

**GESTION D'UN BARRAGE ANTI-SEL EN BASSE CASAMANCE  
(SENEGAL)**

**Par**

**J. ALBERGEL**

**D. BRUNET**

**G. DUBEE**

**J.P. MONTOROL**

**P. ZANTE**



## RESUME

Les années sèches des décennies 1970 et 1980 ont provoqué de graves bouleversements sur le milieu naturel de la CASAMANCE et ont obligé à réviser la politique d'aménagement. Les populations locales ont réagi vigoureusement et ont favorisé l'édification de petits barrages anti-sel avec l'appui de financements extérieurs.

La vallée de DJIGUINOM, en rive droite du fleuve Casamance à 60 km de l'embouchure, fait partie de ces nombreux bas-fonds protégés de l'invasion marine par une digue à batardeaux. Depuis la construction du barrage en 1984, plus de la moitié des zones rizicoles sont restées très salées. Depuis 1987, l'ORSTOM et l'ISRA mènent une recherche en vue de la réhabilitation des terres salées et acides.

Cette étude a pour objectif d'optimiser la gestion de l'ouvrage anti-sel eu égard aux deux contraintes majeures que sont la salinité et l'acidité des sols. Après la présentation du site de DJIGUINOM, cette communication décrit l'expérimentation qui a eu lieu pendant l'hivernage 1989 et qui comprend la modification du système d'ouverture du barrage, la mise en place d'un essai rizicole et le suivi des bilans hydrologique et hydrochimique. Les conséquences de cette gestion sur la qualité des sols et sur la production végétale sont ensuite discutées.

### 1. INTRODUCTION

La période de sécheresse 1969-1985, bien connue au Sahel, a eu également des conséquences graves dans les zones soudano-guinéennes mieux arrosées, en particulier sur les écosystèmes fragiles des zones côtières. La Casamance a été durement éprouvée. La baisse de la pluviométrie et de l'écoulement fluvial a eu pour conséquences: l'invasion des eaux marines dans tout le réseau hydrographique, la baisse généralisée du niveau des nappes, la salinisation et l'acidification des vasières occupées par la mangrove qui a disparu sur de grandes étendues. De nombreuses rizières, aussi bien salées (zones de mangrove) que douces (vallées inondées), ont été abandonnées. Les activités, liées à l'exploitation de la mangrove (ostréiculture, chasse, pêche, collecte de bois) comme celles liées à la production halieutique, ont nettement diminuées. Il s'en est suivi un important exode rural (ISRA/CRODT, 1986; DACOSTA, 1989; MONTOROI et ZANTE, 1989).

Au plus fort de la période sèche, au début des années 80, deux types d'aménagements ont vu le jour pour combattre les effets de la salinité. D'une part, des grands projets de barrages anti-sel (Affiniam et Guidei) ont été construits, d'autre part, à l'instar des populations locales et des organismes de développement, de petits ouvrages anti-sel ont été édifiés pour arrêter l'entrée des eaux salées à l'intérieur des petites vallées alluviales (BARRY, 1986; BARRY et al., 1988; USAID/SOMIVAC/ISRA, 1985).

Cette communication présente un travail, mené par l'ORSTOM et l'ISRA, sur la gestion d'une digue anti-sel qui a permis la réhabilitation d'une petite vallée de basse Casamance, abandonnée en grande partie par les paysans.

### 2. LE SITE DE DJIGUINOM

La vallée de Djiguinom se localise à environ 15 km au nord-est de Ziguinchor et à 60 km de l'embouchure du fleuve Casamance, sur sa rive droite. La superficie du bassin versant est de 26,52 km<sup>2</sup> et celle de la vallée de 271 ha dont 150 ha pour le bas-fond inondable.

Le bassin versant de Djiguinom se localise dans les formations sédimentaires du Continental Terminal. Le bas-fond est constitué par des dépôts quaternaires appartenant au domaine fluvio-marin de basse Casamance, qui s'est constitué au cours de transgressions successives (KALCK, 1978).

En 1988, BRUNET classe les sols du bas-fond en deux grands ensembles: les sols sulfatés acides et les sols hydromorphes.

