la durée d'occupation des rizières de 20 à 25 jours. Le supplément de travail (20 à 25 jours par ha) est partiellement compensé par la suppression d'un ou deux sarclages sur les terres de la vallée où les mauvaises herbes sont dangereuses. Les cultivateurs utilisent des engrais chimiques à doses assez élevées. Les rendements par hectare sont corrects: de l'ordre de quatre tonnes de paddy par hectare semé et 4,75 par hectare récolté (SONADER 1985, SAED 1985b). Le rendement du maïs est bon, trois tonnes par hectare (SONADER 1985). Les rendements ont sensiblement augmenté en 20 ans (SAED 1985a). Pendant la période 1965-1975 celui du riz était estimé à une moyenne de 1,50 tonnes par ha contre 4,75 aujourd'hui.

57. Le principal problème technique est la difficulté d'irrigation due à un mauvais planage. Des différences de niveau allant jusqu'à 20 cm dans une même parcelle ont été constatées. Le riz manque alors d'eau dans les parties hautes ou est submergé et étouffé dans les parties basses. De nombreux champs sont envahis par le riz sauvage, *Oryza Barthii*; cette graminée spontanée dans les vallées de l'Afrique de l'Ouest est très difficile à extirper surtout avec semis direct sur des parcelles mal planées. Le riz sauvage prolifère dans les parties basses et ne peut pas être arraché pendant les premières semaines de croissance des jeunes semis. Un labour à la charrue sur terre nue et sèche permet

d'extirper les rhizomes du riz sauvage; le repiquage laisse ensuite le temps d'arracher ses repousses.

58. Les recherches devraient être poursuivies pour l'intensification de la culture irriguée. Les principaux efforts pourraient porter sur les points suivants:

- utilisation de la culture attelée pour le planage, le labour et les sarclages;
- sélection et introduction de variétés à court cycle (riz, maïs, sorgho, niébés) permettant une double culture;
- rotations culturale., sur les différents types de sol avec la fertilisation correspondante;
- lutte contre les parasites et les mauvaises herbes;
- cultures fourragères pour l'engraissement du bétail.

59. Une étude de 1980 (Boutillier) estimait les coûts d'exploitation au Sénégal, par hectare sans la main d'oeuvre, à 129.000 FCFA (460 \$ E.U.) pour les grands périmètres. Ce chiffre était ramené à 76.700 FCFA (274 \$ E.U.) grâce aux subventions accordées aux engrais, carburants et travaux mécaniques. Ces coûts étaient équivalents respectivement à trois tonnes et 1,8 tonnes de paddy. Le pompage de l'eau d'irrigation représentait 33 pourcent du total, les travaux mécaniques 39 pourcent, le reste étant constitué par les engrais et les semences. Ils ne comprenaient ni l'amortissement ni l'entretien des aménagements ni les frais généraux de la SAED. Ce document estimait le coût de production des petits aménagements à 30.000 - 50.000 FCFA par hectare (110 à 180 \$ E.U.). La SAED estime (République du Sénégal 1984) le prix de revient total du paddy sur les grands aménagements à 99 FCFA par kg (35 \$ E.U.) dont les composantes sont les suivantes:

	coût total FCFA/kg	dont subvention FCFA/kg
culture	21,22	8,32
rémunération des colons	26,10	
entretien	5,78	5,78
amortissement matériel	16,50	16,50
amortissement aménagement	15,93	15,93
encadrement	13,44	13,44
assistance technique	13,45	13,45
Total	<u>112,42</u>	<u>73,42</u>
total sans assistance technique	98,67	59,97

Ceci correspond à une prise en charge par l'état de 61 pourcent du prix de revient final sans tenir compte de l'assistance technique. En y ajoutant les coûts d'usinage et de

commercialisation le prix de revient du kilogramme de riz serait d'environ 150 FCFA (54 \$ E.U.).

60. Une autre étude (Koita 1986) faite en Mauritanie estime les coûts d'exploitation par hectare à 50.000 UM (1087 \$ E.U.) sur les grands périmètres et 16.700 UM (363 \$ E.U.) sur les petits périmètres hors main d'oeuvre familiale. En y ajoutant l'amortissement et l'entretien des aménagements le coût annuel par hectare monte à 140.000 UM (3.045 \$ E.U.) sur les grands aménagements et 80.500 UM (1.750 \$ E.U.) sur les petits. Le montant des subventions par rapport au coût de production était de 75 pourcent sur les grands périmètres et de 58 pourcent sur les petits. Le prix de revient du kilogramme de paddy était estimé par la SONADER (1985) à 16 UM (35 \$ E.U.). Le montant des subventions, hors amortissement, entretien et main d'oeuvre familiale était estimé à 17.300 UM (376 \$ E.U.) par hectare pour le riz et 89.000 UM (1935 \$ E.U.) pour le maïs.

