



ORSTOM



Programme CEE DG XII, Contrat N° TS2A-0216-M (CD)

Rapport hydrologique 1989

Vallée de DJIGUINOUM

CASAMANCE

J. ALBERGEL, D. BRUNET, G. DUBEE, J.L. DUPREY*, B. MARIEU, J.P. MONTOROI, P. ZANTE
Département Eaux Continentales de l'ORSTOM

*Laboratoire de chimie de Hann
ORSTOM, BP 1386, DAKAR
République du Sénégal

DAKAR, MAI 1990

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 diminué. 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 Guidel) ont été réalisés, d'autre part, à l'instigation 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).

L'ISRA et l'ORSTOM oeuvrent en Basse Casamance depuis plusieurs années sur des projets conjoints. Ceux-ci ont permis de faire le point sur les conséquences actuelles de la sécheresse dans cette région et d'élaborer les premières recommandations sur une stratégie d'aménagement (programme STD1 DG 12, ISRA/ORSTOM, 1988). Dans ce cadre, une étude a débuté dans la vallée de DJIGUINOUM et a comme objectifs :

- la caractérisation d'une vallée représentative du domaine fluvio-marin de Basse CASAMANCE et de son bassin versant
- la détermination des contraintes sur la production agricole.

Le projet de recherche, financé par la CEE (DG 12) dans le cadre du programme d'étude des bas-fonds de l'Afrique de l'Ouest, est une continuité logique de ces travaux. Cette recherche se veut plus appliquée et suit de près un aménagement dont la conception résulte des études antérieures. Elle doit aboutir à un modèle de gestion de l'eau pour la production rizicole dans les petites vallées dégradées.

Dans la vallée de DJIGUINOUM, le problème de l'intrusion marine due au battement des marées a été résolu par la construction d'un micro-barrage comprenant une digue en terre et une construction en béton comprenant trois batardeaux. Malgré cet aménagement, deux contraintes majeures ont empêché la riziculture de se réinstaller :

- la salinité des sols : la zone du sol explorée par les racines du riz doit être dessalée avant chaque campagne agricole.
- l'acidité : cette acidité s'est accentuée avec l'abaissement du niveau des nappes provoquant l'oxydation des sols. Elle a pour corollaire de rendre mobiles les ions aluminiques et ferriques très toxiques pour la végétation.

Le présent rapport consigne les résultats de la campagne hydrologique 1989. Un rapport spécifique aux essais agronomiques le complètera.

Dans une première partie, le site de DJIGUINOUM est succinctement décrit. Les références bibliographiques des travaux concernant ce milieu sont rappelées. Le dispositif expérimental est exposé dans la seconde partie. Les dispositifs du suivi du bilan hydrologique et hydrochimique sont détaillés tandis que ceux concernant l'agronomie sont rappelés pour mémoire. Enfin, la troisième partie consigne les résultats et premières interprétations

1 LE SITE DE DJIGUINOUM

La vallée de Djiguinoum 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 km² et celle de la vallée de 271 ha dont 150 ha pour le bas-fond inondable. Les coordonnées géographiques de l'exutoire du bassin sont 12°40'N et 16°12'W.

* Climat

Il se caractérise par deux saisons bien nettes: une saison sèche quasiment sans aucune précipitation de novembre à mai et une saison pluvieuse de juin à octobre avec un maximum en août.

Il est considéré comme étant de type tropical subguinéen (BRIGAUD, 1965) avec des précipitations supérieures à 1500 mm, une température moyenne maximale de 30° et une hygrométrie élevée en saison des pluies. La répartition mensuelle des pluies est extrêmement variable d'une année à l'autre, ce qui entraîne une forte variabilité des précipitations totales et du nombre de jours de pluie (VIELLEFON, 1977).

La pluviométrie moyenne sur la période 1931-1988 est à Ziguinchor de 1424 mm. Cependant, la moyenne des vingt dernières années (1161 mm), accuse une baisse de l'ordre de 25% par rapport aux périodes précédentes, à savoir 1929-1948 (1522 mm) et 1949-1968 (1544 mm).

La température moyenne annuelle est de 26° à Ziguinchor, les mois d'avril et mai étant les plus chauds. L'évaporation est supérieure à la pluviométrie d'octobre à juin. Elle est de l'ordre de 7.5 mm/jour durant les mois les plus chauds et de 4 mm/j au cours des mois les plus pluvieux (MARIUS, 1984).

* Géologie et géomorphologie

Le bassin versant du fleuve Casamance est localisé dans les formations sédimentaires du Continental Terminal qui se sont déposées dès le Secondaire. En Basse Casamance, elles peuvent atteindre plusieurs milliers de mètres d'épaisseur par suite d'une forte subsidence ayant eu lieu au Tertiaire. Les derniers dépôts présentent un faciès gréseux où l'on trouve des argiles de type kaolinique. De nombreuses régressions et transgressions ainsi que des mouvements tectoniques ont contribué au découpage du modelé actuel en plateaux peu élevés.

C'est au cours du Quaternaire récent que s'est constitué le domaine fluvio-marin de Basse Casamance. L'édification de cordons littoraux et le comblement de l'estuaire par des dépôts marins, au cours de transgressions successives, en sont les événements majeurs (KALCK, 1978). Sont alors apparues des terrasses sableuses, situées en bordure de plateaux, et des vasières formées par des sédiments fins, colonisées par la mangrove et associées à des zones salées sans végétation («tanne»). La vallée de Djiguinoum présente ce type de formations.

* Les sols

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 ne 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.

Une étude pédologique sur l'ensemble du bassin versant est en cours.

* Occupation des sols

Les plateaux, occupés originellement par la forêt, sont de plus en plus défrichés au profit de la culture d'arachide ainsi que celles du mil et du sorgho près des villages.

Le bas-fond est le lieu privilégié de la riziculture inondée, pratiquée exclusivement par les femmes, des semailles à la récolte. Actuellement, seules la tête de vallée et les terrasses de bordure sont mises en culture. Plus de la moitié des terres situées en amont du barrage restent salées. Les abords du marigot, anciennement peuplés par la mangrove, sont peu à peu occupés par des cypéracées.

Au pied des versants s'étend la palmeraie qui a plusieurs usages: production de vin de palme, bois de construction.

Les travaux du sol s'effectuent à l'aide d'outils aratoires manuels (daba, kayendo...). Le bas-fond est quadrillé par un réseau de diguettes délimitant des casiers griffés de billons.

2. 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 m²) et un casier rizicole comprenant 8 parcelles de 220 m² chacune et équipées de bougies de prélèvement de la solution du sol.

2.1 Le barrage

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 marée basse.

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 équipées de la même manière, afin d'accroître la capacité de vidange. L'ensemble du système d'ouverture fait une largeur de 15 m. La figure 2 présente un levé topographique du barrage de DJILAKOUN et la position des stations hydrologiques dont il a été équipé.

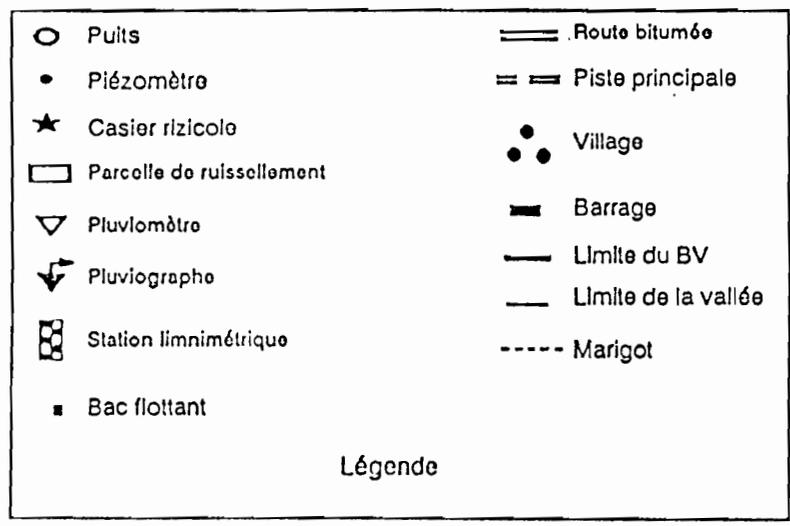
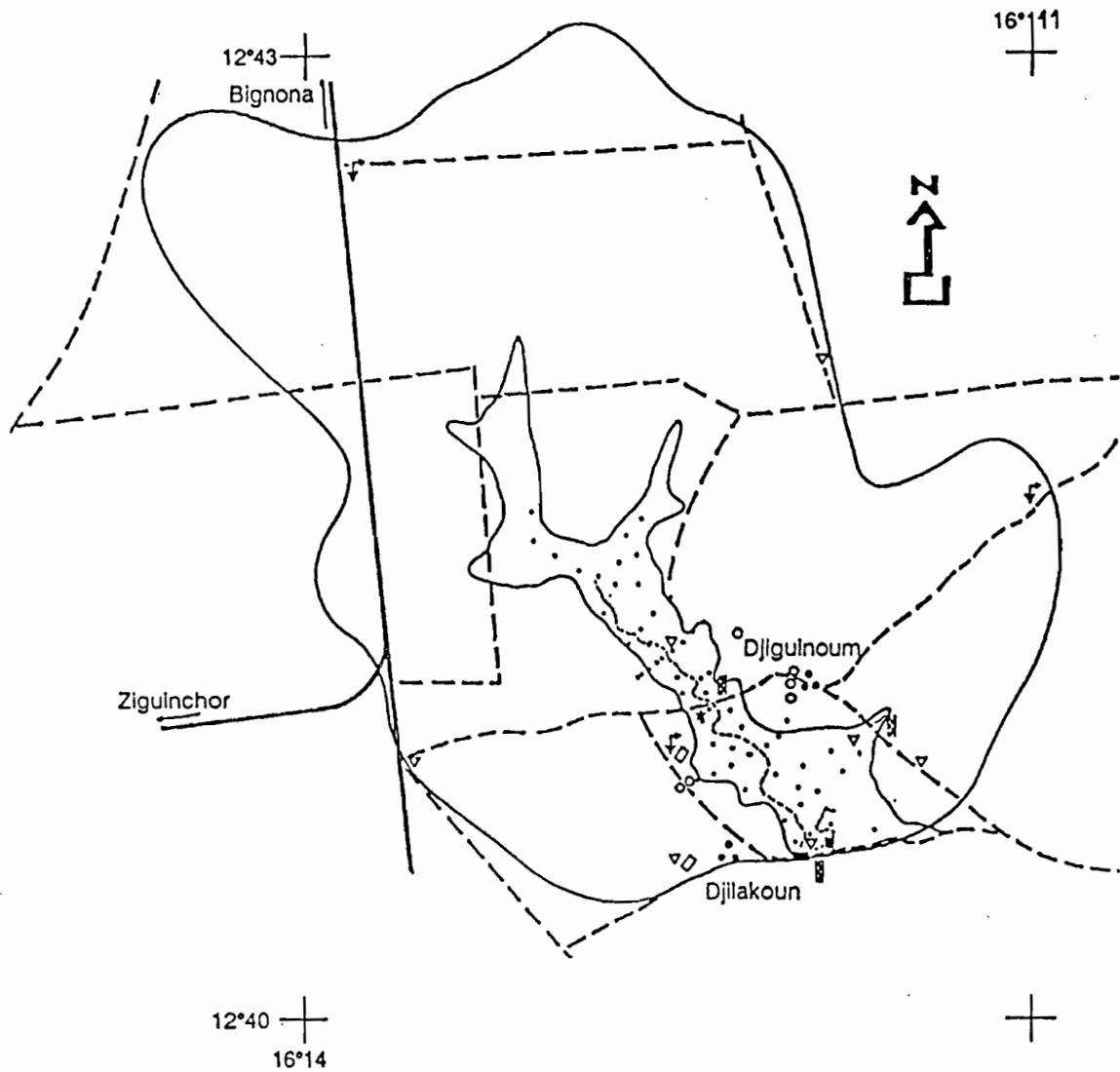
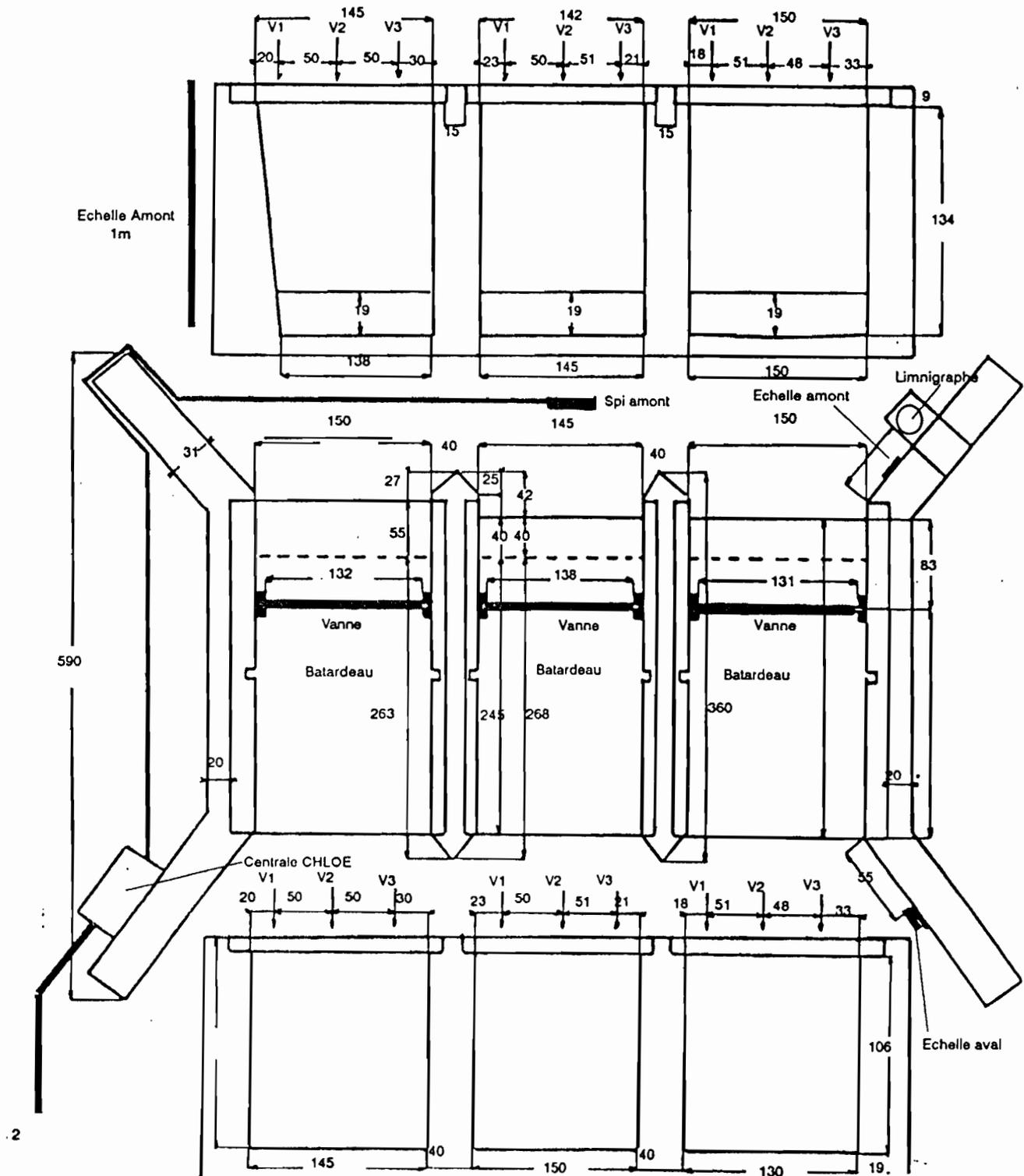


Fig. 1 Le site expérimental de DJIGUINOUM

En aval du barrage le plan d'eau est un défluent de la CASAMANCE et son niveau hydrostatique est sous la dépendance de l'onde de marée qui se propage dans l'estuaire de la CASAMANCE. On y a installé une échelle limnimétrique, un limnigraphe à tambour de rotation journalière type OTT X et un SPI capteur de pression.

Fig 2. BARRAGE DE DJILAKOUM 1989



En amont du barrage, l'ancien bief soumis à la marée est transformé en plan d'eau drainant le bassin versant de DJIGUINOUM. Il s'assèche tous les ans au courant du mois de janvier. On y a installé une échelle limnimétrique, un limnigraphe à tambour de rotation journalière type OTT X, un SPI capteur de pression et un bac flottant pour la mesure de l'évaporation du plan d'eau. Les deux SPI capteurs de pression sont reliés à la même centrale d'acquisition de données de type CHLOE. Les variations des deux plans d'eau (amont et aval) sont ainsi enregistrées sur la même base temps constituée par une horloge électronique. Le zéro de l'échelle aval est coté à -17 cm par rapport à l'échelle amont.

La figure 3 schématise une porte vanne du barrage et la figure 4 le support du treuil qui l'actionne.

Fig 3 Vallée de DJIGUINOUM

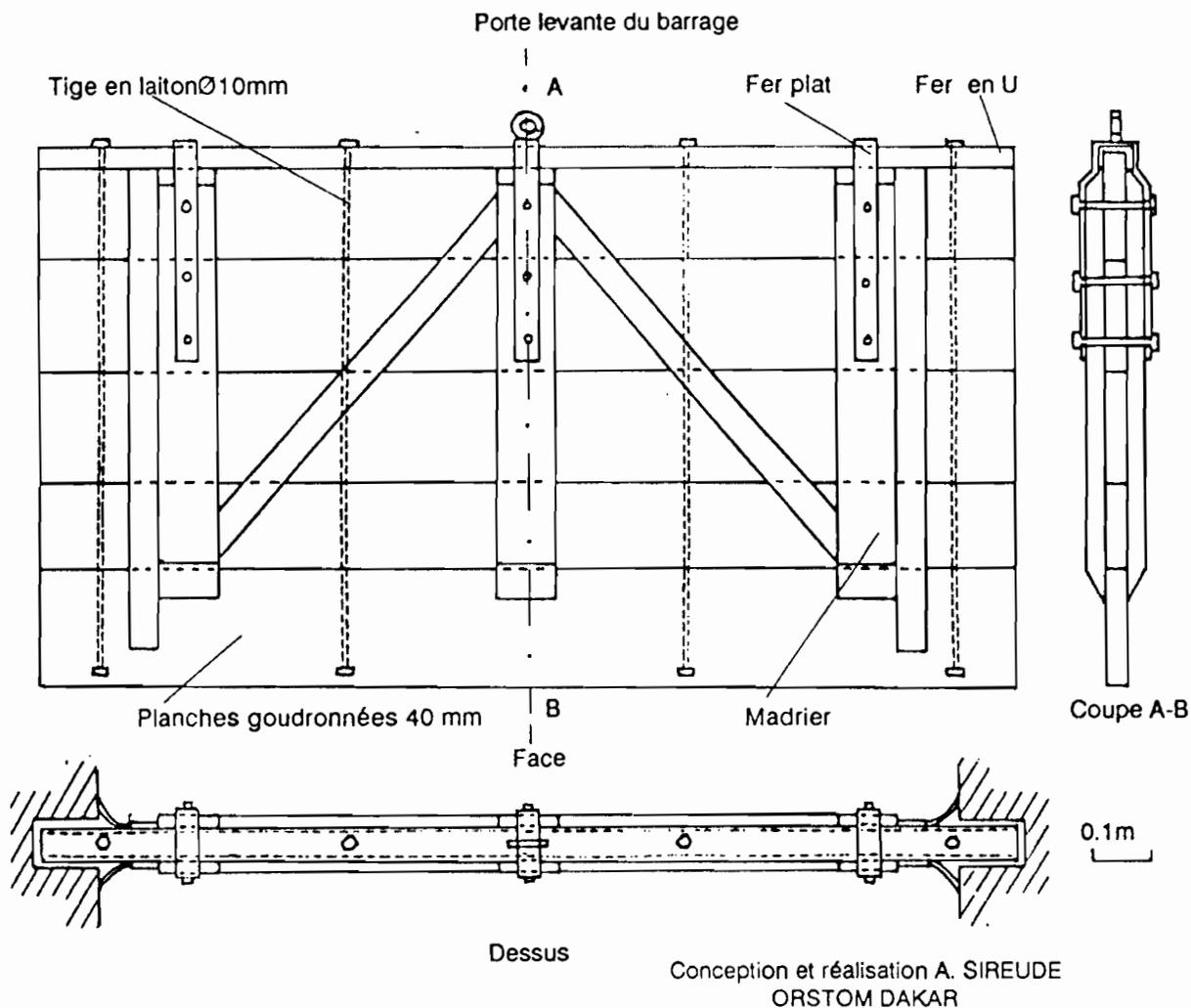
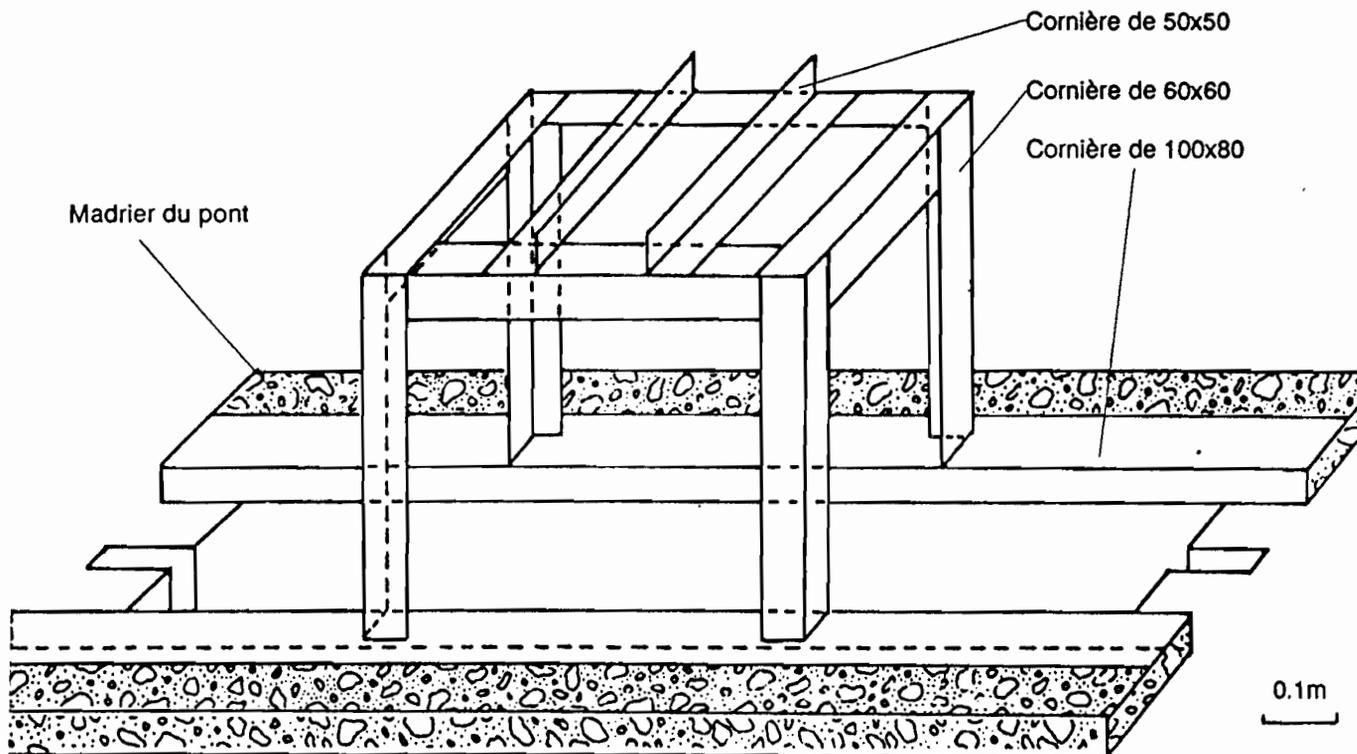


Fig.4 Support de treuil



Conception et réalisation A. SIREUDE
ORSTOM DAKAR

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

La première règle répond à une préoccupation des villageois de Djiguinoum: 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 cote amont 3 cm au-dessus de celle aval pour avoir une relation unique hauteur débit. (Fig. 5)

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.

A chaque ouverture, les lâchers d'eau ont été jaugés en continu. Des jaugeages ont été effectués à la fois à l'amont et à l'aval du barrage en début de campagne. Il s'est avéré que les variations du plan d'eau à l'amont du barrage suivent plus fidèlement les variations de cotes mesurées à l'échelle; une mise en vitesse de l'écoulement a lieu en aval des vannes. La section amont est donc retenue comme section de jaugeage (Fig.6).

Durant chaque lâcher, un prélèvement d'eau est effectué. La mesure du pH est faite au moment du prélèvement. Les mesures de la conductivité électrique et de la teneur en aluminium et en fer sont ensuite réalisées au laboratoire de chimie du centre ORSTOM de DAKAR.

Figure 5 Jaugeages en fonction de la différence de cote amont et aval

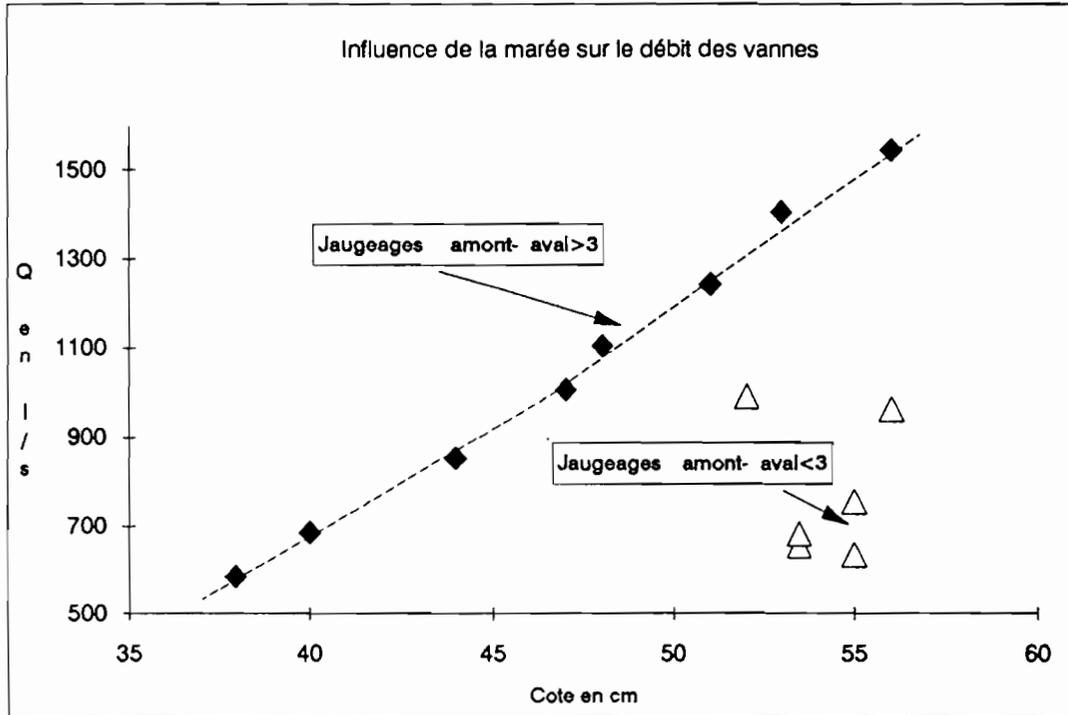
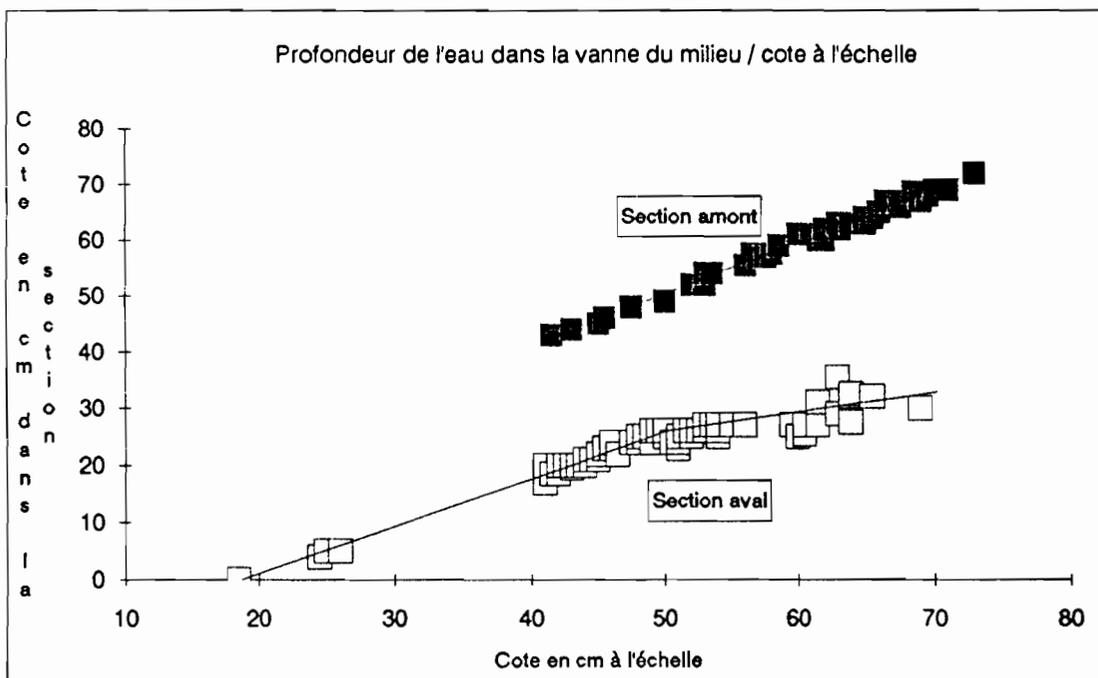


Figure 6 Variation du plan d'eau dans la section de jaugeage et à l'échelle

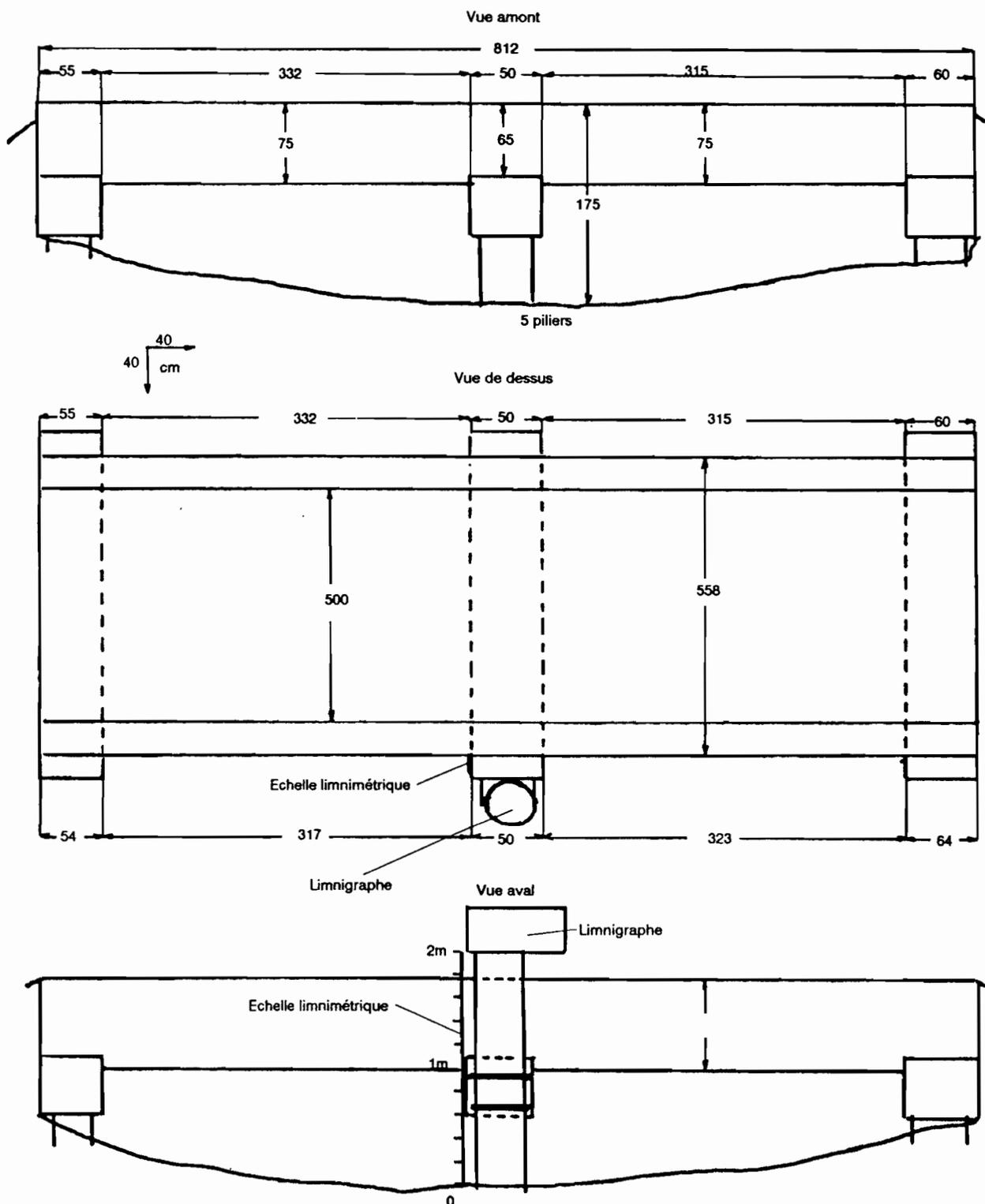


2.2 Les stations hydrométriques du pont de DJIGUINOUM et de la vallée LE BRUSQ

Deux stations hydrométriques ont été installées sur deux sous-bassins sur les ponts routiers de la piste reliant la route goudronnée BIGNONA-ZIGUINCHOR aux villages de DJIGUINOUM et de KOUBALAN.