Le premier ensemble occupe la zone basse, qui était, avant la construction du barrage, soumise au balancement des marées à partir d'un marigot central. Actuellement, cette zone est ennoyée pendant l'hivernage par les eaux météoriques. Les sols sont très salés ainsi que la nappe phréatique. Cette salure est surtout chlorurée sodique. Le pH est faiblement acide (4.5 à 5.5) et la texture est surtout argileuse.

Le second ensemble se situe principalement en bordure de plateau et en tête de vallée. On distingue deux sous-ensembles:

- une zone de terrasses et d'anciens lits de marigot comblés par colluvionnement. Cette zone n'était pas atteinte par les marées. Les sols et la nappe sont peu salés mais très acides: pH de 4 en surface à 3.5 en profondeur pouvant descendre à 2.5 localement. La nappe est riche en aluminium dissous. En lisière de la palmeraie, apparaissent des précipitations de sulfate d'aluminium, en particulier de tamarugite (LE BRUSQ et al., 1987). Les sols sont argileux et sableux.

- Le second ensemble occupe la tête de vallée et la zone de transition avec les sols des versants de plateaux. Ces sols sableux sont ni salés, ni acides. Occupés par la palmeraie, celle-ci peut être affectée localement par la salure et/ou l'acidité de la nappe.

Pour encourager la reprise des activités agricoles dans cette vallée un barrage anti-sel a été édifié sur le site de DJILAKOUN en 1984. Cet ouvrage comprend une digue en latérite et un petit édifice en béton au niveau du lit principal, présentant trois ouvertures munies de batardeaux, dont la hauteur est prévue pour empêcher l'intrusion des plus hautes marées. Jusqu'en 1987 aucun dessalement tangible des sols n'a été observé (BOIVIN & BRUNET, 1990). A partir de cette constatation, il est apparu indispensable d'initier une gestion rationnelle de ce barrage, qui doit permettre d'évacuer les sels lessivés pendant toute la période de culture en profitant des niveaux aval de marées basses.

En 1988, le dispositif d'ouverture a été modifié pour permettre la vidange par le fond des eaux de remplissage du barrage. Il s'agit d'une porte pleine actionnée verticalement par une crémaillère. Ce système a l'avantage d'être fonctionnel pendant tout l'hivernage et simple d'utilisation. De plus, il reste peu onéreux. En 1989, les deux autres ouvertures du barrage ont été également équipées, afin d'accroître la capacité de vidange. L'ensemble du système d'ouverture fait une largeur de 15 m. En même temps, un dispositif d'observation des bilans hydrologiques et hydrochimiques a été mis en place et un essai rizicole est pratiqué dans une zone où les contraintes «sel et acidité» sont des plus fortes.

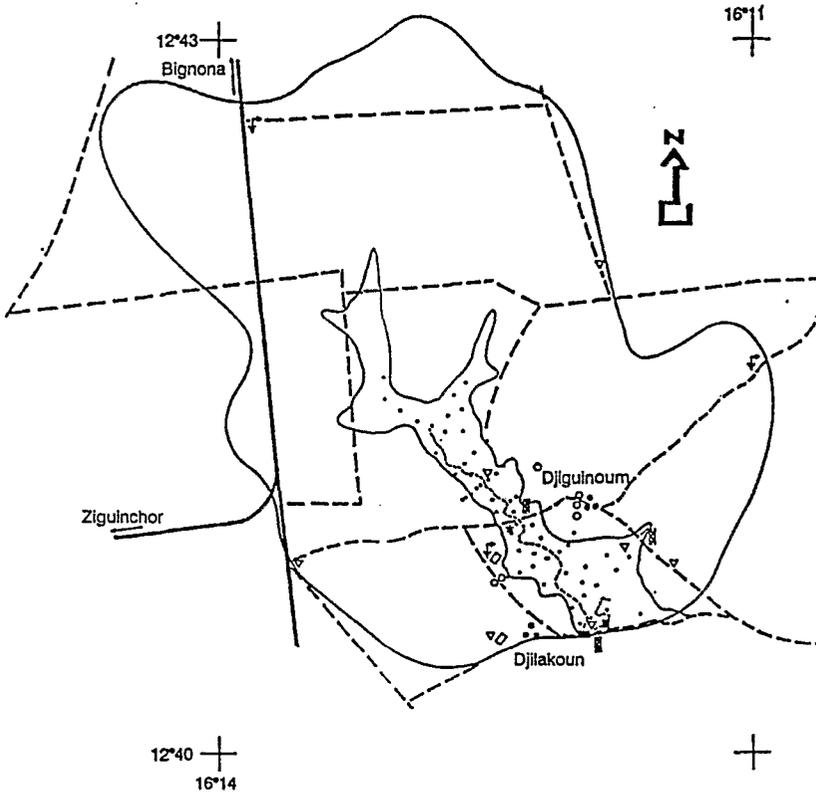
### 3. DISPOSITIF ET PROTOCOLE EXPERIMENTAUX

