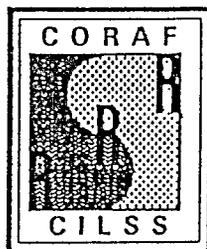


*pour vous*

ORSTOM



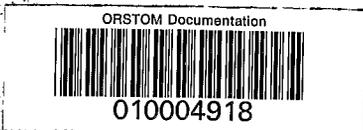
*mhp2 116*

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

**Projet Pilote " Casamance "**  
**Bas-fond de DJIGUINOUM**  
**Rapport de synthèse :**  
**MORPHO-PEDOLOGIE**

Jean ALBERGEL  
Alain BERNARD  
Didier BRUNET  
Jean-Pierre MONTOROI

DAKAR, Novembre 1991



Fonds Documentaire ORSTOM  
Cote: Bx 4918 Ex: 1

# Sommaire

## Projet pilote "CASAMANCE" RAPPORT DE SYNTHÈSE VOLET MORPHO-PÉDOLOGIQUE

|   |    |
|---|----|
| <b>1. OBJECTIF, METHODOLOGIE ET MOYENS EN OEUVRE DANS LES RECHERCHES</b> .....  | 3  |
| <b>1.1 Objectifs</b> .....  | 3  |
| <b>1.2 Méthodologie et outils</b> .....   | 3  |
| 1.2.1 Prospection pédologique .....   | 3  |
| 1.2.2 Caractérisation hydrique des sols .....   | 5  |
| 1.2.3 Suivi annuel du dessalement .....   | 7  |
| <b>1.3 Moyens mis en oeuvre</b> .....   | 7  |
| <b>2. DESCRIPTION MORPHO-PÉDOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT</b> .....  | 8  |
| <b>2.1 Géomorphologie</b> .....   | 8  |
| <b>2.2 Organisation des sols dans le paysage</b> .....  | 9  |
| 2.2.1 Modèle d'organisation sur le versant .....  | 9  |
| 2.2.2 Les sols du bas-fond proprement dit .....   | 10 |
| <b>2.3 Occupation des sols</b> .....  | 14 |
| 2.3.1 le milieu forestier .....   | 14 |
| 2.3.2 le milieu agricole .....  | 16 |
| <b>3 CARACTERISATION HYDRODYNAMIQUE DES SOLS</b> .....  | 18 |
| <b>3.1 Propriétés physico-chimiques des sols</b> .....  | 18 |
| 3.1.1 Aptitude à l'infiltration .....   | 18 |
| 3.1.2 Aptitude au dessalement des sols de bas-fond .....  | 19 |
| <b>3.2 Régime saisonnier</b> .....  | 20 |
| 3.2.1 Stockage de l'eau .....   | 20 |
| 3.2.2 Evolution chimique des sols de bas-fond .....   | 23 |
| 3.2.3 Evolution interannuelle de la salinité .....  | 25 |
| <b>4. CONCLUSION : LES PRINCIPALES CONTRAINTES LIEES A LA MORPHO-PÉDOLOGIE<br/>  POUR LE DEVELOPPEMENT AGRICOLE DE DJIGUINOUM</b> ..... | 25 |
| <b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....  | 26 |

## Projet pilote "CASAMANCE" RAPPORT DE SYNTHÈSE VOLET MORPHO-PÉDOLOGIQUE

### 1. OBJECTIF, METHODOLOGIE ET MOYENS EN OEUVRE DANS LES RECHERCHES

#### 1.1 Objectifs

Les sols de la basse et moyenne Casamance ont fait l'objet de nombreuses études cartographiques. Les travaux intégrant les différentes unités du paysage (plateau, versant, bas-fond) sont plus rares et se limitent surtout aux petites échelles: MAIGNIEN, 1961: 1/1.000.000; PEREIRA-BARRETO, 1982: 1/50.000 et 1/100.000 travaux en cours; BALDENSPERGER et al., 1968: 1/200.000; USAID, 1986: 1/500.000.

La majorité des autres études prête une attention plus particulière à tel ou tel type d'unité morphologique:

- le plateau: BADIANE NIANE, 1984; STAIMESSE, 1967,
- le bas-fond: AUBRUN et MARIUS, 1986; MARIUS et CHEVAL, 1983; BRUNET, 1987 et 1988; VIELLEFON, 1975; BOIVIN et LE BRUSQ, 1984.

L'échelle du bassin versant a été jusqu'à présent peu usitée (DIATTA, 1972; STAIMESSE, 1967 l'a abordée). C'est à ce niveau que nous situons notre étude des sols.

Le bassin versant de DJIGUINOUM a été choisi dans le cadre du programme de recherche "Etude des bas-fonds d'Afrique de l'Ouest: typologie, fonctionnement hydrologique et potentialité agricoles", financé par la Communauté Européenne (Contrat DG XII N° TS2A-0216-M (CD)). Plusieurs critères ont prévalu à ce choix:

- . bonne représentativité des sols de la région,
- . taille relativement faible pour une étude de détail,
- . bas-fond aménagé par un barrage anti-sel.

L'objectif de l'étude consistera:

- d'une part, à caractériser les différents sols du bassin versant et à connaître leur organisation dans le paysage,
- d'autre part, à déterminer leur régime hydrique saisonnier et les modalités d'alimentation du bas-fond.

Le bassin versant de DJIGUINOUM se situe au nord-est de Ziguinchor, à environ 15 km, sur la rive droite du fleuve Casamance. Il est délimité dans sa partie orientale et occidentale par les vallées adjacentes de Koubalan et de Tobor-Balingor et dans sa partie septentrionale par une vallée secondaire du marigot de Bignona (vallée de Teubi). La partie méridionale est limitée par une digue anti-sel traversant le bas-fond: Sa superficie est de 25.74 km<sup>2</sup>. Il se localise géographiquement entre les parallèles 16°15' et 16°10'N et les méridiens 12°39' et 12°43'W.

#### 1.2 Méthodologie et outils

##### 1.2.1 Prospection pédologique

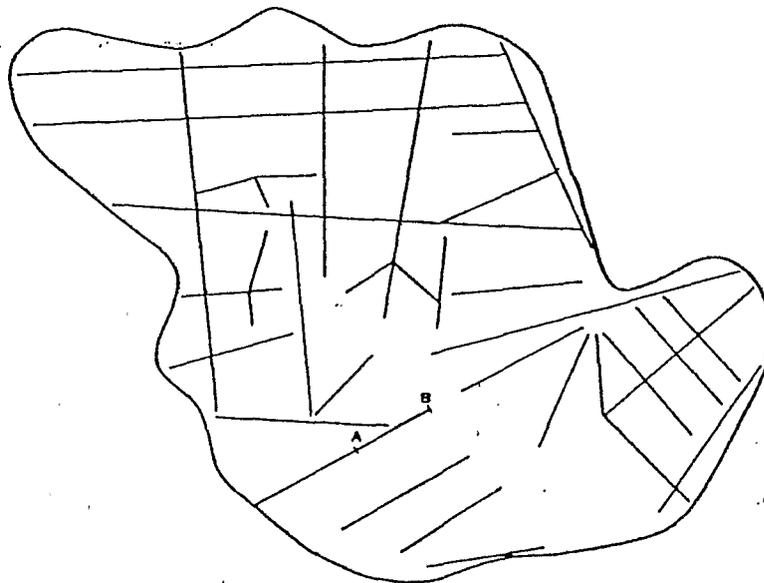
La démarche suivie comporte trois phases principales:

- Au cours d'une prospection préliminaire, nous avons creusé quelques fosses dans les différentes unités géomorphologiques du bassin versant: plateau, versant, bas-fond. Ces fosses ont été disposées le long de transects perpendiculaires aux axes de drainage (fig.1). Les observations des profils ont permis de faire un lien entre la topographie à un certain agencement des sols entre eux.

- Parmi les différentes toposéquences, nous en avons choisi une pour une étude détaillée de

l'organisation des sols. Il s'agit de la toposéquence de FEGROUM (coupe AB sur la figure 1). En reprenant les termes de BRABANT, 1991, cette toposéquence a constitué notre modèle d'observation qui représente le système sol rencontré sur le site. Un schéma d'organisation des horizons entre eux sera proposé afin de définir différents sous-systèmes.

Figure 1 : Localisation des toposéquences



L'extension de ce modèle à l'ensemble du bassin versant a été vérifiée et a permis de noter les éventuelles variantes.

- La cartographie des sols est réalisée en découpant le modèle en blocs verticaux selon la méthode préconisée par BRABANT (1991). Ces blocs caractérisent le sol pris comme système dynamique et structuré.

L'échelle retenue pour le document final est le 1/30.000. Une étude plus détaillée sur une telle superficie n'est pas nécessaire, eu égard à l'utilisation qui sera faite de l'information dans l'étude générale du bassin versant.

Les travaux de terrain se sont déroulés d'avril 1990 à février 1991 au cours de plusieurs missions totalisant plus de vingt jours de prospection effective. Environ 75 fosses ont été creusées le long des différents transects. Leur profondeur est systématiquement comprise entre 2 et 2.50 m. Une description classique a été réalisée et, pour certains profils, des échantillons de sol ont été prélevés pour les déterminations analytiques.

Sur la toposéquence de FEGROUM, tous les profils ont été échantillonnés. Des sondages à la tarière ont permis d'atteindre la roche-mère. L'investigation est stoppée par un niveau induré impénétrable pouvant se situer à plus de 6 m en haut de séquence.