La première représentée sur la figure 7 contrôle un bassin versant de 20.85 km². Elle est composée d'une échelle limnimétrique de deux éléments et d'un limnigraphe OTT 20. Le zéro de cette échelle est coté à +2 cm par rapport au zéro de l'échelle amont de DJILAKOUN.

Fig. 7 PONT DE DJIGUINOUM 1989



La seconde contrôle un bassin versant de 3.5 km². Elle est composée d'une échelle limnimétrique d'un élément et d'un limnigraphe OTT 20. Le zéro de cette échelle est coté à 124 cm par rapport au zéro de l'échelle amont de DJILAKOUN. Elle est située sur le pont de la vallée LE BRUSQ.

La priorité étant l'étalonnage des vannes du barrage, il a été décidé que pour la première année seules les cotes seront enregistrées à ces deux stations. Quelques jaugeages ont été néanmoins réalisés au cours des premières crues avant que la plaine ne soit inondée.

La station de la vallée LE BRUSQ s'est avérée être mal placée. En effet, les eaux de ruissellement du village de DJIGUINOUM sont drainées par la piste et débouchent dans cette section. Il a été décidé de déplacer cette station vers l'amont pour la campagne 1990.

2.3 Le dispositif pluviométrique

Le dispositif pluviométrique représenté sur la figure 8 comprend 7 pluviomètres "Association" avec une bague réceptrice de 400 cm², 3 pluviographes à augets basculants "Précis mécanique" et de deux pluviomètres au sol de type "SNOWDON". La répartition de THIESSEN est reportée sur la figure 8.

L'installation de deux pluviomètres au sol à proximité des parcelles de ruissellement et couplés à deux pluviomètres à 1 m (norme OMM) répond à deux objectifs :

- connaître la quantité précipitée exacte interceptée par les parcelles de ruissellement,
- vérifier la relation liant l'écart de mesures entre les pluviomètres standards et les pluviomètres au sol établie par CHEVALLIER & LAPETITE (1986) pour l'AFRIQUE de l'OUEST continentale dans le cas d'un pays côtier.

2.4 Le dispositif piézométrique

Le dispositif piézométrique installé par BRUNET & ZANTE en 1988 a été complété avant l'hivernage 1989 à partir des conclusions du dépouillement des données de la campagne 1988 (BRUNET, 1990).

Ce dispositif comprend actuellement 58 piézomètres en PVC, de 80 mm de diamètre. Ceux ci sont disposés en une dizaine de transects parallèles, perpendiculaires à l'axe du marigot (direction SO-NE), et distants d'environ 200 m sur l'ensemble de la vallée. Selon leur situation topographique et la position de la nappe en fin de saison sèche, leur longueur souterraine varie de 2 à 4 m.

Six puits villageois installés sur le plateau complètent cet ensemble de piézomètres répartis de façon homogène dans toute la vallée.

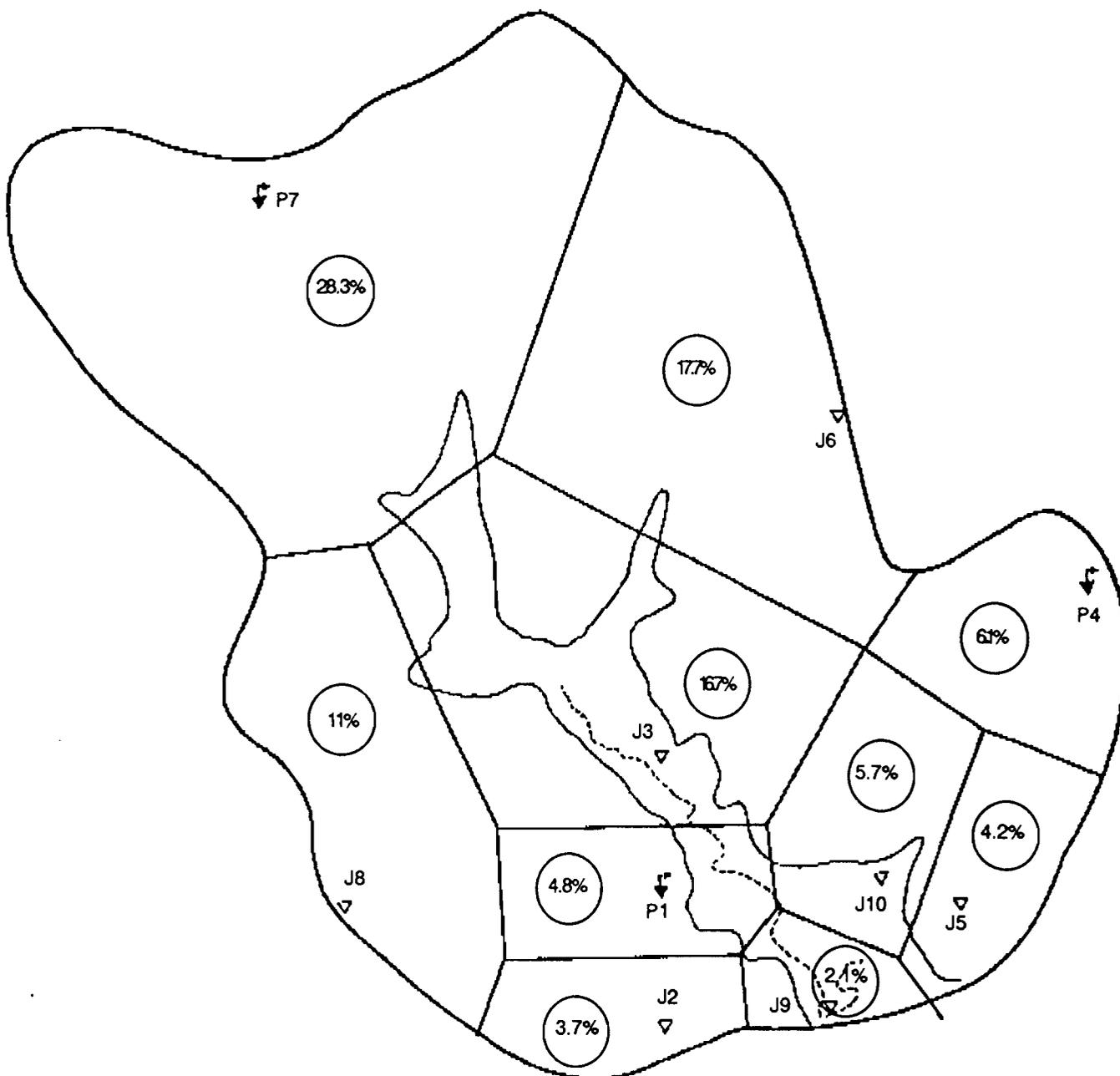
L'ensemble du dispositif a été mesuré en début d'hivernage au mois de Juin et en fin d'hivernage au mois de Décembre. Un suivi mensuel est effectué sur les deux transects qui sont les plus complets et qui se prolongent par les puits sur le plateau.

La veille de la tournée, les piézomètres sont vidangés. Vingt quatre heures après la vidange, la hauteur de l'eau dans le piézomètre est mesurée par rapport au sommet du tube aérien. Pour vérifier que le piézomètre n'a pas bougé, la partie aérienne du tube est également mesurée. En effet, dans ces sols meubles, il arrive que des tubes soient enfoncés ou retirés par les animaux ou des curieux de passage. On a même retrouvé un tube utilisé comme poteau coin de corner d'un terrain de football installé au bord de la vallée.

Au cours du nivellement général de la vallée, tous les piézomètres et les puits observés ont été rattachés au zéro de l'échelle amont du barrage de DJILAKOUN (Fig. 9). Les cotes piézométriques sont donc exprimées en fonction de ce zéro de référence.

Bassin versant de DJIIGUINOUM

Couverture pluviométrique de l'année 1989



-  Pluviographe
-  Pluviomètre
-  Coefficient de THISEN

Figure 8

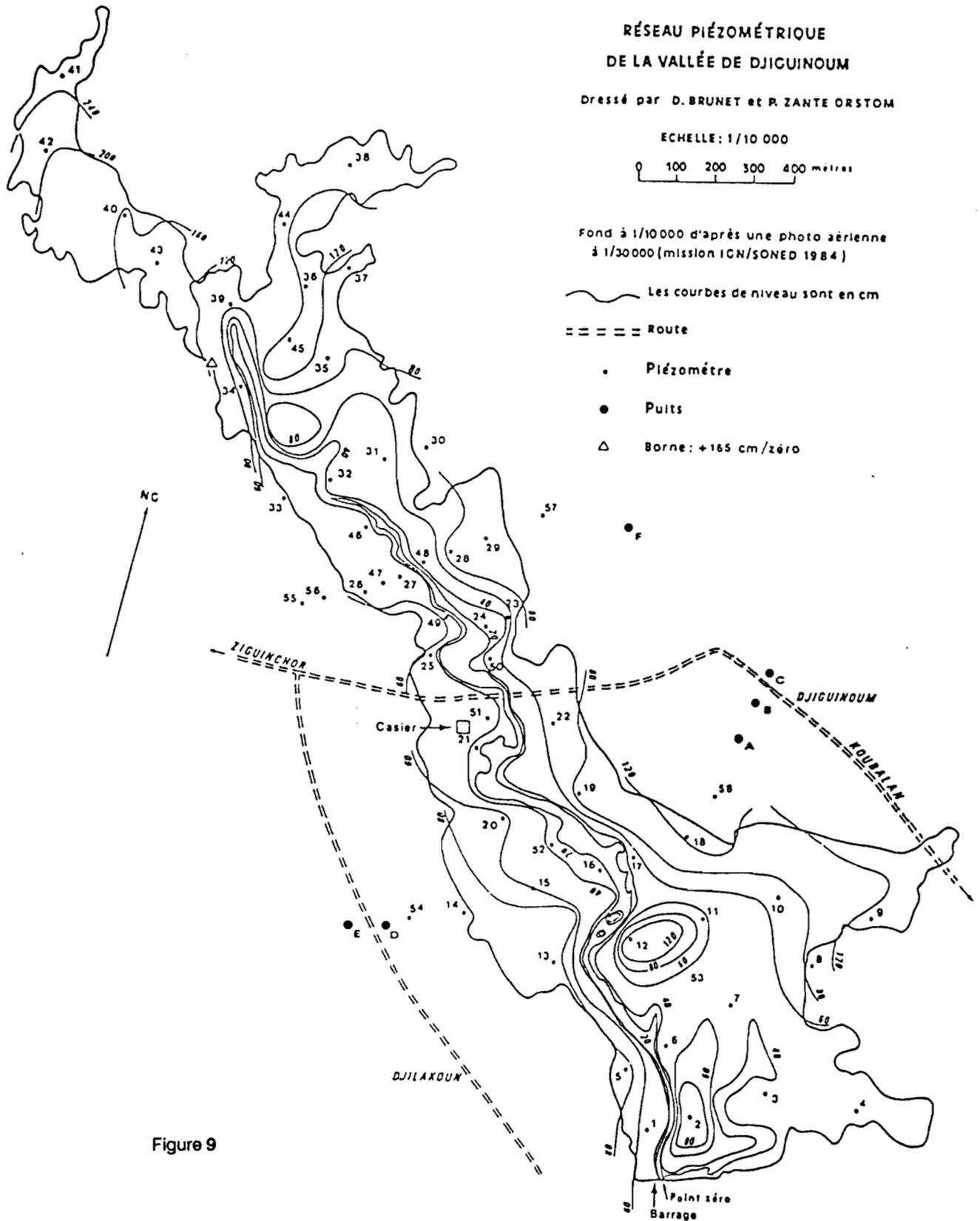


Figure 9

Après la mesure du niveau de la nappe, un échantillon d'eau est prélevé dans chaque piézomètre. La mesure du pH est faite immédiatement, celles de la conductivité et de la teneur en aluminium sont réalisées ensuite au laboratoire de chimie du centre ORSTOM de DAKAR HANN.

Des analyses d'ions majeurs ont été réalisées sur des prélèvements effectués aux dates suivantes : 21/06/89 et 09/12/89.

2.5 Dispositif du ruissellement sur parcelle de 50 m²

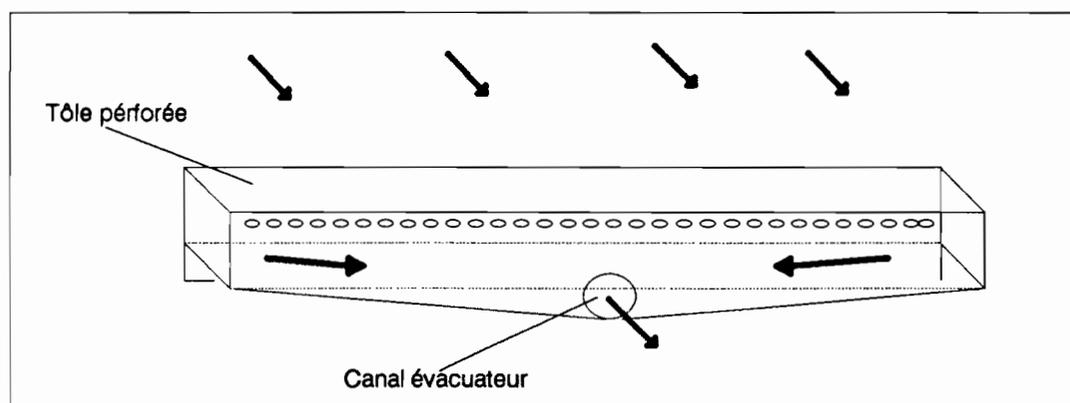
L'absence de réseau hydrographique net sur le plateau semble montrer que celui-ci contribue peu au régime hydrologique de la vallée par ruissellement direct. Cependant, il nous est apparu important de pouvoir quantifier le ruissellement en dehors de la zone de bas-fond et la sensibilité des sols à l'érosion. Ces parties du bassin représentées par des sols rouges sur les plateaux et des sols gris dans la zone de raccordement plateau-bas-fond, subissent actuellement un début de défrichement. Il est important de connaître les aptitudes au ruissellement et à l'érosion de ces sols et de pouvoir apprécier l'évolution de leur comportement hydrique après défrichement.

Deux parcelles de ruissellement de 50 m² ont été installées en 1989 sur le bassin de DJIGUINOUM. La parcelle 1 est située sur des sols gris de versants dans la zone de palmeraie, et la parcelle 2 sur des sols rouges de plateau. Ces deux types de sols représentent l'essentiel de la surface du bassin, hormis le bas-fond inondable. Elles ont été installées en zone de végétation naturelle ce qui représente l'essentiel de l'occupation de ces sols. Il serait néanmoins intéressant de connaître leur réaction après défrichement.

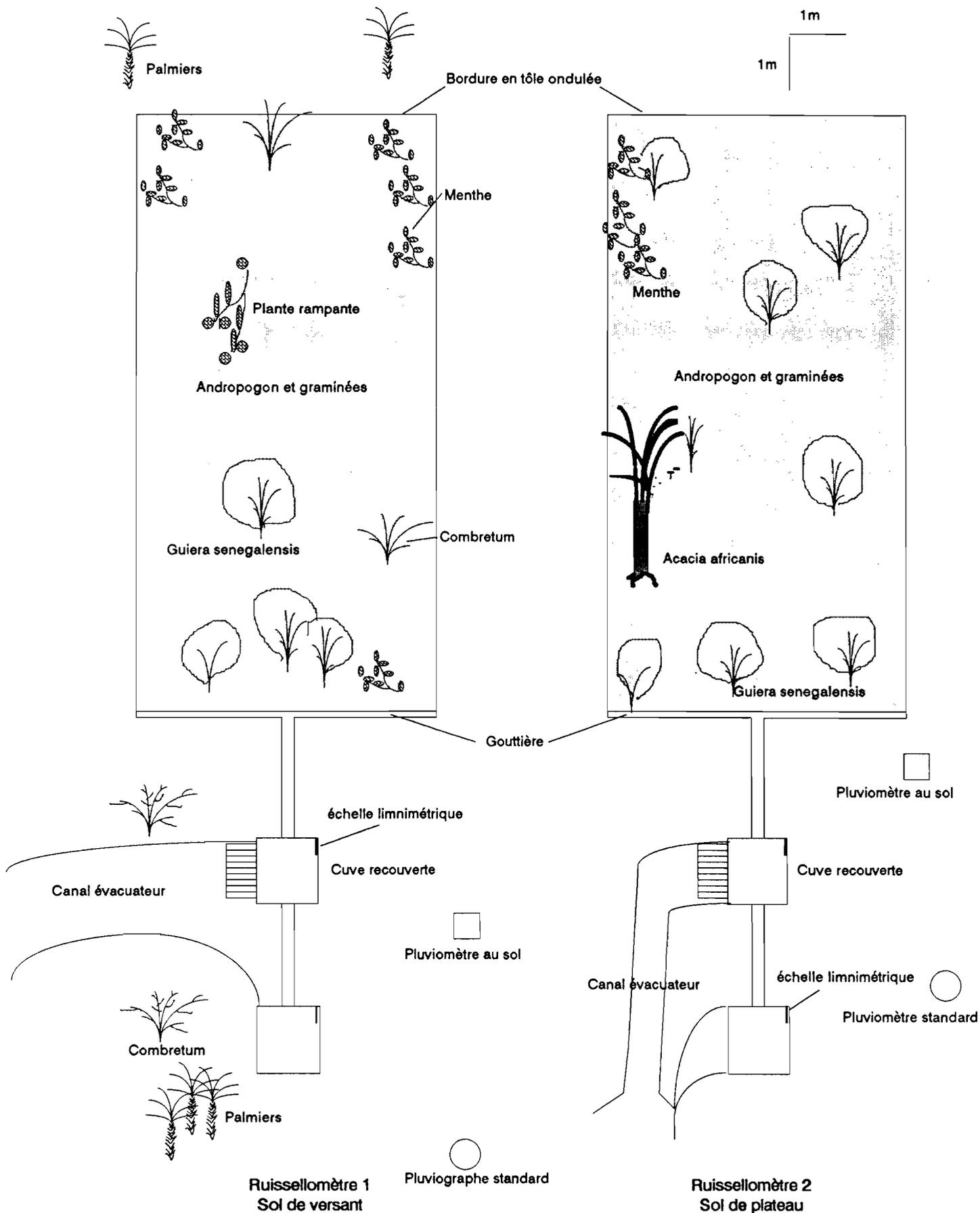
La parcelle est installée dans la ligne de plus grande pente du terrain (2.7 % pour la parcelle 1 et 2.4% pour la parcelle 2). Elle est délimitée en amont et latéralement par des demi-tôles ondulées enterrées sur 15 cm et maintenues verticalement par des piquets en bois. La partie aval est constituée d'une gouttière de récupération des eaux de ruissellement. Cette gouttière est faite en tôle de 2.5 mm en trois morceaux (2 m pour la partie centrale et 1.50 m pour chaque partie latérale) assemblés avec un joint en mastic et boulonnés (Fig 10). Elle est recouverte d'une tôle boulonnée pour la protéger de la pluie.

Les eaux de ruissellement s'écoulent dans deux cuves de 1 m² placées en série, dotées chacune d'une échelle de 1 m. La seconde cuve récupère le 1/10 de l'excédent de la première cuve. L'évacuation de la première cuve vers la seconde ou vers le canal évacuateur s'effectue à la cote 87 cm. Cette installation permet de mesurer une lame ruisselée de 217 mm sur une surface de 50 m² avec une précision de 0.1 mm. Ces parcelles sont représentées sur la figure 11.

Fig. 10 Gouttière aval d'une parcelle de ruissellement



Dispositif de ruissellement sur parcelle de 50 m²



Ces sites expérimentaux sont également équipés de deux pluviomètres chacun, l'un placé au sol et l'autre à 1 m de hauteur.

A la suite de la saison des pluies 1989 les données suivantes ont été recueillies pour chaque averse:

- pluie au sol,
- pluie à 1 m,
- lame ruisselée,
- concentration en matière solide.

L'intérêt d'une telle expérimentation réside dans la connaissance des coefficients de ruissellement et de ses facteurs explicatifs (pluie totale, intensité de la pluie, indice de saturation des sols). La sensibilité à l'érosion de ces sols est également testée.

2.6 L'essai agronomique (pour mémoire)

Un rapport particulier sur la recherche agronomique menée sur le site de DJIGUINOUM est en préparation, nous rappelons ici les grands traits du dispositif expérimental.

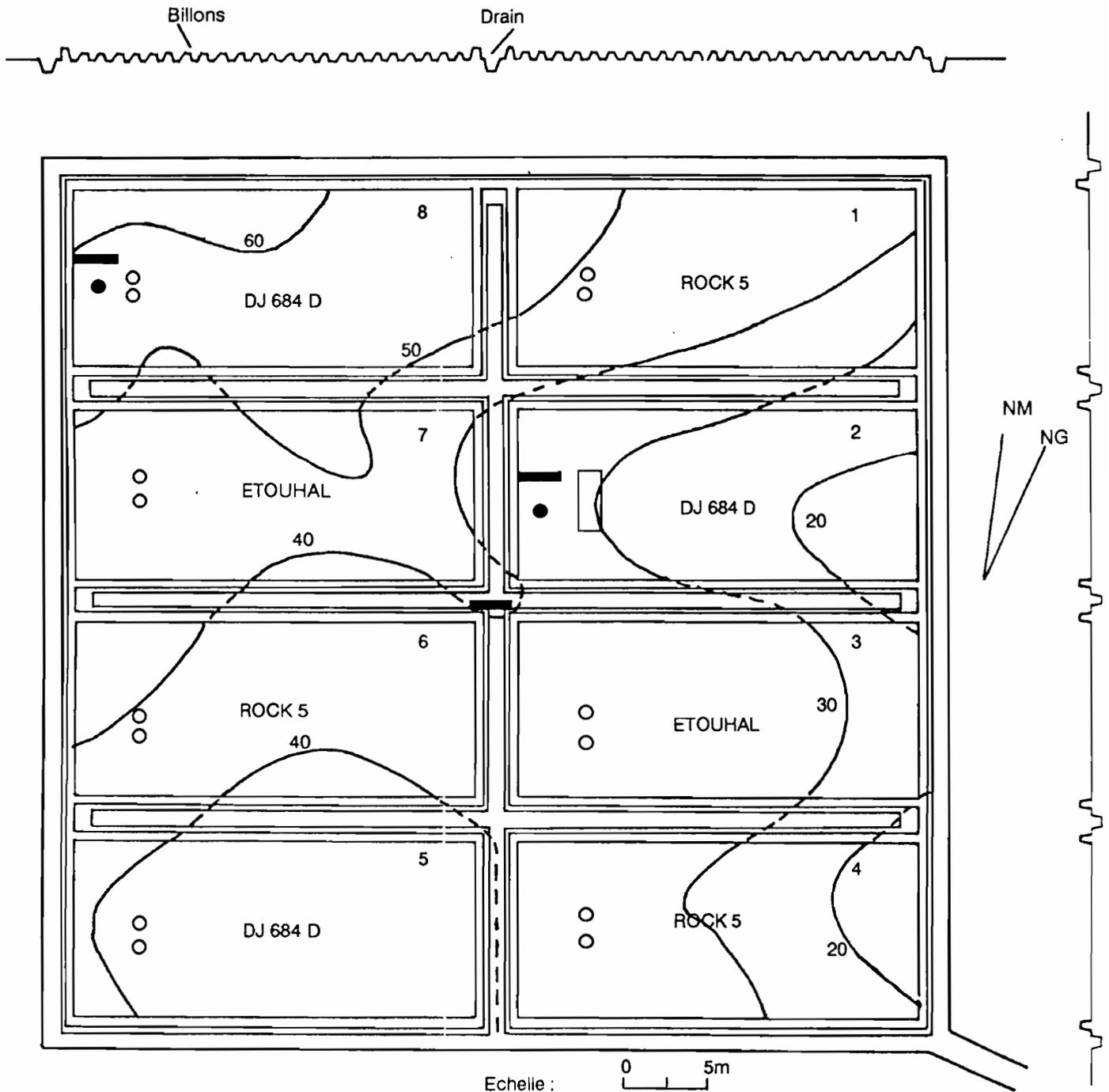
L'ensemble de l'aménagement occupe une aire de 2500 m². Les travaux culturaux ont été réalisés suivant les techniques traditionnelles de la riziculture en basse Casamance. Trois variétés connues pour leur tolérance au sel ont été employées. Le calendrier cultural a comporté les phases suivantes:

- 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,
- repiquage 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 bougies 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. La figure 12 présente le casier rizicole.

CASIER RIZICOLE DJIGUINOUM 1989



Echelle : 0 5m

Légende :

- | | | | |
|-----------------------|----------------|--------|----------|
| échelle limnimétrique | bougie poreuse | 1 | parcelle |
| piézomètre | station pH Eh | ROCK 5 | variété |
| 40 | | | |
- c. de niveau cm

3 RESULTATS EN 1989

3.1 Suivi de la pluviométrie

Le dépouillement complet du réseau pluviométrique et pluviographique a été effectué et les données sont saisies à l'aide du logiciel PLUVIOM. 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). L'hivernage a été précoce et les premiers mois ont été bien arrosés. L'averse la plus forte enregistrée a atteint une hauteur moyenne de 63.5 mm au 30 juin. On a comptabilisé 76 averses. Les répartitions temporelles des pluies moyennes sur le bassin sont représentées sur la figure 13. Les tableaux 1 donnent les récapitulatifs mensuels de la pluie. Le tableau 2 donne les pluies moyennes selon la méthode de THIESSEN sur le bassin complet et sur le sous-bassin au pont de DJIGUINOUM.