61. Les différences entre ces estimations sont dues aux variations dans le temps et, probablement, aux méthodes de calcul. Mais toutes ces études montrent bien que les coûts de production sont ici très élevés. Le riz produit dans la vallée du Sénégal revient 50 à 100 pourcent plus cher que le riz importé de Thaïlande livré à quai à Dakar. Ce différentiel peut être gommé par des mesures douanières ou financières si les gouvernements concernés les décident. Mais il convient néanmoins de remarquer que les exploitations paysannes d'un pays où le produit national brut par tête est environ le double (en \$ E.U., Thaïlande 800, Sénégal 370, Mauritanie 420 en 1985) peuvent vendre du riz à un prix CIF moitié du prix FOB de la vallée du Sénégal. Ces études montrent aussi que les coûts de production sont moins élevés sur les périmètres villageois moins mécanisés. La motorisation coûte cher, et surtout en devises étrangères, matériel, pièces de rechange, carburants et lubrifiants étant importés. Il apparaît enfin que le prix de revient du maïs est inférieur à celui du paddy, car il demande moins d'eau.

62. L'irrigation coûte cher à l'état. Celui-ci doit prendre en charge l'entretien et l'amortissement des aménagements. Ce problème est fréquent dans de nombreux pays pour les grands périmètres construits par la puissance publique. La perception de redevances couvrant au moins l'entretien est un point de friction endémique sur tous les périmètres modernes en zone tropicale. Il est aggravé ici par le coût considérable des investissements consentis. Les subventions aux engrais, carburants et travaux mécanisés sont des charges additives. L'expérience a montré que si les subventions peuvent faciliter l'introduction d'une nouvelle technique, elles sont désastreuses à long terme. Les cultivateurs ressentent très vivement leur suppression perçue comme une brimade. Il est classique de constater une chute brutale de la consommation d'engrais quand son prix augmente brusquement à l'arrêt des subventions. Or pour faire supporter aux cultivateurs le coût réel de ses prestations la SAED propose (République du Sénégal 1984) d'augmenter de 100 pourcent le prix de l'irrigation et de 350 pourcent celui des labours. La SONADER dans la même optique prévoit d'augmenter le prix de l'engrais de 50 pourcent.

63. Toutes ces charges grèvent lourdement le bilan des sociétés régionales de développement. La SONADER (1985) est déficitaire depuis des années. Son endettement envers des tiers autres que l'état se montait à 188 millions UM (4 millions \$ E.U.) en 1985 pour un budget total, investissement et fonctionnement, de 843 millions UM (18 millions \$ E.U.). La SAED, faute de moyens financiers pour un entretien régulier, estimait (République du Sénégal 1984) que 6.000 ha de ses périmètres devaient être remis en état. Des coûts de production excessifs freinent aussi le développement de la production au niveau des exploitants. Ceux-ci devraient disposer de ressources monétaires abondantes pour payer les engrais, les frais de pompage et les travaux mécanisés. Or ils ne les ont pas. Ils pourraient demander un prêt aux sociétés de développement régional ou à des organismes de crédit agricole. Il est probable que beaucoup hésitent et limitent donc leurs surfaces irriguées, surtout lorsque le remboursement absorbe 1/3 à 1/2 de la récolte.

64. Il est impératif d'améliorer la rentabilité des cultures irriguées. Le principal objectif devrait être, comme pour les investissements, de baisser les coûts de production car les rendements des cultures sont déjà corrects. Il faut aussi arriver à une utilisation plus longue des terres irriguées; il est plus facile d'amortir les investissements et de supporter les frais de leur entretien avec deux cultures par an au lieu d'une. Les méthodes classiques en culture irriguée paysanne pourraient inspirer un programme d'amélioration dans la vallée du Sénégal. Le premier élément serait de respecter la vocation des sols; le riz sur les sols les plus lourds; mais, sorgho ou niébés sur les sols fondé. Ceci diviserait par trois la consommation d'eau en périmètres sur sols fondé. Pour permettre la double culture il faudrait introduire la culture attelée sur une grande échelle. Elle permettrait de préparer les sols rapidement et donc de respecter un calendrier agricole serré. Elle permettrait aussi d'étendre les surfaces par exploitation. Son coût financier est très faible compte-tenu de la plus-value des animaux quand ils sont revendus pour la boucherie.

65. La motorisation coûteuse devrait être limitée aux cas où elle est indispensable: premier labour sur des sols très lourds. Des variétés de riz à court cycle (100 à 120 jours) existent et devraient être employées pour libérer les terres plus tôt. Le repiquage permettrait d'économiser 200 m³ d'eau de pompage et de gagner des jours en début de campagne. Même si des recherches complémentaires sont utiles ces techniques de base sont connues et pourraient être vulgarisées sans délai. L'effort le plus important devrait porter sur la formation des agents d'encadrement et les chefs d'exploitation. Cette formation devrait être essentiellement pratique. Les agents d'encadrement doivent toujours être capables de montrer eux-mêmes les gestes des techniques qu'ils conseillent. Le mauvais entretien des périmètres villageois et la faible surface cultivée par famille doivent venir, en partie, de l'ignorance des pratiques de l'agriculture irriguée.