Pour compléter ces observations morphologiques, plus de 180 sondages à la tarière ont été effectués et décrits plus succinctement.

Les documents disponibles sont:

- . une couverture aérienne au 1/30.000 (mission IGN-SONED SEN 1984) prêtée par la Direction de l'hydraulique à Dakar,
- . une carte topographique au 1/50.000 (feuille ZIGUINCHOR ND-28-II-4b-2d).

Après la signature d'un accord de collaboration entre l'ORSTOM/Dakar et le PPFS de Ziguinchor (Projet de Protection des Forêts Sud), nous avons pu disposer, début 1991, d'une couverture aérienne au 1/10.000 (mission AFRIQUE AERO PHOTO-PPFS SEN avril 1990). Celle-ci, plus détaillée, nous a permis de mieux accéder et se repérer, notamment dans les zones forestières.

### 1.2.2 Caractérisation hydrique des sols

- Deux parcelles de ruissellement et d'érosion ont été installées sur deux types de sol représentatif du bassin versant (sol rouge et sol beige). Chaque parcelle fait 50 m<sup>2</sup> (5x10 m) et est dotée de deux cuves de réception, la seconde collectant le 1/10 du trop-plein de la première. Des prélèvements ont été effectués en vue de la détermination des éléments solides et chimiques en 1989 et 1990.

- Un tube neutronique en aluminium a été mis en place, les 16 et 17 mai 1990, au centre de chaque parcelle de ruissellement, pour le suivi de la teneur en eau. La profondeur atteinte est de 3.10 m pour le sol beige et 2.80 m pour le sol rouge. L'installation en sol sec s'est avérée plus difficile sur le sol rouge ce qui explique l'enfoncement plus faible. La hauteur aérienne est de 30 cm dans les deux cas.

Au moment de l'implantation des tubes, des prélèvements de sol, par tranche de 10 cm depuis la surface du sol jusqu'à la base du tube, ont été collectés à la tarière pour déterminer l'humidité pondérale en vue de l'étalonnage de la sonde neutronique. Une série de comptage neutronique a été réalisée juste après (tous les 10 cm avec une première cote à 5 cm). La même opération a été renouvelée 5 fois (10-11/7, 7/8, 7/9, 5/10 et 22/11), en effectuant le prélèvement de sol à 70 cm du tube et en rebouchant ensuite le trou.

Le 10/7, des mesures gamma-densimétriques ont également été faites tous les 10 cm pour la détermination des profils de densité apparente. Cette information est nécessaire pour l'étalonnage neutronique. Deux comptages sont enregistrés à chaque niveau.

A partir du 11/7, les profils neutroniques sont relevés tous les jours aux environs de 9h du matin. En cas de pluie, les mesures sont faites juste après leur arrêt. Ces relevés quotidiens se sont terminés le 26/10. La fréquence journalière a été choisie d'une part pour éviter une décharge de la sonde, d'autre part pour mieux suivre la phase d'infiltration. Après la saison des pluies, le ressuyage des sols est suivi mensuellement tout au long de la saison sèche. Une nouvelle campagne a été réalisée en 1991.

- Une campagne de simulation de pluie a été entreprise sur les sols de plateau et une autre sur les sols de bas-fonds, en mars-avril 1991. Neuf parcelles ont été testées. Le tableau 1 donne une description sommaire de ces parcelles.

#### *Protocole de mesure sur les sols de plateau*

- Mesures du ruissellement: sur chaque parcelle, le protocole de mesures classique a été adopté. Il s'agit d'une succession de 5 averses séparées par des temps de ressuyage variant de 12 à 72 heures. Les averses sont à intensité variable et reproduisent un hyétoGRAMME de récurrence annuelle ou décennale dans la zone considérée.
- Mesures de l'humidité du sol: des profils de mesures neutroniques ont été réalisés avant et après chaque pluie. Après la dernière pluie (e), le ressuyage a été suivi, d'abord régulièrement pendant la première journée (10 relevés), ensuite à raison d'un relevé journalier (le matin vers 8h). Nous avons adopté, pour la sonde à neutrons, l'étalonnage gravimétrique réalisé, en 1990, sur chacun des sites (MONTOROI, 1991)
- Mesures infiltrométriques: un dispositif à double anneau (type MUNTZ) a été utilisé à proximité des parcelles 3 et 6.
- Mesures tensiométriques: sur les parcelles 3 et 6, une batterie de 10 tensiomètres a été installée. Les cannes tensiométriques sont enfoncées à 15, 25, 35, 45, 55, 75, 95, 115, 135 et 175 cm. Elles ont été mises en place sur le sol rouge après la pluie a (le 15/3) et sur le sol beige après la pluie c (le 27/3). Les relevés sont calés sur les mesures neutroniques.

Tableau 1: Parcelles de simulation de pluies

| Parcelle | Sols               | occupation                          | Etats de surface   |
|----------|--------------------|-------------------------------------|--|
| 1        | Plateau, sol rouge | culture sur billons                 | - Sable grossier et fin délié<br>- Quelques mottes centimétriques (5%)<br>- Microrelief fort 15 cm mais non obstruant<br>- Végétation morte 2% sur les billons, 70% dans l'interbillon (C1)*   |
| 2        | Plateau sol rouge  | ancienne jachère                    | - Pellicule indurée sous recouvrement sableux<br>- Sables blanchis sous la pellicule<br>- Végétation sèche en place : couverture 30%, hauteur 10 cm, matière organique en surface, litière 100%, un rejet de Combretum vivant<br>- Termites : activité importante (DES)* |
| 3        | Plateau sol rouge  | ancienne jachère                    | - Pellicule indurée sous recouvrement sableux<br>- Sables blanchis sous la pellicule<br>- Végétation sèche en place : couverture 30% hauteur 10 cm, matière organique en surface, litière 60%,<br>- Termites : activité importante (DES)*                                |
| 4        | Plateau sol beige  | verger dans palmeraie               | - Placage de sable fin blanc épais<br>- Végétation 30%, litière 10%<br>- Activité mésofaunique forte   |
| 5        | Plateau sol beige  | culture sur billons                 | - Pellicule de ruissellement sur billon, sable blanc et fin dans l'interbillon, sur pellicules de culture fragiles<br>- Microrelief important et partiellement obstruant<br>- Activité mésofaunique moyenne (C1)*  |
| 6        | Plateau sol beige  | ancienne jachère                    | - Placage de sable fin sur surface de ruissellement<br>- Végétation 50% litière 10%<br>- Activité mésofaunique moyenne   |
| 7        | Bas-fond           | casier rizicole culture à plat      | - Mottes argileuses fondues et incluses dans pellicule<br>- Pieds de riz secs (10%)<br>- Fentes de retrait   |
| 8        | Bas-fond           | tanne vif non cultivé               | - Couche poudreuse, formant une moquette salée<br>- Fentes de retrait sous la moquette   |
| 9        | Bas-fond           | casier rizicole culture sur billons | - Billons 40 cm, relief totalement obstruant dans la parcelle, Fentes de retrait<br>- pas de mesures de ruissellement  |

(\*) CASENAVE et VALENTIN, 1989.

*Protocole de mesures sur le sol de bas-fond*

La simulation de pluies a été utilisée sur un sol salé pour la première fois. Le protocole de mesures est sensiblement modifié car l'objectif consiste à provoquer un dessalement du matériau par lessivage.

Une série de 3 pluies de 60 mm, simulées chacune pendant 1 heure, a été réalisée en laissant 24 h de ressuyage entre chaque épisode. Sur la parcelle 9, l'intensité a été doublée, ce qui correspond à un apport de 120 mm d'eau.

Plusieurs mesures et prélèvements de sol ont été effectuées:

- \* Mesures de ruissellement par limnigraphie sur les parcelles 7 et 8.
- \* Mesures de la salinité des eaux ruissellées à l'aide d'un conductivimètre portatif .
- \* Prélèvements d'échantillons à la tarière sur une verticale (0 à 150 cm), située dans la zone humidifiée mais à l'extérieur de la parcelle. Les sondages sont faits avant chaque pluie et en fin de série. Ces échantillons sont destinés au laboratoire pour la détermination du pH et de la conductivité électrique sur extrait aqueux (rapport 1/5). Leur teneur en eau est mesurée par pesée avant et après passage à l'étuve à 105 °C. Sur la parcelle 9, les prélèvements sont pris dans le billon et l'interbillon.
- \* La parcelle 9 a fait l'objet d'une expérimentation supplémentaire. Un échantillonnage systématique, suivant un maillage serré (10 cm x 10 cm), a été entrepris sur un transect perpendiculaire aux lignes de billons, en conditions sèche et humide. Le but est d'évaluer l'effet de la série de pluies sur la répartition du sel dans un billon. Deux transects ont été choisis, l'un dans la zone arrosée, l'autre en dehors. La séquence interbillon-billon-interbillon fait 1.10 m de longueur et l'échantillonnage vertical concerne les 50 premiers centimètres à partir du sommet du billon. Au total 47 échantillons ont été recueillis dans chaque situation (sur 11 verticales et 5 horizontales). Des mesures de pH et de conductivité électrique sur extrait 1/5 ont été réalisées au laboratoire de l'ORSTOM à Dakar.