Le dispositif expérimental est présenté sur la fig. 1. Il comprend 64 piézomètres, 3 stations hydrométriques dont une d'acquisition automatique des hauteurs à l'amont et à l'aval du barrage, 10 points de mesures des précipitations dont trois pluviographes, un bac flottant de mesure de l'évaporation, deux parcelles de mesure du ruissellement (50 m<sup>2</sup>) et un casier rizicole comprenant 8 parcelles de 220 m<sup>2</sup> chacune et équipées de bougies de prélèvement de la solution du sol.

#### 3.1. Le dispositif hydrologique et hydrochimique

En début de saison des pluies, les règles de gestion du barrage ont été adoptées en fonction de quatre objectifs.

Fig. 1 Le site expérimental de DJIGUINOM



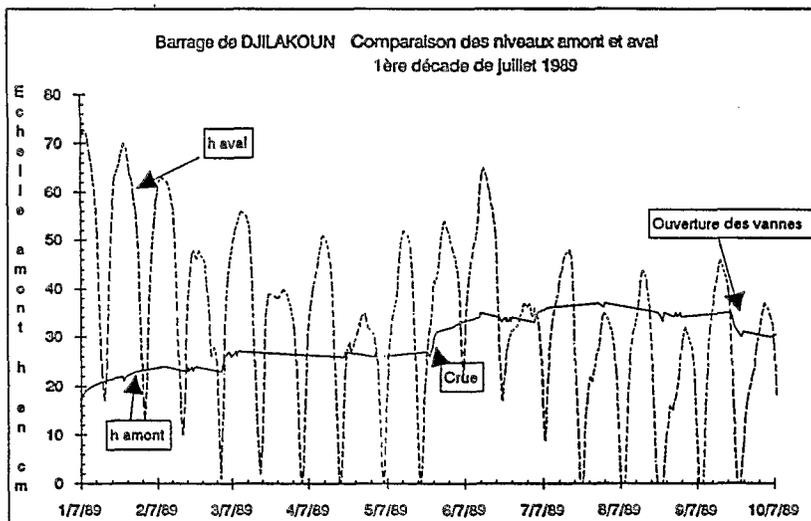
○ Puits	== Route bitumée
• Piézomètre	== Piste principale
★ Casier rizicole	● Village
□ Parcelle de ruissellement	■ Barrage
▽ Pluviomètre	— Limite du BV
▼ Pluviographe	— Limite de la vallée
■ Station limnimétrique	- - - Marigot
■ Bac flottant	

Légende

La première règle répond à une préoccupation des villageois de Djilounour: éviter l'inondation de la piste qui relie ce village à la route de Ziguinchor. Il a donc été décidé de réaliser des lâchers d'eau, à marée basse, afin de maintenir une cote inférieure à 90 cm à l'échelle située dans le drain principal du casier rizicole.

La seconde règle a été dictée par la nécessité de pouvoir étalonner les débits sortant au barrage en fonction des hauteurs lues à l'échelle amont de celui-ci. Un ensemble de jaugeages, réalisé début juillet, a montré qu'il était nécessaire d'avoir une différence de cote de 3 cm entre les échelles amont et aval. La durée du flot et du jusant étant pratiquement constante pendant la saison des pluies, le temps de vidange est donc fonction du niveau de remplissage amont (fig. 2).

Figure 2



La troisième règle est de conserver une quantité d'eau suffisante pour la pratique du riz inondé. La fréquence des vidanges est ralentie lorsque la cote à l'échelle du casier rizicole se situe en dessous de 90 cm et que le repiquage du riz est effectué.

La quatrième règle est d'évacuer le maximum de sel en faisant le maximum de lâchers.