Figure 13

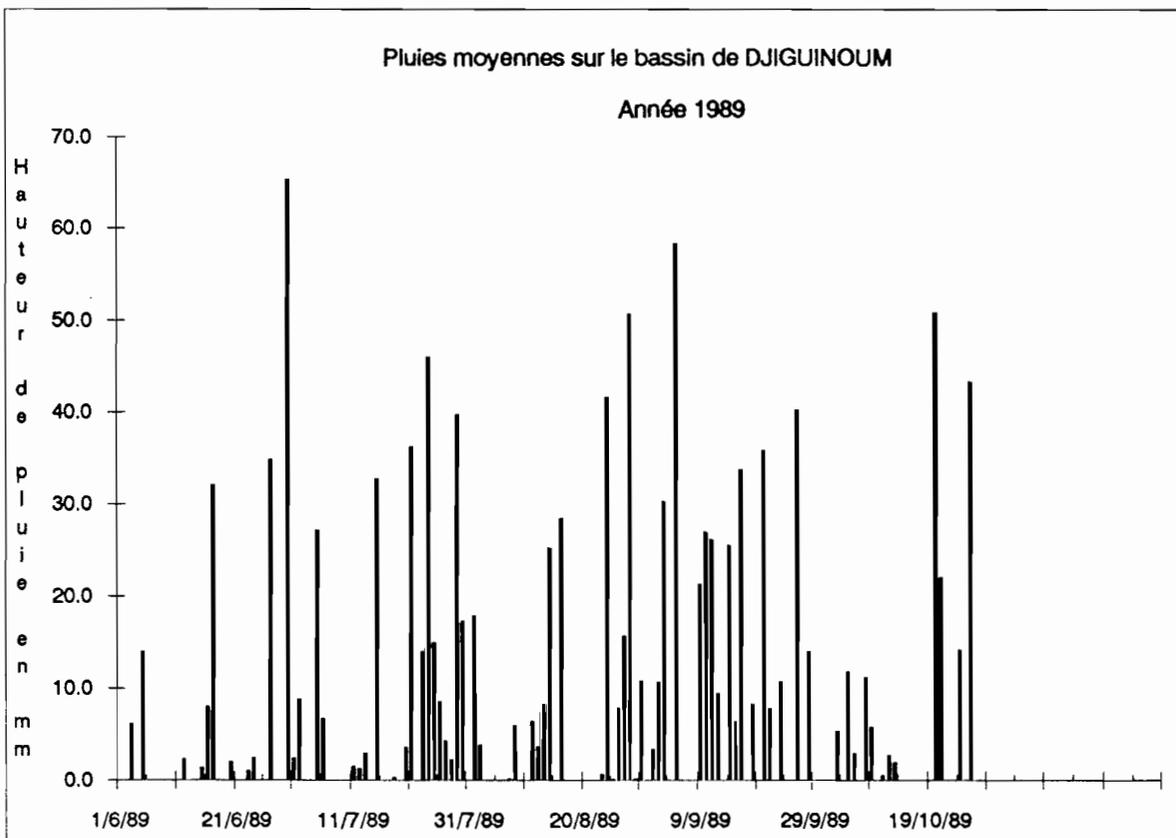


Tableau 1

BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUN ANNEE 1989 MOIS DE JUIN

JOUR	PE1	P 2	P 3	PE4	P 5	P 6	PE7	P 8	P 9	P10	M.DJL	M.DJG
1			0.0						0.0	0.0		
2			0.0						0.0	0.0		
3			4.4						6.8	7.1		
4			0.0						0.0	0.0		
5			16.4						11.6	13.9		
6			0.0						0.0	0.0		
7			0.0						0.0	0.0		
8			0.0						0.0	0.0		
9			0.0						0.0	0.0		
10			0.0						0.0	0.0		
11			0.0						0.0	0.0		
12			2.5						2.3	2.2		
13			0.0						0.0	0.0		
14			0.0						0.0	0.0		
15			1.3						1.2	1.6		
16			14.1						8.4	1.5		
17	28.9	28.0	33.1	30.5					32.3	30.6		
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	1.2	1.1	1.5	5.8	2.8	7.3	2.9	0.6	1.4	2.4	3.2	3.5
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	1.7	2.4	1.6	2.9	2.3	0.4	0.3	0.9	0.0	0.0	1.0	0.8
24	4.5	7.3	0.0	0.7	3.0	4.0	0.7	4.7	6.1	3.2	2.4	1.9
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	38.2	39.2	36.9	29.7	29.8	27.6	36.8	40.1	32.8	34.6	34.8	34.7
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	58.2	63.6	56.5	85.3	59.8	67.6	68.8	67.5	53.2	56.2	65.3	66.2

MOIS	132.7	141.6	168.3	154.9	97.7	106.9	109.5	113.8	156.1	153.3	106.7	107.1
------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

NB: () mois incomplet , donnée manquante

NB: M.DJL pluie moyenne sur le bassin à la station aval de DJILAKOUN

NB: M.DJG pluie moyenne sur le bassin à la station amont de DJIGUINOUM

Tableau 1 (suite)

BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUN ANNEE 1989 MOIS DE JUILLET

JOUR	PE1	P 2	P 3	PE4	P 5	P 6	PE7	P 8	P 9	P10	M.DJL	M.DJG
1	2.5	2.7	2.2	1.6	3.3	2.5	2.3	2.0	4.3	2.9	2.4	2.3
2	9.8	9.7	7.8	7.9	12.7	8.8	8.7	7.3	12.4	10.1	8.8	8.4
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	32.2	43.2	30.5	25.1	26.3	25.1	17.6	41.8	33.9	27.2	27.1	25.5
6	8.1	8.0	6.8	9.0	7.6	7.8	4.2	7.6	9.8	7.5	6.7	6.3
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1.0	1.2	1.5	0.9	2.1	2.5	1.3	1.2	1.0	1.5	1.5	1.6
12	3.4	3.0	0.5	0.6	0.7	0.1	0.0	7.0	0.4	1.2	1.3	1.0
13	7.2	8.2	2.7	2.3	4.6	1.2	1.1	5.6	4.6	4.7	2.9	2.2
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	14.2	14.5	20.2	18.8	14.4	29.8	64.7	16.8	12.8	13.0	32.7	37.6
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.5	0.3	0.9	0.9	0.3	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	2.5	3.0	3.2	11.6	3.1	4.7	1.9	3.5	4.3	3.4	3.6	3.6
21	36.0	33.5	39.7	34.8	41.2	36.6	35.5	31.4	34.0	37.8	36.2	36.2
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	29.0	23.5	24.6	13.2	27.2	3.7	3.6	18.2	15.3	30.9	14.0	11.3
24	51.0	44.3	47.4	60.1	46.3	50.8	38.4	47.6	44.4	44.0	46.0	45.6
25	10.1	12.4	8.4	16.0	7.0	21.3	17.5	18.9	9.6	7.2	15.0	16.1
26	8.7	9.2	8.2	8.7	9.0	9.1	8.1	9.1	8.5	8.8	8.6	8.5
27	2.8	2.7	4.1	10.2	4.7	9.7	1.0	2.2	2.4	4.6	4.3	4.4
28	2.9	5.5	0.9	0.7	0.6	0.9	1.9	8.7	4.8	0.3	2.3	2.1
29	42.0	40.7	37.6	32.1	34.7	40.0	44.2	36.4	40.2	37.4	39.7	40.1
30	22.0	25.2	11.2	11.6	12.5	17.1	20.4	21.3	19.9	12.5	17.3	17.1
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MOIS	285.4	291.0	257.8	266.1	258.9	272.0	272.4	286.8	262.9	255.3	270.7	270.1

NB: () mois incomplet , donnée manquante

NB: M.DJL pluie moyenne sur le bassin à la station aval de DJILAKOUN

NB: M.DJG pluie moyenne sur le bassin à la station amont de DJIGUINOU

Tableau 1 (suite)

BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUN ANNEE 1989 MOIS D'AOUT

JOUR	PE1	P 2	P 3	PE4	P 5	P 6	PE7	P 8	P 9	P10	M.DJL	M.DJG
1	17.6	18.1	17.4	13.2	13.3	17.2	19.1	23.3	18.1	13.1	17.9	18.3
2	2.3	3.1	1.9	3.8	3.4	1.7	5.9	5.7	2.5	3.4	3.8	3.9
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.7	0.3	0.5	0.0	0.7	0.0	0.0	0.1	0.4	0.5	0.2	0.1
8	1.8	2.8	2.6	2.1	0.4	5.1	10.7	10.6	1.2	0.3	5.9	6.9
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	2.0	2.4	3.7	12.0	7.1	12.8	5.6	2.2	6.8	6.8	6.4	6.8
12	1.9	3.5	1.8	4.3	2.9	4.5	5.9	2.5	1.8	0.8	3.7	4.1
13	2.6	2.9	6.8	7.5	2.2	8.9	13.5	6.6	1.3	2.1	8.2	9.5
14	19.5	23.9	18.5	28.6	28.9	28.1	27.0	28.3	25.2	28.2	25.7	25.7
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	25.0	26.1	23.0	26.3	24.2	28.9	34.2	29.5	24.3	23.5	28.4	29.3
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	1.9	1.8	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.7	0.6
24	42.1	44.0	45.2	54.6	40.9	40.3	30.8	58.9	42.4	39.1	41.6	40.7
25	0.3	0.2	0.3	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	0.1	0.1
26	5.4	6.6	6.4	9.6	8.1	8.2	8.5	10.7	3.9	4.8	7.9	8.1
27	16.4	17.8	19.5	1.3	11.6	17.0	16.6	17.0	12.8	11.3	15.7	16.3
28	59.5	65.3	45.1	37.0	66.2	45.9	49.0	57.8	57.6	60.2	50.7	48.3
29	0.3	1.0	1.0	1.1	1.1	1.8	3.8	1.7	0.6	0.8	2.0	2.3
30	7.8	8.9	6.6	6.3	8.0	8.0	19.2	8.1	6.5	6.5	10.8	11.6
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MOIS	205.2	226.9	202.2	209.5	222.5	228.4	249.8	263.0	205.8	203.7	229.7	232.6

NB: () mois incomplet , donnée manquante

NB: M.DJL pluie moyenne sur le bassin à la station aval de DJILAKOUN

NB: M.DJG pluie moyenne sur le bassin à la station amont de DJIGUINOUM

Tableau 1 (suite)

BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUN ANNEE 1989 MOIS DE SEPTEMBRE

JOUR	PE1	P 2	P 3	PE4	P 5	P 6	PE7	P 8	P 9	P10	M.DJL	M.DJG
1	0.2	0.5	0.0	8.1	1.0	7.8	4.8	0.4	0.0	0.1	3.4	4.0
2	10.3	11.2	11.0	10.2	11.5	10.0	11.2	10.5	11.0	10.6	10.7	10.7
3	30.5	28.5	29.3	35.6	30.3	33.8	28.7	27.8	29.1	30.0	30.3	30.3
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	59.4	59.1	60.5	72.6	62.9	64.4	52.2	48.5	52.8	64.5	58.3	57.8
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	25.4	30.6	14.3	14.0	19.2	10.0	17.9	22.8	30.7	21.9	21.3	15.9
10	27.4	28.8	25.6	30.5	30.6	27.7	25.1	27.0	27.4	28.0	26.9	26.4
11	21.4	19.6	27.5	30.0	22.9	29.8	26.0	24.3	19.5	22.9	26.1	27.0
12	8.7	9.8	8.6	8.2	8.3	9.1	11.4	9.1	8.3	7.5	9.5	9.7
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	36.0	36.8	33.3	19.3	33.0	18.5	17.6	33.5	31.5	31.0	25.5	23.5
15	1.4	0.9	0.8	1.8	0.8	9.4	14.4	1.7	0.8	0.6	6.4	7.8
16	33.4	32.6	36.5	31.7	38.5	32.8	31.2	34.0	38.2	38.1	33.7	33.2
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	10.0	10.2	8.3	14.1	12.2	10.5	3.9	7.1	8.7	11.6	8.2	7.5
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	28.3	36.1	37.3	54.8	40.4	47.5	22.7	37.8	32.1	40.8	35.8	35.3
21	5.7	8.3	7.1	12.9	9.5	9.6	5.2	9.6	6.9	8.7	7.8	7.6
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	11.0	11.1	10.0	12.3	11.5	10.9	9.4	11.5	11.2	13.2	10.7	10.4
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	32.3	34.9	44.1	44.0	22.4	44.6	45.0	34.9	23.2	27.9	40.2	42.9
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	14.6	16.7	15.1	13.5	20.8	12.8	11.5	13.8	18.2	18.6	14.0	13.2
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

MOIS	356.0	375.7	369.3	413.6	375.8	389.2	338.2	354.3	349.6	376.0	368.8	363.2
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

NB: () mois incomplet , donnée manquante

NB: M.DJL pluie moyenne sur le bassin à la station aval de DJILAKOUN

NB: M.DJG pluie moyenne sur le bassin à la station amont de DJIGUINOUN

Tableau 1 (fin)

BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUN ANNEE 1989 MOIS D'OCTOBRE

JOUR	PE1	P 2	P 3	PE4	P 5	P 6	PE7	P 8	P 9	P10	M.DJL	M.DJG
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	4.3	5.0	4.3	4.5	4.7	4.8	6.8	6.2	3.9	3.9	5.3	5.5
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	12.2	12.4	19.8	14.0	19.5	10.9	6.1	7.6	20.5	16.7	11.8	11.0
6	4.4	5.2	5.6	2.2	6.1	2.0	0.4	3.9	5.9	3.2	2.9	2.5
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	26.6	30.1	16.1	7.2	25.4	3.2	1.2	16.8	28.3	22.3	11.2	7.7
9	6.0	6.3	6.0	5.0	6.2	5.3	4.6	6.8	6.1	5.8	5.8	5.4
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	1.8	1.8	0.5	0.5	0.5	0.2	0.0	1.6	0.6	0.3	0.5	0.4
12	0.3	0.6	0.5	1.5	4.3	1.8	5.7	2.0	0.0	2.0	2.7	2.9
13	0.4	0.6	0.5	0.7	0.5	0.8	4.5	2.8	0.5	0.3	1.9	2.3
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	51.9	47.2	53.8	52.2	60.7	50.8	42.7	59.4	46.5	60.8	50.8	49.9
21	17.8	18.8	17.5	31.3	26.9	31.8	18.5	16.9	23.4	22.5	22.0	21.9
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	18.1	20.1	22.0	6.7	11.8	10.8	10.6	17.5	20.1	14.3	14.2	13.8
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	30.2	27.8	26.8	25.8	22.7	58.6	64.1	31.2	25.5	25.6	43.3	47.8
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MOIS	174.0	175.9	173.4	151.6	189.3	181.0	165.2	172.7	181.3	177.7	172.5	171.0

NB: () mois incomplet , donnée manquante

NB: M.DJL pluie moyenne sur le bassin à la station aval de DJILAKOUN

NB: M.DJG pluie moyenne sur le bassin à la station amont de DJIGUINOUM

Tableau 2

BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUN ANNEE 1989 PLUIES MOYENNES

JOUR	M.DJL					M.DJG				
	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT
1		2.4	17.9	3.4	0.0		2.3	18.3	4.0	0.0
2		8.8	3.8	10.7	0.0		8.4	3.9	10.7	0.0
3		0.0	0.0	30.3	5.3		0.0	0.0	30.3	5.5
4		0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
5		27.1	0.0	58.3	11.8		25.5	0.0	57.8	11.0
6		6.7	0.0	0.0	2.9		6.3	0.0	0.0	2.5
7		0.0	0.2	0.0	0.0		0.0	0.1	0.0	0.0
8		0.0	5.9	0.0	11.2		0.0	6.9	0.0	7.7
9		0.0	0.0	21.3	5.8		0.0	0.0	15.9	5.4
10		0.0	0.0	26.9	0.0		0.0	0.0	26.4	0.0
11		1.5	6.4	26.1	0.5		1.6	6.8	27.0	0.4
12		1.3	3.7	9.5	2.7		1.0	4.1	9.7	2.9
13		2.9	8.2	0.0	1.9		2.2	9.5	0.0	2.3
14		0.0	25.7	25.5	0.0		0.0	25.7	23.5	0.0
15		32.7	0.0	6.4	0.0		37.6	0.0	7.8	0.0
16		0.0	28.4	33.7	0.0		0.0	29.3	33.2	0.0
17		0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.3	0.0	8.2	0.0	0.0	0.2	0.0	7.5	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	3.2	3.6	0.0	35.8	50.8	3.5	3.6	0.0	35.3	49.9
21	0.0	36.2	0.0	7.8	22.0	0.0	36.2	0.0	7.6	21.9
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	1.0	14.0	0.7	10.7	0.0	0.8	11.3	0.6	10.4	0.0
24	2.4	46.0	41.6	0.0	14.2	1.9	45.6	40.7	0.0	13.8
25	0.0	15.0	0.1	0.0	0.0	0.0	16.1	0.1	0.0	0.0
26	0.0	8.6	7.9	40.2	43.3	0.0	8.5	8.1	42.9	47.8
27	34.8	4.3	15.7	0.0	0.0	34.7	4.4	16.3	0.0	0.0
28	0.0	2.3	50.7	14.0	0.0	0.0	2.1	48.3	13.2	0.0
29	0.0	39.7	2.0	0.0	0.0	0.0	40.1	2.3	0.0	0.0
30	65.3	17.3	10.8	0.0	0.0	66.2	17.1	11.6	0.0	0.0
31		0.0	0.0		0.0		0.0	0.0		0.0
MOIS	106.7	270.7	229.7	368.8	172.5	107.1	270.1	232.6	363.2	171.0

NB: () mois incomplet , donnée manquante

NB: M.DJL pluie moyenne sur le bassin à la station aval de DJILAKOUN

NB: M.DJG pluie moyenne sur le bassin à la station amont de DJIGUINOUM

L'analyse des pluies recueillies dans le pluviomètre au sol et celles recueillies au pluviomètre ou pluviographe standard montre que les quantités sont très voisines. La régression entre pluie au sol et pluie à 1m est quasiment la première bissectrice, elle a pour expression :

$$\text{Pluie au sol} = 1.0004 \text{ Pluie à 1m} + 1.204$$

Le coefficient de régression est de $R = 0.9923$ pour un échantillon de 48 valeurs (nous avons fait un seul échantillon des deux chroniques mesurées sur les deux sites des parcelles de ruissellement). Il faut remarquer que, durant l'hivernage 1989, nous n'avons eu aucun évènement pluvieux avec de très fortes intensités. Le tableau 3 consigne les valeurs des pluies au sol et des pluies à 1m sur les deux sites de mesures. La figure 14 présente la corrélation entre ces deux variables. En se reportant à l'étude de CHEVALLIER et LAPETITE (1986), les différences entre pluie au sol et pluie à 1 m seraient moins importantes qu'en Afrique continentale à latitude égale, ce résultat reste à confirmer par la campagne prochaine.

L'analyse des intensités / durées / fréquences ainsi que celle de la forme des averses sera faite après la seconde campagne de saison des pluies, lorsque l'échantillon d'averses sera plus conséquent. Les hyétogrammes des principales averses sont représentés avec les crues reconstituées dans le chapitre traitant du ruissellement.

Figure 14

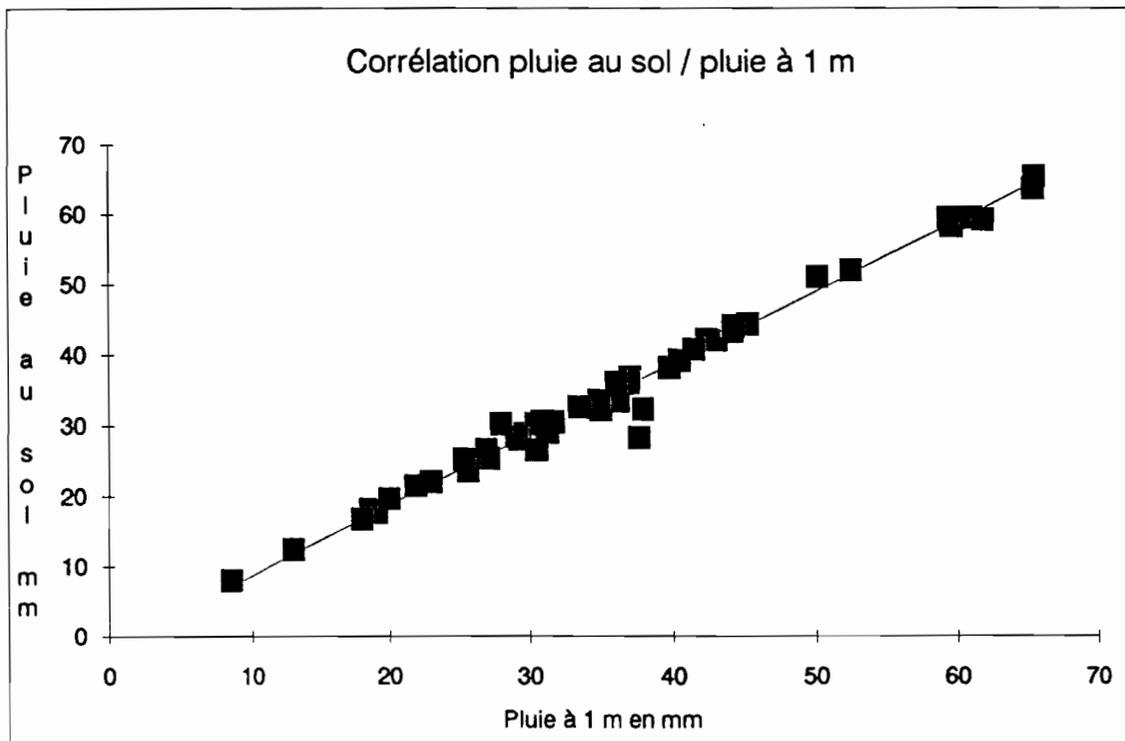


Tableau 3

Pluie au sol / pluie à 1m ayant donné lieu à ruissellement

Ruisselomètre 1 (sols gris)			Ruisselomètre 2 (sols rouges)		
date	P au sol (mm)	P à 1m (mm)	Date	P au sol (mm)	P à 1m (mm)
17/6/89	29.3	28.9	17/6/89	29.3	28
27/6/89	39.8	38.2	27/6/89	40.5	39.2
30/6/89	59.7	58.2	30/6/89	65.5	63.6
5/7/89	34.9	32.2	5/7/89	44.2	43.2
6/7/89	8.5	8.1	6/7/89	8.5	8
21/7/89	36.1	36	21/7/89	34.8	33.5
23/7/89	31.2	29	23/7/89	25.6	23.5
24/7/89	50.2	51	24/7/89	45.3	44.3
29/7/89	43.1	42	25/7/89	13.1	12.4
30/7/89	23	22	29/7/89	41.5	40.7
1/8/89	19.1	17.6	30/7/89	25.3	25.2
24/8/89	42.4	42.1	1/8/89	18.6	18.1
28/8/89	59.5	59.5	24/8/89	44.3	44
3/9/89	31.6	30.5	28/8/89	65.6	65.3
5/9/89	61.1	59.4	3/9/89	29.1	28.5
9/9/89	27.1	25.4	5/9/89	61.9	59.1
11/9/89	21.9	21.4	9/9/89	30.9	30.6
14/9/89	36.5	36	11/9/89	20	19.6
16/9/89	36.2	33.4	14/9/89	37	36.8
20/9/89	37.6	28.3	16/9/89	33.4	32.6
26/9/89	37.9	32.3	20/9/89	36.9	36.1
8/10/89	26.9	26.6	26/9/89	36	36.1
20/10/89	52.6	51.9	28/9/89	18	16.7
26/10/89	30.5	30.2	8/10/89	30.5	26.6
			26/10/89	28	30.2

3.2 Les résultats hydrologiques à la station de DJILAKOUN (barrage)

3.2.1 Caractérisation du plan d'eau en amont de la retenue

A partir du nivellement de la vallée, les courbes surface du plan d'eau / cote à l'échelle amont et volume du plan d'eau / cote à l'échelle amont ont été réalisées (Fig.15 & Fig.16)

Figure 15

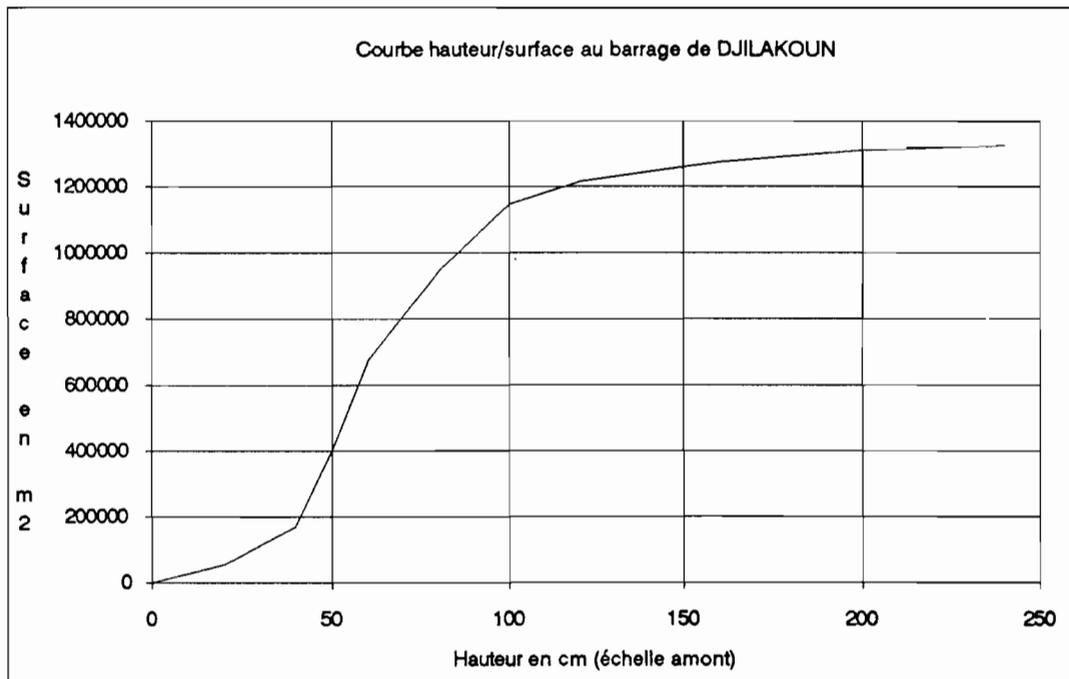
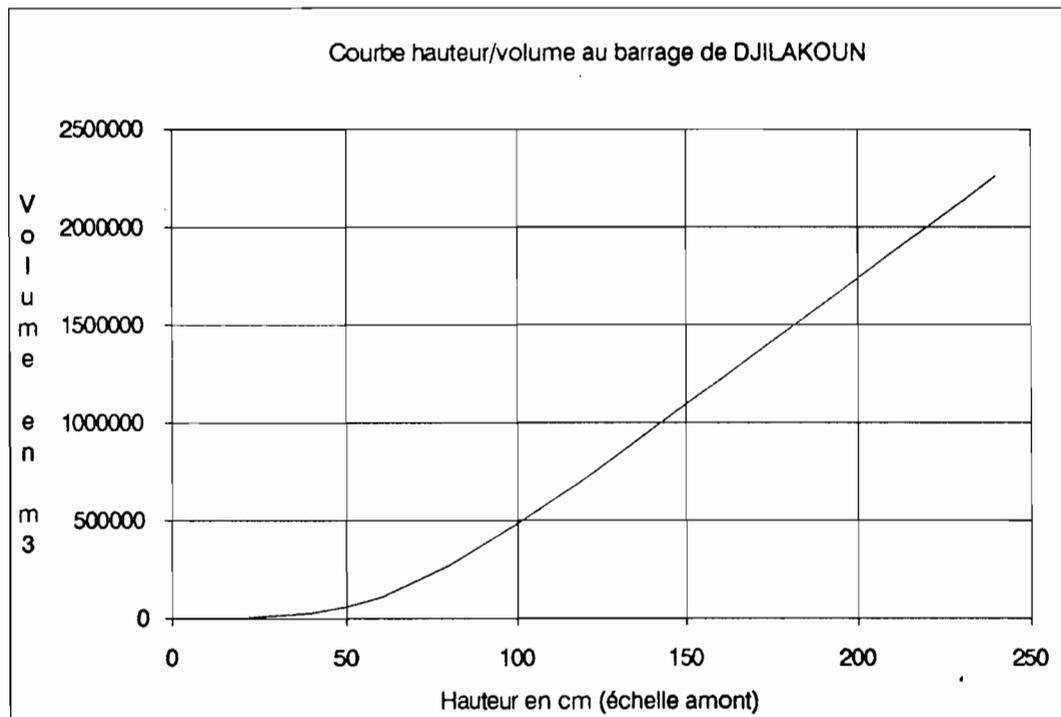


Figure 16



3.2.2 Les cotes enregistrées

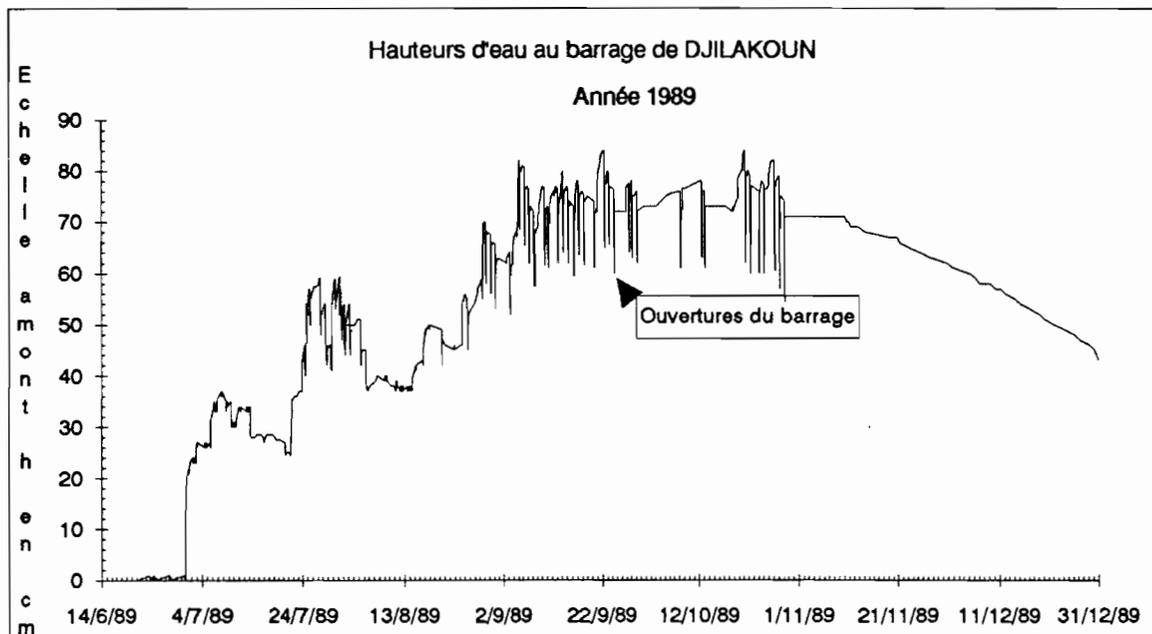
Les cotes amont et aval du barrage ont été enregistrées sur la centrale d'acquisition de données CHLOE, les limnigraphes OTT ont permis de compléter les données lors d'arrêts de la CHLOE (panne d'alimentation et panne de SPI) et de recalibrer les cotes CHLOE.

Un logiciel écrit par LAMAGAT, MONTOROI et PERAUDEAU permet de récupérer les cotes de la mémoire statique et d'éliminer les données redondantes.

L'ensemble des cotes amont et aval ont pu être dépouillées, complétées et corrigées. Elles ont été ensuite archivées sous HYDROM.

La figure 17 représente les variations limnimétriques du plan d'eau amont.

Figure 17



La figure 18 montre les variations des plans d'eau amont et aval en début de saison des pluies. On remarque que la cote aval en marée haute est supérieure à la cote amont. Pour réaliser un lâcher d'eau, il faut absolument ouvrir les vannes en fonction de la marée. Au mois de septembre, aux plus hautes eaux dans la retenue, on remarque que la cote aval peut encore être supérieure à la cote amont pour de fortes marées (Fig. 19).

