GANRY F., CAMPBELL B. (Eds), 1995.
Sustainable land management in African semi-arid and subhumid regions.
Proceedings of the SCOPE workshop, 15-19 November 1993, Dakar, Senegal.
Montpellier, France, CIRAD, 406 p.

La dégradation des terres irriguées dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal

P. BOIVIN

Résumé — Après avoir décrit sommairement les sols de la moyenne vallée du Sénégal et les modes de gestion de l'eau qui sont pratiqués sur les terres irriguées, l'auteur décrit les effets de l'irrigation sur les sols. Outre la remontée générale des nappes peu profondes, il constate, en s'appuyant sur les résultats de nombreuses mesures effectuées dans la zone de Podor-Nianga, qu'il y a eu salinisation, sodisation et alcalinisation. Les causes de ces phénomènes sont précisées. Afin de parvenir à des modes de gestion d'eau permettant la conservation des potentialités agricoles des sols de la vallée où, à terme, 250 000 à 300 000 hectares pourraient être mis en culture grâce à l'irrigation, l'auteur propose trois axes d'action : la constitution d'une base de données, la mise en place d'un dispositif de voirie et enfin des recherches expérimentales pour identifier des modes appropriés de gestion de l'eau compatibles avec les pratiques et les contraintes paysannes.

Mots-clés : détérioration du sol, irrigation, gestion des eaux, conservation des sols, Sénégal, Sahel.

Abstract — The degradation of irrigated land in the middle Senegal valley. A description of the soils in the middle Senegal valley and the water management methods used for irrigated land is followed by discussion of the effects of irrigation on soils. In addition to an overall rise in shallow ground water levels, the results of numerous measurements made in the Podor-Nianga zone reveal salinisation, high sodium contents and alkalinisation. The causes of these phenomena are listed. Three lines of action are proposed to achieve water management methods enabling the conservation of the agricultural potential of the valley land, where within time 250,000 to 300,000 hectares could be cultivated under irrigation: the compiling of a database, the establishment of a road system and finally research to identify appropriate water management methods compatible with farmers' practices and constraints.

Keywords: Soil degradation, irrigation, water management, soil conservation, Senegal, Sahel.

Introduction

L'un des objectifs de l'édification des barrages de Manantali et de Diama sur le cours du fleuve Sénégal est la mise en irrigation des terres. On estime que 250 000 à 300 000 hectares pourraient ainsi être mis en culture dans les pays riverains (OMVS, 1975), dont 160 000 à 240 000 hectares pour le seul Sénégal (PDRG, 1991). Le développement de l'irrigation est relativement ancien dans le delta du fleuve Sénégal, tandis que la régulation du cours du fleuve a effectivement ouvert des perspectives importantes, notamment dans la moyenne vallée (c'est-à-dire entre Dagana et Bogué) où les cotes des eaux du réseau hydrographique sont sous l'influence du remous du barrage de Diama (BADER, 1992). De fait, on assiste depuis peu (le barrage de Manantali a été rempli en 1990) à un développement spectaculaire de petits périmètres irrigués villageois (PIV), en bordure du réseau hydrographique. Les impératifs du développement justifient les orientations actuelles : désengagement de l'Etat, intensification des cultures, diversifica-

tion des systèmes de culture, augmentation des surfaces cultivées (notamment en créant ou en recreusant des voies d'eau pour permettre l'irrigation de nouvelles surfaces). Cette nouvelle maîtrise de l'eau est de toute évidence un bouleversement perceptible dans tous les domaines : institutions, organisations paysannes, traditions ethniques, pratiques culturales, économie des ménages (ISRA-ORSTOM, 1995, à paraître). C'est aussi une modification fondamentale des conditions environnementales, qui peut être une menace pour les sols et les eaux en particulier. Or, il faut bien admettre que les questions qui se posent à très court terme ont tendance à masquer cet aspect. Ce texte se propose de dresser un bilan de la situation et des perspectives pour une sous-région représentative du milieu de la moyenne vallée : la région de Nianga-Podor, sur la rive gauche du fleuve Sénégal (figure 1).