Les paramètres mesurés pendant la saison des pluies doivent servir à réaliser le bilan hydrologique et hydrochimique de la vallée. Tous les lâchers d'eau ont été jaugeés en continu et des prélèvements réguliers ont permis de suivre l'évolution de la qualité des eaux évacuées (salinité, pH, aluminium, fer).

Après chaque pluie, le ruissellement a été mesuré sur les parcelles de 50 m<sup>2</sup> installées sur les sols de palmeraie et les sols de plateau.

Le niveau et la qualité des eaux de nappe ont été mesurés sur l'ensemble du dispositif piézométrique au début et à la fin de l'hivernage. Deux transects ont été choisis pour un suivi bimensuel.

### 3.2 L'essai agronomique

L'ensemble de l'aménagement occupe une aire de 2500 m<sup>2</sup>. Les travaux culturaux ont été réalisés suivant les techniques traditionnelles de la riziculture en basse Casamance. Trois variétés connues pour leur tolérance au sel ont été employées. Le calendrier cultural a comporté les phases suivantes:

- désherbage et billonnage dans la dernière décade de juillet,
- mise en place d'une pépinière sur les sols de plateau du 11 au 22 juillet,
- repliquage le 6/9 pour les variétés ROCK5 et ETOUHAL et le 16/9 pour la variété DJ684D,
- récolte du 8 au 12/12,

Un dispositif de contrôle in situ des paramètres physico-chimiques (pH, Eh, et température) associé à des boucles de prélèvement de la solution du sol ont permis de suivre l'évolution de la qualité de l'eau dans l'essai rizicole.

Pendant toute la période culturale, des observations agronomiques et des prélèvements de sol ont été réalisés. Le niveau de remplissage des parcelles et des drains est mesuré sur des mires limnimétriques.

## 4. RESULTATS EN 1989

Dans cette communication, nous présentons les principaux résultats relatifs à la gestion du barrage et son impact sur la qualité de l'eau et sur la production agricole.

### 4.1. Bilan hydrologique et hydrochimique

La pluviométrie enregistrée cette année reste déficitaire (1200 mm). Sa répartition dans le temps a été bonne, excepté deux périodes de sécheresse (du 3 au 10 août et du 17 au 22 août).

En suivant les règles de gestion préétablies, 55 lâchers ont été réalisés, dont le plus important est celui du 22/09 avec 50280 m<sup>3</sup>. Le volume total évacué pendant tout l'hivernage a atteint 1,025 million de m<sup>3</sup>.

La figure 3 présente le volume de chaque lâcher, rapporté à la différence de cote entre le début et la fin du lâcher, en fonction de la cote au début du lâcher ( $DV/DH=f(H)$ ). La primitive de cette fonction donne la courbe des volumes d'eau disponibles dans la retenue en fonction de la cote à l'échelle. Cette courbe est différente de celle obtenue à partir de la topographie de la vallée (fig. 4). En effet, des volumes importants sont stockés par des digues latérales dans la partie aval de la vallée. Ce résultat se retrouve dans l'étude des transects piézométriques.