Figure 18

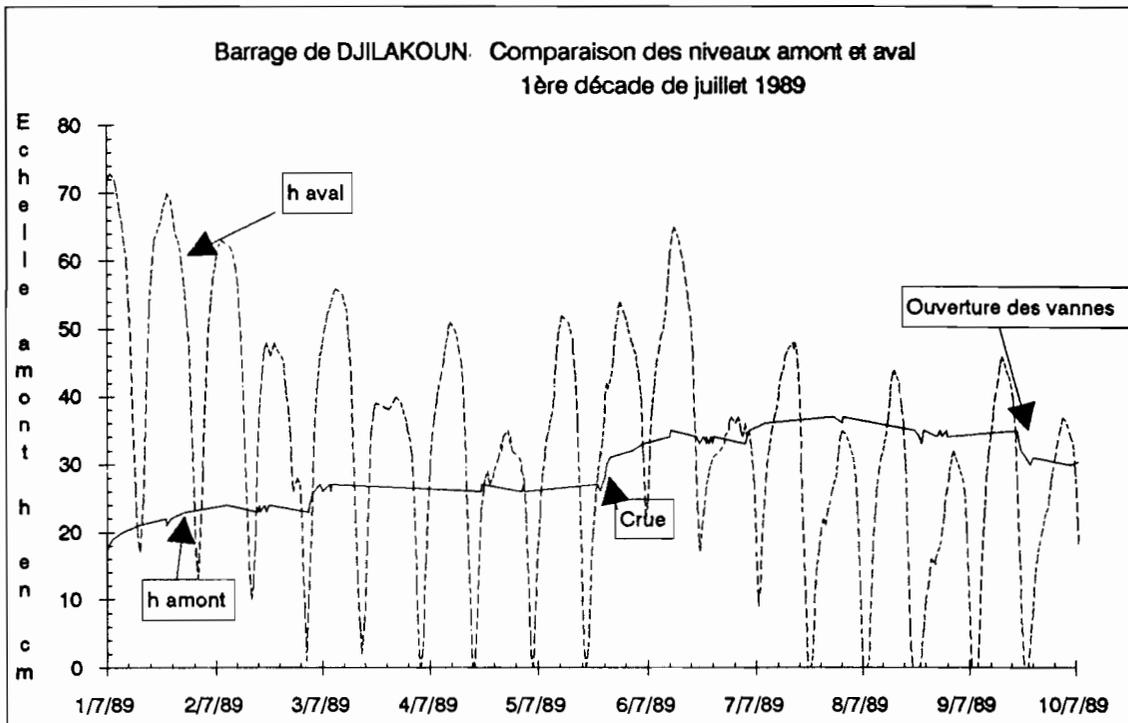
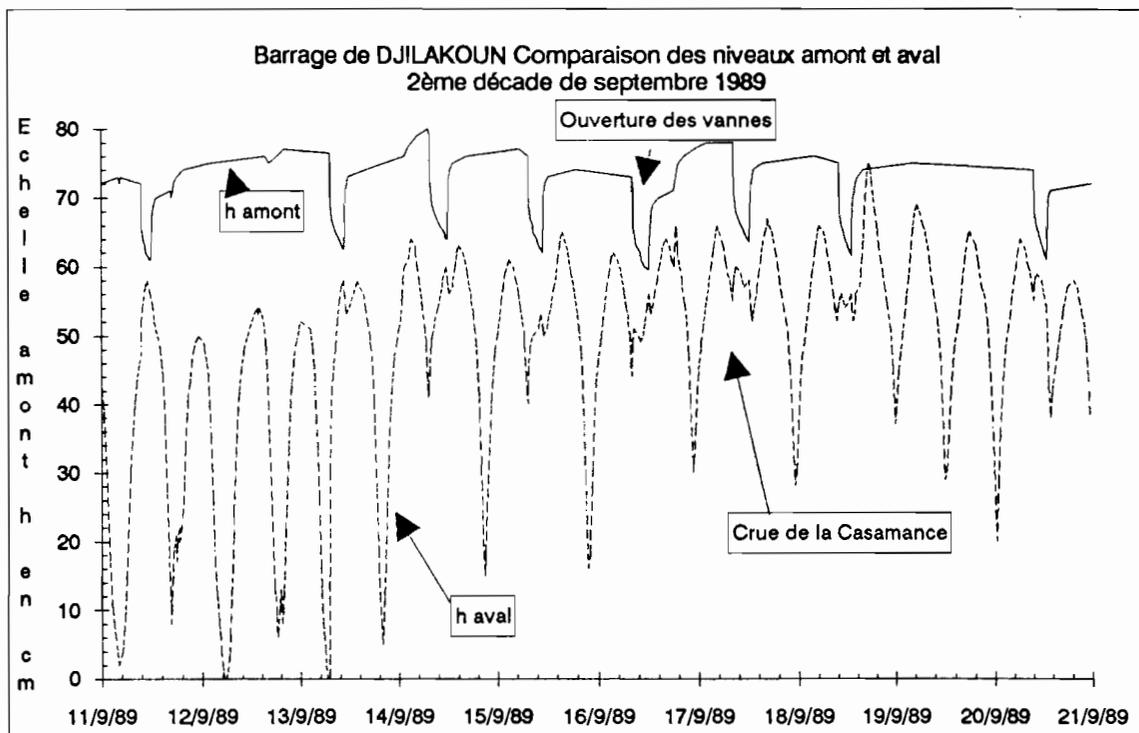


Figure 19



En suivant les règles de gestion préétablies, 55 lâchers ont été réalisés. Lorsque la marée le permet, les trois vannes sont complètement ouvertes. En début de saison des pluies, le plan d'eau amont commence à descendre dès l'ouverture des vannes et jusqu'à leur fermeture où la cote se stabilise rapidement (Fig. 20). A partir de la mi-août, le plan d'eau remonte systématiquement après la fermeture des vannes et se stabilise dans les deux heures qui suivent. Cette remontée s'explique par un apport d'eau des zones inondées du lit majeur vers le lit mineur (Fig. 21). Nous considérons que le volume d'eau évacué est celui qui correspond à la diminution de cote entre l'ouverture des vannes et la stabilisation après la fermeture.

Figure 20

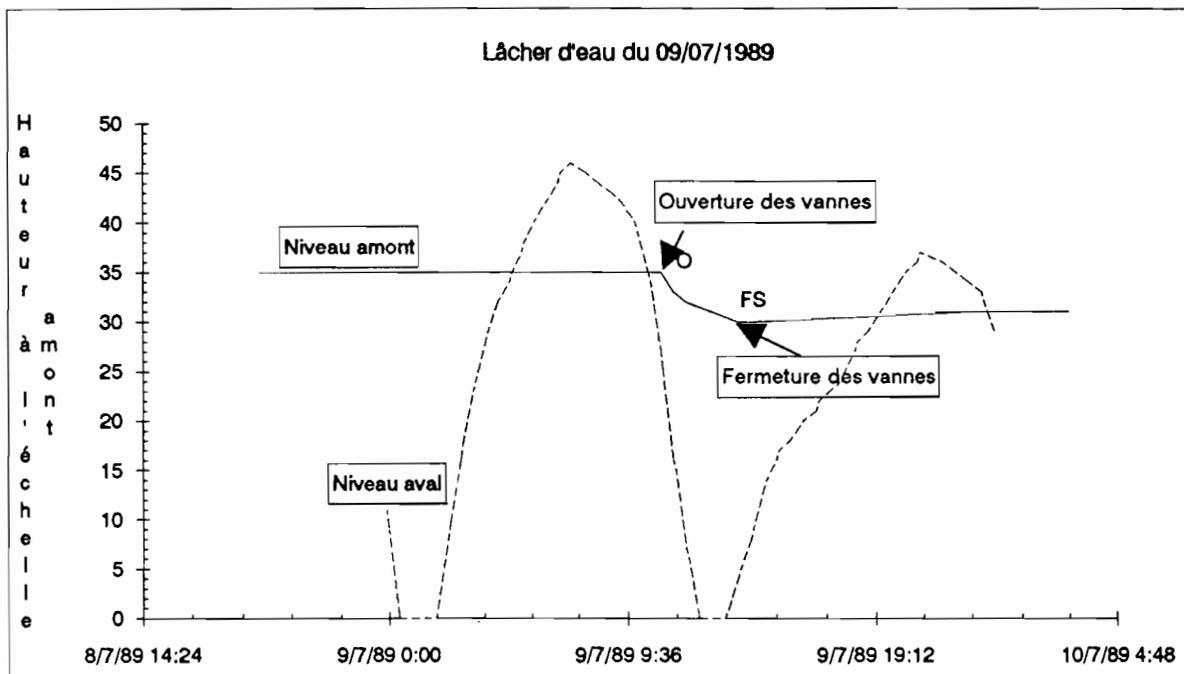
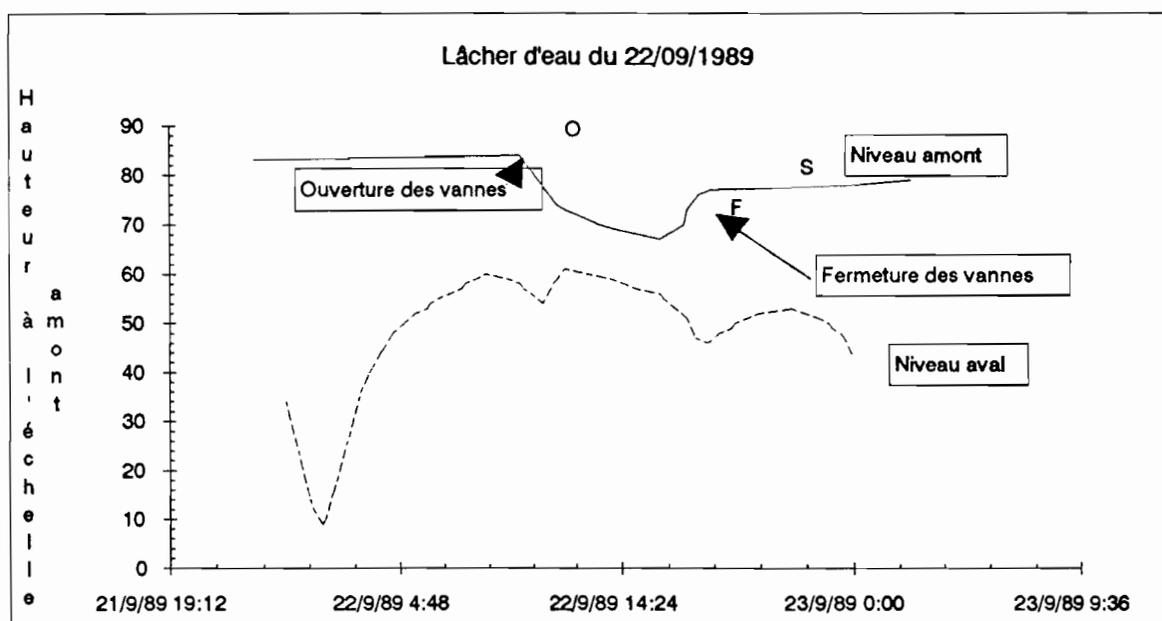


Figure 21



3.2.3 Les mesures de débits

Au cours des lâchers, des jaugeages en continu ont permis :

- d'évaluer avec précision les quantités d'eau évacuées
- d'étalonner la station (débits sortant en fonction des cotes à l'échelle amont.)

Le lâcher le plus important est celui du 22/09 avec 50280 m3. Le volume total évacué pendant tout l'hivernage a atteint 1,025 million de m3. Les figures 22 et 23 représentent la courbe d'étalonnage en basses eaux et en hautes eaux. Le tableau 4 donne la liste des jaugeages et le tableau 5 la liste des lâchers d'eau.

Figure 22

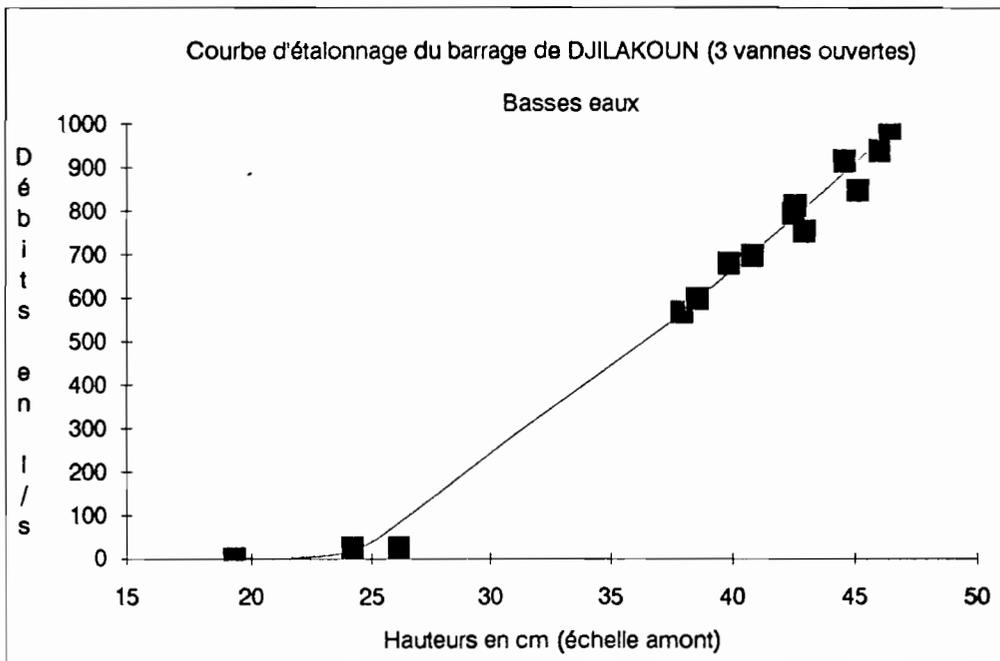


Figure 23

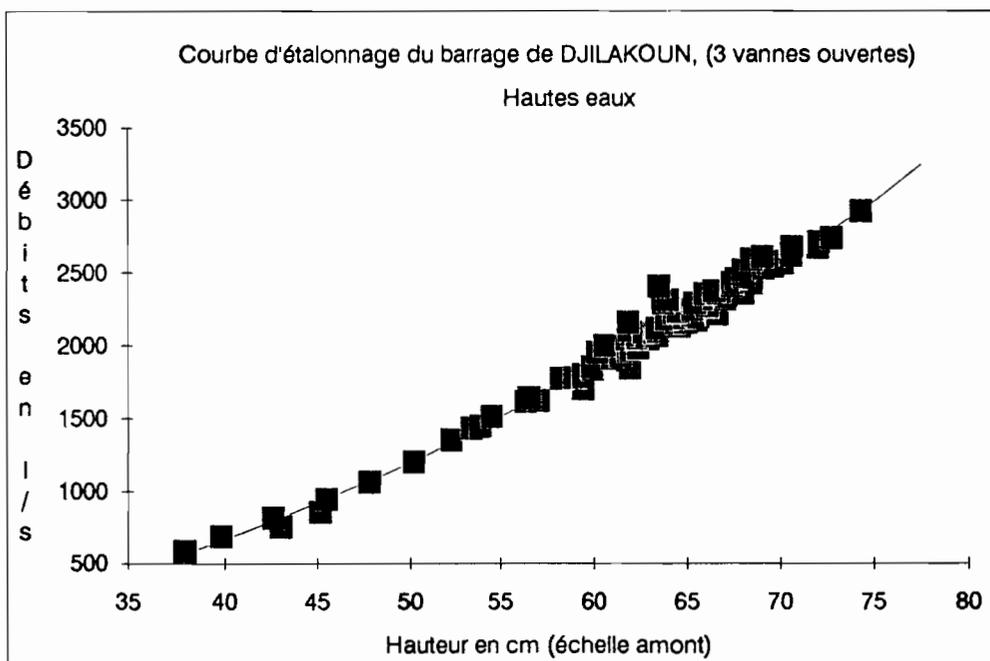


Tableau 4 Liste des jaugeages

*** HYDROMETRIE *** LABORATOIRE D'HYDROLOGIE
 LISTE DES JAUGEAGES Page 1
 Edition du 30/04/1990 à 10H28

Station : 1383399006-7 DJILAKOUN
 Rivière : DJIGUINOU
 Pays : SENEGAL
 Bassin : DJIGUINOU

Ordre chronologique

N°	Date	Heure	Cote	Débit	Auteur
1	20/07/1989	à 09H10	260 MM	25,7 L/S	ALBERGEL DANFA
2	20/07/1989	à 09H32	250 "	25,3 "	ALBERGEL DANFA
3	20/07/1989	à 09H54	250 "	26,3 "	ALBERGEL DANFA
4	20/07/1989	à 10H14	245 "	22, "	ALBERGEL DANFA
5	20/07/1989	à 10H31	245 "	19,7 "	ALBERGEL DANFA
6	20/07/1989	à 10H47	255 "	18,5 "	ALBERGEL DANFA
7	20/07/1989	à 10H57	245 "	19,2 "	ALBERGEL DANFA

N°	Date	Heure	Cote	Débit	Auteur
8	24/07/1989	à 12H00	430 "	1130, "	DANFA
9	24/07/1989	à 12H35	420 "	1040, "	DANFA
10	24/07/1989	à 13H06	415 "	996, "	DANFA
11	24/07/1989	à 13H40	41 CM	904, "	DANFA
12	25/07/1989	à 12H50	54 "	1920, "	DANFA
13	25/07/1989	à 13H14	53 "	1850, "	DANFA
14	25/07/1989	à 13H37	52 "	1800, "	DANFA
15	25/07/1989	à 14H12	510 MM	1740, "	DANFA
16	25/07/1989	à 14H40	505 "	1720, "	DANFA
17	27/07/1989	à 13H40	59 CM	2100, "	DANFA
18	27/07/1989	à 14H07	530 MM	2000, "	DANFA
19	27/07/1989	à 14H40	53 CM	1950, "	DANFA
20	27/07/1989	à 15H08	52 "	1920, "	DANFA
21	27/07/1989	à 15H35	510 MM	1830, "	DANFA
22	27/07/1989	à 16H05	50 CM	1790, "	DANFA
23	27/07/1989	à 16H34	500 MM	1790, "	DANFA
24	27/07/1989	à 17H15	490 "	1670, "	DANFA
25	27/07/1989	à 17H50	48 CM	1610, "	DANFA
26	28/07/1989	à 14H03	51 "	1720, "	DANFA
27	28/07/1989	à 14H31	495 MM	1670, "	DANFA
28	28/07/1989	à 15H12	480 "	1680, "	DANFA
29	28/07/1989	à 15H42	47 CM	1530, "	DANFA
30	28/07/1989	à 16H25	455 MM	1430, "	DANFA
31	28/07/1989	à 17H01	45 CM	1360, "	DANFA
32	28/07/1989	à 17H34	445 MM	1330, "	DANFA
33	28/07/1989	à 18H05	435 "	1210, "	DANFA
34	28/07/1989	à 18H35	43 CM	1190, "	DANFA
35	28/07/1989	à 19H07	425 MM	1100, "	DANFA
36	29/07/1989	à 15H10	435 "	1140, "	DANFA
37	29/07/1989	à 15H48	425 "	1110, "	DANFA
38	29/07/1989	à 16H26	415 "	1050, "	DANFA
39	30/07/1989	à 13H16	56 CM	963, "	DANFA
40	30/07/1989	à 13H54	555 MM	753, "	DANFA
41	30/07/1989	à 14H40	55 CM	634, "	DANFA
42	30/07/1989	à 15H20	545 MM	655, "	DANFA
43	30/07/1989	à 15H58	535 "	683, "	DANFA
44	31/07/1989	à 09H10	570 "	2040, "	DANFA
45	31/07/1989	à 09H50	535 "	1960, "	DANFA
46	31/07/1989	à 10H31	525 "	1540, "	DANFA
47	31/07/1989	à 11H10	525 "	991, "	DANFA
48	31/07/1989	à 17H42	530 "	1990, "	DANFA
49	31/07/1989	à 18H19	515 "	1910, "	DANFA
50	31/07/1989	à 18H56	505 "	1870, "	DANFA

Station : 1383399006-7 DJILAKOUN
 Rivière : DJIGUINOUM
 Pays : SENEGAL
 Bassin : DJIGUINOUM

Ordre chronologique

NO	Date	Heure	Cote		Débit		Auteur
51	31/07/1989	à 19H35	50	CM	1770,	L/S	DANFA
52	31/07/1989	à 20H13	485	MM	1700,	"	DANFA
53	31/07/1989	à 20H40	480	"	1580,	"	DANFA
54	01/08/1989	à 07H40	50	CM	1690,	"	DANFA
55	01/08/1989	à 08H15	480	MM	1610,	"	DANFA
56	01/08/1989	à 08H53	47	CM	1530,	"	DANFA
57	01/08/1989	à 09H30	460	MM	1460,	"	DANFA
58	01/08/1989	à 10H08	450	"	1370,	"	DANFA
59	01/08/1989	à 10H45	44	CM	843,	"	DANFA
60	02/08/1989	à 07H30	50	"	1730,	"	DANFA
61	02/08/1989	à 08H06	48	"	1640,	"	DANFA
62	02/08/1989	à 08H40	47	"	1510,	"	DANFA
63	02/08/1989	à 09H25	460	MM	1420,	"	DANFA
64	02/08/1989	à 10H15	450	"	1320,	"	DANFA
65	02/08/1989	à 10H54	44	CM	1010,	"	DANFA
66	04/08/1989	à 08H40	49	"	1440,	"	DANFA
67	04/08/1989	à 09H20	46	"	1410,	"	DANFA
68	04/08/1989	à 10H00	450	MM	1300,	"	DANFA
69	04/08/1989	à 10H43	44	CM	1270,	"	DANFA
70	04/08/1989	à 11H30	43	"	1170,	"	DANFA
71	04/08/1989	à 12H11	42	"	815,	"	DANFA
72	05/08/1989	à 09H50	415	MM	759,	"	DANFA
73	05/08/1989	à 10H22	41	CM	892,	"	DANFA
74	05/08/1989	à 11H00	400	MM	683,	"	DANFA
75	05/08/1989	à 12H16	380	"	570,	"	DANFA
76	20/08/1989	à 10H42	45	CM	854,	"	DANFA
77	20/08/1989	à 11H50	43	"	817,	"	DANFA
78	25/08/1989	à 13H50	500	MM	1200,	"	DANFA
79	25/08/1989	à 14H55	48	CM	1060,	"	DANFA
80	25/08/1989	à 15H58	46	"	945,	"	DANFA
81	28/08/1989	à 15H47	55	"	944,	"	DANFA
82	29/08/1989	à 08H55	62	"	2040,	"	DANFA
83	29/08/1989	à 09H45	60	"	1830,	"	DANFA
84	29/08/1989	à 10H47	595	MM	1690,	"	DANFA
85	30/08/1989	à 08H00	610	"	1920,	"	DANFA
86	30/08/1989	à 09H10	580	"	1760,	"	DANFA
87	30/08/1989	à 10H19	565	"	1610,	"	DANFA
88	31/08/1989	à 07H40	59	CM	1800,	"	DANFA
89	31/08/1989	à 08H50	560	MM	1630,	"	DANFA
90	31/08/1989	à 09H56	545	"	1510,	"	DANFA
91	31/08/1989	à 10H58	535	"	1420,	"	DANFA
92	03/09/1989	à 09H43	570	"	1610,	"	DANFA
93	03/09/1989	à 10H50	54	CM	1430,	"	DANFA
94	03/09/1989	à 11H52	52	"	1340,	"	DANFA
95	05/09/1989	à 11H21	720	MM	2730,	"	DANFA
96	05/09/1989	à 12H34	700	"	2610,	"	DANFA
97	05/09/1989	à 13H25	690	"	2530,	"	DANFA
98	06/09/1989	à 10H22	72	CM	2700,	"	DANFA
99	06/09/1989	à 11H28	690	MM	2550,	"	DANFA
100	06/09/1989	à 12H30	68	CM	2470,	"	DANFA

*** HYDROMETRIE *** LABORATOIRE D'HYDROLOGIE
 LISTE DES JAUGEAGES Page 3
 Edition du 30/04/1990 à 10H28

Station : 1383399006-7 DJILAKOUN
 Rivière : DJIGUINOUN
 Pays : SENEGAL
 Bassin : DJIGUINOUN

Ordre chronologique

NO	Date	Heure	Cote	Débit	Auteur
101	06/09/1989	à 13H35	660 MM	2350,	L/S DANFA
102	07/09/1989	à 10H00	680 "	2440,	" DANFA
103	07/09/1989	à 11H02	650 "	2190,	" DANFA
104	07/09/1989	à 12H06	640 "	2170,	" DANFA
105	07/09/1989	à 13H00	63 CM	2060,	" DANFA
106	08/09/1989	à 10H10	645 MM	2140,	" DANFA
107	08/09/1989	à 11H02	620 "	2040,	" DANFA
108	08/09/1989	à 11H55	61 CM	1910,	" DANFA
109	08/09/1989	à 13H01	590 MM	1790,	" DANFA
110	08/09/1989	à 13H58	580 "	1780,	" DANFA
111	10/09/1989	à 14H10	680 "	2460,	" DANFA
112	10/09/1989	à 15H10	65 CM	2170,	" DANFA
113	10/09/1989	à 16H14	640 MM	2130,	" DANFA
114	10/09/1989	à 17H14	62 CM	2060,	" DANFA
115	10/09/1989	à 18H08	62 "	1960,	" DANFA
116	11/09/1989	à 09H50	630 MM	2090,	" DANFA
117	11/09/1989	à 10H44	62 CM	1890,	" DANFA
118	13/09/1989	à 07H05	68 "	2510,	" DANFA
119	13/09/1989	à 07H15	675 MM	2510,	" DANFA
120	13/09/1989	à 08H10	650 "	2190,	" DANFA
121	13/09/1989	à 09H10	640 "	2080,	" DANFA
122	13/09/1989	à 10H02	630 "	2040,	" DANFA
123	14/09/1989	à 07H35	700 "	2620,	" DANFA
124	14/09/1989	à 08H44	675 "	2420,	" DANFA
125	14/09/1989	à 10H00	66 CM	2270,	" DANFA
126	14/09/1989	à 11H05	65 "	2190,	" DANFA
127	15/09/1989	à 07H40	670 MM	2480,	" DANFA
128	15/09/1989	à 08H45	645 "	2230,	" DANFA
129	15/09/1989	à 09H53	630 "	2110,	" DANFA
130	16/09/1989	à 08H10	650 "	2280,	" DANFA
131	16/09/1989	à 09H25	62 CM	2150,	" DANFA
132	16/09/1989	à 10H32	605 MM	1940,	" DANFA
133	16/09/1989	à 11H30	60 CM	1840,	" DANFA
134	17/09/1989	à 08H30	69 "	2560,	" DANFA
135	17/09/1989	à 09H36	67 "	2300,	" DANFA
136	17/09/1989	à 10H40	650 MM	2240,	" DANFA
137	17/09/1989	à 11H40	640 "	2120,	" DANFA
138	18/09/1989	à 10H07	67 CM	2330,	" DANFA
139	18/09/1989	à 11H20	630 MM	2280,	" DANFA
140	18/09/1989	à 12H30	620 "	1970,	" DANFA
141	20/09/1989	à 10H10	660 "	2250,	" DANFA
142	20/09/1989	à 11H25	630 "	2060,	" DANFA
143	20/09/1989	à 12H28	62 CM	1970,	" DANFA
144	22/09/1989	à 11H30	74 "	2910,	" DANFA
145	22/09/1989	à 12H46	71 "	2660,	" DANFA
146	22/09/1989	à 13H56	69 "	2610,	" DANFA
147	22/09/1989	à 15H10	675 MM	2410,	" DANFA
148	22/09/1989	à 16H16	660 "	2310,	" DANFA
149	23/09/1989	à 11H30	71 CM	2560,	" DANFA
150	23/09/1989	à 12H36	68 "	2350,	" DANFA

*** HYDROMETRIE *** LABORATOIRE D'HYDROLOGIE
 LISTE DES JAUGEAGES Page 4
 Edition du 30/04/1990 à 10H28

Station : 1383399006-7 DJILAKOUN
 Rivière : DJIGUINOU
 Pays : SENEGAL
 Bassin : DJIGUINOU

Ordre chronologique

NO	Date	Heure	Cote	Débit	Auteur
151	23/09/1989	à 13H41	660 MM	2210,	L/S DANFA
152	24/09/1989	à 13H30	680 "	2420,	" DANFA
153	24/09/1989	à 14H42	65 CM	2180,	" DANFA
154	24/09/1989	à 15H44	630 MM	2080,	" DANFA
155	24/09/1989	à 16H42	62 CM	2070,	" DANFA
156	24/09/1989	à 17H43	61 "	1990,	" DANFA
157	27/09/1989	à 15H45	68 "	2510,	" DANFA
158	27/09/1989	à 16H51	660 MM	2360,	" DANFA
159	27/09/1989	à 18H02	65 CM	2140,	" DANFA
160	28/09/1989	à 07H40	68 "	2580,	" DANFA
161	28/09/1989	à 08H42	66 "	2340,	" DANFA
162	28/09/1989	à 09H50	64 "	2400,	" DANFA
163	29/09/1989	à 08H25	67 "	2440,	" DANFA
164	29/09/1989	à 09H29	64 "	2300,	" DANFA
165	29/09/1989	à 10H35	62 "	2060,	" DANFA
166	08/10/1989	à 10H00	66 "	2310,	" DANFA
167	08/10/1989	à 11H12	625 MM	2080,	" DANFA
168	08/10/1989	à 12H17	62 CM	1830,	" DANFA
169	12/10/1989	à 17H05	66 "	2520,	" DANFA
170	12/10/1989	à 18H11	640 MM	2230,	" DANFA
171	13/10/1989	à 08H40	680 "	2360,	" DANFA
172	13/10/1989	à 09H49	62 CM	2100,	" DANFA
173	21/10/1989	à 11H45	71 "	2580,	" DANFA
174	21/10/1989	à 13H05	66 "	2360,	" DANFA
175	21/10/1989	à 14H10	64 "	2150,	" DANFA
176	21/10/1989	à 15H20	62 "	2070,	" DANFA
177	22/10/1989	à 13H25	68 "	2200,	" DANFA
178	22/10/1989	à 15H32	61 "	1890,	" DANFA
179	24/10/1989	à 07H25	65 "	2130,	" DANFA
180	24/10/1989	à 08H29	61 "	1920,	" DANFA
181	25/10/1989	à 07H10	66 "	2250,	" DANFA
182	25/10/1989	à 08H24	61 "	1980,	" DANFA
183	27/10/1989	à 07H20	69 "	2540,	" DANFA
184	27/10/1989	à 08H28	64 "	2310,	" DANFA
185	27/10/1989	à 09H31	62 "	1990,	" DANFA
186	27/10/1989	à 10H50	610 MM	1860,	" DANFA
187	28/10/1989	à 07H15	66 CM	2260,	" DANFA
188	28/10/1989	à 08H22	61 "	2170,	" DANFA
189	28/10/1989	à 09H19	59 "	1770,	" DANFA
190	28/10/1989	à 10H24	570 MM	1650,	" DANFA
191	29/10/1989	à 07H25	62 CM	1960,	" DANFA
192	29/10/1989	à 08H37	570 MM	1800,	" DANFA
193	29/10/1989	à 09H44	550 "	1550,	" DANFA

N°	DATE	Ho	Hf	Hs	Vol1	Vol2
1	4/7/89	27	26.5	26	181	
2	5/7/89	26.5	25.5	26	17	
3	6/7/86	35	32	33	1941	
4	8/7/89	36	32.5	34	1747	
5	9/7/89	33	26.5	30	2228	
6	14/7/89	28	26	27	603	
7	20/7/89	26	24.5	24.5	172	164
8	24/7/89	46	41	42.5	5805	7011
9	25/7/89	57	50	54	11120	13750
10	27/7/89	59	48	51	20440	28840
11	28/7/89	54	42	44	19110	27520
12	29/7/89	46	41	49	4728	6081
13	30/7/89	59	54	55.5	17030	8227
14	31/7/89	59.5	52	55	12580	13740
15	31/7/89	53.5	48	52	14420	20940
16	1/8/89	53	44	51	12890	17810
17	2/8/89	53	44	51	13800	19280
18	4/8/89	51	42	45	12650	16870
19	5/8/89	45	37	41	7643	8144
20	20/8/89	49	42	47	5823	5542
21	25/8/89	55	45	51	11030	10990
22	28/8/89	58	58		3764	2322
23	29/8/89	69	59.5	67	18540	18390
24	30/8/89	67.5	56	65	18470	19440
25	31/8/89	65.5	53	63	21530	22060
26	3/9/89	63	52	61	14830	14760
27	5/9/89	81	68.5	78	27250	27550
28	6/9/89	80.5	66	76	36250	36810
29	7/9/89	76	62	73	28730	29040
30	8/9/89	72	75.5	68	30040	30510
31	10/9/89	76.5	61.5	72	35780	35920
32	11/9/89	72	61	70	13200	13250
33	13/9/89	76.5	62.5	74	27110	27420
34	14/9/89	79	64	76	35490	36170
35	15/9/89	76	62	74	24410	25460
36	16/9/89	73	59.5	74	27840	29080
37	17/9/89	78	63.5	75	31410	31660
38	18/9/89	75	61.5	72	23020	24660
39	20/9/89	73.5	61	71	24190	22330
40	22/9/89	83	65	77	50280	50720
41	23/9/89	79	65.5	76	25190	24590
42	24/9/89	76	60	72	36410	37210
43	27/9/89	77.5	64	70	24870	25270
44	28/9/89	78	63	75	25620	25400
45	29/9/89	76	62	72	23330	22120
46	8/10/89	76	66	73	21820	21660
47	12/10/89	78	63	76	16960	15690
48	13/10/89	76	61	73	15420	12170
49	21/10/89	83	62	79	36060	35280
50	22/10/89	79	66	77	23400	22780
51	24/10/89	76	60	76	12910	12090
52	25/10/89	77	60	75	16640	15000
53	27/10/89	82	60	78	33020	32700
54	28/10/89	78	57	75	28050	27600
55	29/10/89	74	54.5	72	18240	18990
Total					1026032	1051011
Vol1 Volume calculé à partir des hauteurs				Vol2 Vol calculé à partir des jaugeages		
HO Hauteur avant l'ouverture des vannes			HF Hauteur à la fermeture des vannes			
HS Hauteur stabilisée après la fermeture des vannes						

Le tableau 5 montre que l'on a une bonne appréciation des volumes évacués en prenant une cote toutes les 5 minutes pendant le lâcher d'eau.