Les sols avant aménagement, généralités

Dans la moyenne vallée, la seule étude de synthèse dont on dispose est la cartographie FAO réalisée par l'IRAT pour la SEDAGRI au 1/50 000 (1973). Cette étude s'appuie largement sur les travaux de P. MICHEL (1973) pour les aspects géomorphologiques. Le milieu est en effet structuré en unités géomorphologiques très distinctes. Elles correspondent à différents types de dépôts alluviaux récents, auxquels sont donc associés des sols de texture caractéristique. On distingue en particulier les sols des hautes levées et des deltas de rupture formés de sables, de limons fins et d'argiles, des sols de cuvettes de décantation très argileux à forte proportion d'argiles gonflantes. Les unités géomorphologiques dénommées petites levées sont intermédiaires sur le plan topographique. Elles sont moins bien définies sur le plan pédologique puisqu'elles peuvent correspondre soit à des sols vertiques semblables à ceux des cuvettes de décantation (plus de 50 % d'argile), soit à des sols de texture mélangée, à forte proportion d'argile (35 à 50 %).

Les études réalisées actuellement par les pédologues de l'ORSTOM dans le cadre d'un programme conjoint ISRA-ORSTOM permettent de connaître plus précisément les sols de la région de Nianga-Podor grâce à un échantillonnage très dense, dont l'objectif est de mieux définir les caractéristiques des sols des aménagements, afin d'étudier par la suite l'impact de ces derniers sur l'environnement.

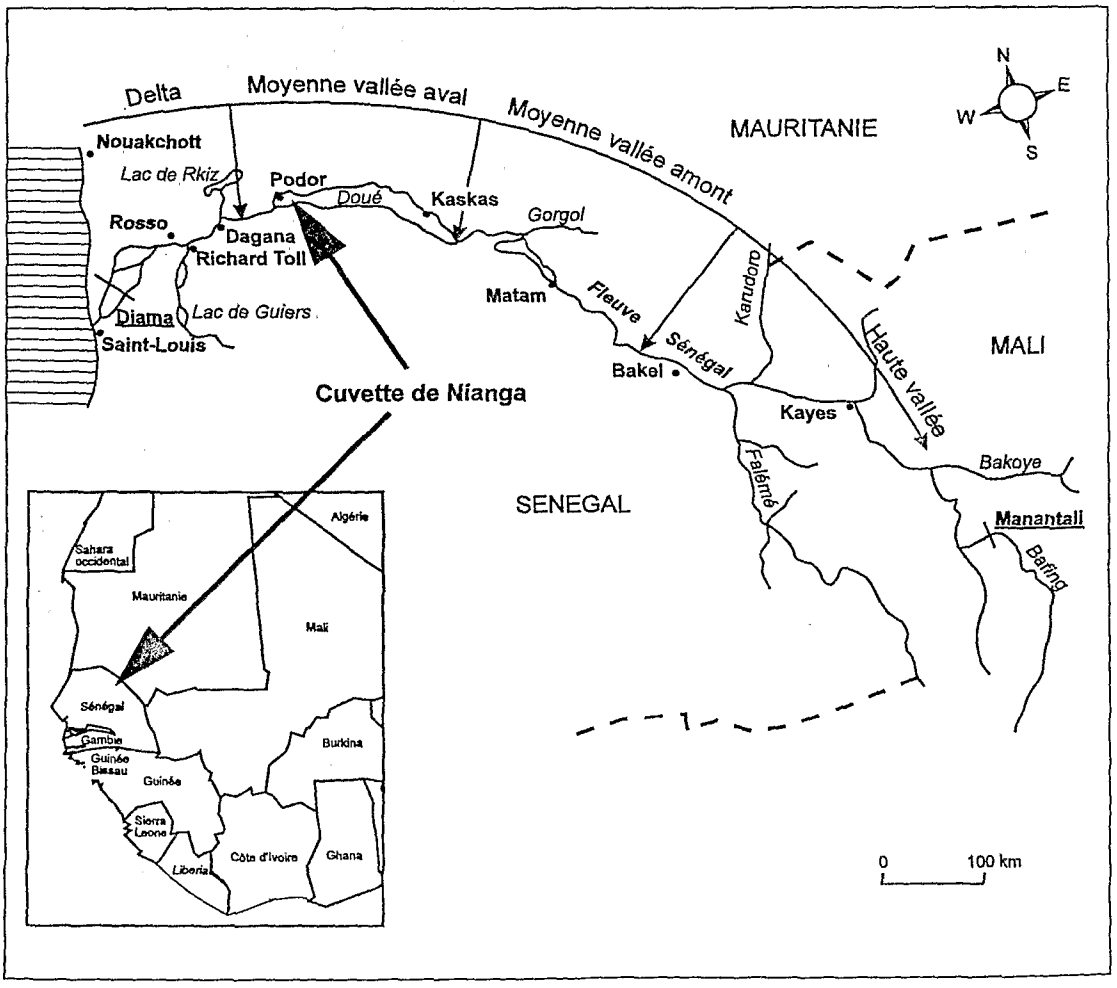

Figure 1. Vallée du fleuve Sénégal.