Organisation des périmètres irrigués

66. De sérieux problèmes d'organisation de la production sont apparents tant au niveau des exploitations qu'à celui des sociétés de développement ou à celui de la coordination régionale. Il est admis par tous qu'une bonne organisation est la clé du succès des opérations de développement rurale. Mettre cette idée banale en pratique n'est pourtant pas facile comme tant d'échecs l'ont prouvé.

67. Au niveau des exploitations, la bonne marche d'un périmètre requiert une bonne cohésion des participants et une forte autorité des leaders du groupe. Ceci s'applique à l'irrigation comme aux cultures de décrue améliorées, ces deux types de culture demandant un strict contrôle de l'écoulement de l'eau. Des dates doivent être fixées et respectées pour l'admission de l'eau et son évacuation. Ces dates s'imposent à tous ceux qui dépendent d'une même source d'eau ou d'un même drain; ils doivent donc tous préparer leur champ ou le récolter à la même période. La répartition de l'eau entre les irrigants doit aussi être réglementée. Il faut également regrouper tous les exploitants pour entretenir et réparer les digues, canaux et ouvrages de répartition; dans le cas des digues cet entretien doit être prioritaire sur toute autre activité. L'histoire des échecs dus à l'absence d'autorité ou à la cohésion insuffisante des groupes d'irrigant est longue et universelle. Sur tout périmètre il faut un responsable donnant des ordres qui soient exécutés, que ce soit un membre de la coopérative choisi par ses pairs ou une autorité traditionnelle.

68. Les études (Schmitz 1986, Horst 1986) montrent que ces problèmes se posent aussi dans la vallée du Sénégal. Dans cette région coexistent des groupes ethniques où l'autorité des responsables villageois est plus ou moins bien reconnue, où les traditions collectives sont plus ou moins fortes. A cette diversité sociale s'ajoute la complexité des droits fonciers. Il paraît donc indispensable dans tout programme d'irrigation, comme il l'a déjà été écrit, de ne pas donner la priorité aux sols, à la topo-graphie ou à l'hydrologie. Ces éléments sont, en définitive, secondaires par rapport aux critères sociaux qui sont les véritables garants du succès des aménagements à long terme.

69. Au niveau des organismes de développement le problème est d'apporter aux exploitants l'aide nécessaire, et seulement ce qui est indispensable. L'aide publique ne doit jamais se substituer à l'initiative des individus et des groupes sociaux. Cette priorité à donner à l'esprit d'entreprise peut se traduire par un retard dans le développement des irrigations. Il est facile pour un service public d'aménager un périmètre s'il dispose des crédits voulus. Mais, à long terme, l'aide publique sera plus efficace si elle est relayée par les efforts personnels des bénéficiaires. Sinon, comme le prouve l'expérience de la SAED et de la SONADER, les organismes publics sont amenés progressivement à prendre en charge des aspects de plus en plus nombreux de la production. Ils commencent par les aménagements puis les entretiennent, les labourent, achètent la récolte, la transforment

et la vendent. La démonstration de l'intérêt de l'irrigation est maintenant largement faite. Aux exploitants de prendre le relais.

70. Les gouvernements du Sénégal et de Mauritanie ont très justement décidé de limiter les activités des sociétés de développement aux seuls secteurs où la puissance publique est irremplaçable; recherche, vulgarisation, formation, contrôle. Les moyens de l'état, qui ne sont pas infinis, pourront alors être concentrés sur les points essentiels. Il est prévu que des organismes spécialisés (crédit agricole) et des sociétés privées (approvisionnement, commercialisation, usinage) reprendront ces activités qui relevaient jusque là de la SAED et de la SONADER. Les travaux agricoles mécanisés, lorsqu'ils sont nécessaires, pourraient aussi être l'activité de sociétés privées. L'expérience a montré que les entrepreneurs privés de travaux agricoles sont toujours plus efficace et moins coûteux que les coopératives. Le problème est dans la transition de l'activité multiforme de SAED et SONADER à l'activité spécialisée privée. Les agriculteurs ne doivent en effet pas être brusquement confrontés à la disparition de services auxquels ils étaient habitués et dont ils ont besoin. Des prêts et un appui technique pourraient être accordés aux entreprises qui accepteraient d'étendre leur champ d'action dans la vallée du Sénégal. Ce pourrait aussi être l'occasion de supprimer les subventions aux exploitations.