En reportant les points (cote du début du lâcher, cote de stabilisation du lâcher après fermeture du barrage) pour chaque lâcher sur la courbe du volume d'eau en fonction de la cote, les volumes ainsi calculés sont nettement supérieurs aux volumes effectivement évacués. On observe, en effet, lors de la vidange que des quantités d'eau sont retenues par les digues construites par des paysans : anciennes digues de culture, digues de pêcheurs...

La figure 24 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. 25). 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 24

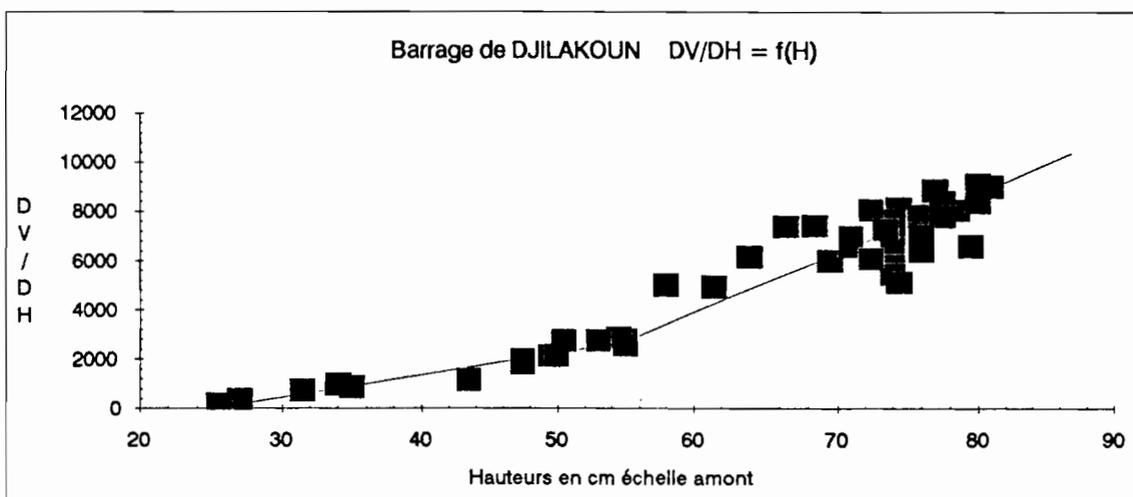
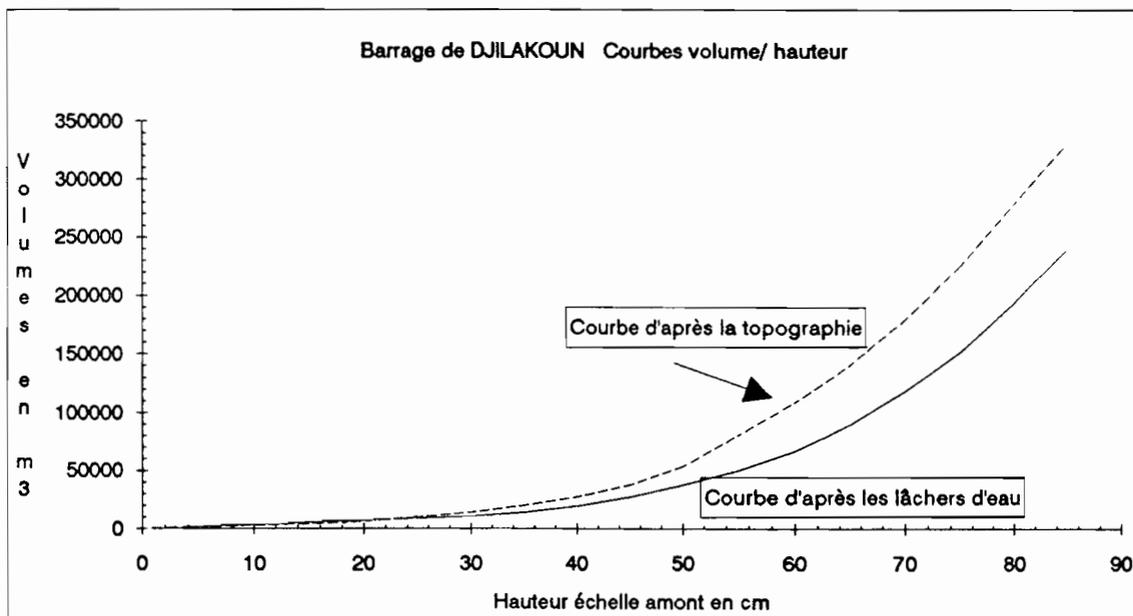


Figure 25



3.2.4 Bilan hydrologique au barrage de DJILAKOUN

Les limnigrammes de la retenue ont pu être traduits en volumes disponibles (Fig. 26). 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 27 donne la variation des apports journaliers en fonction du temps. Le tableau 6 récapitule le bilan en eau douce de la vallée de DJIGUINOUM.

Figure 26

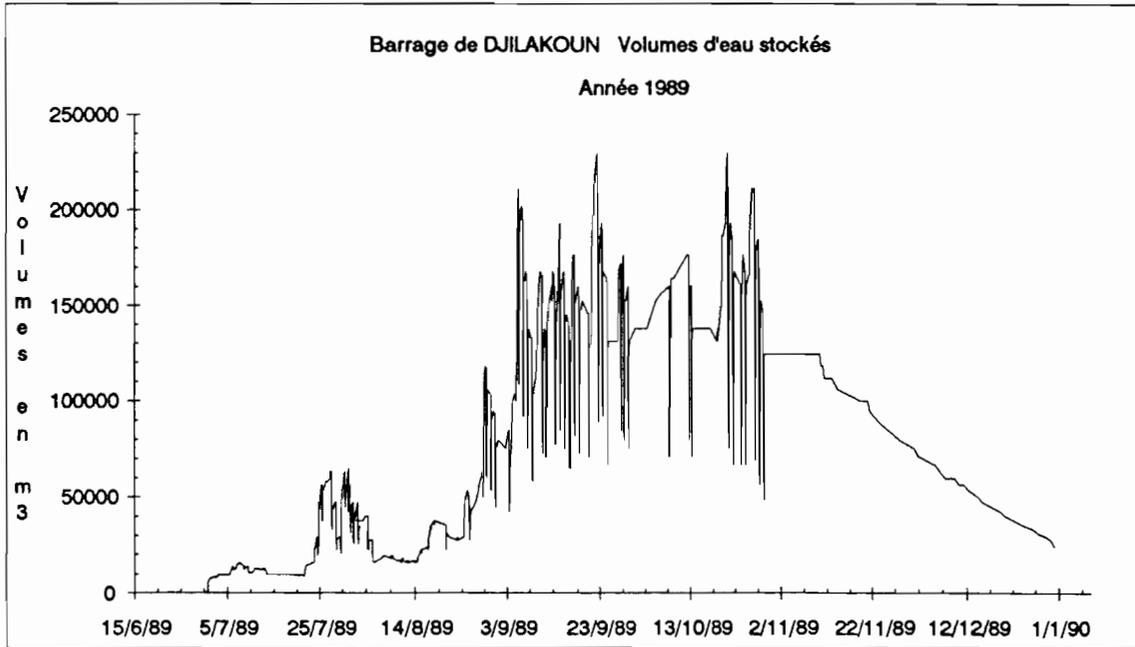
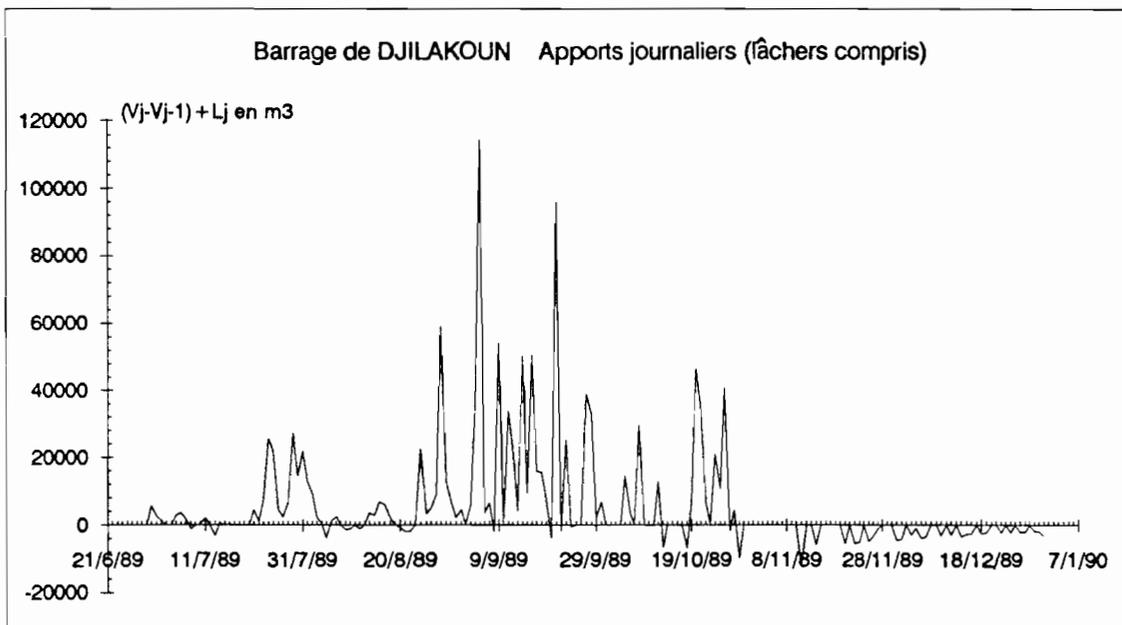


Figure 27



DATE	PM	Vj	Lj	DVj	Total	DATE	PM	Vj	Lj	DVj	Total
29/6/89		0	0	0	0	29/8/89	0.2	105880	18540	12600	304142
30/6/89	65.3	5760	0	5760	5760	30/8/89	10.8	94720	18470	7310	311452
1/7/89	2.4	8280		2520	8280	31/8/89		75280	21530	2090	313542
2/7/89	8.8	9555		1275	9555	1/9/89	3.4	79780		4500	318042
3/7/89		9555		0	9555	2/9/89	10.7	79780		0	318042
4/7/89		9420	181	46	9601	3/9/89	30.3	71020	14830	6070	324112
5/7/89	27.1	12255	17	2852	12453	4/9/89		105880		34860	358972
6/7/89	6.7	13875	1941	3561	16014	5/9/89	58.3	193000	27250	114370	473342
7/7/89		15875		2000	18014	6/9/89		160120	36250	3370	476712
8/7/89		13020	1747	-1108	16906	7/9/89		137980	28730	6590	483302
9/7/89		10500	2228	-292	16614	8/9/89		105880	30040	-2060	481242
10/7/89		10995		495	17109	9/9/89	21.3	160120		54240	535482
11/7/89	1.5	13020		2025	19134	10/9/89	26.9	124420	35780	80	535562
12/7/89	1.3	13020		0	19134	11/9/89	26.1	145120	13200	33900	569462
13/7/89	2.9	9780		-3240	15894	12/9/89	9.5	167980		22860	592322
14/7/89		9926	603	749	16643	13/9/89		145120	27110	4250	596572
15/7/89	32.7	9780		-146	16497	14/9/89	25.5	160120	35490	50490	647062
16/7/89		9926		146	16643	15/9/89	6.4	145120	24410	9410	656472
17/7/89		9926		0	16643	16/9/89	33.7	167980	27840	50700	707172
18/7/89	0.3	9656		-270	16373	17/9/89		152500	31410	15930	723102
19/7/89		9656		0	16373	18/9/89	8.2	145120	23020	15640	738742
20/7/89	3.6	9375	172	-109	16264	19/9/89		152500		7380	746122
21/7/89	36.2	13875		4500	20764	20/9/89	35.8	124420	24190	-3890	742232
22/7/89		14820		945	21709	21/9/89	7.8	220180		95760	837992
23/7/89	14.0	22380		7560	29269	22/9/89		167980	50280	-1920	836072
24/7/89	46.0	42180	5805	25605	54874	23/9/89	10.7	167980	25190	25190	861262
25/7/89	15.0	53320	11120	22260	77134	24/9/89		131080	36410	-490	860772
26/7/89	8.6	58000		4680	81814	25/9/89		131080		0	860772
27/7/89	4.3	39795	20440	2235	84049	26/9/89	40.2	131080		0	860772
28/7/89	2.3	27375	19110	6690	90739	27/9/89		145120	24870	38910	899682
29/7/89	39.7	49875	4728	27228	117967	28/9/89	14.0	152500	25650	33030	932712
30/7/89	17.3	47220	17030	14375	132342	29/9/89		131080	23330	1910	934622
31/7/89		42180	27000	21960	154302	30/9/89		137980		6900	941522
1/8/89	17.9	42180	12890	12890	167192	1/10/89		137980		0	941522
2/8/89	3.8	37500	13800	9120	176312	2/10/89		137980		0	941522
3/8/89		39795		2295	178607	3/10/89	5.3	137980		0	941522
4/8/89		27375	12650	230	178837	4/10/89		137980		0	941522
5/8/89		15855	7643	-3877	174960	5/10/89	11.8	152500		14520	956042
6/8/89		16980		1125	176085	6/10/89	2.9	156280		3780	959822
7/8/89	0.2	19500		2520	178605	7/10/89		156280		0	959822
8/8/89	5.9	19500		0	178605	8/10/89	11.2	164020	21820	29560	989382
9/8/89		18195		-1305	177300	9/10/89	5.8	164020		0	989382
10/8/89		16980		-1215	176085	10/10/89		164020		0	989382
11/8/89	6.4	16980		0	176085	11/10/89	0.5	164020		0	989382
12/8/89	3.7	15855		-1125	174960	12/10/89	2.7	160120	16960	13060	1002442
13/8/89	8.2	15855		0	174960	13/10/89	1.9	137980	15420	-6720	995722
14/8/89	25.2	19500		3645	178605	14/10/89		137980		0	995722
15/8/89		22380		2880	181485	15/10/89		137980		0	995722
16/8/89	28.4	29220		6840	188325	16/10/89		137980		0	995722
17/8/89		35295		6075	194400	17/10/89		137980		0	995722
18/8/89		37500		2205	196605	18/10/89		131080		-6900	988822
19/8/89		37500		0	196605	19/10/89		137980		6900	995722
20/8/89		31155	5823	-522	196083	20/10/89	50.8	184420		46440	1042162
21/8/89		29220		-1935	194148	21/10/89	22.0	184420	36060	36060	1078222
22/8/89		27375		-1845	192303	22/10/89		167980	23400	6960	1085182
23/8/89	0.7	27375		0	192303	23/10/89		167980		0	1085182
24/8/89	41.6	49875		22500	214803	24/10/89	14.2	176080	12910	21010	1106192
25/8/89	0.1	42180	11030	3335	218138	25/10/89		170120	16640	10680	1116872
26/8/89	7.9	47220		5040	223178	26/10/89	43.3	210880		40760	1157632
27/8/89	15.7	56380		9160	232338	27/10/89		176080	33020	-1780	1155852
28/8/89	50.7	111820	3764	59204	291542	28/10/89		152500	28050	4470	1160322

DATE	PM	Vj	Lj	DVj	Total	DATE	PM	Vj	Lj	DVj	Total
29/10/89		124420	18240	-9840	1150482	29/12/89		29220		-1935	1055282
30/10/89		124420		0	1150482	30/12/89		27375		-1845	1053437
31/10/89		124420		0	1150482	31/12/89		23955		-3420	1050017
1/11/89		124420		0	1150482						
2/11/89		124420		0	1150482						
3/11/89		124420		0	1150482						
4/11/89		124420		0	1150482	Volume total évacué = 1026062m3					
5/11/89		124420		0	1150482	Variation maximale du volume journalier = 114370 m3 le 05/09					
6/11/89		124420		0	1150482	Soit un débit moyen journalier max = 1.32m3/s					
7/11/89		124420		0	1150482	Volume maximal de la retenue = 220180 m3 le 21/09					
8/11/89		124420		0	1150482	Max théorique sans lachure = 1160322m3 le 28/10					
9/11/89		124420		0	1150482						
10/11/89		124420		0	1150482	PM = pluie moyenne					
11/11/89		111820		-12600	1137882	Vj = Volume de la retenue au jour j à 23h59					
12/11/89		111820		0	1137882	Lj = Volume évacué par ouverture du barrage					
13/11/89		111820		0	1137882	Dvj = (Vj - Vj-1) + Lj					
14/11/89		105880		-5940	1131942						
15/11/89		105880		0	1131942						
16/11/89		105880		0	1131942						
17/11/89		105880		0	1131942						
18/11/89		105880		0	1131942						
19/11/89		105880		0	1131942						
20/11/89		100180		-5700	1126242						
21/11/89		100180		0	1126242						
22/11/89		94720		-5460	1120782						
23/11/89		89500		-5220	1115562						
24/11/89		89500		0	1115562						
25/11/89		84520		-4980	1110582						
26/11/89		81000		-3520	1107062						
27/11/89		79780		-1220	1105842						
28/11/89		79780		0	1105842						
29/11/89		79780		0	1105842						
30/11/89		79780		0	1105842						
1/12/89		75280		-4500	1101342						
2/12/89		71020		-4260	1097082						
3/12/89		71020		0	1097082						
4/12/89		68000		-3020	1094062						
5/12/89		67000		-1000	1093062						
6/12/89		63220		-3780	1089282						
7/12/89		59680		-3540	1085742						
8/12/89		59680		0	1085742						
9/12/89		59680		0	1085742						
10/12/89		56380		-3300	1082442						
11/12/89		56380		0	1082442						
12/12/89		53320		-3060	1079382						
13/12/89		53320		0	1079382						
14/12/89		49875		-3445	1075937						
15/12/89		47220		-2655	1073282						
16/12/89		44655		-2565	1070717						
17/12/89		44665		10	1070727						
18/12/89		42180		-2485	1068242						
19/12/89		39795		-2385	1065857						
20/12/89		39795		0	1065857						
21/12/89		39795		0	1065857						
22/12/89		37500		-2295	1063562						
23/12/89		37500		0	1063562						
24/12/89		35295		-2205	1061357						
25/12/89		35295		0	1061357						
26/12/89		33180		-2115	1059242						
27/12/89		31155		-2025	1057217						
28/12/89		31155		0	1057217						

Les limnigrammes ($H=f(t)$) ont été discrétisés au pas de temps de 10 minutes et transformés en hydrogrammes ($dV/dT=f(T)$) pour l'étude des crues. Il convient de souligner que le calcul des débits est entaché d'un risque d'erreur non négligeable. En effet, en considérant que l'incertitude sur les hauteurs est de 1 cm, celle-ci entraîne une erreur relative sur les volumes de 5% (cette valeur est constante dans la plage de variation étudiée). A cette erreur vient s'ajouter lors du calcul du débit l'incertitude concernant la lecture des temps sur les limnigrammes (sans doute de l'ordre de la minute). En définitive, on peut considérer que les débits reconstitués sont estimés à 20% près environ.

Compte tenu des difficultés de lecture des limnigrammes, seuls sept hydrogrammes de crues ont pu être reconstitués avec une précision raisonnable. Ils sont représentés sur les figures 28 avec les hyétogrammes correspondants. Ceux-ci ont été déterminés à partir des enregistrements du pluviographe PE 1 situé dans la partie aval du bassin. Le tableau 7 résume les principales caractéristiques des crues étudiées.

Tableau 7

Caractéristiques des crues au barrage de DJILAKOUN 1989

Date	S. inond m ²	PM mm	Tr min	Tm min	Tb heure	Qmax m ³ /s	Vr total m ³	Vr z.e. %Vr total	K z.e. %
21/7/89	82000	36.2	15	10	5	1.4	3800	22%	0
24/7/89	193000	46	30	10	10	4.2	29000	70%	1.7
29/7/89	216000	39.7	10	5	17	10.8	39000	78%	2.9
16/8/89	216000	28.4	10	10	12	5.7	11000	46%	0.7
24/8/89	285000	41.6	10	10	13	6.3	21000	42%	0.8
28/8/89	623000	50.7	30	10	8	6.9	58000	47%	2
5/9/89	818000	58.3	15	40	7	22.6	96000	50%	3.2

S. inond. = Surface inondée

PM = Pluie Moyenne

Tr = Temps de réponse

Tm = Temps de montée

Tb = Temps de base

Qmax = Débit maximum

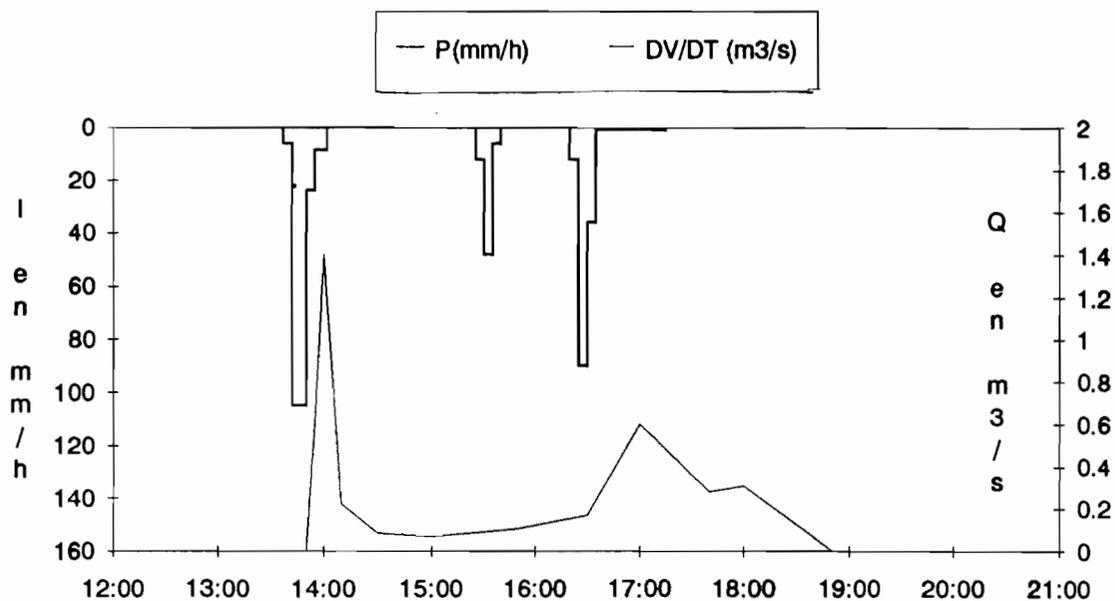
Vr = Volume ruisselé

Vr z.e. = Volume ruisselé sur la zone exondée

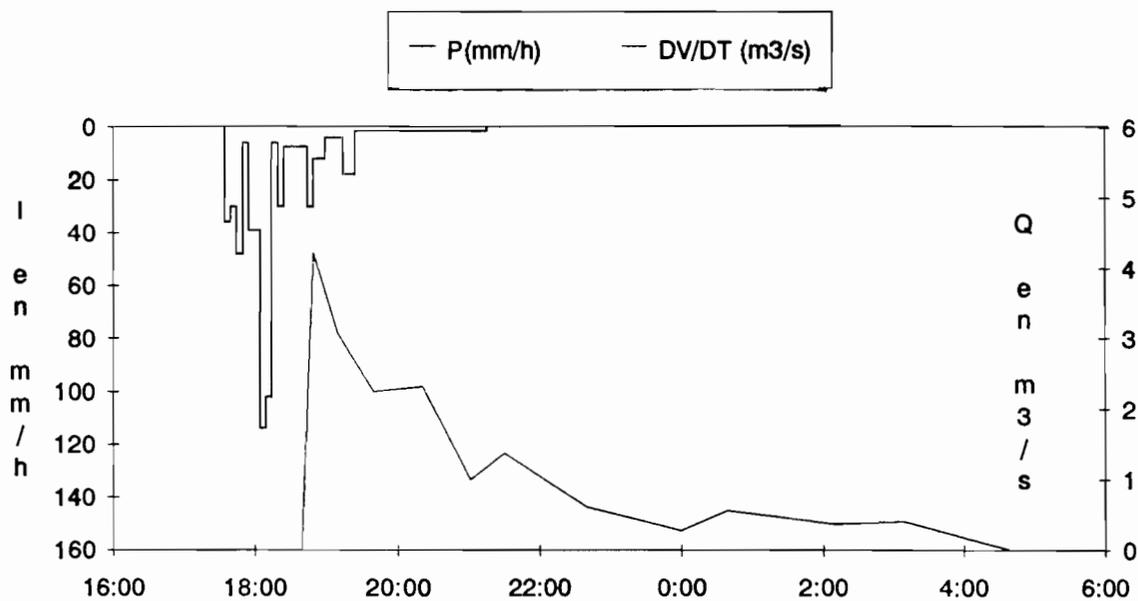
K z.e. = coefficient de ruissellement sur la zone exondée