- Une station de 6 cannes de prélèvement de la solution du sol "in situ", disposées à 15, 25, 35, 45, 55 et 65 cm, a été installée en juillet 1990. Les prélèvements hebdomadaires sont destinés à suivre l'évolution physico-chimique d'un sol de bas-fond sous pluie naturelle. L'évolution de la salinité peut être comparée à celle obtenue sur une station similaire, située sur un sol cultivé en billons.

### 1.2.3 Suivi annuel du dessalement

Le couplage d'un appareil de mesure globale de la salinité avec une technique d'interpolation géostatistique des données acquises permet l'élaboration de cartes de la salure à l'échelle de la vallée.

L'appareil utilisé est un conductivimètre électromagnétique (CEM, type GEONICS EM38). Les mesures sont effectuées en mars, époque où les conditions d'humidité du sol peuvent être considérées comme étant constantes.

La zone cartographiée est comprise entre la digue du barrage et la piste traversant la vallée dans sa partie intermédiaire, soit environ 90 hectares. En 1986, les relevés sont réalisés le long de transects perpendiculaires à l'axe de la vallée (114 points de mesure espacés de 40 m), tandis que les années suivantes ils ont été faits aux noeuds d'un réseau de maille carrée de 100 m de côté (environ 100 mesures). L'ensemble de la vallée a été levée en 1990 et 1991.

### 1.3 Moyens mis en oeuvre

Le volet morpho-pédologique a été coordonné par J.P. MONTOROI, pédologue au centre ORSTOM de DAKAR. La cartographie détaillée du bas-fond a été réalisée par D. BRUNET pédologue au centre ORSTOM de DAKAR, celle de l'ensemble du bassin versant par J.P. MONTOROI. Les levés topographiques ont été réalisés par une équipe de l'ORSTOM de DAKAR. Les campagnes de caractérisation hydrodynamique des sols ont été réalisées par J. ALBERGEL et A. BERNARD hydrologues au centre ORSTOM de DAKAR et par J. P. MONTOROI.

Il est possible d'affecter à ce volet morpho-pédologique la construction des parcelles de ruissellement, l'achat de tensiomètres et d'une sonde gamma-densimétrique, le fonctionnement des équipes de nivellement et de levés pédologiques, le fonctionnement de la campagne de simulation de pluie et d'infiltration MUNTZ et les frais d'analyses. On arrive à un total arrondi de 20.000 ECUS dont 50% ont été financé par le contrat CEE DG 12 et 50% par des fonds provenant de l'UR 2 DEC du département Eaux Continentales de l'ORSTOM. Ce bilan financier est donné à titre indicatif et ne comprend aucune dépense salariale.

## 2. DESCRIPTION MORPHO-PEDOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT

### 2.1 Géomorphologie

#### • *Les formations géologiques*

Celles du bassin versant et plus généralement de la basse Casamance appartiennent à la partie méridionale du bassin sédimentaire sénégal-mauritanien. La partie supérieure est constituée par des niveaux détritiques sub-horizontaux, grés-argileux, désignés par le terme générique de "Continental terminal". Son principal faciès est un grès hétérométrique, argileux, bariolé (MICHEL, 1973). Il s'agit de formations tertiaires dont l'origine serait l'altération de sédiments marins sablo-argileux glauconieux mis en place à une période allant du crétacé au miocène (CHAUVEL, 1977). Ces formations gréseuses sont caractérisées dans la partie supérieure par un grès argileux blanc présentant des volumes rougeâtre (taches, veines ou auréoles contenant des oxydes de fer). Des niveaux indurés ferrugineux d'épaisseur supérieure au mètre, se sont formés, parfois à plusieurs niveaux.

Nés d'une altération ferrallitique, ces matériaux contiennent un petit nombre de minéraux stables associés à de faibles quantités de minéraux lourds. Des grains de quartz émoussés, de taille variable, mais surtout petits, sont cimentés par une argile kaolinique. Les sesquioxydes de fer sont associés soit à l'argile, soit aux éléments quartzeux sous forme d'incrustations. Ces constituants relativement résistants ont été réorganisés par des processus de différenciation pédologiques.

Ces grès constitue le matériau originel à partir duquel se sont formés les sols. Au cours du Quaternaire récent, une pédogénèse ferrallitique en période humide s'est développée donnant naissance à une couverture pédologique profonde (plusieurs mètres).

Durant la même période, les variations du niveau marin et les modifications climatiques ont façonné le paysage actuel de la basse Casamance. Le creusement des vallées, l'édification de cordons littoraux et le comblement de l'estuaire par des dépôts marins, au cours de transgressions successives, sont les événements majeurs (KALCK, 1978). Sont 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").

#### • *le modelé*

La partie haute du bassin versant est constituée par des interfluves larges de 2 km et longs de 2 à 3 km. Ces surfaces relativement plates, dont l'altitude ne dépasse pas 25 m, marquent suffisamment le paysage pour que l'on puisse parler de plateau. A l'échelle de la Casamance, ces plateaux s'inclinent d'est en ouest.

Une vallée ramifiée entaille le bassin versant suivant une orientation Nord-ouest Sud-est. Cinq axes d'écoulement principaux, dont un situé dans la partie aval (vallée dite "Le Brusq"), collectent les eaux de ruissellement. Celles-ci se concentrent au niveau du bas-fond, d'altitude inférieure à 1 m, et sont évacuées directement dans la vallée principale du fleuve Casamance. La limite aval du bassin versant est constituée par le barrage anti-sel de DJILAKOUN.

Les versants de la vallée sont de forme convexe, la pente ne dépassant pas 3 % et est plus prononcée dans la moitié aval. On n'observe pas d'affleurements de niveaux indurés comme c'est parfois le cas dans d'autres vallées casamançaises.

Le bas-fond quasiment plat, est constitué de deux zones: l'une, anciennement sous l'influence océane directe, est caractérisée par des dépôts argileux et organiques; l'autre échappe à cette influence et présente des matériaux colluvionnés de texture variée (argilo-sableux) contenant parfois d'anciens niveaux organiques.

#### • *la morphogénèse*

D'après MICHEL, 1973, le relief de plateau s'est formé par l'entaille des dépôts supérieurs du Continental terminal par les cours d'eau. Ceux-ci ont cheminé selon des accidents tectoniques activés par un mouvement de subsidence généralisé, intéressant plus particulièrement la partie littorale de la

Casamance. Les vallées se sont creusées par étapes successives au cours des périodes sèches qui favorisent l'érosion mécanique.

Les niveaux indurés du Continental terminal interviennent également dans le façonnement du relief. L'existence d'un seul niveau dans la partie occidentale de la Casamance peut s'expliquer soit par une érosion des niveaux supérieurs, soit par soutirage et effondrement sur place des niveaux inférieurs (MICHEL, 1973). On verra par la suite que ce soutirage d'éléments minéraux est non négligeable.

Il existe une différenciation latérale des dépôts à la périphérie des plateaux. Elle est liée à l'existence de niveaux indurés pouvant modifier l'écoulement vertical des eaux météoriques. Les organisations ainsi exprimées peuvent être transmises au sol par héritage (CHAUVEL, 1977).

## 2.2 Organisation des sols dans le paysage

### 2.2.1. Modèle d'organisation sur le versant

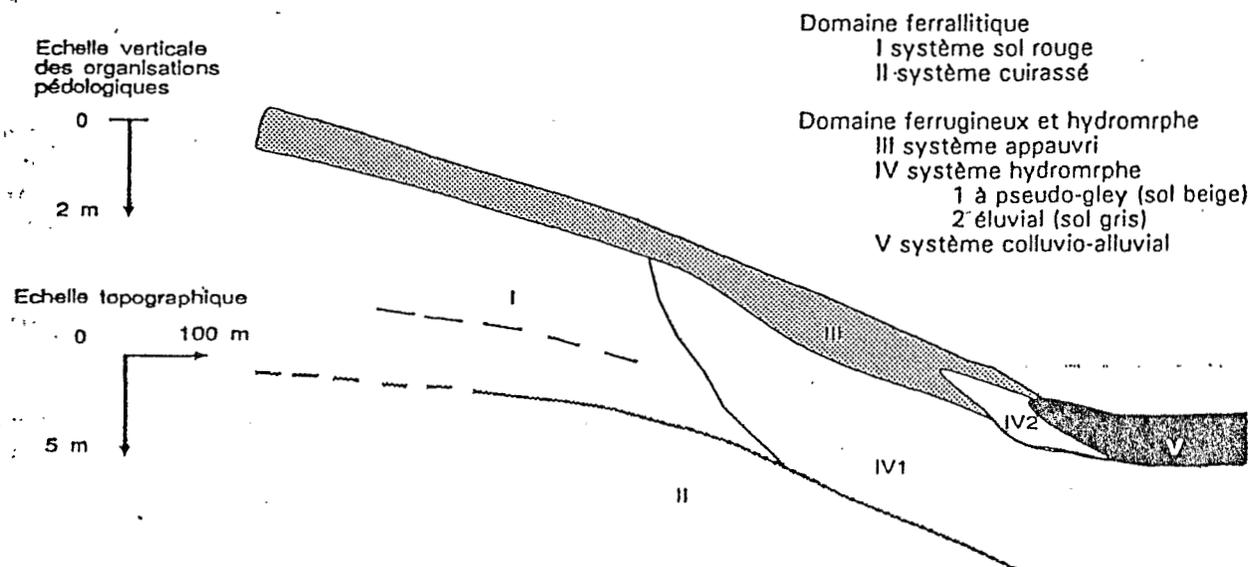
Les sols s'organisent dans le paysage de la manière suivante (fig. 2):

au sommet des plateaux, on trouve le domaine des sols ferrallitiques partiellement désaturés sur matériau argilo-sableux du Continental terminal. Ces sols sont profonds (plusieurs mètres) et se caractérisent par leur couleur rouge plus ou moins prononcée et par leur structure pseudo-particulaire. L'horizon supérieur est appauvri en argile et faiblement organique.