71. Le lit mineur du fleuve est la frontière administrative entre Sénégal et Mauritanie. Mais les problèmes techniques sont identiques sur la rive droite et la rive gauche. Les populations sont également les mêmes. Beaucoup d'exploitants ont des champs des deux cotés. Une grande partie des troupeaux nomades au Sénégal appartiennent à des pasteurs mauritaniens. Une étroite coordination entre les activités de développement du Sénégal et de la Mauritanie dans la vallée est souhaitable. Elle n'a pas toujours existé (SAED 1985b). En 1983 le prix de vente des engrais était de 45 FCFA/kg au Sénégal et de 84 FCFA/kg en Mauritanie alors que le prix d'achat du paddy était de 60 FCFA/kg au Sénégal et de 87,5 FCFA/en Mauritanie. Les cultivateurs essayaient donc d'acheter leur engrais au Sénégal et de vendre leur paddy en Mauritanie. L'opération était bénéfique pour ceux qui cumulaient les subventions mais non pour les états qui les supportaient.

72. Le même besoin de coordination s'impose pour les recherches agronomiques. Les deux états manquent de personnel qualifié et de moyens financiers pour cela. Actuellement trois organismes s'en occupent: l'OMVS, le Centre National de Recherches Agronomiques et de Développement (CNRADA) en Mauritanie et l'Institut Sénégalais de Recherches Agronomiques (ISRA) au Sénégal. S'y ajoute une organisation internationale, l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO). Il est indispensable que ces quatre organismes coopèrent étroitement. Les objectifs et les programmes doivent être fixés conjointement. Les tâches doivent ensuite être réparties selon les moyens de chacun. Les résultats doivent enfin être mis en commun. Il faut supprimer tout double emploi, toute répétition.

73. La lutte contre les ennemis des cultures, principalement oiseaux et sauterelles, requiert aussi une action commune de tous les états riverains. Une organisation interétats existait pour cela, l'OCLALAV. Faute d'entente entre les participants son activité a été très fortement réduite. Le danger d'une telle situation a été clairement démontré par la récente invasion de sauterelles qui ne se serait jamais produite si l'OCLALAV était restée ce qu'elle avait été.

VI. CONCLUSIONS ET PROPOSITIONS

74. Toutes les productions des exploitations rurales de la vallée du Sénégal peuvent être améliorées avec des techniques connues. Mais ces améliorations sont à plus ou moins longue échéance et demandent des modifications plus ou moins profondes des traditions rurales. En outre leurs effets ne sont pas tous aussi marquants.

75. L'amélioration des cultures pluviales sur le diéri demande peu d'investissements financiers. Mais elle implique un changement radical des traditions foncières et pastorales. Ses résultats moyens sont relativement peu sensibles compte-tenu de l'irrégularité des pluies. Ce genre d'intervention pourrait donc être considéré comme à très long terme. Ceci ne veut pas dire qu'il doive être négligé mais, au contraire, qu'il doit être basé sur l'éducation et la démonstration plus que sur des aides matérielles importantes. En ce domaine l'action politique prime l'action technique.

76. Les cultures de décrue peuvent être améliorées rapidement et nettement. Leur amélioration est facile et ne soulève aucun problème social ou foncier majeur. Des investissements d'une certaine importance sont nécessaires. Mais leur sécurité est accrue après la construction du barrage de Manantali qui réduit le risque de crues insuffisantes. L'amélioration des cultures de décrue devrait donc être une action prioritaire. Ceci permettrait d'obtenir, dans le plus brefs délais et pour le coût minimum, un effet notable sur la production des exploitations. Ceci devrait permettre de gagner la confiance des agriculteurs. Le seul inconvénient des cultures de décrue est de mal valoriser l'eau. En estimant à un mètre l'épaisseur de la lame d'eau nécessaire à un bon sorgho de décrue, 10.000 m³ d'eau donnent seulement 1.200 kg de grain. Cette action prioritaire ne peut donc pas être l'objectif final des programmes de développement.

77. Les cultures irriguées ont le potentiel de production le plus élevé dans la vallée. Elles donnent à l'eau sa productivité maximum; ainsi avec 10.000 m³ d'eau on peut irriguer un hectare de riz donnant 4.500 kg de paddy soit 2.900 kg de riz, ou trois hectares de maïs donnant 6.000 à 7.500 kg de grain. Mais les cultures irriguées demandent des investissements considérables et une profonde modification de l'organisation traditionnelle des activités agricoles. A long terme les cultures irriguées doivent être l'objectif des programmes de développement dans la vallée du Sénégal.

78. Les aménagements hydro-agricoles devraient faire appel surtout au travail humain dont le potentiel est largement sous-exploité en agriculture. Dans des pays comme les états riverains du Sénégal, il convient de réduire au strict minimum l'investissement financier, car les ressources monétaires nationales sont rares et chères. Les bénéficiaires devraient fournir la plus grande part du travail requis par la construction et l'exploitation des périmètres, la culture attelée augmentant leur efficacité.