Figure 28

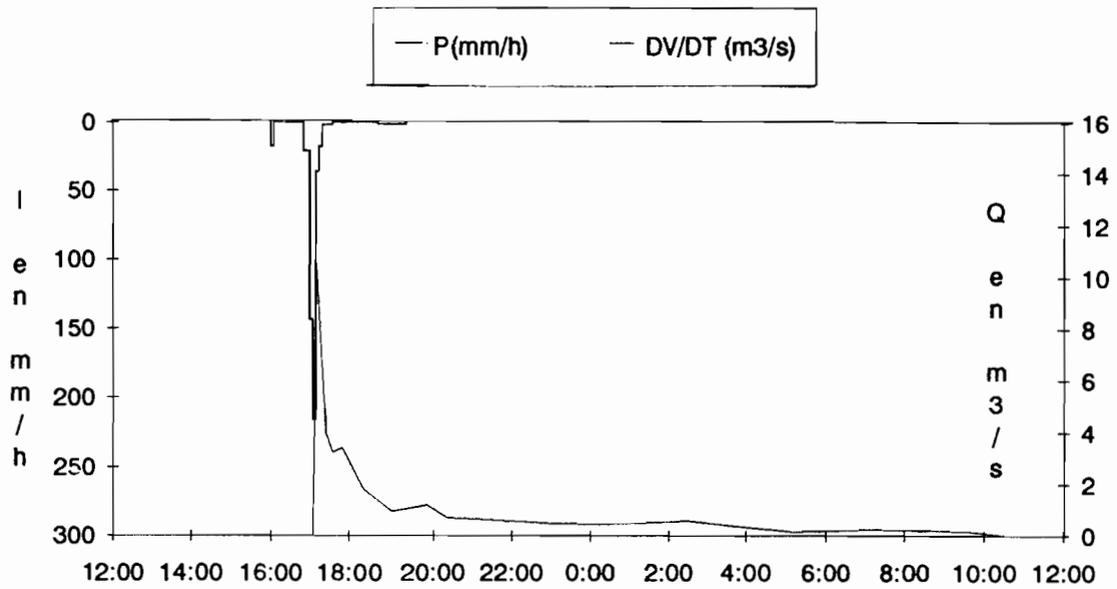
Crue du 21/07/89



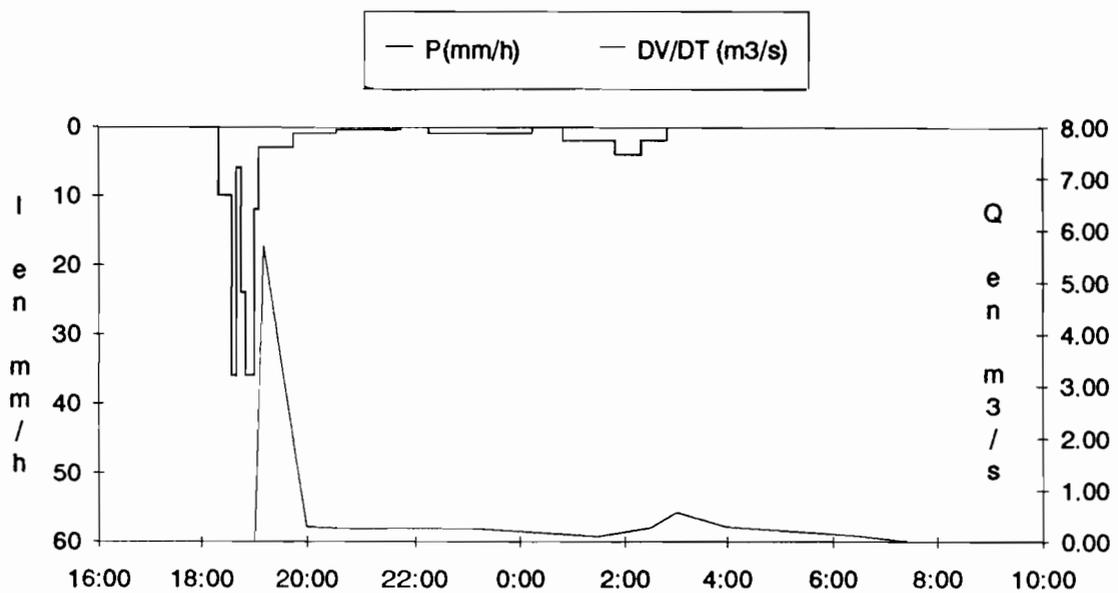
Crue du 24/07/89



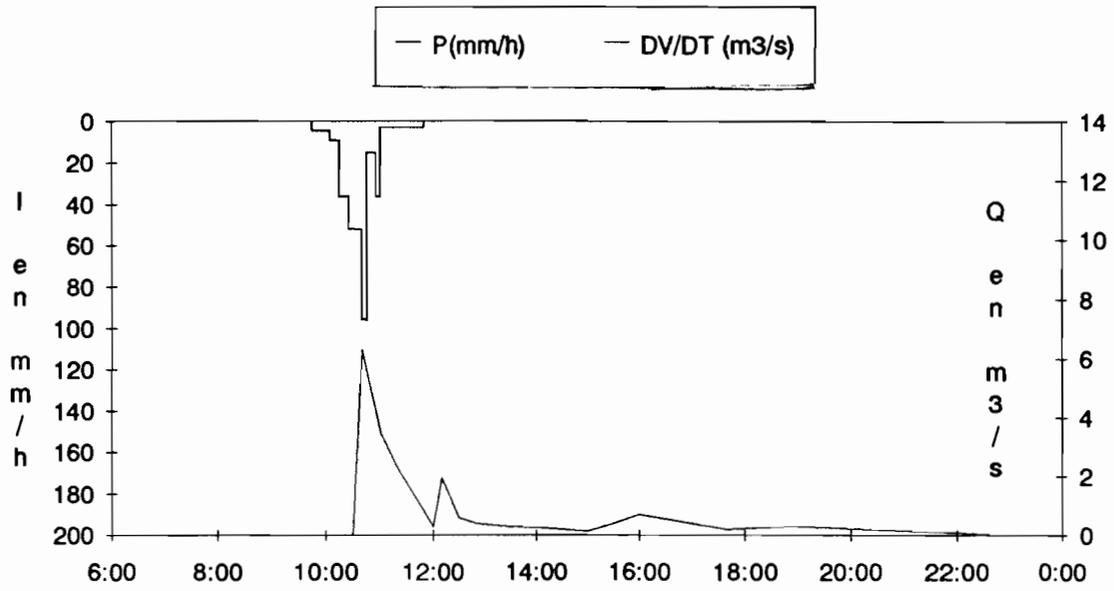
Crue du 29/07/89



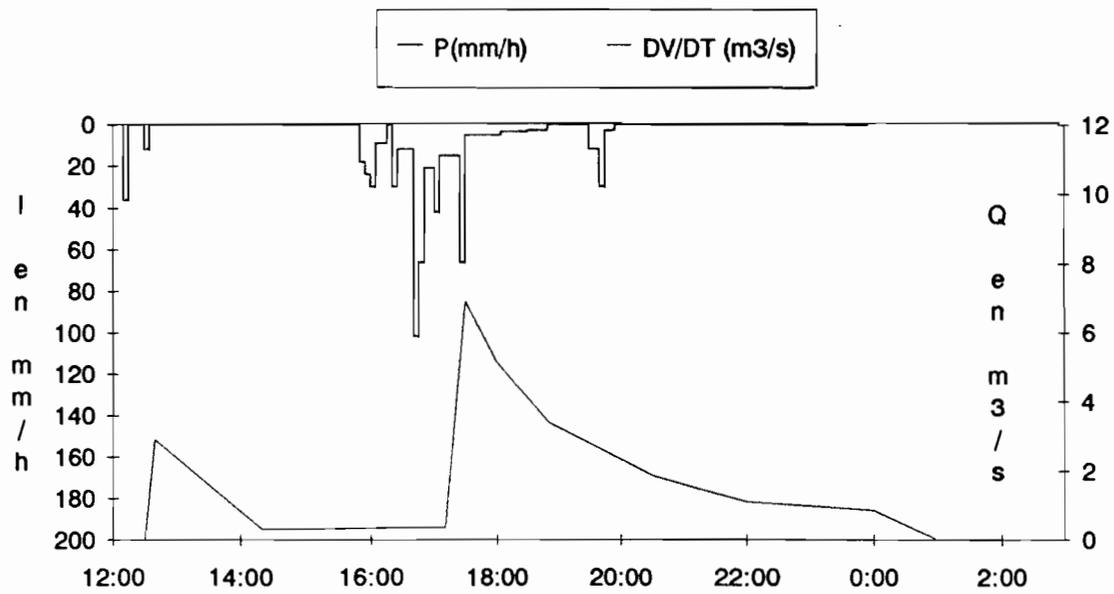
Crue du 16/08/89



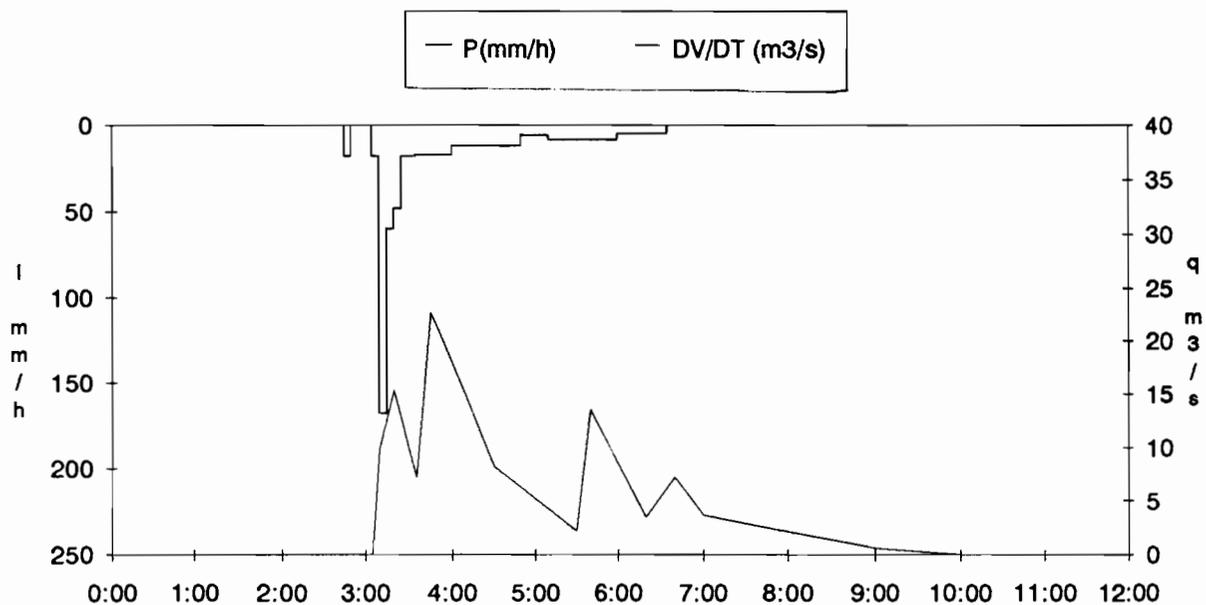
Crue du 24/08/89



Crue du 28/08/89



Crue du 5/09/89



En admettant que pour chaque averse la pluie tombant sur la partie inondée de la vallée provoque un ruissellement de 100%, on peut connaître le volume d'eau apporté par le reste du bassin (partie exondée du bas-fond, versants et plateaux). On peut ainsi calculer les coefficients de ruissellement moyens sur l'ensemble du bassin moins le plan d'eau. On obtient des valeurs relativement faibles n'excédant pas 3%.

Les temps de réponse et de montée sont très courts, ce qui s'explique par l'inondation de la vallée qui entraîne un ruissellement immédiat dès le début de la pluie. Par contre, les temps de base très longs peuvent être attribués à un écoulement différé provenant de la zone de plateaux.

Dans certains cas (la crue du 5 septembre par exemple), on remarque un hydrogramme à deux pointes principales, tandis que la pluie ne présente qu'un seul pic d'intensité. La première pointe résulte essentiellement de la lame précipitée sur la zone inondée, tandis que la seconde provient en majeure partie des zones exondées du bassin. Ce fait semble être confirmé par les résultats expérimentaux sur parcelles, la pluie du 5/9/89 étant celle qui a engendré le plus fort coefficient d'écoulement sur les deux ruissellomètres.

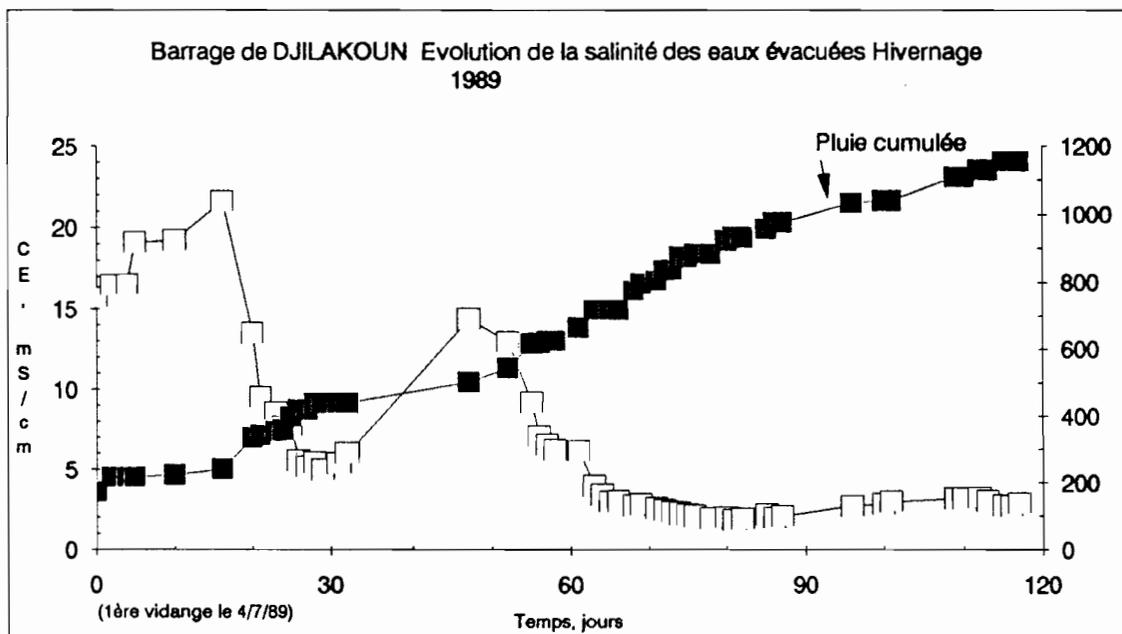
Le volume total de cette crue est de 96 000 m³ dont 50% proviendrait des plateaux et versants. Le volume provenant directement des précipitations est égal au produit de la surface inondée (0.82 km²) par la pluie moyenne (58.3 mm).

Les données de la saison des pluies à venir devraient nous permettre de pousser plus loin notre investigation quant au fonctionnement hydrologique du bassin.

3.2.4 Qualité de l'eau dans la retenue

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. 29). La quantité de sel exportée est estimée à 2250 T, ce qui correspondrait à une évacuation de 15 T/ha, la salinisation est cependant loin d'être uniforme. Le tableau 8 donne les principales caractéristiques chimiques de l'eau de la retenue mesurées à chaque ouverture du barrage.

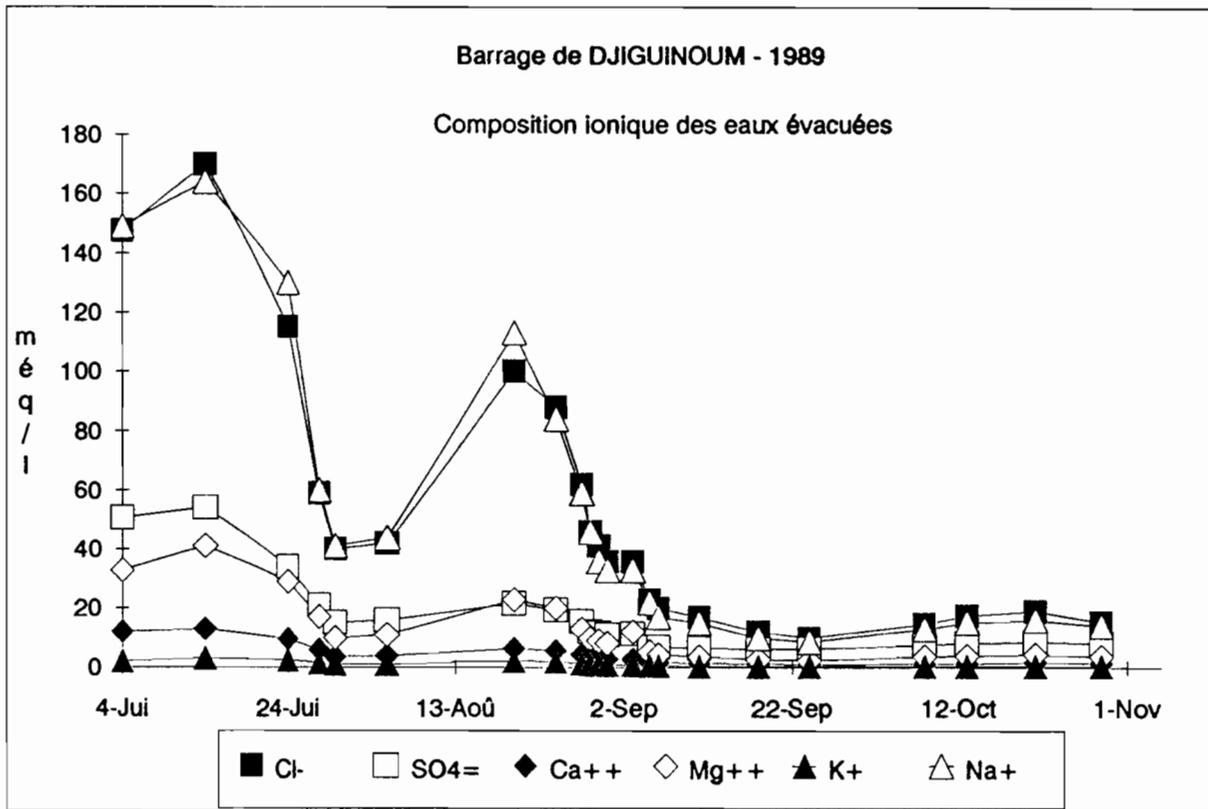
Figure 29



Barrage de DJILAKOUN : pH et salinité des lâchers d'eau
Hivernage 1989

DATE	pH	CE (mS/cm)	salinité (g/l)	S.E (T)	Cumul S.E. (T)
4/7/89	3.43	15.69	9.5	2	2
6/7/89	3.32	16.49	10	20	21
8/7/89	2.95	16.51	10	17	39
9/7/89	3.02	19.1	13	29	68
14/7/89	2.93	19.2	13	8	76
20/7/89	2.8	21.6	15	3	78
24/7/89	3.04	13.48	8.1	47	125
25/7/89	3.18	9.5	6	67	192
27/7/89	3.16	8.53	5.3	108	300
28/7/89	3.17	7.67	4.5	86	386
29/7/89	3.01	7.66	4.5	21	407
30/7/89	3.05	5.55	3.2	54	462
31/7/89	3.09	5.15	3	81	543
1/8/89	3.1	5.38	3.1	40	583
2/8/89	3.15	4.98	3	41	624
4/8/89	3.03	5.35	3.2	40	665
5/8/89	2.98	6.01	3.5	27	692
20/8/89	2.98	14.37	9	52	744
25/8/89	2.98	12.96	8	88	832
28/8/89	3.05	9.16	5.5	13	845
29/8/89	3.14	7.08	4	74	919
30/8/89	3.11	6.54	3.8	70	989
31/8/89	3.05	6.22	3.6	78	1067
3/9/89	3.08	6.13	3.5	52	1119
5/9/89	3.28	3.97	2.3	63	1181
6/9/89	3.13	3.4	2	73	1254
7/9/89	3.21	3	1.7	49	1303
8/9/89	3.21	3.03	1.7	51	1354
10/9/89	3.29	2.72	1.5	54	1408
11/9/89	3.15	2.8	1.5	20	1427
13/9/89	3.25	2.55	1.4	38	1465
14/9/89	3.29	2.44	1.4	50	1515
15/9/89	3.21	2.34	1.3	32	1547
16/9/89	3.13	2.32	1.3	36	1583
17/9/89	3.11	2.17	1.2	38	1621
18/9/89	3.26	2.11	1.2	28	1648
20/9/89	3.41	1.91	1	24	1672
22/9/89	3.09	2	1.1	55	1728
23/9/89	3.1	1.82	1	25	1753
24/9/89	3.05	1.88	1	36	1789
27/9/89	3.03	2.15	1.2	30	1819
28/9/89	3.1	1.94	1	26	1845
29/9/89	3.05	2.05	1.1	26	1870
8/10/89	2.99	2.71	1.5	33	1903
12/10/89	3.06	2.81	1.5	25	1929
13/10/89	2.97	2.97	1.7	26	1955
21/10/89	2.9	3.17	1.8	65	2020
22/10/89	2.81	3.15	1.8	42	2062
24/10/89	2.8	3.23	1.8	23	2085
25/10/89	2.83	3.01	1.7	28	2113
27/10/89	2.9	2.74	1.5	50	2163
28/10/89	2.89	2.7	1.5	42	2205
29/10/89	2.86	2.87	1.6	29	2234

S.E: sels évacués au cours d'un lâcher

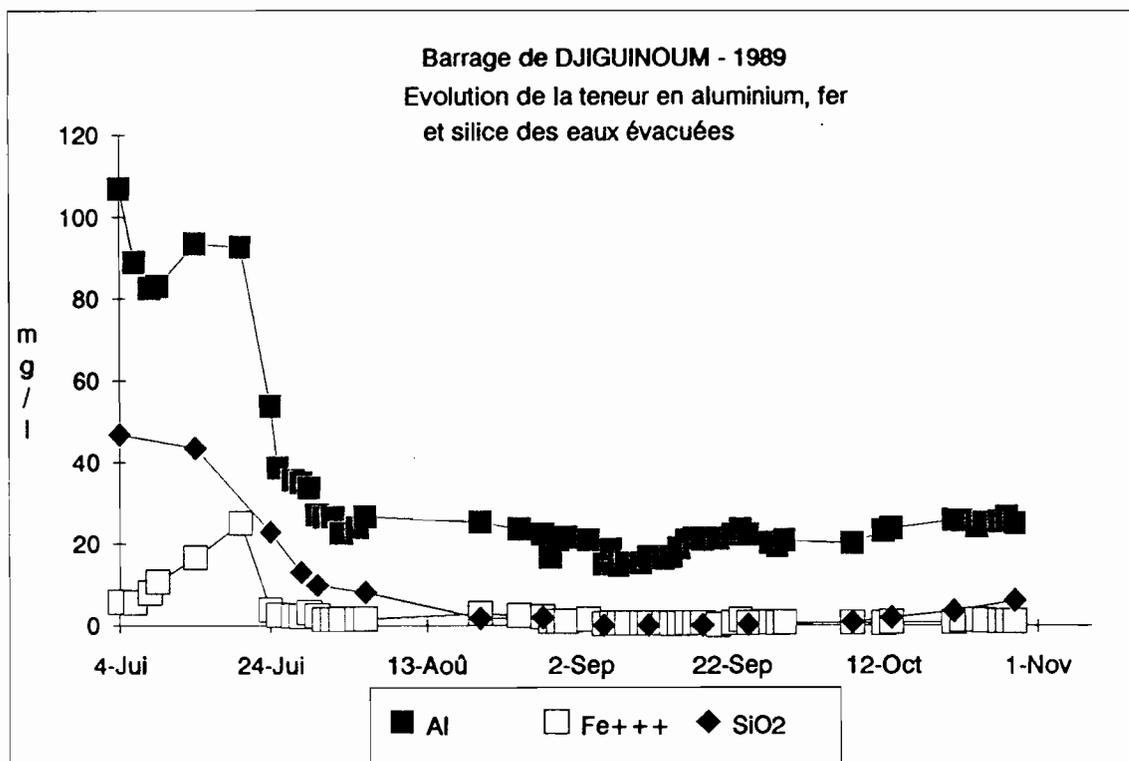


Barrage de DJIGUINOUM - 1989
Composition ionique des eaux évacuées (még/l)

Date	Cl-	SO4=	Ca++	Mg++	K+	Na+
4-Jui	147.6	50.6	12	33	2.2	149
14-Jui	170	54	13	41	3	164
24-Jui	115	34	9.4	29	2.4	130
28-Jui	59	21	5.8	17	1.4	60
30-Jui	40	15	3.5	10	1	41
5-Aoû	42	16	3.9	11	1	44
20-Aoû	100	21.7	6.2	23	2.2	113
25-Aoû	88	19.4	5.6	20	1.9	84
28-Aoû	62	15.6	4.3	13	1.3	59
29-Aoû	46	12.1	3.3	10	1	46
30-Aoû	41	11.6	3	9	0.9	36
31-Aoû	36	11	2.8	8.2	0.8	33
3-Sep	36	11.4	2.8	12	0.8	33
5-Sep	23	6.9	1.7	5.4	0.5	22
6-Sep	20	6.9	1.6	4.3	0.5	17
11-Sep	17	6.5	1.4	3.7	0.4	15
18-Sep	12	6.2	1.2	2.8	0.3	10
24-Sep	9.9	6.3	1	2.4	0.3	8.7
8-Oct	14.8	7.6	1.2	3.6	0.4	13
13-Oct	17.4	8.2	1.3	3.9	0.4	15
21-Oct	19.1	8.4	1.6	4.3	0.4	16
29-Oct	15.4	8.2	1.4	3.6	0.3	14

Evolution de la teneur en aluminium, fer et silice (mg/l)
des eaux évacuées

Date	Al	Fe+++	SiO2	Date	Al	Fe+++	SiO2
4-Jui	107	5.8	46.8	8-Sep	15.2	0.6	
6-Jui	88.8	5.6		10-Sep	15.1	0.5	
8-Jui	82.5	8		11-Sep	16.7	0.5	0.1
9-Jui	83.1	10.7		13-Sep	16.3	0.5	
14-Jui	93.4	16.6	43.4	14-Sep	16.7	0.4	
20-Jui	92.6	25.1		15-Sep	18.8	0.4	
24-Jui	53.7	3.9	22.8	16-Sep	20.6	0.5	
25-Jui	38.6	2.6		17-Sep	21.2	0.5	
27-Jui	35.6	2.4		18-Sep	20.8	0.5	0
28-Jui	34.9	2.2	12.9	20-Sep	21.1	0.1	
29-Jui	33.7	3.2		22-Sep	22	0.5	
30-Jui	27.1	2.4	9.9	23-Sep	23.4	1.3	
31-Jui	26.5	1.5		24-Sep	22	0.6	0.2
1-Aoû	26.5	1.5		27-Sep	20	0.7	
2-Aoû	22.5	1.5		28-Sep	19.2	0.6	
4-Aoû	23.9	1.7		29-Sep	20.6	0.7	
5-Aoû	26.7	1.7	8.1	8-Oct	20	0.7	0.9
20-Aoû	25.2	2.9	1.8	12-Oct	23	0.6	1.9
25-Aoû	23.5	2.4		13-Oct	23.7	0.9	1.9
28-Aoû	22.3	2.1	2	21-Oct	25.7	0.8	3.6
29-Aoû	16.5	1.1		22-Oct	25.6	1.3	
30-Aoû	20.9	1.1		24-Oct	24.1	1.4	
31-Aoû	21.4	1.1		25-Oct	25	1.2	
3-Sep	20.9	1.5		27-Oct	25.4	1.1	
5-Sep	14.8	0.4	0	28-Oct	26.5	1.1	
6-Sep	18.4	0.6		29-Oct	24.9	1.1	6
7-Sep	14.6	0.5					



On remarquera que les eaux de la retenue sont acides, leur pH variant 2.8 à 3.5. Les pH les plus bas correspondent aux périodes de sécheresse, ainsi le pH le 20/07 est descendu à 2.7 alors qu'il atteignait 3.42 à la fin du mois de juin qui a été pluvieux.

Une analyse des ions majeurs des eaux évacuées a été réalisée. Le tableau 9 et la figure 30 résument l'évolution des concentrations en anions chlorure et sulfate et en cations calcium, magnésium, potassium et sodium. On remarquera la nette corrélation entre la conductivité et les concentrations en Cl⁻ et Na⁺.

Les concentrations en ions aluminiques et ions ferriques font l'objet d'une figure et d'un tableau séparés, puisqu'ils sont l'une des causes principales de la toxicité de la culture du riz (tableau 9 bis et figure 30 bis); On remarque une nette diminution de la concentration de ces deux éléments dans le premier mois de la gestion du barrage. Il serait intéressant d'étudier plus finement le mécanisme de cette diminution: évacuation par les lâchers, reprecipitations à cause des nouveaux equilibres ioniques, dilution. A priori cette diminution très nette des éléments toxiques suit celle de la conductivité mais semble peu influencées par les conditions de pH. Nous espérons avoir l'appui d'un géochimiste pour l'interprétation de ces données, surtout si celles-ci sont confirmées l'année prochaine.

3.3 Données sur les sous bassins du pont de DJIGUINOUM et de la vallée LE BRUSQ

Dès les premières grosses pluies, nous nous sommes aperçus que la station hydrologique de la vallée LE BRUSQ était mal située. En effet, les eaux de ruissellement du village de DJIGUINOUM sont collectées par la piste passant sur le pont et sont déversées en amont de la station. On a tenté de construire une diguette en terre et avec un tronc de palmier pour détourner ces eaux, mais elle a été détruite. Il a été décidé de déplacer cette station vers l'amont.

Au pont de DJIGUINOUM, il a été possible de suivre les premières crues avant que la retenue de DJILAKOUN n'influence cette station. Quelques jaugeages ont été réalisés. Ils sont récapitulés dans le tableau 10

Tableau 10

LISTE DES JAUGEAGES

Station : 1383399003-1 Pont de Djiginoun
 Rivière : Djiginoun
 Pays : SENEGAL
 Bassin : Djiginoun

							Ordre chronologique	
N0		Date	Heure	Cote		Débit		Auteur
1		30/06/1989	à 19H34		9 CM		64,2	L/S DANFA
2		30/06/1989	à 19H48		10 "		73,3	" DANFA
3		30/06/1989	à 20H07		110 MM		60,	" DANFA
4		30/06/1989	à 20H43		12 CM		64,4	" DANFA
5		21/07/1989	à 14H50		28 "		40,3	" DANFA

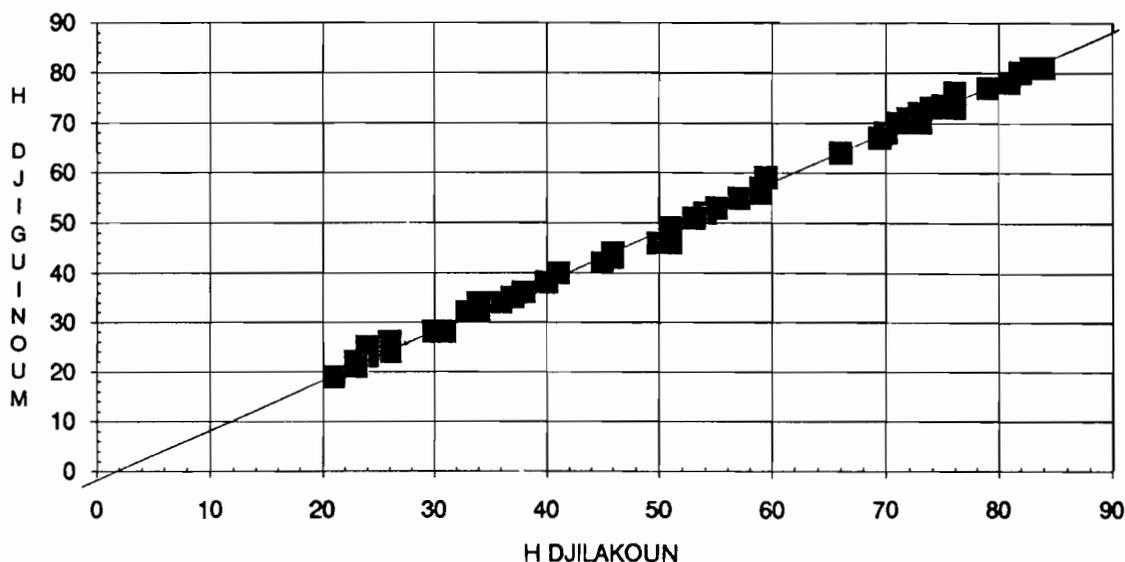
L'ensemble des cotes enregistrées ont été dépouillées et archivées sous le logiciel HYDROM. Au début de la saison des pluies, les averses importantes donnent lieu à des crues de type classique. Avec le remplissage de la retenue de DJILAKOUN, un plan d'eau permanent s'installe à cette station. Les évacuations d'eau au barrage de DJILAKOUN sont mesurables.

Un effort de mesures à cette station sera fait au cours de la saison 1990.

La figure 31 montre la relation entre les cotes à l'échelle de DJIGUINOUM et de DJILAKOUN lorsque le barrage est fermé. On retrouve la différence de 2 cm entre les zéro de ces deux échelles mise en évidence par le nivellement.