la bordure de plateau et le versant de la vallée sont occupés par les sols ferrugineux tropicaux qui constituent un terme d'évolution des sols rouges. Leur couleur ocre ou beige est due au processus de déferrallitisation des sols rouges qui s'opère par suite de la modification de l'organisation des constituants. Les liaisons entre les particules (argile, oxy-hydroxydes de fer, matière organique) sont rompues au cours de la dessiccation extrême de la surface du sol provoquant l'appauvrissement du profil en éléments. Le régime hydrique du sol se modifie favorisant les mécanismes de transformation des sols rouges en sols beiges. L'intervention humaine est un facteur supplémentaire qui accélère le processus de déferrallitisation surtout lorsque les conditions climatiques deviennent de plus en plus contrastées.

le bas de versant est constitué par des sols hydromorphes présentant un faciès sableux généralisé. Ils sont appelés sol gris et forment le terme ultime de la transformation précédente. Ils se prolongent dans le bas-fond par les sols sableux hydromorphes de terrasse et par les dépôts argileux et organiques du domaine des sols sulfatés acides.

Figure 2 Organisation des sols suivant la topographie



La figure 3 donne la carte des sols du bassin versant de DJIGUINOUM. La description en détail des profils étudiés ainsi que les caractéristiques physiques des sols sont données par MONTOROI (1991) dans le rapport "Etude Morpho-pédologique du bassin versant de DJIGUINOUM".

### 2.2.2. Les sols du bas-fond proprement dit

La vallée est représentative des petites vallées rencontrées dans la région (MARIUS, 1985). La superficie cartographiée (153 hectares) correspond à la zone des terres inondables durant la saison des pluies (BRUNET, 1988). Tous les sols de ce bas-fond présentent une période d'engorgement plus ou moins longue alternant au cours de l'année avec une période d'aération: l'hydromorphie constitue le trait dominant de ces sols.

Ils sont argileux en surface et repose à une profondeur variable sur un matériau sableux dans la partie haute et moyenne de la vallée ou argilo-sableux dans la partie basse. L'existence d'un horizon organique enfoui dans certains sols constitue des reliques de mangrove et atteste du comblement de la vallée par des matériaux colluvionnés en provenance des plateaux.

La présence de sels solubles et de soufre permet de différencier deux grands ensembles de sols: les sols hydromorphes "sensu stricto" et les sols sulfatés acides (fig; 4).

- les sols hydromorphes "sensu stricto" (104 hectares)

Ces sols sont situés dans la partie supérieure de la vallée et dans la zone de raccordement du plateau au bas-fond. Ils sont pour la plupart occupés par les rizières. Ils peuvent présenter des signes de contamination par le sel, notamment dans les horizons inférieurs. Ils sont en général peu salés, sauf lorsqu'ils sont proches du lit du marigot. Certaines zones présentent en surface des efflorescences blanches de sulfates d'aluminium (tamarugite, alunite), mais dans l'ensemble l'aluminium échangeable est très peu présent. Le pH est généralement acide avec des valeurs situées entre 4 et 6.5.

- les sols sulfatés acides (36 hectares)

Ils sont caractérisés par une teneur en soufre total importante et par la présence ou non d'un sulfate de fer: la jarosite. Ce minéral constitue un indicateur du degré d'évolution chimique des sols sulfatés acides. Cette évolution est liée aux conditions oxydantes favorisées par une exondation artificielle des sols. Leur maturation physique, marquée par une structuration du matériau de surface, en est également une conséquence. L'acidification est généralisée: le pH est inférieur à 4.5 et diminue avec la profondeur, les valeurs pouvant atteindre 2.5. L'aluminium échangeable est partout présent avec des teneurs élevées en profondeur (> 10 méq/100 g). Ces sols sont tous salés, les valeurs de salinité augmentant vers la profondeur et pouvant devenir très élevées (> 10 mS/cm). Ils se répartissent principalement dans la partie centrale de la vallée, le long du marigot. Ils peuvent être nus ("tanne vif") ou bien occupés par une végétation acidophile ("tanne herbeux"). Celle-ci est composée de cypéracées, en particulier *Heleocharis mutata*.

Un type de sol particulier est mentionné en bordure de vallée et au niveau de petits îlots. Il s'agit des sols de terrasse limono-sableux en surface et sableux en profondeur (13 hectares). Ils ne sont pas salés et présentent un pH compris entre 4 et 5 avec des teneurs en aluminium échangeable inférieures à 1 méq/100g.

L'évaluation des surfaces dégradées a été faite en prenant 3 paramètres comme indicateurs du niveau de la contrainte chimique des sols. Il s'agit du pH et de la conductivité électrique (mesurés sur extrait aqueux 1/5) ainsi que de l'aluminium échangeable. Sur 58 sondages, des échantillons de sol ont été prélevés aux profondeurs 0-10, 20-30 et 50-60 cm et analysés au laboratoire. Ces horizons intéressent directement le développement racinaire du riz.

Pour chaque horizon et pour chaque paramètre, une carte de la vallée a été dressée et constitue l'état de la situation en mars 1988 (BRUNET, 1989).

Pour chacune de ces cartes, les valeurs obtenues ont été réparties en plusieurs classes. Les surfaces occupées par chacune de ces classes, évaluées soit en hectares, soit en pourcentage de la superficie totale de la vallée (153 ha), sont rassemblées dans les tableaux 2, 3 et 4.

### CARTE MORPHO-PÉDOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUM

Références: photographies aériennes au 1/30.000  
(mission IGN/SONED, 1984) et carte des sols  
du bas-fond au 1/10.000 (BRUNET, 1988)

Sols ferrallitiques de plateau:

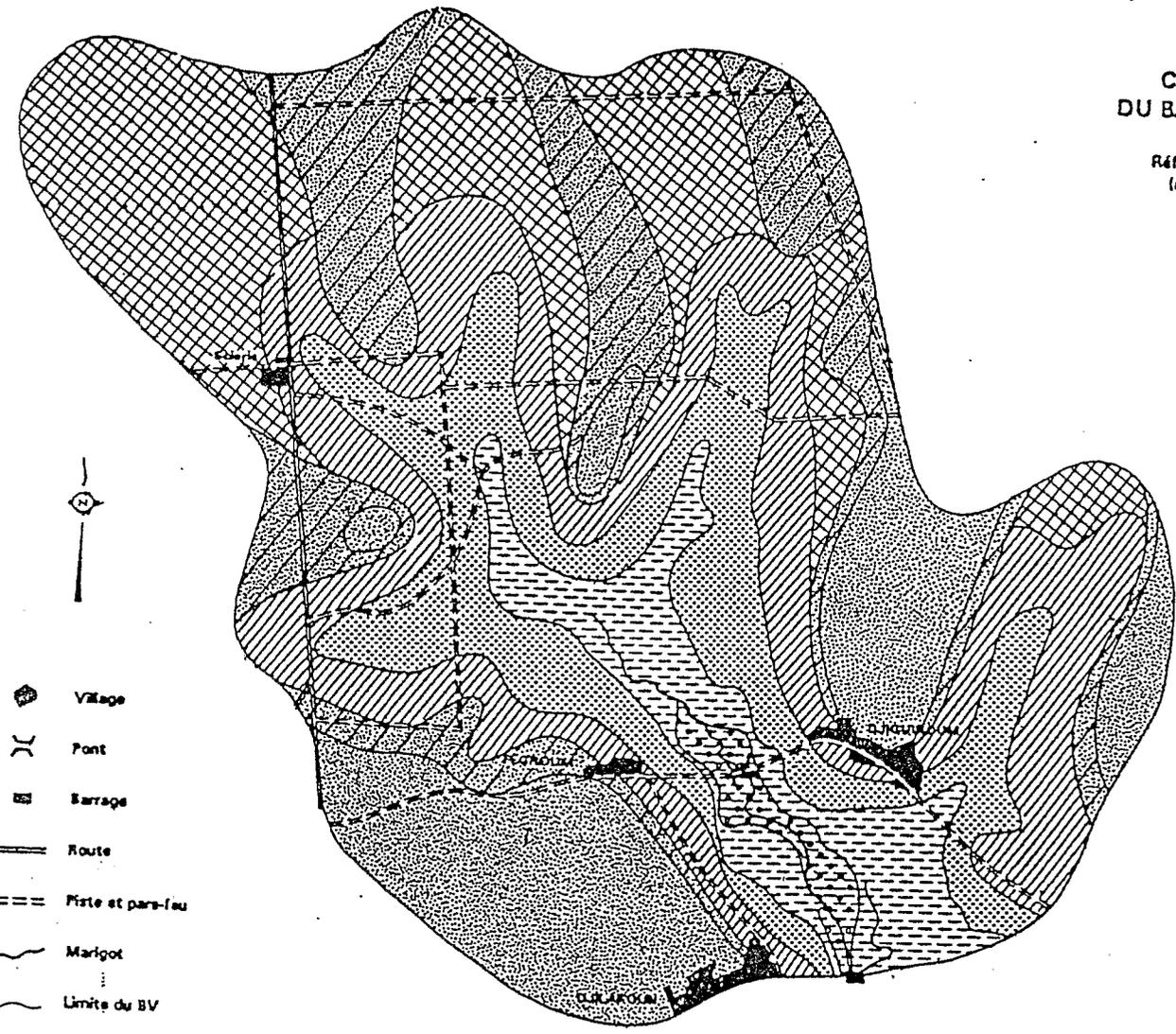
-  sols rouges
-  sols orangés

Sols ferrugineux de versant  
à taches et concrétions:

-  sols beiges
-  sols ocres

Sols hydromorphes  
de bas de versant:

-  sols gris sableux
-  sols à colluvions argileux  
avec et sans sature
-  sols sulfurés acides  
avec et sans jarosite



-  Village
-  Pont
-  Barrage
-  Route
-  Piste et para-feu
-  Marigot
-  Limite du BV

300 0 300 600 300 m

Figure 3

Figure 4 Carte des sols du bas-fond

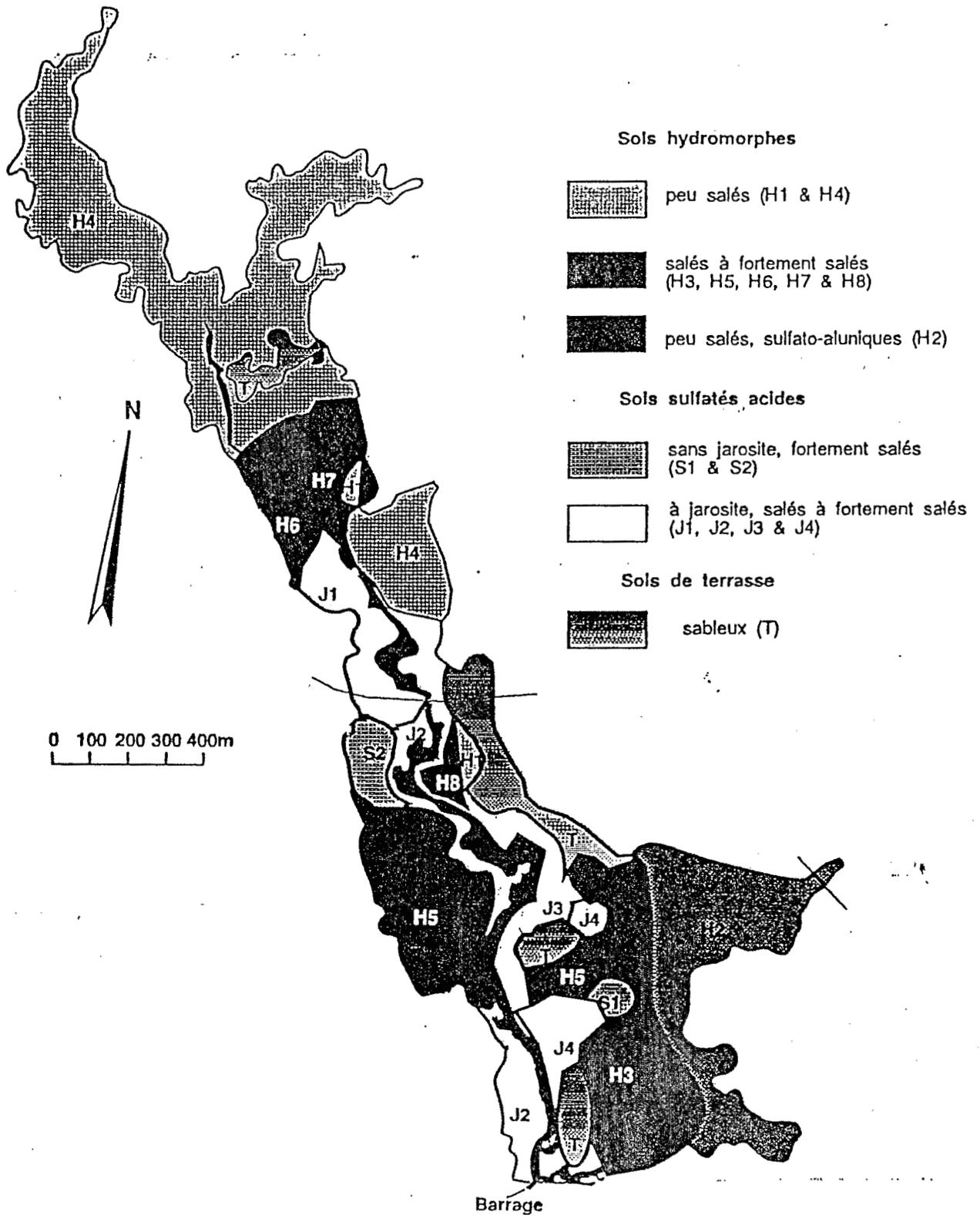


Tableau 2:

| Prof.<br>(en cm) | Classe de pH sur extrait 1/5 |               |               |               |                 |
|------------------|------------------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
|                  | 3.5                          | 4.5           | 5.5           | 6.5           |                 |
| 0-10             | 13ha<br>(8.5%)               | 81ha<br>(53%) | 51ha<br>(33%) | 4.5ha<br>(3%) | 3.5ha<br>(2.5%) |
| 20-30            | 14.5<br>(9.5)                | 68<br>(44.5)  | 47.5<br>(31)  | 15<br>(10)    | 8<br>(5)        |
| 50-60            | 29<br>(19)                   | 78<br>(51)    | 22.5<br>(15)  | 17<br>(11)    | 6.5<br>(4)      |

Tableau 3:

| Prof.<br>(en cm) | Aluminium échangeable<br>(en méq./100 g de sol) |              |                |              |            |
|------------------|---|--------------|----------------|--------------|------------|
|                  | 0.7   | 2            | 4              | 7            |            |
| 0-10             | 41.5<br>(27)                                    | 38<br>(25)   | 35<br>(23)     | 34<br>(22)   | 4.5<br>(3) |
| 20-30            | 58.5<br>(38)                                    | 32.5<br>(21) | 20.5<br>(13.5) | 36.5<br>(24) | 5<br>(3.5) |
| 50-60            | 59<br>(38.5)                                    | 36<br>(23.5) | 31<br>(20.5)   | 23<br>(15)   | 4<br>(2.5) |

Tableau 4:

| Prof.<br>(en cm) | Conductivité électrique sur extrait 1/5<br>(en mS/cm) |              |              |              |              |
|------------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                  | 0.5   | 2            | 5            | 10           |              |
| 0-10             | 30.5<br>(20)  | 41<br>(27)   | 36<br>(23.5) | 40<br>(26)   | 5.5<br>(3.5) |
| 20-30            | 49<br>(32)  | 40<br>(26)   | 51.5<br>(34) | 12.5<br>(8)  | 0<br>(0)     |
| 50-60            | 58.5<br>(38)  | 25<br>(16.5) | 30.5<br>(20) | 36.5<br>(24) | 2.5<br>(1.5) |

Une estimation des surfaces occupées par ces différents types de sols est donnée dans le tableau suivant (tableau 5):

Tableau 5: Répartition des sols dans le bassin

|  |         |                       |
|--|---------|-----------------------|
| Sols rouges  | 33.62 % | 8.65 km <sup>2</sup>  |
| Sols beiges  | 41.38 % | 10.65 km <sup>2</sup> |
| Sols gris hydromorphes                             | 19.19 % | 4.94 km <sup>2</sup>  |
| Sols de bas-fond (hydromorphes et sulfatés acides) | 5.81 %  | 1.50 km <sup>2</sup>  |
| Surface totale                                     | 100 %   | 25.74 km <sup>2</sup> |

### 2.3 Occupation des sols

La moitié septentrionale du bassin versant appartient à la forêt classée de TOBOR. Selon AUBREVILLE (1948), il s'agit d'une forêt sèche bien que la plupart des espèces soient sempervirentes. Sa dégradation progressive transforme cette forêt en une savane plus ou moins boisée.

La détermination des différentes formations végétales rencontrées sur le bassin versant s'appuiera:

- sur des observations directes faites au cours de la prospection pédologique,
- sur les travaux en cours, réalisés par le Projet de Protection des Forêts Sud de Ziguinchor, sur l'ensemble des forêts allant de TOBOR à BIGNONA: un document cartographique au 1/10.000 a été édité en 1991.

Sur le bassin versant de DJIGUINOUM, nous distinguons deux milieux bien distincts:

#### 2.3.1 le milieu forestier (1768 ha):

La carte dressée par le PPFS (1991) recense les différents peuplements forestiers, déterminés sur le terrain à partir de stations d'observations disposées le long de transects régulièrement espacés. Elle constitue un inventaire détaillé de ces peuplements et de leur dégradation (MONTOROI, 1991).

Le regroupement de certaines classes de peuplement permet d'obtenir les formations végétales suivantes:

- forêt sèche dense,
- forêt sèche claire,
- forêt sèche jeune.

Ces formations occupent exclusivement le plateau et le versant de la vallée. La forêt sèche jeune est assimilable à une savane arbustive.

Lorsque la nappe est plus proche de la surface du sol, une végétation plus humide de type guinéen se développe. On distingue deux formations ripicoles: la palmeraie dominante et la forêt dite galerie.