Figure 3

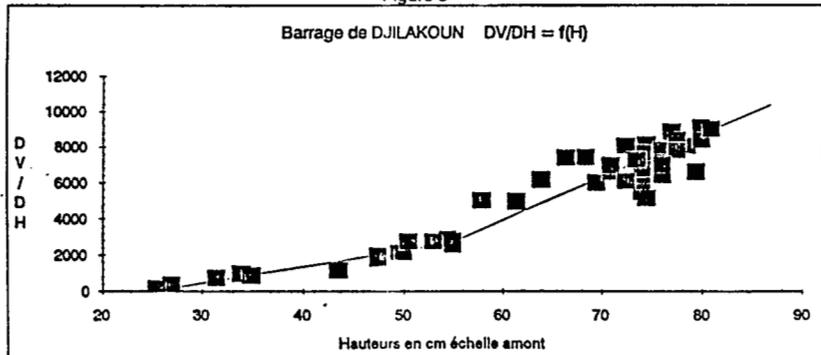


Figure 4

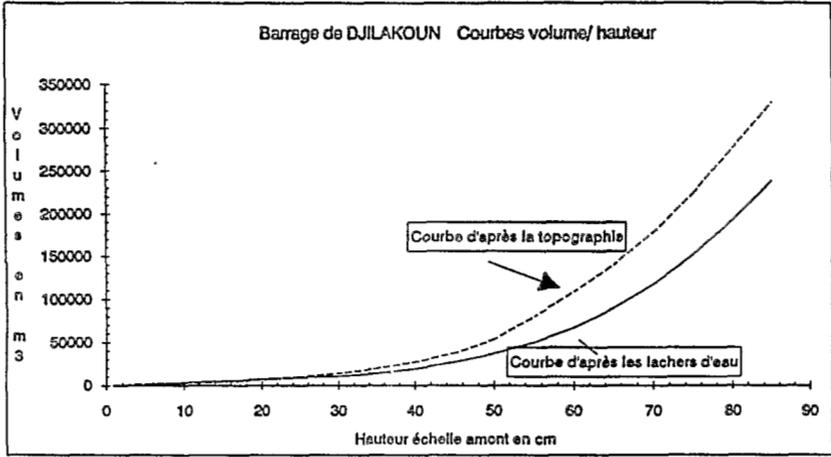
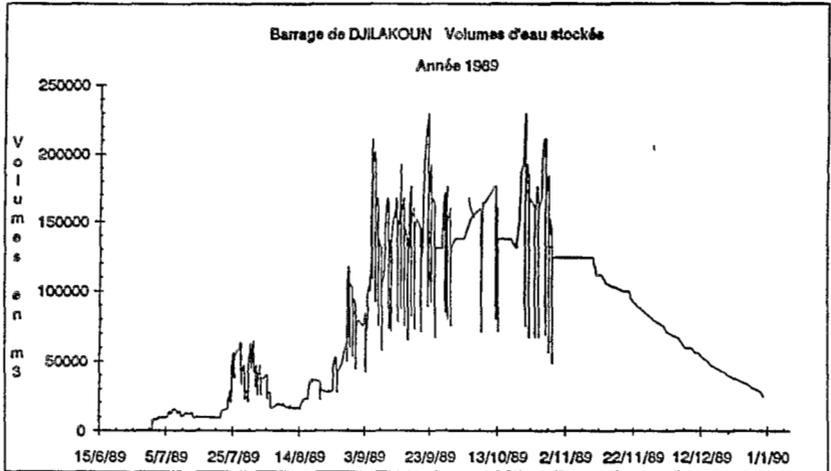
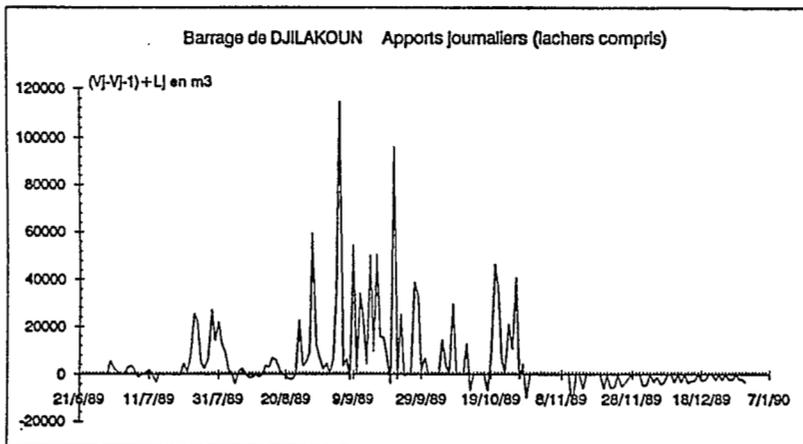