Figure 31

$$H_{DJIGUINOUM} = f(H_{DJILAKOUN})$$



3.4 Résultats obtenus sur le réseau piézométrique

3.4.1 Niveaux hydrostatiques

La figure 32 donne l'évolution du niveau hydrostatique de la nappe d'eau souterraine et de la nappe d'eau libre sur les deux transects amont et aval de la vallée. En amont comme en aval, on observe un creux piézométrique sous la terrasse alluviale de rive gauche. Ce creux piézométrique sur la terrasse la plus étendue a été observée par SAOS & DACOSTA, 1987 dans les vallées du marigot de BAILA. Il attribue ce phénomène à la nature du sédiment, qui est plus propice à une évaporation de la nappe. Dans le cas de DJIGUINOUM, le réseau piézométrique met en évidence une circulation de la nappe dans l'axe de l'écoulement. On peut penser que cette terrasse alluviale est constituée par un ancien bras du marigot comblé. Une circulation plus rapide à cet endroit peut également expliquer cela.

Les figures 33 et 33 bis montrent la circulation générale de la nappe en juin (début de l'hivernage) et décembre (début de la saison sèche). Comme cela a déjà été montré dans le rapport de D. BRUNET (1989), la nappe s'écoule, en juin, vers le plateau. L'extension du réseau piézométrique sur les versants du plateau complète cette observation et met en évidence dès les premières pluies un écoulement de la nappe du plateau vers la vallée. Cet écoulement crée ainsi un creux piézométrique tout autour de la vallée. L'inversion de ce sens de l'écoulement se dissipe au fur et à mesure de l'avancée de la saison des pluies et laisse place à une circulation directe de la nappe, du plateau vers le bas-fond. C'est cette situation qui prévaut en décembre, lorsque la saison des pluies est terminée. La zone inondée régresse régulièrement sous l'effet prépondérant de l'évaporation.

Les tableaux 10 récapitulent les cotes piézométriques mesurées sur les deux transects.

Niveau de la nappe séquence amont

N°	Dist	Cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
55	0	294		-26	-5	0	55	54	100	132	84
56	58	131		-42	6	-5	55	51	80	96	63
26	165	52	-53	-35	36	-1	49	43	62	70	50
47	220	55		-33	45	4	50	42	65	76	55
27	267	47	-69	-22	37	9	47	42	66	70	52
48	345	57		-4	36	21	50	48	65	76	57
28	427	87	-69	-60	-15	-4	85	79	82	58	10
29	523	91	-54	-40	14	7	86	86	104	93	61
57	683	166		2	20	15	87	82	98	107	79
F	917	566				20	26	66	86	156	96

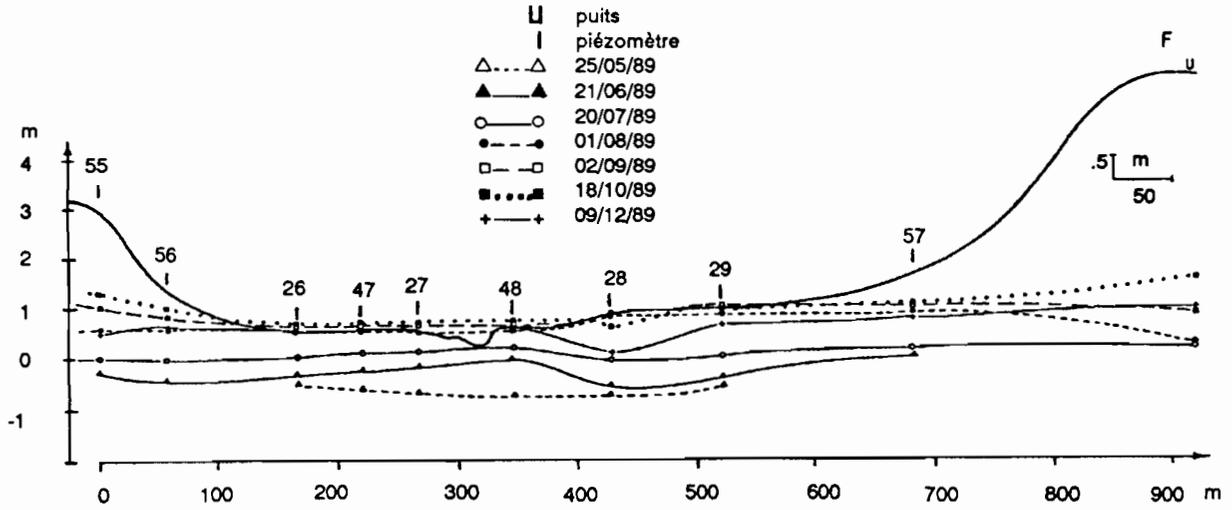
Niveau de la nappe séquence aval

N°	Dist	cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
E	0	897			77		112	112	137	321	179
D	70	504		64	62	59	111	104	134	187	147
54	150	233		41	73	53	116	105	134	157	129
14	293	112	-18	-1	66	30	113	100	125	126	92
15	480	60	-66	-29	56	8	68	62	75	72	36
16	657	27	-70	-10	35	24	43	7	61	73	53
17	750	55	-56	2	42	23	57	46	64	74	56
18	900	121	-51	-31	-24	-13	99	87	93	58	18
58	1033	269					75	75	98	117	85
A	1207	502				22	55	72	92	150	109
B	1303	747				34	64	67	87	170	133
C	1386	857				59	64	87	97	176	157

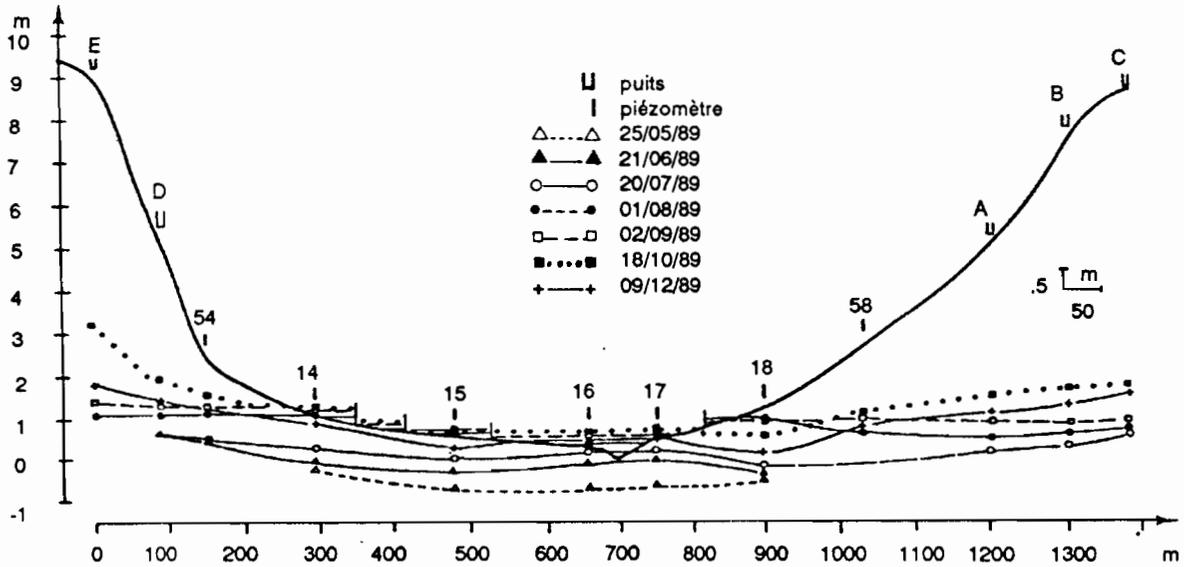
Dist = distance au piézomètre 0

Tableau 10

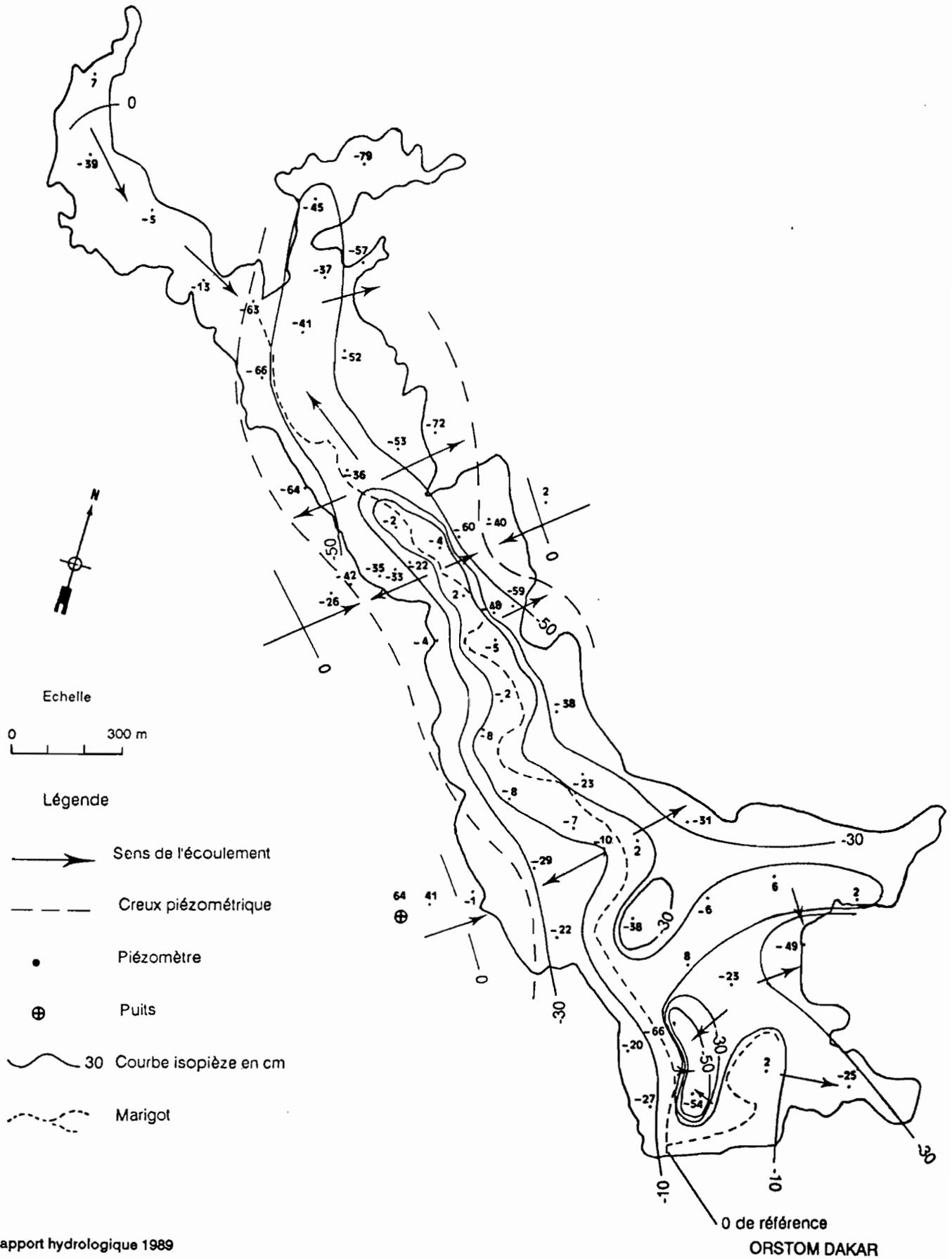
DJIGUINOUM SEQUENCE PIEZOMETRIQUE AMONT
Profondeur de la nappe 1989



DJIGUINOUM SEQUENCE PIEZOMETRIQUE AVAL
Profondeur de la nappe 1989

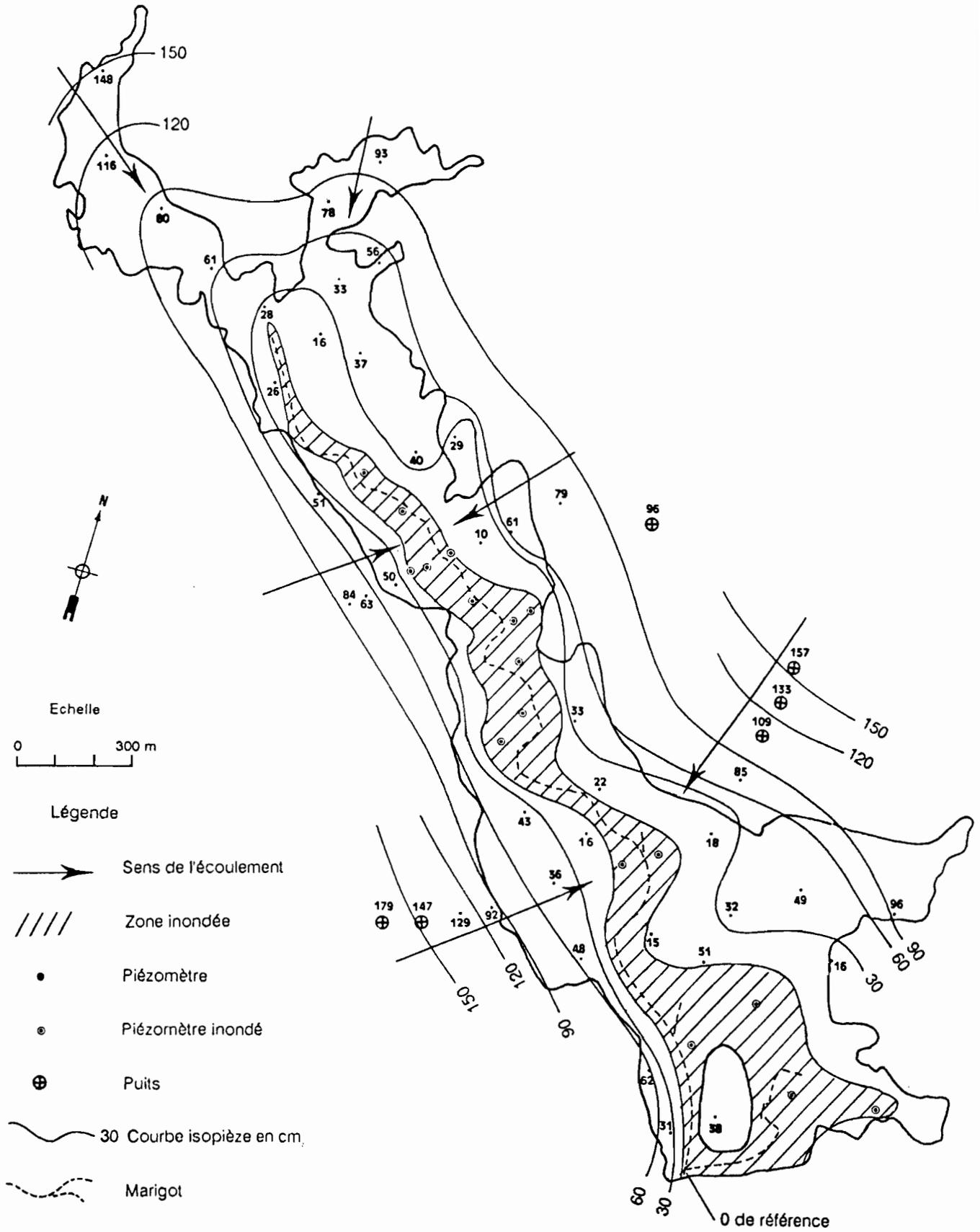


JUIN 1989



Carte piézométrique de la vallée de DJIGUINOUM

DECEMBRE 1989



3.4.2 Qualité des eaux de nappe

Le suivi physico-chimique montre un pic de salure au voisinage du lit du marigot (lieu des anciennes intrusions marines) (Fig.34). Le dessalement au cours de l'hivernage est plus marqué en bordure de plateau qu'au milieu de la vallée. Les tableaux 11 récapitulent les résultats de la mesure de la conductivité sur les deux transects et montrent que sur l'ensemble de la vallée les eaux des puits inférieures à la cote 60 cm sont salées. Au dessus de la cote 150 cm, la conductivité des eaux de nappe ne subit plus les variations saisonnières, l'eau y est douce en permanence. Le pH des eaux de nappe varie très peu avec la saison (tableau 12). 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...) (tableau 13).

Les concentrations en fer ferrique montrent une décroissance des teneurs dans les zones inondées du lit mineur et une augmentation des teneurs aux abords du lit mineur (tableau 14). On peut penser que cet élément toxique pour le riz a été drainé par les ouvertures du barrage.

Les concentrations en silice sont données pour quelques prélèvements (tableau 14 bis)

Séquence piézométrique amont
Conductivité mS/cm année 1989

N°	Dist	Cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
55	0	294		0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2
56	58	131		7.1	6.7	8.7	8.8	8	4.8	5.6	5
26	165	52	32.4	33.4	16.6	27.6	17.1	28.1	26.8	29.3	23.2
47	220	55		71	71	61.6	19.4	43.2	41.9	29.1	30.8
27	267	47	95.2	95.8	92.4	101.9	86.6	106	91.9	92.5	100.7
48	345	57		73.9	32	48	21.6	30.7	33.4	45.5	23.6
28	427	87	5.9	6	5.9	7.5	5.7	6.4	5.6	4.3	4.4
29	523	91	3.1	2.6	2.7	2.6	1.8	1.9	2.2	2.3	2.3
57	683	166		0.9	1.5	2	2	2.2	1.9	0.6	0.3
F	917	566				0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1

Séquence piézométrique aval
Conductivité mS/cm année 1989

N°	Dist	cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
E	0	897			0.1	0.08	0.14	0.6	0.15	0.05	0.03
D	70	504		0.3	0.14	0.1	0.05	0.07	0.07	0.04	0.04
54	150	233		1.4	0.1	1.1	0.6	0.7	0.6	0.6	0.4
14	293	112	0.7	0.7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.09
15	480	60	32.9	34.6	22.7	28.9	22.6	29.2	28.1	28.9	29.9
16	657	27	82.7	70.6	74.6	76.9	73.5	77.9	66.9	66.7	74.3
17	750	55	76.5	48.8	8.9	26.6	4.3	9.2	9.8	11	7.9
18	900	121	6.7	7.9	7.3	7.8	6.1	7.5	6.8	6.9	7.2
58	1033	269						1.6	1.8	2.3	1.4
A	1207	502				0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2
B	1303	747				0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	0.1
C	1386	857				0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1

Dist = distance au piézomètre 0

Tableau 11

Séquence piézométrique amont
pH année 1989

N°	Dist	cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
55	0	294		4.41	4.28	4.92	5.08	4.57	4.54	4.65	4.31
56	58	131		3.54	3.04	3.41	3.13	3.2	3.46	3.44	3.67
26	165	52	3.79	3.53	3.45	3.6	3.55	3.2	3.17	3.07	3.55
47	220	55		3.67	3.93	3.75	3.94	3.63	3.54	3.24	3.56
27	267	47	5.79	4.9	3.68	5.86	5.85	5.67	5.5	5.28	6.06
48	345	57		3.95	4.04	3.92	4.15	3.73	3.6	3.5	3.8
28	427	87	3.32	3.1	2.63	2.91	2.98	2.87	2.88	2.97	3.11
29	523	91	3.44	3.25	2.53	2.96	2.89	2.81	2.88	2.88	3.24
57	683	166		3.2	2.66	3.13	2.94	2.93	3.04	3.6	3.75
F	917	566				5.62	5.95	6.09	6.14	5.86	5.42

Séquence piézométrique aval
pH année 1989

N°	Dist	cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
E	0	897			4.97	5.65	5.84	5.99	5.93	5.1	4.93
D	70	504			4.32		4.96	4.74	4.78	4.71	4.51
54	150	233		3.32	2.9	3.46	3.27	3.16	3.29	3.72	3.67
14	293	112	4.61	5.03	5.2	5.72	5.95	5.82	5.13	3.83	4.62
15	480	60	3.6	3.62	3.44	3.49	3.39	3.29	3.32	3.31	3.43
16	657	27	5.39	3.81	3.65	3.4	3.13	2.59	3.19	3.42	3.07
17	750	55	3.42	3.31	3.27	3.12	3.41	3.3	3.01	3.07	3.07
18	900	121	3.51	3.32	3.07	3.35	3.35	3.32	3.22	3.25	3.16
58	1033	269						3.22	3.34	3.52	3.55
A	1207	502				6.67	6.75	6.67	6.7	6.3	6.32
B	1303	747				6.57	6.42	6.65	6.62	6.15	5.75
C	1386	857				6.52	6.54	6.41	6.68	6.66	6.51

Dist = distance au piézomètre 0

Tableau 12

Séquence piézométrique amont
Teneurs en Al mg/l année 1989

N°	Dist	Cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
55	0	294		1.3	0	0	0	0	1.02	0	
56	58	131		26.9	22.77	29.96	67.02	34.6	17	15	
26	165	52	8.8	13.8	15.82	23.29	17.22	25	28	12	
47	220	55		62.1	6.83	34.02	6.75	15.2	24	12	
27	267	47	0.2	2.3	1.94	0.89	1.13	0.9	1.2	0	
48	345	57		13.6	6.23	5.86	6.96	5.9	7.06	5	
28	427	87	240.6	262.4	174.97	372.8	361.8	312.3	338	208	
29	523	91	72	48.6	174.97	165.3	123.1	134.6	151	130	
57	683	166		32.7	104.28	172	181.8	188.8	191	18	
F	917	566			0	0		0	0	0	

Séquence piézométrique aval
Teneurs en Al mg/l année 1989

N°	Dist	cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
E	0	897			0	0	0	0	0	0	
D	70	504		1	0	0	0	0	0.84	0	
54	150	233		34.4	14.2	15.89	18.86	16.3	14	7	
14	293	112	0		0	0.86	1.1	0	1.21	0	
15	480	60	23.2	20.1	7.75	14.9	11.56	12.8	16	14	
16	657	27	2.4	75.2	64.8	53.94	54.67	55.9	54	27	
17	750	55	240.6	247.3	33.25	138.8	13.1	31.2	52	46	
18	900	121	234.6	258.2	252.18	238.9	211.8	250	256	277	
58	1033	269						36	58	59	
A	1207	502				0	0	0	0	0	
B	1303	747				0	0	0	0	0	
C	1386	857				0	0	0	0	0	

Dist = distance au piézomètre 0

Tableau 13

Séquence piézométrique amont
Teneurs en Fe+++ mg/l année 1989

N°	Dist	cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
55	0	294		0	0.02	0	0	0	0	0	
56	58	131		3.8	6.93	6.18	13.8	4.8	1.49	0.5	
26	165	52		8.6	0.72	0.6	1.1	4.1	4.65	14.1	
47	220	55		7.6	0.12	3.17	0.4	0.8	6.14	1.3	
27	267	47		1.7	1.17	0.74	1.1	0.9	0.93	0.8	
48	345	57		3.3	0.37	0.92	0.4	0.3	2.05	0.5	
28	427	87		47.3	20.55	35.7	57	90.8	82.58	49.9	
29	523	91		52	28	26.6	3.4	4.6	21.39	21.1	
57	683	166		1.4	3.37	6.03	6	3.5	12.09	0.3	
F	917	566				0	0.2	0	0	0	

Séquence piézométrique aval
Teneurs en Fe+++ mg/l année 1989

N°	Dist	cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
E	0	897			0.04		0	0	0.19	0	
D	70	504		0	0.02	0	0.1	0.8	0	0	
54	150	233		10.6	0.58	2.96	0.3	0.3	0.37	0.5	
14	293	112			0.03	0	0.1	0	0.19	0.1	
15	480	60		8.1	0.49	1.09	1	1.2	2.05	1.4	
16	657	27		12.2	45.5	57.4	47.7	34.3	25.66	58.2	
17	750	55		14.8	1.26	44	0.8	1.9	8.37	12.9	
18	900	121		15.8	14.9	22.2	17	20.7	26.97	16.7	
58	1033	269				0.8	0.8	0.7	1.49	2.3	
A	1207	502				0	0	0	0	0	
B	1303	747				0	0	0	0	0	
C	1386	857				0	0	0	0	0	

Dist = distance au piézomètre 0

Tableau 14

Séquence piézométrique amont
Teneurs en SiO2 mg/l année 1989

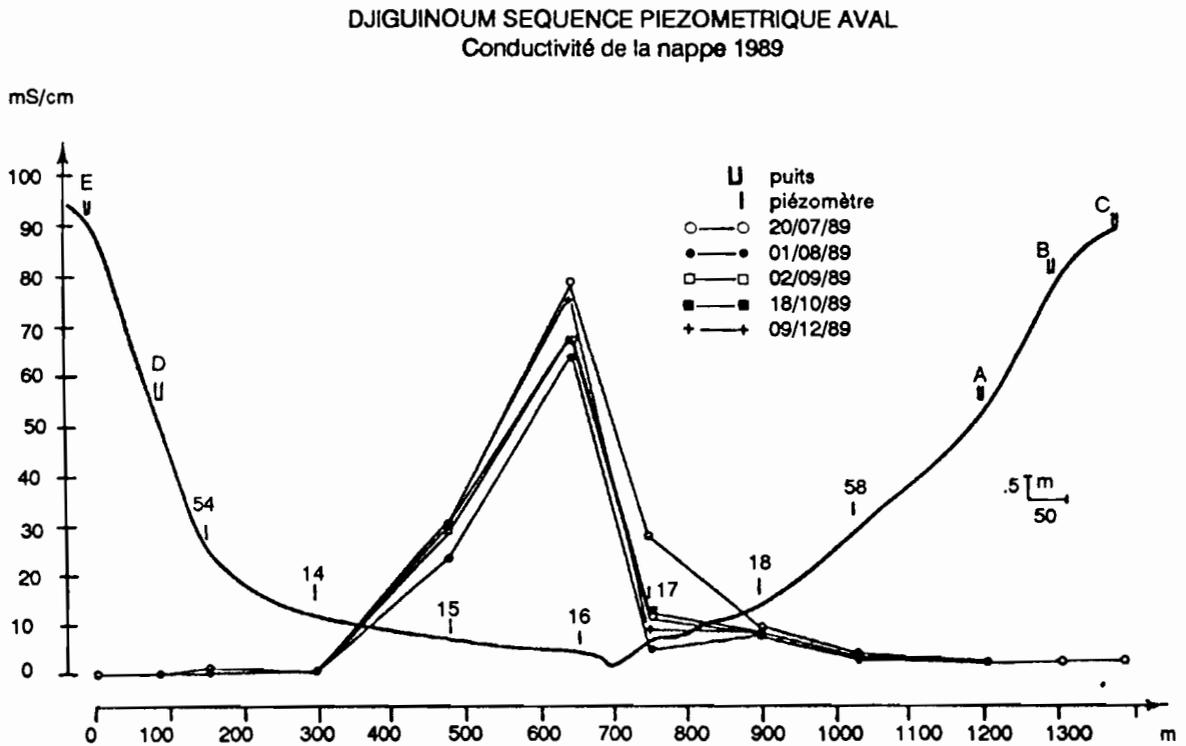
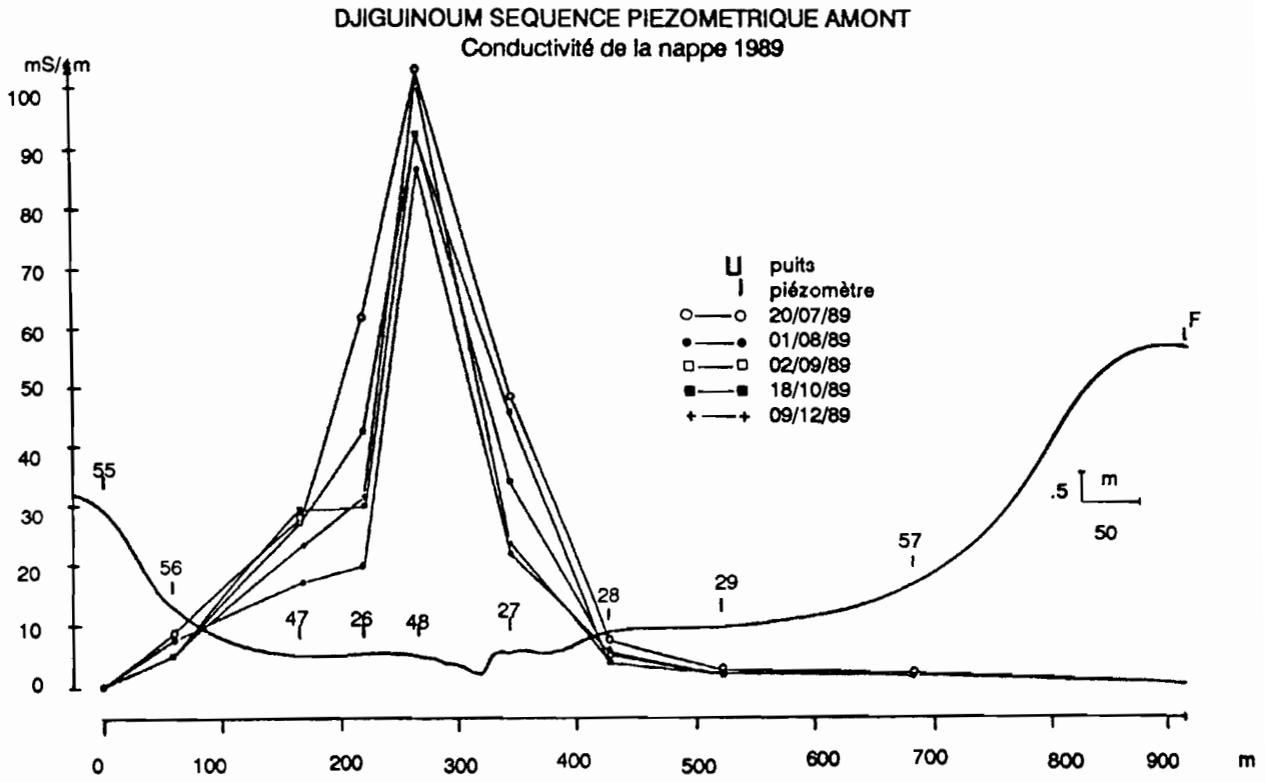
N°	Dist	cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
55	0	294		13.2	12.17		11.44		12.52	12.38	
56	58	131		0.1	28.81		68.59		22.29	21.69	
26	165	52		80.4	34.91		47.75		74.81	84.06	
47	220	55		76	2.31		17.76		45.32	31.04	
27	267	47		67.9	72.5		40.47		50.42	46.54	
48	345	57		63.7	53.85		55.94		59.26	65.88	
28	427	87		133.6	148.89		154.9		160.37	172.63	
29	523	91		87.2	125.31		115.1		129.86	132.82	
57	683	166		40.4	95.24		107.9		116.65	25.63	
F	917	566					4.83		7.98	8.58	

Séquence piézométrique aval
Teneurs en SiO2 mg/l année 1989

N°	Dist	cote	25-Mai	21-Jui	7-Jui	20-Jui	1-Aoû	19-Aoû	2-Sep	18-Oct	9-Déc
E	0	897			9		8		9.2	11.4	
D	70	504		7.7	8.7		6.5		8.3	9.8	
54	150	233		79.8	74.4		53.5		54.1	27.3	
14	293	112		18.5	16.7		20		21.3	20.6	
15	480	60		94.9	80.4		87.2		89.9	100.2	
16	657	27		120.1	122.6		128.5		133.2	131.4	
17	750	55		89.5	18.7		18.4		20.6	30.5	
18	900	121		113.4	112.9		104.7		114.2	132.4	
58	1033	269							38	38.4	
A	1207	502					0.4		10	13.7	
B	1303	747					7.4		9.6	13.7	
C	1386	857					15.2		14.4	16.6	

Dist = distance au piézomètre 0

Tableau 14 bis



3.5 Résultats des parcelles de ruissellement

Les données recueillies sur les deux parcelles de ruissellement sont récapitulées sur le tableau 15

3.5.1 Facteurs explicatifs du ruissellement

Nous avons retenu comme étant des facteurs susceptibles d'expliquer le ruissellement, les paramètres suivants:

- la pluie totale de l'averse (P),
- l'intensité maximale pendant 5 mn (Imax),
- un indice de saturation des sols. Le choix s'est porté sur l'indice de Kohler qui s'exprime ainsi:

$$IK_n = (IK_{n-1} + P_n) \exp(-\beta t)$$

avec t le temps séparant la fin d'une averse du début de la suivante (exprimé en jours) et β le coefficient de décroissance (la valeur 0.5 a été retenue).