79. Réduire les dépenses financières est particulièrement impératif pour des exploitants dont la production est, pour sa plus grande part sinon totalement, autoconsommée. Surtout en début de programme, la surface irriguée par exploitation est trop petite pour produire beaucoup; lorsque les besoins familiaux sont couverts, le surplus disponible pour la vente ne permet pas d'envisager des techniques coûteuses.

80. Il serait donc capital d'obtenir la participation active des collectivités rurales aux programmes proposés pour le développement de l'irrigation. Cette participation, tout en réduisant les charges incombant à l'état, serait également une garantie pour l'avenir. Les cultivateurs entretiennent mieux ce qu'ils ont construit que ce qui leur a été donné par l'état. Pour obtenir l'adhésion des exploitants aux programmes de mise en valeur, l'expérience a montré qu'il était bon de s'attacher à résoudre leurs problèmes immédiats. Les actions à long terme ne font pas oublier les difficultés journalières. Il serait donc judicieux de commencer par une action dont les résultats sont rapides, c'est à dire sur les cultures de décrue, avant de s'attaquer à des actions à long terme comme les cultures irriguées. Cette succession est d'autant plus logique que les aménagements construits pour les cultures de décrue peuvent souvent être perfectionnés, pour un coût modique, afin de les adapter en vue de l'irrigation. Un exemple en est donné par le projet Dirol (USAID/RBDO 1986).

81. Toutes ces actions doivent être conduites dans le cadre de collectivités villageoises. Aucune des techniques d'amélioration de l'agriculture traditionnelle de la vallée de Sénégal ne peut être appliquée par un cultivateur isolé. Ceci n'exclue pas les initiatives individuelles, mais elles ne peuvent s'exprimer que si tous acceptent de s'y associer. Les programmes de développement dans la vallée du Sénégal reposent sur la cohésion des collectivités et l'ascendant de leurs responsables.

82. Il devrait aussi être envisagé de créer des périmètres irrigués pour des colons et par des capitalistes privés. En estimant que la moitié des exploitations traditionnelles soit intéressée par l'irrigation, soit 50.000 à 75.000, et que chacune d'elles cultive 2,5 ha, la surface traditionnelle irriguée atteindrait 125.000 à 180.000 ha. Le total irrigable en fonction des ressources en eau prévues est de 360.000 ha. La surface irriguée en colonisation ou privée pourrait donc être de même ordre de grandeur que la précédente. Il a déjà été souligné (voir para. 50) que les périmètres privés seront probablement limités. Les méthodes d'aménagement et de culture des périmètres de colonisation ne devraient pas être très différentes de celles des exploitations traditionnelles. Rareté des capitaux et rentabilité financière, ces deux faits sont vrais pour les colons comme pour les paysans de villages. Les colons devraient donc participer aux travaux de construction. Mais, n'ayant d'autres ressources sur place, les sociétés de développement devraient leur apporter une aide pour qu'ils puissent subsister jusqu'à l'entrée en production de leurs champs. Pour réduire les temps de construction une certaine mécanisation des gros terrassements (digue périphérique) pourrait être économiquement justifiée. La double culture et l'utilisation

des animaux de trait seraient impératives pour amortir des investissements publics plus lourds.

83. L'organisation des colons en collectivités d'exploitants irrigués sera la clé du succès pour que la gestion des périmètres ne soit pas source de conflits perpétuels. Les difficultés de mise en place de ce type d'organisation sur les projets de colonisation sont bien connues. Là encore les représentants de l'état doivent éviter d'être obligés de prendre en charge des problèmes qui devraient être résolus par les colons et leurs organisations. L'exemple classique est la répartition de l'eau entre les irrigants. Il faut une aide publique mais, si l'état est omniprésent, l'initiative des groupes est étouffée.

84. Les barrages de Diama et de Manantali améliorent les conditions hydrauliques dans la vallée. Mais, 50 pourcent seulement du débit sera régularisé. Le niveau du fleuve ne sera pas constant même si ses variations extrêmes seront statistiquement atténuées. Des risques de sécheresse ou de crues dévastatrices subsisteront. Il ne faudrait pas en sousestimer les dangers pour des agriculteurs pauvres. Le risque statistique moyen n'a aucun sens pour un exploitant qui verrait détruire en un jour un travail qui lui a demandé des mois. Il ne faudrait donc pas sous-dimensionner les digues sous le prétexte que Manantali écrêterait une partie des crues.

Propositions d'études et de recherches

85. Le premier élément qui doit être connu pour tout programme d'aménagement hydro-agricole dans la vallée est l'hydrogramme prévisible après la mise en service des barrages. Il est prévu que l'eau stockée à Manantali sera partiellement utilisée à la production d'électricité. L'usine hydroélectrique procurera des recettes utiles pour rembourser les investissements. Mais elle peut aussi perturber l'alimentation des réseaux d'irrigation à l'aval en lâchant de l'eau quand les cultivateurs n'en ont pas besoin. Une certaine antinomie existe entre les deux fonctions de Manantali: régularisation du débit; production d'énergie. Ce point devrait être réglé par l'OMVS. Il est capital pour les programmes d'aménagement hydro-agricoles.