Figure 5



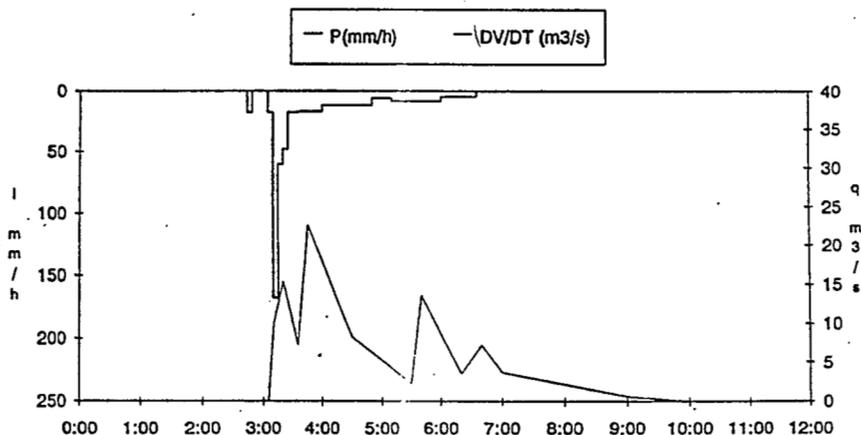
Les limnigrammes de la retenue ont pu être traduits en volumes disponibles (fig. 5). On remarque la période de sécheresse des deux premières décades d'août. Les volumes journaliers ont été calculés, en rajoutant le volume des lâchers s'il y a lieu. La figure 6 donne la variation des apports journaliers en fonction du temps.

Figure 6



Les limnigrammes ( $H=f(t)$ ) ont été discrétisés au pas de temps de 5 minutes et transformés en hydrogrammes ( $dV/dT=f(T)$ ) pour l'étude des crues. Huit crues résultant des principales averses ont été analysées. Pour toutes les pluies supérieures à 30 mm, ces hydrogrammes présentent deux pics: le premier survient quelques minutes après le corps de l'averse et correspond au volume précipité sur le plan d'eau, le second arrivant 2 à 3 heures après est généralement moins haut mais plus long et correspond au ruissellement du bassin. Les coefficients de ruissellement sont de l'ordre de 1 à 5% (fig. 7). La limite de 30 mm et la faiblesse de ces coefficients sont confirmées par les observations sur parcelles.

Figure 7 Crue du 5/09/89



L'échantillonnage des eaux évacuées indique une baisse significative de la salinité qui passe de 20 à 2 mS/cm en fin d'hivernage. Une remontée importante a été enregistrée durant la période sèche du mois d'août (fig. 8). La quantité de sel exporté est estimée à 2250 T, ce qui correspondrait à une évacuation de 15 T/ha, la salinisation est cependant loin d'être uniforme.

La figure 9 donne l'évolution du niveau hydrostatique de la nappe d'eau souterraine et de la nappe d'eau libre sur le transect aval de la vallée. En amont comme en aval, on observe un creux piézométrique sous la terrasse alluviale. A partir de la mi-août, on distingue nettement une alimentation de la retenue par la nappe des plateaux. C'est d'ailleurs elle qui contribue le plus au remplissage du barrage (comparaison des volumes ruisselés et des apports journaliers). Le suivi physico-chimique montre un pic de salure au voisinage du lit du marigot (lieu des anclennes intrusions marines). Le dessalement au cours de l'hivernage est plus marqué en bordure de plateau qu'au milieu de la vallée. Le pH et les teneurs en aluminium indiquent une forte dissymétrie de la vallée, surtout en aval. C'est sous la terrasse de rive gauche que l'on rencontre les concentrations aluminiques les plus fortes s'exprimant sous forme de précipités minéraux en surface (tamarugite, alunite...).

#### 4.2. L'essai agronomique

Signalons tout d'abord qu'en 1988, la gestion du barrage avec une seule porte n'a pas permis de mener cet essai jusqu'à la production. Depuis la création du barrage, aucune parcelle paysanne, située dans la zone dégradée, n'a produit de riz (BRUNET, 1989).

Un dessalement significatif du sol de toutes les parcelles a été constaté jusqu'à une profondeur de 55 cm sous les billons. A 25 cm de profondeur, la salinité de la solution du sol est passée de 55 à 12 mS/cm au cours du mois de juillet. Une remontée a été observée après le billonnage d'avant repliquage. Elle s'est stabilisée aux alentours de 20 mS/cm à partir du 15/9. Cette évolution est confirmée par la mesure sur extrait de sol 1/5 où la salinité a chuté de 10 à 1,5 mS/cm (moyenne sur les parcelles) de juillet jusqu'au moment du repiquage.

Le lessivage des sels et l'inondation des parcelles entraîne une élévation du pH du sol in situ sur tous les points de mesure (de 0,5 à 0,7 unité).