Sur le plan physique, les sols de cuvette et de petites levées sont relativement bien structurés, fissurés à l'état sec, mais de très faible conductivité hydraulique lorsque leur teneur en eau se rapproche de la saturation. Bien que de texture plus légère, les sols de levées ont également de faibles conductivités hydrauliques. Cela est dû à leur très faible structuration, liée aux caractéristiques du complexe d'échange des argiles. Il en résulte des profils souvent dotés d'une importante croûte de ruissellement et présentant des caractères d'hydromorphie importants.

Sur le plan chimique, la solution du sol est souvent marquée par l'histoire de la mise en place des matériaux. En effet, au cours du recul du delta du fleuve (MICHEL, 1973), des sels marins ont été piégés en de nombreux endroits. Ils sont généralement à faible profondeur dans les sols (1 m et plus). Les précipitations sont si faibles que ces sols sont très déficitaires sur le plan hydrique. En conséquence, les sels accumulés n'ont jamais été remobilisés tandis que dans les sols argileux, on note souvent la présence d'accumulation de gypse sous forme d'aiguilles. La salure d'origine marine est parfois enrichie en sulfates. Cela témoigne de l'évolution d'anciens sols sulfatés acides formés aux endroits où la mangrove a été exondée. La solution du sol s'est également enrichie en magnésium, qui est le principal cation échangeable. Les pH des sols sont relativement acides (6 en moyenne) et peuvent chuter localement à des valeurs de l'ordre de 3,5. Les conductivités électriques peuvent atteindre des valeurs élevées puisque les eaux des nappes superficielles atteignent fréquemment la concentration en sels de l'eau de mer. Enfin, on note par endroits la présence de sols à alcalis en proportion non négligeable, leur formation est étudiée plus loin.

Aménagements et gestion de l'eau

Les aménagements réalisés sont de divers types : grands périmètres de la SAED (Société pour l'aménagement et l'exploitation du delta et de la vallée du fleuve Sénégal), périmètres intermédiaires de type IT, périmètres villageois (PIV) ou privés (GIE) (LERICOLAIS, 1993). Les périmètres de type IT sont des périmètres de 50 ha, réalisés par la coopération italienne, bien planés et disposant d'un bon réseau de distribution de l'eau, mais non drainés. Ces aménagements sont plus ou moins élaborés : planage et drains de colature pour les premiers, réalisation approximative de canaux et de diguettes pour les derniers. Les spéculations pratiquées sont essentiellement le riz (sols lourds), la tomate et l'oignon. Quelques cultures maraîchères et de diversification (maïs, sorgho, niébé) font leur apparition. Soixante quinze pour cent de la surface aménagée correspond à des sols dits « hollaldés » ou faux hollaldés. Dans la terminologie vernaculaire, ce sont des sols vertiques ou très argileux (45 % et plus d'argile).

La gestion de l'eau dans ces périmètres se caractérise par une « sur-irrigation » très importante : les pertes directes sont au moins égales aux besoins en eau des cultures pour les périmètres les mieux gérés (SAED, 1993 ; SALVIGNOL, 1993 ; SAED-INSTRUPA, 1989 ; SEGUIS et BOIVIN, 1993). Cela entraîne une remontée générale des nappes superficielles, qui deviennent affleurantes. On a établi que l'infiltration est très faible (SAED, 1993), voire nulle (SALVIGNOL, 1993) dans les parcelles cultivées. Dans le cas des périmètres munis de drains, le débit aux drains (à ciel ouvert) est assuré essentiellement par les débordements des canaux et les pertes par-dessus les diguettes (SALVIGNOL, 1993 ; SEGUIS et BOIVIN, 1993).

A l'échelle du paysage, les eaux de drainage sont rarement rejetées dans le fleuve. Dans le cas des PIV, elles se concentrent sur place. Dans le cas d'un grand périmètre muni de drains comme celui de Nianga, les eaux sont dirigées vers d'autres cuvettes de décantation en empruntant d'anciens chenaux naturels, puis se concentrent sur place. Ces eaux sont souvent chargées : dans le cas du périmètre de Nianga, environ 2 000 tonnes de sels (soit environ 2 t/ha) sont évacuées à chaque cycle cultural. Ces sels ne proviennent pas d'un lessivage des sols mais de l'écoulement de la nappe salée superficielle dans les chenaux naturels.