86. Lorsque l'hydrogramme définitif sera connu il faudrait déterminer la localisation, l'étendue et la durée de la submersion dans la vallée (voir para. 23).

87. De nombreuses informations ont déjà été réunies sur les périmètres villageois. Il serait utile d'en faire la synthèse pour mettre en évidence les principaux problèmes techniques, économiques et sociaux.

88. L'expérimentation et la recherche devraient être reprises pour les cultures de décrue (voir para. 24 et 25). Elles devraient être intensifiées pour les cultures irriguées (voir para. 58). Tous ces travaux devraient être coordonnés par l'OMVS.

Formation

89. Un très gros effort de formation est nécessaire à tous les niveaux, depuis les cultivateurs jusqu'aux cadres des sociétés de développement. Des séminaires pourraient être organisés pour les cadres des sociétés et des ministères techniques. Leur but serait d'analyser les problèmes constatés et les solutions possibles. La participation de spécialistes étrangers permettrait de confronter les expériences locales et celles d'autres régions du monde.

90. Les agents d'encadrement pourraient suivre des sessions de formation périodiques. En début de saison agricole, un stage de 8 à 15 jours serait consacré aux grands thèmes techniques de la prochaine campagne et aux méthodes de vulgarisation. En cours de saison, des stages d'un ou deux jours seraient dévolus aux techniques de chaque opération culturale. Cette formation devrait être surtout pratique pour permettre aux agents d'exécuter eux-mêmes les travaux qu'ils conseillent aux cultivateurs.

91. Il pourrait être utile d'envoyer un groupe d'agents d'encadrement pendant une saison culturale complète dans une région où la culture irriguée est pratiquée de manière traditionnelle par des exploitations paysannes. Le Nord-Est de la Thaïlande en est un exemple parmi d'autres. Ces agents pourraient être affectés à un centre d'expérimentation en pleine zone de culture (et non dans un centre urbain). Leur tâche serait d'apprendre les gestes techniques de la culture telle qu'elle est pratiquée: planage et labour en culture irriguée, pépinières, repiquage, récolte et battage. Ils devraient participer effectivement aux travaux comme les ouvriers des champs d'expérimentation ou, si possible, sur des exploitations paysannes. A leur retour ils pourraient participer à la formation pratique de leurs collègues pour ces techniques inconnues dans la vallée du Sénégal.

92. Les centres de formation pour les chefs d'exploitations paysannes pourraient être développés dans la vallée. L'objectif serait d'apprendre à quelques exploitants de chaque village les techniques qu'ils pourraient ensuite montrer à leurs voisins. Une session pourrait réunir une vingtaine de cultivateurs pour un jour ou deux au maximum. Chacun des aspects de l'aménagement et de l'exploitation des cultures de décrue et irriguées serait traité: construction et compactage d'une digue, planage, construction de diguettes et de canaux, culture attelée, repiquage, lutte contre les parasites, battage, entretien des réseaux et des pompes, etc. Les exploitants ainsi formés serviraient ensuite de relais entre les agents d'encadrement et les cultivateurs.

93. Il serait utile de démontrer, sur le terrain, l'efficacité du programme de développement proposé: amélioration des cultures de décrue puis passage aux cultures irriguées. Ce projet devrait couvrir une surface assez étendue et toucher un nombre de cultivateurs suffisants pour avoir à affronter les problèmes de gestion en vraie grandeur. Comme il