Le rendement moyen en riz paddy est de 2732 kg/ha, (calcul fait sur la totalité de la récolte, le taux d'humidité moyen est de 6%). Le tableau suivant donne la répartition des rendements selon les variétés et la situation topographique.

Tableau 1 Rendements de l'essai rizicole

Variété	Parcelle	Rendement kg/ha	Observation
DJ 684 D	2	2886	
DJ 684 D	5	3572	
DJ 684 D	8	1300	fort dessalement parcelle la plus haute
ROCK 5	1	2136	
ROCK 5	4	2450	
ROCK 5	6	3936	fort dessalement
ETOUHAL	3	2690	
ETOUHAL	7	2886	

Une transformation radicale de la vallée semble s'opérer. Cette année, toutes les surfaces visibles de tannes (terres nues stérilisées par une hyper-salinisation) ont disparu de la vallée. La colonisation par les cypéracées de tous les sols incultes et l'apparition, par tache, de graminées rampantes ou à tige sont la preuve d'une régénération rapide de l'écologie de cette vallée.

Figure 8

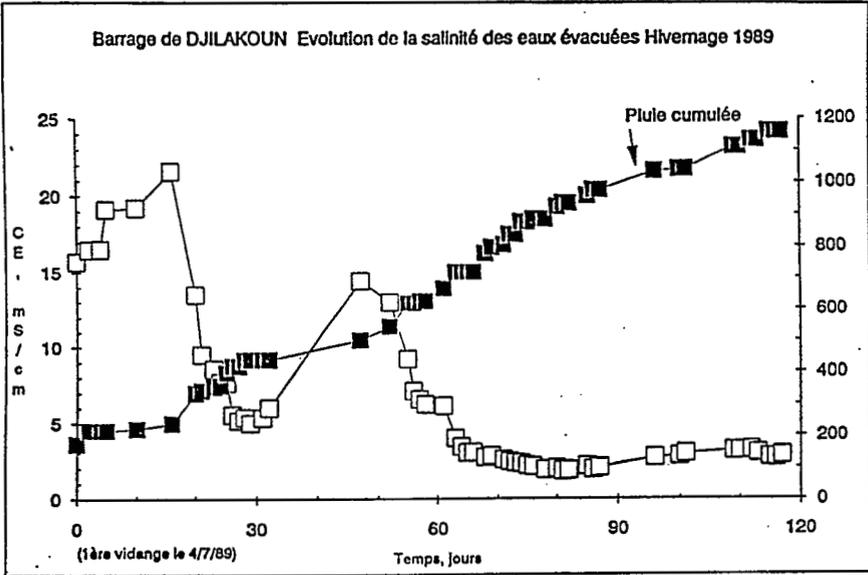
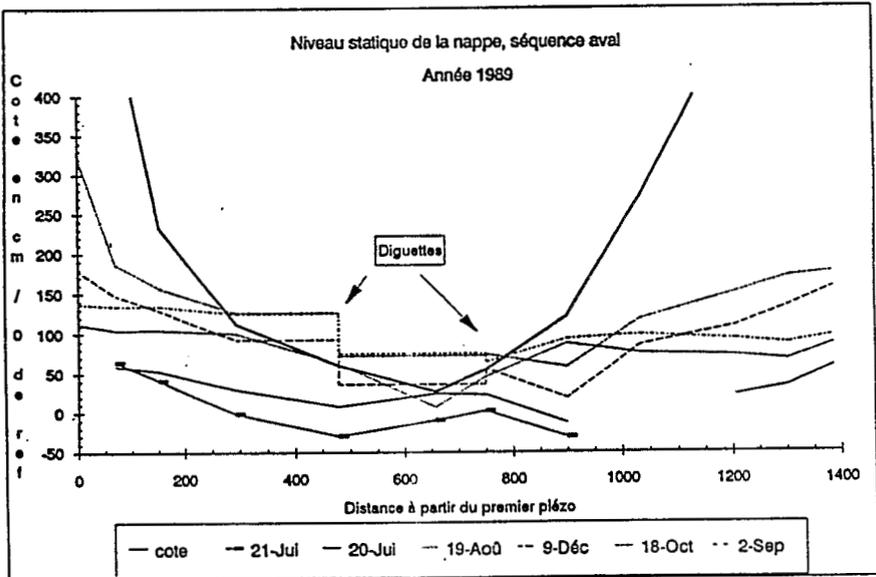