Il existe sur le bassin versant quelques parcelles de reboisement gérée par le service des Eaux et Forêts. On rencontre: *Eucalyptus camaldulensis*, *Terminalia macroptera*, *Gmelina arborea*, *Tectona grandis* et *Ceiba pentandra*.

L'extension spatiale de ces différentes formations végétales est donnée sur le document cartographique ci-après (fig. 5)

Les aires occupées par ces différentes formations végétales ont été obtenues en planimétrant la carte du PPFS (1991). Les données sont rassemblées dans le tableau 6. Le taux d'occupation par rapport à la surface du bassin versant (2670 ha) est également indiqué.

Tableau 6 :

|                          | Superficie (ha)    | Taux (%) |
|--------------------------|--------------------|----------|
| Forêt sèche dense        | 497.7              | 19.3     |
| Forêt sèche claire       | 462.6              | 18.0     |
| Forêt sèche jeune        | 477.7              | 18.6     |
| Palmeraie                | 32.4               |          |
| Palmeraie + riz          | 27.0 total = 59.4  | 2.3      |
| Forêt galerie            | 34.2               |          |
| Forêt galerie + palmiers | 30.6               |          |
| Forêt galerie + cultures | 72.0 total = 136.8 | 5.3      |
| Plantations              | 118.8              | 4.6      |
| Forêt + cultures         | 14.4               | 0.6      |
| Total                    | 1767.6             | 68.7     |

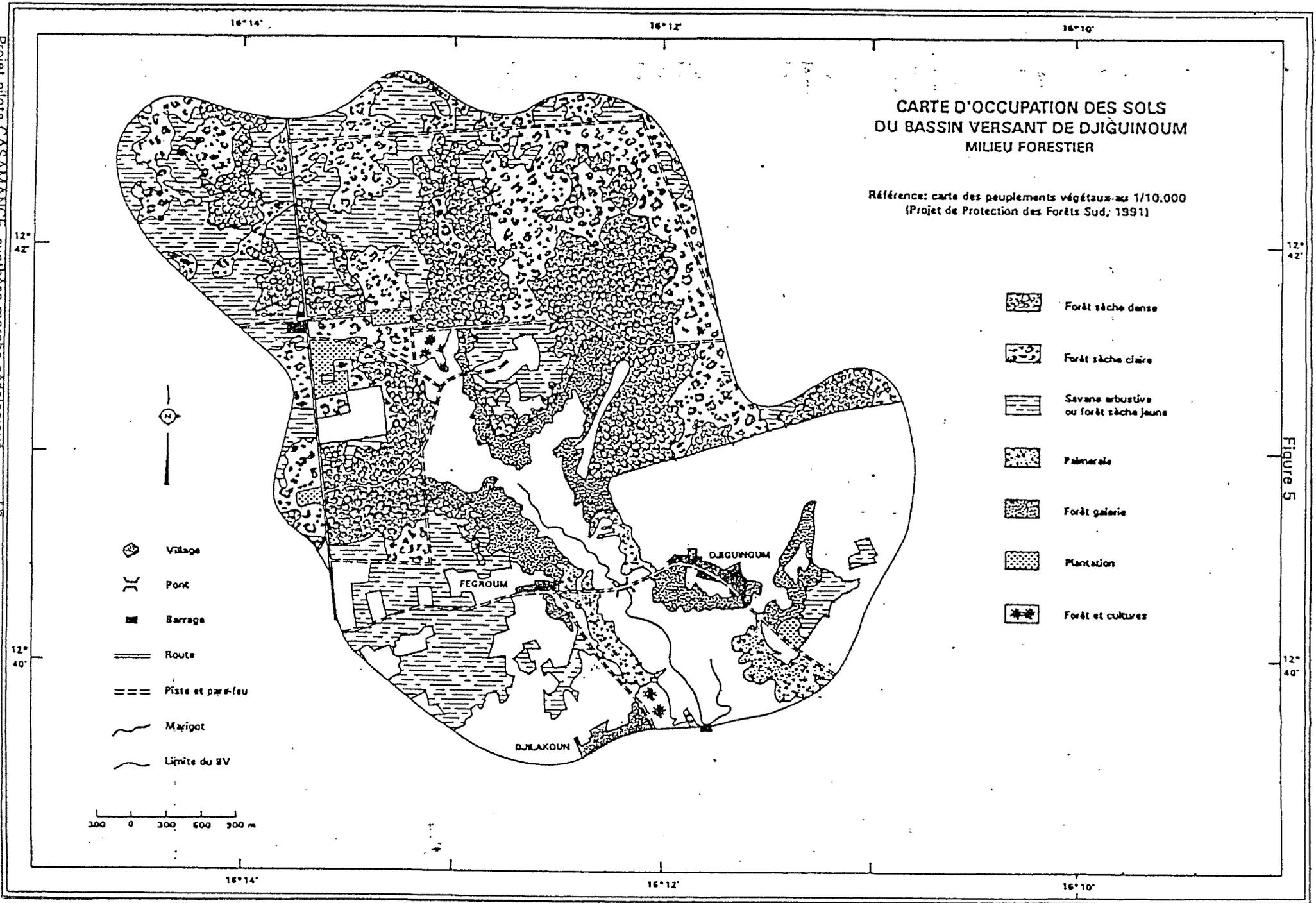


Figure 5

12° 42'

12° 40'

### 2.3.2 le milieu agricole (780 ha):

Le défrichement de la forêt au profit des cultures s'est fait en conservant un certain nombre d'espèces arborées de grande dimension, protégées par les villages. Elles présentent un appoint alimentaire (fruits) et une valeur culturelle. Les essences à fruits comestibles les plus communes sont: *Parkia biglobosa*, *Elaeis guinensis*, *Borassus aethiopicum*, *Adansonia digitata*, *Parinari excelsa*. Les autres essences rencontrées sont: *Ficus glumosa*, *Khaya senegalensis*, *Ceiba pentandra*, *Faidherbia albida*. Près des villages, on trouvera principalement des manguiers (*Mangifera indica*) et des agrumes (orangers, citronniers et mandariniers). D'après le PPFS (1991), ces arbres peuvent représenter sur les terroirs environ 14 m<sup>3</sup>/ha, ce qui constitue la moitié du cubage des forêts. Cependant, les possibilités de régénération sont quasiment nulles lorsque ces zones sont cultivées en permanence. On pourra parler d'un paysage de savane arborée anthropique.

Les champs des plateaux sont cultivés en arachide ou en mil, parfois les deux en association. Le sorgho est également rencontré près des villages. Les terres sont labourées soit manuellement à l'aide d'outils tels que le kajendo ou le donkotong, soit grâce à une charrue tractée par des animaux. Les labours sont malheureusement souvent dirigés dans le sens de la pente, ce qui favorise l'écoulement des eaux de surface et l'entraînement d'éléments solides vers les vallées.

Le bas-fond proprement dit et les bas de versant sont le domaine du riz soit inondé, soit pluvial. Cette pratique se fait souvent en association avec des formations végétales telles que la mangrove ou la palmeraie. La maîtrise de l'eau est essentielle, à fortiori lorsque la ressource devient moins abondante. La sécheresse actuelle pénalise cette spéculation qui doit faire face à la stérilisation des terres par dégradation chimique.

Les jachères permettent la repousse des espèces arborées cités précédemment: Au cours de l'assolement, la mise en jachère n'est pas suffisamment longue pour que cette régénération soit possible. Une jachère jeune est immédiatement envahie par des touffes d'*Icacina senegalensis* et des fourrés de *Guiera senegalensis*. Ensuite, lorsque la jachère vieillit, la strate arbustive devient souvent très dense. En plus des espèces pré-citées, on trouve surtout *Cassia sieberiana*, *Combretum micranthum*, *Combretum paniculatum*, *Combretum nigricans*. Le tapis herbacé est dominé par les poacées (*Pennisetum ssp.*, *Andropogon gayanus*) et quelques espèces non graminéennes (*Hyptis suaveolens*, *Sesbania pachycarpa*).

La répartition spatiale de ces diverses spéculations agricoles est visualisée sur la carte ci-après (fig. 6). Les surfaces cultivées sont indiquées dans le tableau 7.

Tableau 7:

|                     | Superficie (ha)    | Taux (%) |
|---------------------|--------------------|----------|
| Arachide-mil-sorgho | 298.8              | 11.6     |
| Jachère             | 252.0              | 9.8      |
| Riz                 | 144.9              |          |
| Riz sous palmeraie  | 26.1 total = 171.0 | 6.7      |
| Maraîchage          | 10.8               | 0.4      |
| Friches             | 46.8               | 1.8      |
| Total               | 779.4              | 30.3     |

Les habitations villageoises occupent une superficie de 24.3 ha (1 % du bassin versant). Elles sont regroupées aux lieux-dits de DJIGUINOUM, de DJIGUINOUM-FEGROUM et de DJILAKOUN. On note une scierie en activité (2.7 ha) le long de la route ZIGUINCHOR-BIGNONA. Ces villages sont étendus, chaque case étant entourée par une "tapade", espace généralement cultivé. La production maraîchère et fruitière, servant surtout à l'auto-consommation, est appréciable. Deux périmètres mieux structurés et régis par la communauté villageoise existent à DJIGUINOUM même et près du village, en direction de KOUBALAN.