Dégradation des sols : phénomènes en cours et risques

Un certain nombre d'indicateurs soulignent de façon évidente le problème de la dégradation des sols. Le problème de la salinisation des terres est le plus cité, car il est le mieux perçu. Dans le cas des grands périmètres de culture du riz, on a très vite assisté à une remontée des sels en surface, et des mesures telle que le recreusement des drains ont dû être prises. Dans le cas des PIV, les exploitants signalent presque systématiquement l'apparition de zones salées occasionnant de sérieux dommages sur la tomate et sur l'oignon. Indépendamment du problème salin, les paysans constatent des chutes de rendements spectaculaires qu'ils attribuent à une fatigue des sols (ISRA-ORSTOM, 1995, à paraître). Les études en cours montrent que plusieurs phénomènes sont en cause, dont nous allons préciser les mécanismes et les modalités.

Salinisation

Ce phénomène est le mieux diagnostiqué. Il s'agit de l'accumulation d'une quantité importante de sels solubles dans le sol. Mentionnée comme possible en certains endroits par les études de faisabilité, cette accumulation se produit en fait partout. D'après plus d'un millier de mesures effectuées sur tous les périmètres de la région de Nianga-Podor, la conductivité moyenne des sols mis en culture depuis moins de dix ans est dix fois plus élevée que celle des sols immédiatement avoisinants non irrigués et appartenant à la même unité géomorphologique. Cette salinité moyenne se situe aux seuils de tolérance de la tomate et de l'oignon (de l'ordre de 3,8 mS/cm *in situ*).

Ce phénomène résulte de la remontée des sels (salure chlorurée-sodique) dans les sols. Il est la conséquence de la remontée générale de la nappe phréatique peu profonde. Lorsqu'elle affleure, l'évaporation intense crée une dynamique hydro-saline ascendante qui produit une accumulation de sels en surface.

Le problème est le plus visible en riziculture : dans ce cas, on observe des sels cristallisés en bordure de parcelle. Mais les conséquences sont actuellement plus graves pour les autres spéculations. Si la riziculture inondée favorise une remontée totale de la nappe et donc une importante accumulation de sels en surface, une lame d'eau est maintenue dans les parcelles au cours de la culture ; le riz dispose alors de quelques centimètres de sol dessalé qui peuvent suffire à son développement. En revanche, la tomate et l'oignon subiront directement la remontée des sels, en particulier la tomate, plus fragile et dont la culture se fait sur billon.

Pour ces dernières spéculations, on atteint actuellement le seuil de tolérance au-delà duquel un drainage devra être pratiqué. Or, la majorité des périmètres ne dispose d'aucun drain. Il est donc à craindre que de nombreux PIV soient abandonnés dans un futur proche ou que la riziculture, seule, soit maintenue. Ajoutons également que bien que les eaux d'irrigation soient très peu chargées (68 µS/cm), la dose de sels apportés à l'hectare par une campagne rizicole est tout de même en moyenne de l'ordre de 500 kg/ha pour un apport moyen d'environ 1 700 m^3/ha d'eau (soit 1,7 m/m^2).

Sodisation et alcalinisation

L'eau d'irrigation provenant du fleuve Sénégal possède une alcalinité résiduelle calcite non négligeable. Autrement dit, les carbonates sont excédentaires par rapport au calcium. En cas de concentration des eaux, le premier minéral à précipiter est la calcite ($CaCO^3$). Dans ce cas, la précipitation d'une mole de calcite laisse des carbonates résiduels dans l'eau. Ce processus tend à augmenter progressivement la proportion de carbonates dans l'eau tout en diminuant celle du calcium.

Ce phénomène a deux conséquences pour les sols :

– une élévation du pH, ou alcalinisation, qui entraîne de graves problèmes de carences pour les cultures ;

– une augmentation du sodium échangeable au détriment du calcium, soit une sodisation qui entraîne un effondrement de la structure du sol et une dispersion des argiles.

Il en résulte des sols fortement alcalinisés et sodisés qui deviennent impropres à toute culture et sont très difficilement récupérables. Ce cas est fréquent : voir par exemple la situation du delta intérieur du Niger au Mali.