Figure 9



## 5. CONCLUSION

Après une première année de gestion rationnelle du barrage anti-sel et une première bonne récolte, les paysans de la vallée de Djigouinoum ainsi que ceux des vallées environnantes ont retrouvé l'espoir de cultiver leurs rizières. Si cet espoir n'est manifestement pas vain, il se doit de ne pas être déçu. Les résultats de l'essai agronomique ont démontré que la culture traditionnelle du riz est possible dans ces vallées à sols sulfatés acides, moyennant un aménagement sommaire et le respect de règles de gestion simples. Il reste à vérifier par la modélisation hydrologique que la gestion préconisée peut se faire en année plus sèche.

L'objectif, qui consistait à montrer la faisabilité d'une réimplantation de la riziculture sur des terres dégradées, a été atteint. Il demande à être confirmé au cours de la prochaine campagne. Cependant, il importe de bien restituer cette nouvelle donnée dans le contexte socio-économique actuel. Le manque de main d'oeuvre disponible, soit par suite de l'exode vers les villes, soit par la concurrence avec d'autres spéculations, plus rentables, sur les plateaux, peut constituer un frein au redémarrage de la riziculture. L'investissement humain que suppose ce type d'aménagement, même sommaire, constitue-t-il une contrainte trop importante eu égard aux revenus modestes dégagés? Le rôle des terres rizicultivées dans le système de production des paysans Diola sera-t-il aussi prépondérant que naguère? Autant de questions qu'il convient de ne pas occulter pour transformer une réussite ponctuelle en projet de développement.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARRY B., 1986.

Situations des aménagements hydro-agricoles des terres salées de Basse Casamance. IIIème séminaire sur les aménagements hydro-agricoles et systèmes de production, 16-19 Décembre 1986, Montpellier.

BARRY B., BOIVIN P., BRUNET D., MONTOROI J.P., MOUGENOT B., TOUMA J., ZANTE P., 1988.

Evolutions des stratégies d'aménagement hydro-agricoles des sols salés en basse Casamance. Deuxièmes Journées de l'eau au Sénégal, UCAD, Dakar.

BOIVIN P., BRUNET D., 1990.

Bilan de quatre années de suivi de la salure d'une vallée aménagée anti-sel par conductivimétrie électromagnétique et krigeage. Rapport de campagne. Multigr., ORSTOM/Dakar-Bondy, 12 p.

BRUNET D., 1988.

Etude pédologique de la vallée de Djigouinoum (basse Casamance). Multigr., ORSTOM/Dakar, 28 p. + 2 cartes + annexes.

BRUNET D., 1989.

Dessalement des terres dans la vallée de Djigouinoum. Bilan hydrique et salin de l'hivernage 88, ORSTOM/Dakar.

DACOSTA H., 1989.

Précipitations et écoulements sur le bassin de la Casamance. Thèse 3ème cycle, Univ. CAD, Dakar.

ISRA/CRODT, 1986.

Actes du séminaire «L'estuaire de la Casamance: environnement, pêche, socio-économie». 19-24 juin 1986, Ziguinchor.

KALCK, 1978.

Evolution des zones à mangroves du Sénégal au Quaternaire récent. Etudes géologiques et géochimiques. Thèse 3ème cycle, ULP Strasbourg, 117 p.

LE BRUSQ J.Y., LOYER J.Y., MOUGENOT B., CARN M., 1987.

Nouvelles paragenèses à sulfates d'aluminium, de fer et de magnésium, et de leur distribution dans les sols sulfatés acides du Sénégal. Science du Sol, 25(3), 173-184.

MONTOROI J.P., ZANTE P., 1989.

La mise en valeur des terres dégradées par la salinisation en basse Casamance (Sénégal). Séminaire «Estudio de las relaciones agua-suelo-vegetacion y ganado en la zona arida del norte de Mexico. Orientado a la utilizacion racional de estos recursos», 23-27 Octobre 1989, Mexico.

USAID/SOMIVAC/ISRA, 1985.

Actes de la 11ème Table Ronde sur les barrages anti-sel, 12-15 Juin 1985, Ziguinchor.