### CARTE D'OCCUPATION DES SOLS DU BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUM MILIEU AGRICOLE

Référence: carte des peuplements végétaux au 1/10.000  
(Projet de Protection des Forêts Sud, 1991)

-  Arachide - mil - sorgho
-  Jachère
-  Riz
-  Riz et palmoraie
-  Maraichage
-  Friche

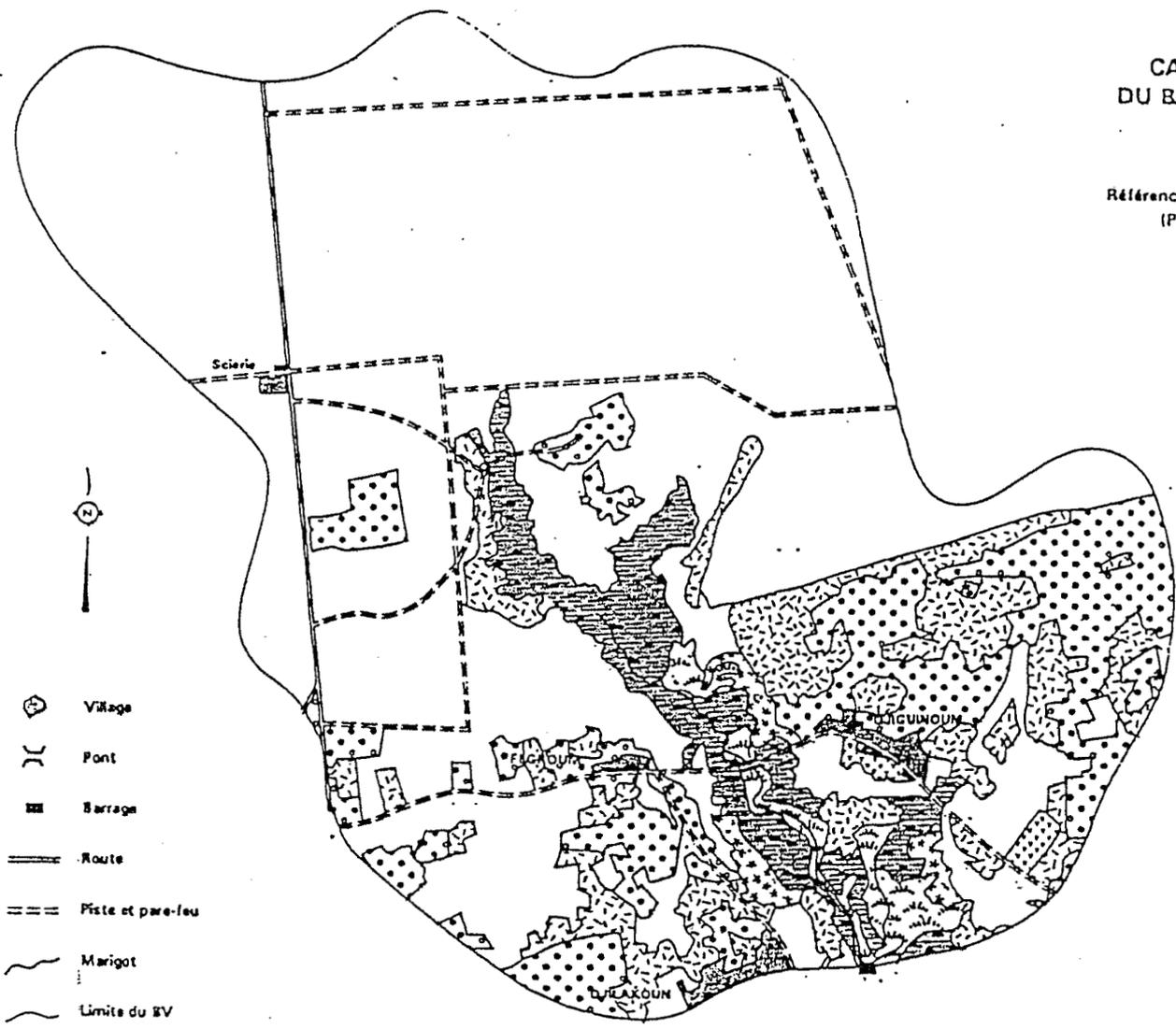


Figure 6

Environ 98.1 ha sont occupés par les pistes pare-feu et la route Bignona-Ziguinchor. Ces pare-feux sont constitués d'*Anarcadium occidentale* (pommier cajou). Leur production fruitière n'est pas négligeable pour les populations, bien que la cueillette soit réglementée par les gardes forestiers. On pourra éventuellement inclure cette surface dans la rubrique plantation du domaine forestier.

### 3 CARACTERISATION HYDRODYNAMIQUES DES SOLS

#### 3.1 Propriétés physico-chimiques des sols

##### 3.1.1 Aptitude à l'infiltration

###### *Essais MUNTZ*

La vitesse stabilisée d'infiltration est de l'ordre de 100 mm/h sur sol rouge. Les deux essais effectués sur sol beige indiquent des vitesses notablement supérieures. Elles sont de l'ordre de 350 et 600 mm/h. Une des courbes marque une inflexion en fin d'essai, la vitesse se stabilisant à 150 mm/h. Cette énorme différence avec le sol rouge, pourtant considéré comme plus filtrant naturellement, peut s'expliquer d'une part par le mode d'apport (lame de submersion) et par la porosité du sol. La lame totale infiltrée a réhumecté environ le premier mètre de sol. Le profil de porosité (voir plus loin la figure 9), sur sol beige, montre que celle-ci augmente régulièrement jusqu'à 80 cm puis décroît. L'infiltration est ainsi favorisée dans la partie supérieure du sol, car l'apport permet le remplissage quasi-total de cette porosité. C'est loin d'être le cas sous pluie naturelle ou simulée. Sous sol rouge, la porosité disponible est plus faible en surface et reste uniforme sur l'ensemble du profil.

Pour le sol de bas-fond (sol sulfaté acide argileux en surface), les deux essais réalisés donnent des résultats similaires, soit une vitesse d'infiltration de 30 mm/h. Cette vitesse, relativement élevée, s'explique en partie par l'existence d'un réseau de fentes de retrait situé sous la couche superficielle salée ("moquette").

###### *Simulation de pluie*

Le site sol rouge : le sol sablo-argileux en surface et argilo-sableux, à structure pseudo-particulaire, en profondeur possède une bonne capacité d'infiltration lors de la première pluie. Des phénomènes de réorganisation de surface (tassement, ségrégation, migration) apparaissent lors des cinq pluies successives et diminuent cette capacité : la vitesse d'infiltration se stabilise autour de 60 mm/h dans les parcelles cultivées ou en jachère. L'importance de l'infiltration sur la parcelle 2 s'explique par la porosité induite par les racines de l'arbuste.

Le site sol beige : l'horizon de surface, sablo-argileux, se colmate rapidement et induit un ruissellement dès la première pluie. Le ruissellement augmente avec l'état hydrique initial. La vitesse d'infiltration stabilisée est de l'ordre de 40 mm/h sur les parcelles en végétation naturelle et de 50 mm/h sur le sol cultivé (cette différence s'explique par le micro-relief obstruant de la parcelle cultivée).

Le site bas-fond : bien que le protocole de pluie n'était pas destiné à mesurer l'infiltrabilité, il a été possible de calculer les paramètres d'infiltration sur la parcelle installée dans la rizière cultivée à plat et sur celle installée sur le tanne vif. Dans la rizière, les pluies n'ont pas été suffisantes pour colmater les fentes de retrait et le microrelief assez fort a été un frein au ruissellement. Les valeurs obtenues sur cette parcelle représentent le fonctionnement hydrique du sol de rizière lors des premières pluies avant le début de l'inondation. Sur le tanne vif, dès le début de la pluie, la couche poudreuse s'imbibe, les sels sont dissous et une pâte argileuse forme une pellicule continue. Celle-ci constitue un écran quasi imperméable au dessus du réseau de fentes de retrait et le matériau sous-jacent reste sec.

Le tableau 8 résume les principales caractéristiques hydrauliques pour chaque site à la première (état sec) et à la dernière pluie (état humide: 378mm de précipitation en 5 jours).