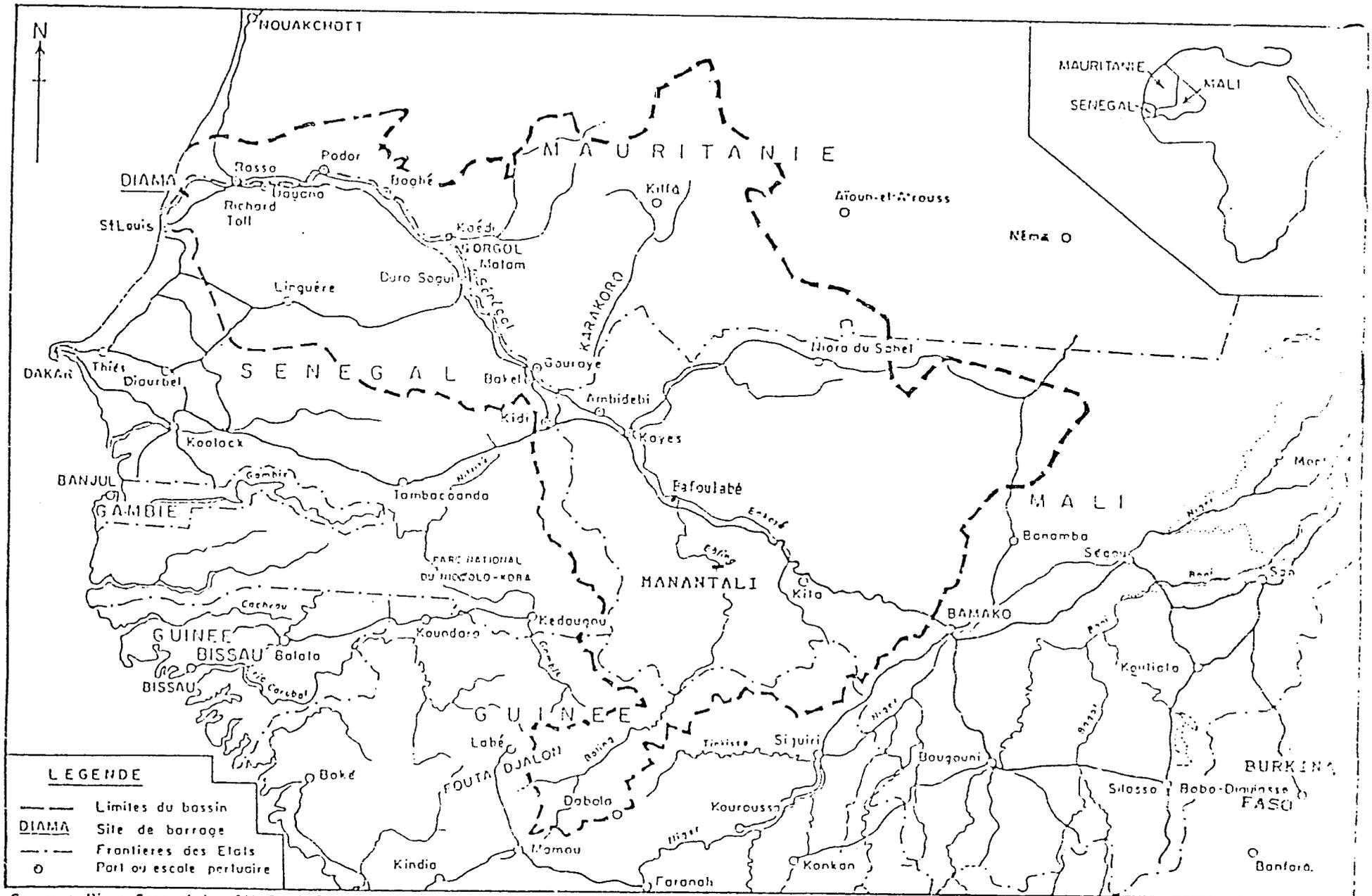
l'a déjà été dit les solutions techniques sont plus ou moins connues et leur mise au point définitive ne soulève pas de difficultés majeures. Au contraire, l'organisation de groupes de cultivateurs assez nombreux pour qu'ils prennent une part effective à la création d'un aménagement hydro-agricole et à sa gestion est difficile. Ce genre de problèmes sociaux ne peut pas être étudié et résolu de manière exemplaire avec une dizaine de familles sur un projet pilote de 10 ou 20 hectares. Le projet préparé pour la cuvette de Dirol est un bon exemple de ce que devait être une telle action. Il se pourrait que d'autres localisations soient préférables. Les compléments d'études proposés ci-dessus permettraient de les choisir.

94. Le rapport du ministère du plan de la République du Sénégal (République du Sénégal 1984) décrivant les perspectives et stratégies de développement après la construction des barrages, mentionne à sa page 41 que:

"Ainsi il serait inconséquent que les bailleurs de fonds, après avoir fourni des sommes très importantes pour le financement des barrages, ne fassent pas un effort supplémentaire pour l'exploitation de leurs potentialités, particulièrement dans le domaine des aménagements hydroagricoles."

95. Des potentialités existent effectivement dans la vallée du Sénégal. Mais ce sont celles des exploitations rurales et non celles des barrages. Les financements étrangers ne sont ni les seuls ni les plus efficaces moyens pour que ce potentiel se matérialise.

FIGURE 1
Bassin du fleuve Sénégal



Source : River Senegal by OAIWS, 1979 pp. 19-20.

REFERENCES

Banque Mondiale

1979 Project performance audit report. Senegal River Polders Project. Washington, DC: World Bank.

1987 Irrigation IV Project Staff Appraisal Report No. 6484-SE. October 21. Washington, D.C.: World Bank. BCEOM

BCEOM

1983 Etude du schéma directeur d'aménagement du delta fleuve Sénégal. Rapport Diagnostique. Paris: BCEOM.

Boutillier, J. L.

1980 Irrigated farming in the Senegal River Valley. May. USAID: Purdue University Workshop on Sahelian Agriculture, Department of Agriculture Economics. West Lafayette, IN: Purdue University.

Castiaux, J.