Deux analyses statistiques ont été appliquées sur l'échantillon de données avec l'aide du logiciel STAT-ITCF: la régression linéaire et l'analyse en composantes principales (ACP).

Les tests de régressions multiples ont été réalisés sur les résultats de chacune des parcelles. Le traitement a permis de déterminer les meilleures relations reliant la lame ruisselée Lr aux autres paramètres.

-Ruissellomètre 1 (sols gris de versant):

$$Lr = 0.0035 P \times IK + 0.0547 I_{max} - 4.17$$

$$(R = 0.765 \quad n = 24 \quad R^2 = 0.586)$$

-Ruissellomètre 2 (sols rouges de plateaux):

$$Lr = 0.0597 P + 0.0231 I_{max} - 2.22$$

$$(R = 0.788 \quad n = 25 \quad R^2 = 0.621)$$

L'indice de Kohler ne ressort pas comme facteur explicatif du ruissellement sur le ruissellomètre 2 dans cette analyse. Sur le ruissellomètre 1 il apparait dans le terme P x IK

Contribution (en %) des différents facteurs à l'explication de la lame ruisselée:

	P	IK	P x IK	IMAX
Lr (R1)	2.2	8.9	25.1	46.4
Lr (R2)	29.5	0	0	33.6

Dans le cas du ruissellomètre 1, les variables P et IK ont été rejetées lors du traitement statistique car n'étant pas corrélées à Lr de façon significative, pour un intervalle de confiance de 95%.

Les coefficients de corrélation assez faibles (moins de 0.8) pourront être améliorés lorsqu'on disposera de plusieurs années d'observation.

Bassin de Djiguinoum
Ruissellomètre 1 (sols gris)

date	P sol (mm)	IK	P.IK	Lr (mm)	max (mm/h)	C (g/l)	T.S. (g/m ²)	à 1m (mm)
17/6/89	29.3	0.0	0.0	1	54			28.9
27/6/89	39.8	0.3	11.1	0.5	120	7.62	3.81	38.2
30/6/89	59.7	9.1	542.0	2.4	96	1.02	2.44	58.2
5/7/89	34.9	9.5	330.4	1	102	1.9	1.9	32.2
6/7/89	8.5	25.2	214.3	0.4	60			8.1
21/7/89	36.1	1.2	44.1	1.4	105	0.56	0.78	36
23/7/89	31.2	13.2	411.6	2.4	72			29
24/7/89	50.2	28.2	1413.8	4.9	114	0.46	2.27	51
29/7/89	43.1	11.6	499.1	10	216			42
30/7/89	23	35.2	810.0	0.2	54	0.42	0.08	22
1/8/89	19.1	35.8	684.6	0.5	120	0.42	0.21	17.6
24/8/89	42.4	1.2	48.9	0.6	96	0.1	0.06	42.1
28/8/89	59.5	17.5	1040.5	2	102	0.32	0.63	59.5
3/9/89	31.6	8.8	278.4	1.4	156	1.22	1.71	30.5
5/9/89	61.1	22.4	1367.2	15.4	168	0.35	5.36	59.4
9/9/89	27.1	9.9	267.5	0.6	42	0.43	0.26	25.4
11/9/89	21.9	14.7	322.7	0.5	78	0.72	0.36	21.4
14/9/89	36.5	18.4	671.1	1.2	66	0.46	0.55	36
16/9/89	36.2	15.4	558.0	8.8	102			33.4
20/9/89	37.6	9.2	346.3	5.8	132	0.57	3.32	28.3
26/9/89	37.9	4.7	177.5	1.2	72	0.3	0.36	32.3
8/10/89	26.9	2.9	76.6	4.5	138	0.72	3.22	26.6
20/10/89	52.6	0.2	8.7	4.1	144	0.14	0.56	51.9
26/10/89	30.5	12.9	394.3	2	78	0.2	0.4	30.2

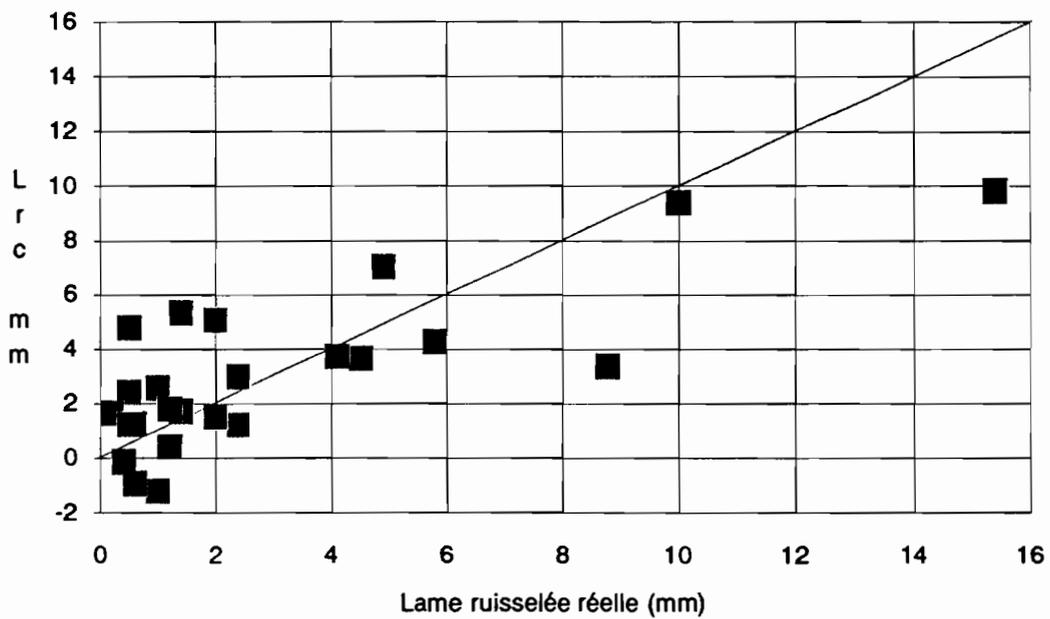
Ruissellomètre 2 (sols rouges)

Date	P sol (mm)	IK	P.IK	Lr (mm)	lmax (mm/h)	C (g/l)	T.S. (g/m ²)	à 1m (mm)
17/6/89	29.3	0.0	0.0	2.2	54			28
27/6/89	40.5	0.3	11.3	5	120	0.76	3.78	39.2
30/6/89	65.5	9.2	605.0	4.4	96	1.09	4.79	63.6
5/7/89	44.2	10.0	444.0	3.2	102	0.94	3.02	43.2
6/7/89	8.5	30.8	262.1	0.3	60		0.00	8
21/7/89	34.8	1.2	42.7	0.8	105	0.22	0.18	33.5
23/7/89	25.6	12.7	326.0	0.9	72	0.34	0.31	23.5
24/7/89	45.3	24.3	1101.7	1.8	114	0.27	0.48	44.3
25/7/89	13.1	47.8	626.8	0.2	54	1.46	0.29	12.4
29/7/89	41.5	11.2	463.1	6.4	216		0.00	40.7
30/7/89	25.3	33.9	858.0	0.6	54	0.71	0.42	25.2
1/8/89	18.6	36.5	678.1	0.4	120	0.30	0.12	18.1
24/8/89	44.3	1.2	51.1	0.4	96	0.62	0.25	44
28/8/89	65.6	17.8	1165.7	2	102	0.36	0.72	65.3
3/9/89	29.1	14.0	407.5	1.5	156	0.25	0.37	28.5
5/9/89	61.9	25.6	1586.3	7.7	168	0.32	2.43	59.1
9/9/89	30.9	10.3	319.8	1	42	0.35	0.35	30.6
11/9/89	20	16.4	328.8	0.5	78	0.88	0.44	19.6
14/9/89	37	18.3	677.6	1.9	66	0.15	0.28	36.8
16/9/89	33.4	15.5	518.8	3.8	102	0.08	0.29	32.6
20/9/89	36.9	8.9	327.9	2.6	132	0.16	0.41	36.1
26/9/89	36	4.6	166.3	1.7	72	0.12	0.20	36.1
28/9/89	18	14.9	267.6	0.5	48	0.81	0.41	16.7
8/10/89	30.5	2.9	87.3	2	138	0.53	1.06	26.6
26/10/89	28	12.9	361.0	0.6	78	0.21	0.12	30.2

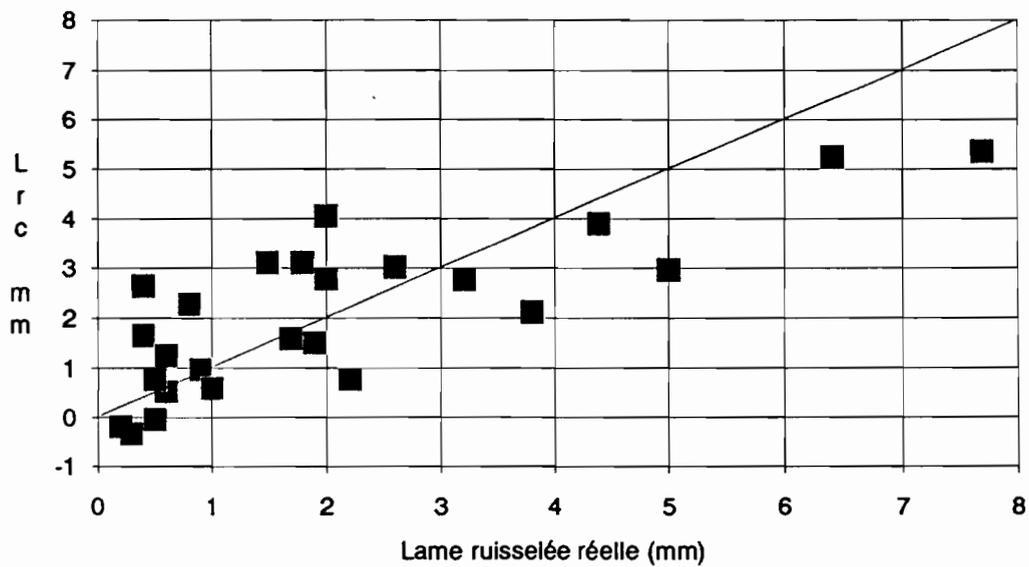
Les graphiques de la figure 35, représentant la lame ruisselée théorique en fonction de la lame ruisselée réelle, permettent de se faire une idée de la qualité des régressions obtenues.

Figure 35

Ruissellomètre 1 (sols gris)



Ruissellomètre 2 (sols rouges)



Une analyse en composante principale (ACP) réunissant les 49 données des deux parcelles a été réalisée. Les variables prises en comptes sont : P, IK, PxlK, lmax, définis dans le paragraphe précédent et N la nature du sol ou le numéro de parcelle (N = 1 pour les sols gris et N = 2 pour les sols rouges).

Les trois premiers axes de cette ACP représentent 82.9% de l'inertie totale du nuage de points. L'étude des contributions de chaque variable à l'inertie totale le long des axes qu'elles définissent (tableau 15) permet de bien caractériser les trois premiers axes.

- Axe 1 ou axe du ruissellement regroupe sur sa même extrémité les variables : Lr, lmax ,P
- Axe 2 ou axe représentant la saturation du sol (IK),
- Axe 3 ou axe représentant la nature du sol (N).

La figure 36 montre la projection de toutes les variables sur le plan défini par les axes 1 et 2.

Tableau 15

Variable	Axe 1	Axe2	Axe3
% expliqué	39.4	27.4	16.1
Lr	75.4	0.7	0.2
P	62.0	4.3	2.7
lmax	58.1	5.8	1.4
IK	0	91.8	2.9
P.IK	37.9	54.6	0.2
N	2.7	7.5	89.0

La nature du sol ne paraît pas comme déterminante dans l'explication du phénomène de ruissellement. En effet, la projection des événements pluie / lame ruisselée identifiés par le numéro de parcelle sur le plan défini par les axes 1 et 2 ne montre pas un comportement individualisé pour chaque parcelle. On remarque, cependant, un ruissellement plus fort sur la parcelle 1 pour les événements pluvieux les plus forts.

Figure 36 représentation des variables dans le plan des axes 1 (horizontal) et 2 (vertical) de l'ACP

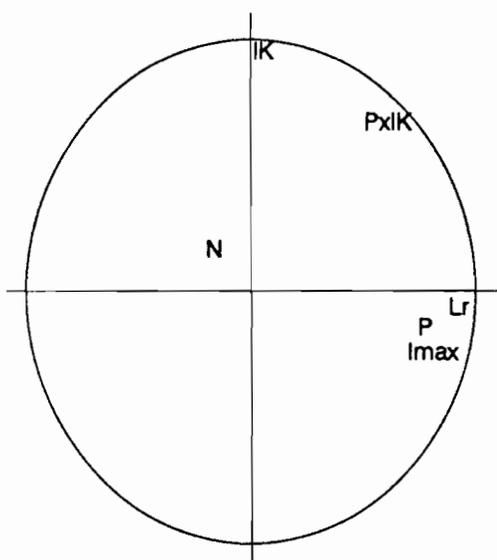
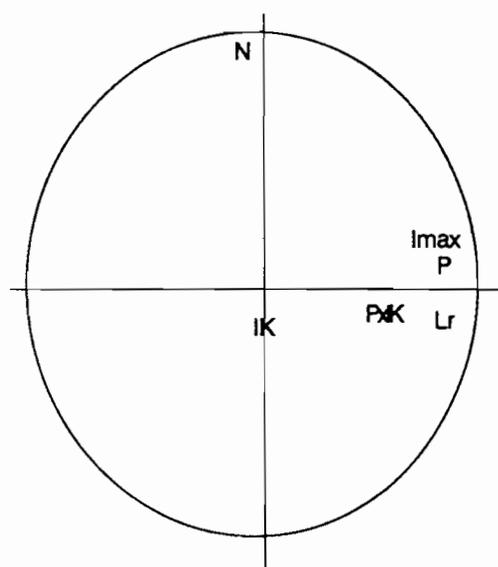
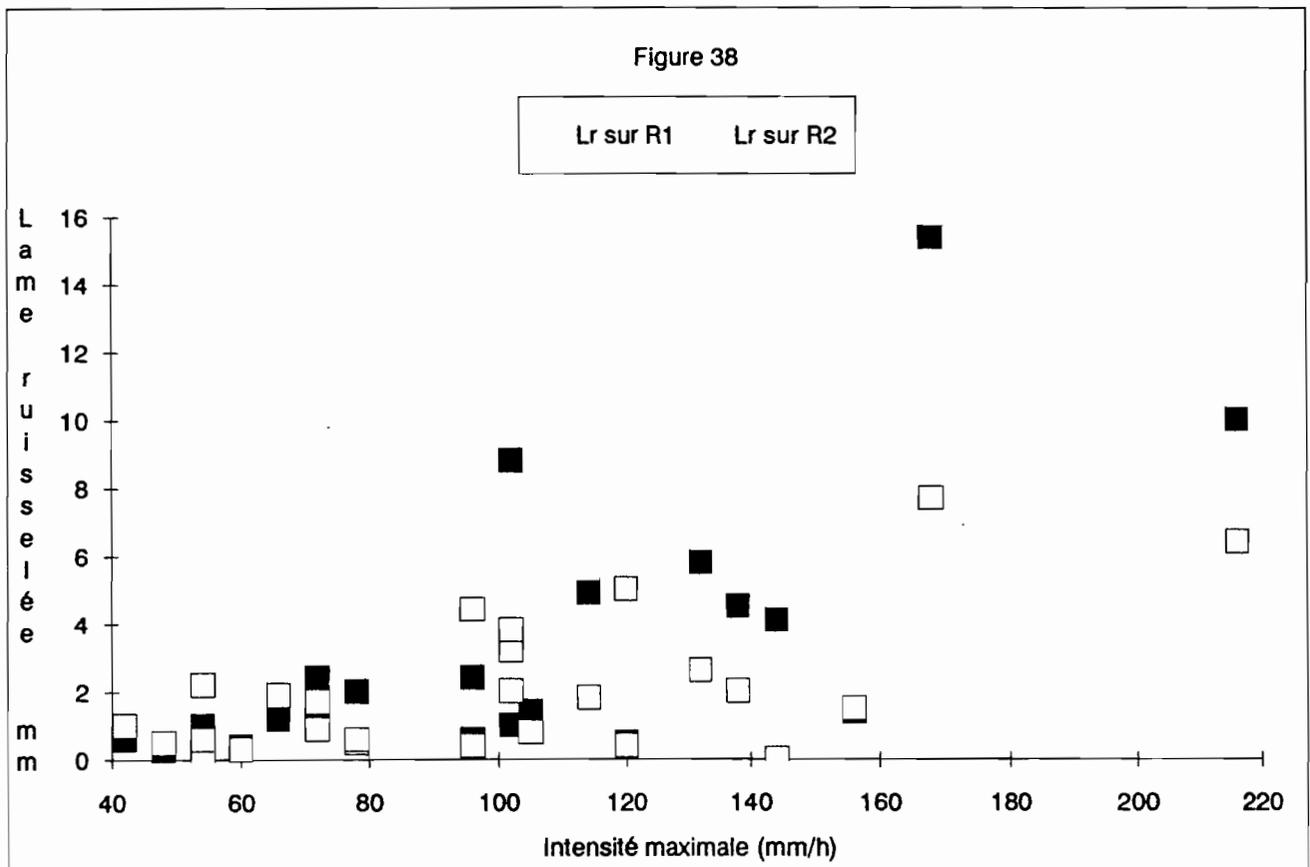


Figure 37 représentation des variables dans le plan des axes 1 (horizontal) et 3 (vertical) de l'ACP



L'ACP confirme donc l'existence d'une corrélation entre la lame ruisselée d'une part, et P et I_{max} d'autre part, ainsi que le rôle pratiquement nul joué par IK.

Par contre, elle indique aussi que la variation du ruissellement en fonction du type de sols n'est pas significative sur les 49 valeurs prises en compte. Cette conclusion est corroborée par le graphique de la figure 38 représentant L_r en fonction de I_{max}, principal paramètre explicatif de l'écoulement. On peut constater, en effet, que les points ne s'organisent pas en deux nuages distincts.



3.5.2 Facteurs explicatifs du transport solide

Une seconde analyse en composantes principales a été effectuée en intégrant le transport solide (TS) et la concentration en matière solide (C), ces deux paramètres étant liés par la relation:

$$TS(g/m^2) = Lr(mm) \times C(g/l)$$

Cette ACP a été réalisée sur seulement 41 observations pour lesquelles on disposait de la totalité des données.

Les trois premiers axes de cette ACP représentent 80.7% de l'inertie totale du nuage de points. L'étude des contributions (en%) de chaque variable à l'inertie totale le long des axes qu'elles définissent (tableau 16) permet de bien caractériser les quatre premiers axes.

- Axe 1 ou axe du ruissellement regroupe sur sa même extrémité les variables : Lr, lmax ,P, Ts
- Axe 2 ou axe de la réserve en eau (IK et PxIK)
- Axe 3 ou axe des concentrations (C)
- Axe 4 ou axe des sols (N)

La figure 39 montre la projection de toutes les variables sur le plan défini par les axes 1 et 2.

Tableau 16

Variable	Axe 1	Axe2	Axe3	Axe 4
% expliqué	36.2	23.7	13.7	10.7
Lr	78.5	3.0	1.8	0.2
P	60.0	0	5.1	0.1
lmax	52.9	1.4	2.6	0
IK	1.5	72.1	21.0	0.5
PxIK	19.4	69.1	4.9	0
N	5.8	9.4	24.3	60.6
C	1.5	28.9	46.2	18.8
TS	70.0	6.0	4.0	5.3

Les cercles de corrélations et la position des observations (affectées des chiffres 1 ou 2) viennent confirmer la précédente ACP en ce qui concerne le ruissellement. Ils démontrent de plus que TS est essentiellement lié à Lr et que C est indépendante de tous les autres paramètres à l'exception de la nature du sol.

La position antagoniste des facteurs C et IK sur l'axe 2 montre également que la concentration en matière solide est d'autant plus élevée que le sol est moins humide.

La répartition des observations par rapport à l'axe 3, dont la composante principale est C, montre que la concentration en matière solide est plus forte lorsque la pluie s'écoule sur les sols gris que sur les sols rouges. Autrement dit, les sols gris seraient plus sensibles à l'érosion que les sols rouges.

Ce résultat est d'ailleurs confirmé par l'observation de placage de sables blancs lessivés provenant des versants au débouché de rigole de ruissellement dans le bas fond (près du pont de la vallée LE BRUSQ par exemple).

Malgré tout, le transport solide reste faible, probablement à cause de l'importance de la couverture végétale.

Figure 39 représentation des variables dans le plan des axes 1 (horizontal) et 2 (vertical) de l'ACP

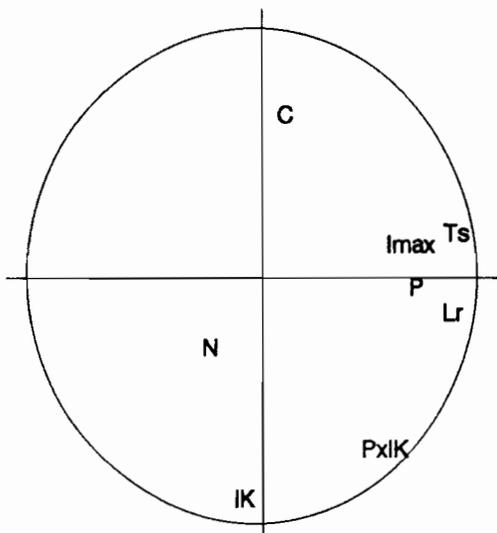
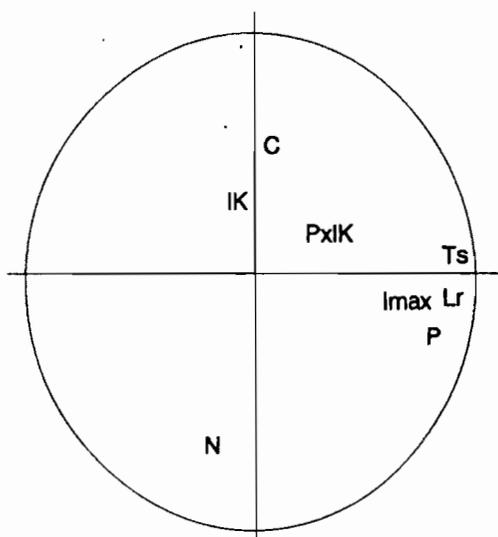


Figure 40 représentation des variables dans le plan des axes 1 (horizontal) et 3 (vertical) de l'ACP



La comparaison entre les analyses du ruissellement, à l'échelle du bassin et à l'échelle des parcelles de 50 m², fait apparaître des pertes d'écoulement importantes. En effet, les plus forts taux d'écoulement enregistrés sur les parcelles (de l'ordre de 15%) correspondent à des coefficients globaux de 3% environ.

Les apports en eau sont d'autant plus forts que la surface inondée est grande, ce qui signifie que c'est essentiellement la pluie tombant dans le bas-fond qui contribue au remplissage de ce même bas-fond.

L'importance de la couverture végétale explique sans doute pour une grande part la faiblesse des apports en eau des versants et des plateaux. Il serait intéressant de mettre en place un dispositif d'études de la modification du bilan hydrologique dans le cas d'un défrichement important du plateau (défrichement qui a déjà commencé et qui augmente de façon spectaculaire d'une année à l'autre).

3.6 Résultats de l'essai agronomique (pour mémoire, un rapport particulier y est consacré)

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). En 1989, les trois portes levantes équipant le barrage ont permis une évacuation des eaux salées beaucoup plus efficace.

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 repiquage. 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, dans l'horizon 0-10 cm, 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 entraînent 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 17 Rendements de l'essai rizicole

Variété	Parcelle	Rendement kg/ha	Observation
DJ 684 D	2	2886	
DJ 684 D	5	3572	fort dessalement parcelle la plus haute
DJ 684 D	8	1300	
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 taches, de graminées rampantes ou à tige sont la preuve d'une régénération rapide de l'écologie de cette vallée.

CONCLUSION

Après une première année de gestion rationnelle du barrage anti-sel et une première bonne récolte, les paysans de la vallée de Djiguinoum 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.

Les objectifs de la campagne hydrologique, qui consistait à réaliser le bilan en eau douce d'une petite vallée de basse CASAMANCE et à mesurer les principaux paramètres en vue d'une modélisation des apports et d'une simulation de fonctionnement de l'ouvrage anti-sel, ont été atteints. Notons que c'est la première fois que le bilan en eau douce de ce type de vallée a pu être réalisé en CASAMANCE. Cette réussite est due au choix du site dont les dimensions réduites ont permis une couverture hydrologique suffisante pour les moyens matériels et humains disponibles. L'expérience des tentatives précédentes sur les vallées du marigot de BAILA et sur la vallée de KOUBALAN nous ont été utiles.

Dans le cadre de ce contrat de recherche, le dispositif d'observations restera le même pendant l'hivernage 1990, afin d'augmenter l'échantillon des données. On envisage de porter l'effort sur les deux sous-bassins. Le développement harmonieux de l'ensemble du bas-fond nécessite des aménagements de retenue amont (diguette pour ne pas priver d'eau les parties les plus hautes et pour conserver une gestion d'évacuation maximale au barrage). La mesure de l'évaporation sur bac flottant qui a commencé en janvier 1990 sera poursuivie. Une installation légère de mesure du stock hydrique dans les parcelles de ruissellement est prévue.

Dès à présent, nous percevons la nécessité d'entreprendre une étude sur l'évolution du bilan hydrologique en cas de poursuite du défrichement des plateaux.

Un nombre important de données hydrochimiques a été collecté dans l'étude hydrologique, il en est de même pour l'étude du casier rizicole. Il sera indispensable de réunir toute cette information sur les deux campagnes et tenter une analyse plus fine de type géochimique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARRY B., 1986.

Situation 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.

Evolution 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.

BRIGAUD, 1965.

Le climat au Sénégal. Et. Sénégalaises, 9, fasc. 3, 8-106.

BRUNET D., 1988.

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

BRUNET D., 1989.

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

BRUNET, 1990.

Principales caractéristiques des eaux de nappe de la vallée de Djiguinoum (basse Casamance). Bilan d'une année de suivi d'un réseau piézométrique (juin 1988 à juin 1989). Multigr., ORSTOM/Dakar, 40 p.

CHEVALLIER P., LAPETITE JM, 1986

Note sur les écarts de mesures entre les pluviomètres standards et les pluviomètres au sol en Afrique de l'OUEST. Journées hydrologiques de MONTPELLIER, Ed. de l'ORSTOM

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.

ISRA/ORSTOM, 1988.

Mise en valeur des mangroves au Sénégal. Rapport final. C.C.E., Contrat T.S.D. A 104 (MR).

KALCK, 1978.

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

LAMAGAT J.P., MONTOROI J.P., PERAUDEAU M., 1989.

Traitement informatique des données limnimétriques et conductivimétriques d'une centrale "CHLOE" (ORSTOM-ELSYDE) à deux sondes SPI. Programme CHLODAK pour micro-ordinateur. Notice d'utilisation. Multigr., ORSTOM/Dakar, 29 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.

MARIUS C., 1985.

Mangroves du Sénégal et de la Gambie. Ecologie, Pédologie, Géochimie, Mise en valeur et aménagement. Trav. et Doc. ORSTOM, 193.

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.

SAOS J. L., DACOSTA H., 1987.

Evolution hydrologique d'un bassin versant margino-littoral: le marigot de Baïla (basse Casamance). In "Etudes des estuaires et lagunes du Sénégal", rapport final, EPEEC/UNESCO, Dakar, 59-75.

USAID/SOMIVAC/ISRA, 1985.

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

VIEILLEFON, 1974.

Les sols des mangroves et des tannes de basse Casamance (Sénégal). Importance du comportement géochimique du soufre dans leur pédogénèse. Mém. ORSTOM, 83.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
1 LE SITE DE DJIGUINOUM	3
2. DISPOSITIF ET PROTOCOLE EXPERIMENTAUX	4
2.1 Le barrage	4
2.2 Les stations hydrométriques du pont de DJIGUINOUM et de la vallée LE BRUSQ	10
2.3 Le dispositif pluviométrique	11
2.4 Le dispositif piézométrique	11
2.5 Dispositif du ruissellement sur parcelle de 50 m2	14
2.6 L'essai agronomique (pour mémoire)	16
3 RESULTATS EN 1989	18
3.1 Suivi de la pluviométrie	18
3.2 Les résultats hydrologiques à la station de DJILAKOUN (barrage)	27
3.2.1 Caractérisation du plan d'eau en amont de la retenue	27
3.2.2 Les cotes enregistrées	28
3.2.3 Les mesures de débits	31
3.2.4 Qualité de l'eau dans la retenue	46
3.3 Données sur les sous bassins du pont de DJIGUINOUM et de la vallée LE BRUSQ	50
3.4 Résultats obtenus sur le réseau piézométrique	51
3.4.1 Niveaux hydrostatiques	51
3.4.2 Qualité des eaux de nappe	56
3.5 Résultats des parcelles de ruissellement	63
3.5.1 Facteurs explicatifs du ruissellement	63
3.5.2 Facteurs explicatifs du transport solide	68
3.6 Résultats de l'essai agronomique (pour mémoire, un rapport particulier y est consacré)	70
CONCLUSION	71
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	71