Dans le cas des sols de la vallée du fleuve Sénégal, les conditions d'une alcalinisation sont réunies. Il est fort inquiétant de constater qu'aucune évaluation préalable des risques ni aucun suivi ne sont réalisés. Ce risque est pourtant mentionné, brièvement il est vrai mais formellement, dès 1973 (FAO-SEDAGRI, p. 16) : « [...] il existe donc un problème d'utilisation de ces eaux pour l'irrigation. Des études de laboratoire et des essais au champ devront être entrepris avant d'en apporter des doses massives sur des terres irrigables... »

La situation actuelle peut être résumée de la façon suivante :

– les modèles géochimiques dont nous disposons prévoient une dégradation inéluctable des sols si le bilan hydrique est celui d'une concentration des eaux (absence de lessivage) ;

– au cours d'une campagne rizicole, les eaux se concentrent au minimum d'un facteur 3 dans les parcelles puis bien davantage après la campagne puisqu'il n'y a généralement pas de drainage superficiel ni de lessivage ;

– des taches de matière organique dissoute, indiquant probablement un début d'alcalinisation, apparaissent dans les périmètres, aux endroits où l'évaporation est la plus forte (diguettes, bordure de parcelle) ;

– des unités de paysage naturellement alcalinisées existent dans la cuvette de Nianga ; elles correspondent aux zones terminales de propagation de la crue, où le bilan hydrique a toujours été celui d'une concentration des eaux en place ; ces unités témoignent des perspectives à long terme d'une gestion de l'eau sans drainage ;

– des sols sodisés représentent actuellement 20 % à 30 % des échantillons analysés ;

– aucune évaluation ni aucun dispositif de suivi ne sont en cours, si l'on excepte le programme conjoint ISRA-ORSTOM sur la région de Podor. Réalisé sur

fonds propres de ces instituts, il est nécessairement limité dans sa capacité d'évaluation.

Face à ces divers constats très pessimistes, on peut toutefois noter plusieurs facteurs qui auront tendance à ralentir le phénomène d'alcalinisation :

– la présence de solutions salines concentrées, riches en cations bivalents ;

– la richesse en cations bivalents échangeables des sols argileux ;

– le pH généralement acide des sols avant aménagement.

Perspectives pour un dispositif de gestion conservatoire des ressources en sols

La situation de sols et des eaux de nappes superficielles de la vallée du fleuve Sénégal appelle de toute évidence à la constitution d'outils de gestion conservatoire des sols. Par rapport à d'autres expériences en zone sahélienne, nous avons ici la chance de pouvoir intervenir dès le début de la mise en irrigation de la vallée, qui date de la fermeture du barrage de Manantali (1990). Le programme de recherche-développement sur l'agriculture irriguée et les systèmes de production dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal, mené conjointement par l'ORSTOM et l'ISRA, aborde les aspects environnementaux et dispose d'une expérience qui permet de définir ce qui devrait constituer un tel dispositif. Les actions à mener peuvent se répartir en trois axes : acquisition de connaissances, dispositif de suivi, développement d'une recherche expérimentale.

Acquisition de connaissances

Sur la région de Nianga-Podor, une base de données a été créée, recensant les périmètres irrigués, les sols et les spéculations associées et les populations concernées. Cette base est complétée par un échantillonnage dense des sols des zones non aménagées permettant de définir de façon précise leur état initial. Cette base est de première importance : elle constitue un référentiel pour l'aide à la décision et pour l'évaluation et la compréhension des dynamiques en cours. Dans l'optique d'un dispositif débordant la seule région de Nianga-Podor, elle devrait être étendue.

Le fonctionnement hydro-salin des sols doit être précisé dans les différentes configurations rencontrées, à l'échelle de la parcelle, des périmètres et du paysage. En particulier, des expérimentations et l'adaptation des modèles géochimiques aux sols de la région devront être réalisés afin de mieux définir les risques d'alcalinisation liés aux modes d'exploitation. Couplés aux informations issues de la base de données, ces résultats doivent permettre de définir en extension et dans le temps les risques de dégradation liés aux pratiques d'irrigation et de drainage.

Dispositif de suivi

La base de données permet de sélectionner des sites représentatifs des divers types d'aménagement, des modes de gestion de l'eau, et des caractéristiques physiques du milieu. Les travaux réalisés au sein du programme ORSTOM-ISRA ont permis de définir les méthodes d'analyse les plus pertinentes à moindre coût qui permettent de rendre compte de l'évolution du milieu. Un dispositif de suivi pourrait être défini et expérimenté sur cette base. Il permettrait de confirmer les résultats obtenus par modélisation et surtout garantirait une bonne information des acteurs du développement sur les risques encourus.