1970 La production des céréales dans la vallée. Les sorghos: Projet pour le Développement de la Recherche Agronomique et de ses Applications dans le Bassin du Fleuve Sénégal. Juillet-Août. FAO.

Club des amis du Sahel

1977 Note sur la promotion des cultures sèches en République Islamique de Mauritanie. Equipes de Cultures Sèches. Février. D.G.I. Paris: Club des amis du Sahel.

FAO

1973 Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal. Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal. Paris: SEDAGRI.

1985 Politiques et programme céréaliers. Rome: FAO.

1987 Senegal, Agroforestry development project. Rome: FAO.

GERSAR

1980a Master plan for irrigation of the Senegal Valley, Right Bank, Mauritania. SONADER. General Report. Nouakchott: Groupement d'Etudes et de Réalisation des Sociétés d'Aménagement Régional.

1980b Senegal River left bank irrigation projects: rehabilitation feasibility and detailed draft studies. Paris. Irrigation Master Plan, summary and conclusions. Groupement d'Etudes et de Réalisations des Sociétés d'Aménagement Régional.

- Gibb, Sir Alexander, & Partners
 1987 Etude de la gestion des ouvrages communs de l'OMVS. Electricité de France.
 Published by Sir Alexander Gibb and Partners, Electricité de France International,
 Euroconsult.
- Guerber, F.
 1985 Réflexions sur l'optimisation de la crue artificielle. Dakar: OMVS Haut Commis-
 sariat, Direction Infrastructure Régionale. Direction Projet Diama.
- Hamdinou, A. O., et D. Rijks
 1974 Vallée du fleuve Sénégal, inventaire des superficies cultivées en décrue. (Année
 Agricole 1973-74). Projet pour le Développement de la Recherche Agronomique
 et de ses Applications dans le Bassin du Fleuve Sénégal en coopération avec le
 Projet des Etudes Hydroagricoles du Bassin du Fleuve Sénégal. Mars.
 PNUD/FAO/OMVS.
- Horst, L.
 1986 Management of irrigation water in the middle valley of the Senegal River: The
 WARDA/Wageningen Project. Paper for WMS Irrigation Forum, Cornell
 University. May. The Netherlands: Wageningen University.
- Juton, M., et M. Mutsaers
 1970 Vallée du fleuve Sénégal, Inventaire des superficies cultivées en décrue, hivernage.
 (Année agricole 1970 - 71). Etudes hydroagricoles du bassin du fleuve Sénégal.
- Koita, T.
 1986 Comparative Analysis of Rice Production Costs in Small and Large Irrigated
 Perimeters, Upstream Zone of the Fleuve, Mauritania. Paper presented at the
 Forum on Irrigation Research in Africa, Cornell University, May 13-15.
 Agricultural Economics Department, Michigan State University.
- Le Bloas, J.
 1986 Aménagement de la plaine de Dirol. Dakar: USAID/KBDO.
- Mathieu, P.
 1985 L'aménagement de la vallée du fleuve Sénégal: transformations institutionnelles
 et objectives coûteux de l'autosuffisance alimentaire. In: SENEGAL 1985:
 économie, tourisme, urbanisation, équipement, agriculture, aménagements en milieu
 rural. Mondes en développement No. 52.

Okidi, C. O.

1986 Development and the environment in the Senegal Basin under the OMVS treaty. Nairobi. Discussion Paper No. 283. May. Nairobi: Institute for Development Studies, University of Nairobi.

Platon, Pierre

1981 La Mise en Valeur du Bassin du fleuve Sénégal. Marchés Tropicaux et Méditerranéens. Vol. 37, No. 1849. Avril. Paris.

République du Sénégal

1984 Conseil Interministériel sur les perspectives et stratégies de développement de l'après-barrage. Novembre. Exposé de Monsieur Cheikh Hamidou Kane, Ministère du Plan et de la Coopération. Dakar: République du Sénégal.

SAED

1984 Plan d'action de la SAED dans la perspective de l'après-barrage. St. Louis, Sénégal: SAED.

1985a Aménagements après-barrage. Saint-Louis: SAED.

1985b Objectifs d'aménagement à moyen terme (84/90). Dakar: SAED.

Sapin, P. et A. Reynard

1968 La culture de décrue du sorgho dans la vallée du fleuve Sénégal: quelques techniques simples pour son amélioration. L'agronomie tropicale No. 8.

Schmitz, J.

1986 Agriculture de décrue, unités territoriales et irrigation dans la vallée du Sénégal. Les cahiers de la recherche développement. Décembre, N°. 12.

Seymour, M., L. McPherson, and D. Harman

1985 Development management in Africa: The case of the Bakel small irrigated perimeters. (BSIP) Project 685-0208. Senegal, Aid Project Impact Evaluation No. XX.

SOGREAH

1975 Aménagement de l'Aftout es sahel. Grenoble.

SONADER

1985 Rapport annuel. Nouakchott: SONADER.