Recherche expérimentale

Les études socio-économiques montrent que les contraintes à court terme focalisent l'attention des exploitants. De plus, le désengagement de l'Etat est tel que les périmètres qui sont maintenant réalisés à moindre frais sont extrêmement sommaires. Il est donc clair que proposer de profonds bouleversements des aménagements actuels est utopique et qu'il est nécessaire de sensibiliser les exploitants aux problèmes de dégradation des sols à moyen terme.

C'est pourquoi il nous semble essentiel d'aborder la recherche expérimentale en milieu paysan en disposant d'une connaissance globale de leur système de production et en tenant compte des contraintes et des motivations qui s'expriment à leur niveau. La validité de solutions éventuellement proposées dépend en définitive du choix que feront les exploitants de les adopter ou non. Cette recherche devra intégrer les perspectives de diversification des systèmes de culture qui sont développées. La recherche de modes de gestion de l'eau adaptés à la conservation des sols devra prendre en compte l'échelle de la parcelle et celle de l'unité de paysage.

Cette recherche expérimentale, utilisant notamment les modèles géochimiques et de bilan hydrique devra définir les modes de gestion de l'eau qui, à ces deux échelles, permettent d'assurer un lessivage et une évacuation des sels accumulés en restant compatibles avec les pratiques paysannes. Des idées ont déjà été avancées dans ce sens (ISRA-ORSTOM, 1994) ; elles devront être développées et testées. Une recherche

devra être menée parallèlement, en association avec les organisations paysannes, pour sensibiliser les exploitants aux problèmes de gestion conservatoire des sols au-delà du court terme.

Conclusion

L'absence de mesures conservatoires dans les périmètres irrigués de la vallée du fleuve Sénégal, qu'il s'agisse d'études d'impact, de suivi ou de l'utilisation du drainage vertical, est incompréhensible et dangereuse.

Les résultats que nous exposons et les propositions qui en sont tirées s'inscrivent dans le cadre d'un projet de recherche qui pourrait prendre en compte de façon globale la conservation des sols irrigués en zone sahélienne. Le développement d'un tel projet passe indéniablement par une sensibilisation des bailleurs de fonds à ces questions, car il est relativement incompréhensible qu'elles aient été jusqu'alors éludées, si l'on considère les fonds considérables dépensés pour réussir la maîtrise de l'eau.

Références bibliographiques

BADER J.C., 1992. Calcul de la courbe de remous du barrage de Diama : logiciel COREDIAM. Multig. ORSTOM Dakar, Sénégal, 14 p. et 3 annexes.

FAO-SEDAGRI, 1973. Cartes pédologiques et géomorphologiques de la vallée et du delta du fleuve Sénégal au 1/50 000. FAO Dakar/Rome, 319 p.

ISRA-ORSTOM, 1995. Nianga, laboratoire de la culture irriguée, à paraître dans la collection Colloques et Séminaires, ORSTOM. Paris, France, 548 p.

LERICOLAIS A., 1993. Histoires de périmètres, atelier Nianga, laboratoire de la culture irriguée, ISRA Saint-Louis, Sénégal, 11 p.

MICHEL P., 1973. Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie, mémoires ORSTOM, Paris, France, n° 63, 3 vol., 752 p.

OMVS, 1975. The objectives and the main outlines of the integrated development strategy of the Senegal river basin, Dakar, Sénégal, OMVS.

PDRG, 1991. Plan Directeur Pour la Rive Gauche du Fleuve Sénégal, ministère sénégalais du plan et de la coopération, Dakar, Sénégal, synthèse, 34 p. et annexes.

SAED, 1993. Bilan d'eau et coût d'énergie de périmètres rizicoles, Centre de Ndiaye, Sénégal. Bulletin technique n° 6, 104 p.

SAED-INSTRUPA, 1989. Aménagement de périmètres irrigués villageois sur le Ngalenka amont, étude de factibilité, délégation de Podor, Sénégal, 269 p.

SALVIGNOL C., 1993. Etablissement du bilan hydro-salin de parcelles rizicoles du périmètre de Nianga, mémoire ESITPA, ORSTOM, Dakar, Sénégal, 30 p. et annexes.

SEGUIS L., BOIVIN P., 1993. Le fonctionnement hydro-salin de la cuvette de Nianga. Atelier Nianga, laboratoire de la culture irriguée, ISRA Saint-Louis, Sénégal, 15 p.