Tableau 8:

| Sols                  | occupation            | Parcelle /état | Pu   | Pi   | Li   | Kr | Vs   | Vs moy |
|-----------------------|-----------------------|----------------|------|------|------|----|------|--------|
|                       |                       |                | mm   | mm   | mm   | mm | mm/h | mm/h   |
| Plateau/<br>sol rouge | culture sur billons   | 1 sec          | 96.7 | 41.5 | 93.7 | e  | 89   | 50     |
|                       |                       | 1 humide       | 96.7 | 16.8 | 63.5 | 34 | 40   |        |
| Plateau<br>sol rouge  | ancienne jachère      | 2 sec          | 96.7 | 96.7 | 96.7 | 0  | *    | > 135  |
|                       |                       | 2 humide       | 96.7 | 69.7 | 96.7 | 0  | *    |        |
| Plateau<br>sol rouge  | ancienne jachère      | 3 sec          | 96.7 | 96.7 | 96.7 | 0  | *    | 65     |
|                       |                       | 3 humide       | 96.7 | 24   | 86.4 | 11 | 65   |        |
| Plateau<br>sol beige  | Verger dans palmeraie | 4 sec          | 96.7 | 23.2 | 83.1 | 14 | 62   | 35     |
|                       |                       | 4 humide       | 96.7 | 7    | 49.5 | 51 | 35   |        |
| Plateau<br>sol beige  | culture sur billons   | 5 sec          | 96.7 | 96.7 | 96.7 | 0  | *    | 50     |
|                       |                       | 5 humide       | 96.7 | 15   | 79.3 | 18 | 50   |        |
| Plateau<br>sol beige  | ancienne jachère      | 6 sec          | 96.7 | 21   | 90.4 | 7  | *    | 38     |
|                       |                       | 6 humide       | 88.4 | 3    | 50.2 | 43 | 38   |        |
| Bas-fond              | riziculture à plat    | 7sec           | 60   | 11   | 57.9 | 4  | 56   | 48     |
|                       |                       | 7 humide       | 60   | 10   | 49.5 | 18 | 45   |        |
| Bas-fond              | tanne vif             | 8 sec          | 60   | 6    | 15.8 | 74 | 13   | 5      |
|                       |                       | 8 humide       | 60   | 2    | 2.8  | 98 | 2    |        |

Pu = hauteur totale de l'averse simulée, Pi = pluie d'imbibition, Li = lame infiltrée, Kr = coefficient de ruissellement, Vs = vitesse d'infiltration stabilisée, Vs moy = vitesse d'infiltration stabilisée sur tout le protocole

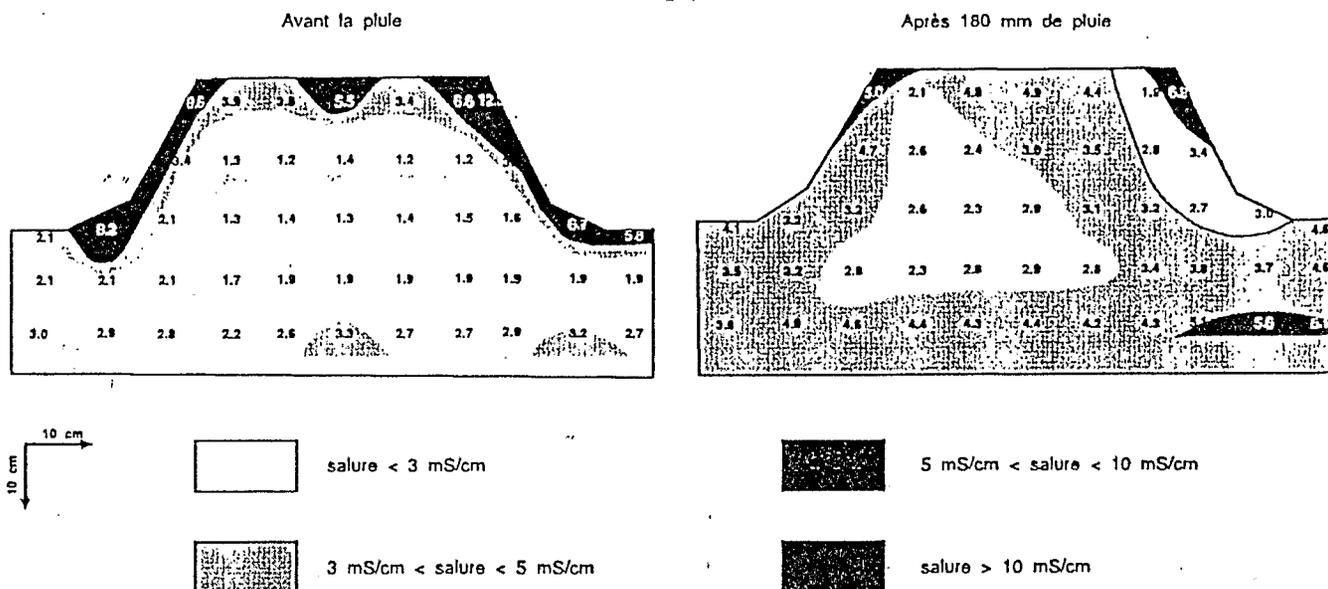
### 3.1.2 Aptitude au dessalement des sols de bas-fond

Le protocole de pluie simulée a permis de mettre en évidence le mode de dessalement du billon sous l'action de la pluie sur la parcelle billonnée de la rizière. La figure 7 compare la répartition des sels avant et après les 3 pluies.

Avant les pluies, on constate que les sels se concentrent sur toute la surface du billon et de l'interbillon, ce qui est confirmé par les dépôts poudreux observés autour des mottes. La salinité passe de 1-2 mS/cm, au coeur du billon, à plus de 10 mS/cm en surface.

Après les pluies simulées, la salinité diminue notablement en surface et les sels se répartissent dans l'ensemble du billon et de l'interbillon. Deux zones restent moins salées et les classes de forte salinité ont disparue. Le sommet et les flancs du billon suffisamment dessalés seront des sites privilégiés pour la reprise du riz. Des apports en eau supplémentaires continueront le processus de lixiviation, permettant de réduire la salinité à l'intérieur du billon. Il importe de favoriser l'entraînement des sels hors du système-sol: des canaux de drainage peuvent y contribuer.

Figure 7: Action de la pluie sur les sels dans un billon de rizière



### 3.2 Régime saisonnier

#### 3.2.1 Stockage de l'eau

Les profils avant la saison des pluies 1990 présentent une physionomie que l'on retrouvera une fois le profil réhumecté (fig. 8). Sur sol beige, l'humidité croît régulièrement, de 0.02 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> en surface à 0.16 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> à la base du profil et ce malgré quelques fluctuations. Sur sol rouge, on note des teneurs plus élevées réparties différemment. On observe d'abord une augmentation rapide jusqu'à 45 cm (de 0.02 à 0.19 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>), puis la teneur en eau se stabilise autour de 0.20 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>.

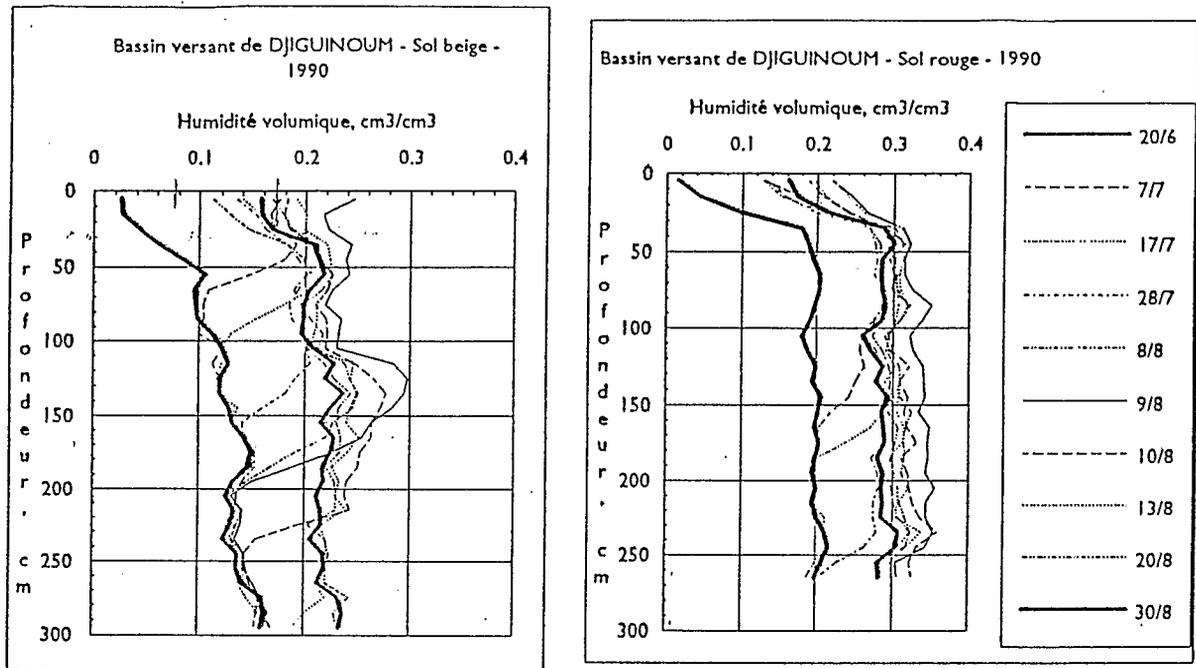
Sur la période du 20/6 au 30/8/1990, les profils hydriques indiquent que la cinétique d'infiltration est beaucoup plus rapide sur sol rouge (fig. 8). Le 28/7, le front d'humectation se situe à environ 1.40 m sur sol beige et 2.50 m sur sol rouge. L'amplitude de variation de la teneur en eau entre ces deux états est relativement constante (environ 0.10 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>) sur tout le profil et on ne note pas de différence significative entre les deux sols

Leurs valeurs maximales et minimales définissent deux états hydriques du sol: la saturation apparente et la capacité au champ. Les profils hydriques étant relativement uniformes, on peut estimer la saturation apparente à 0.30 et 0.23 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> sur sol rouge et beige et la capacité au champ à 0.28 et 0.21 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>.

La réponse de ces deux sols à la pluie du 8/8 (plus de 100 mm) est bien distincte. Dans le sol beige, la pluie infiltrée provoque un engorgement dans la couche 100-150 cm et le profil hydrique présente un renflement très prononcé. Celui-ci se résorbe très rapidement par drainage vertical et latéral. Pour le sol rouge, déjà complètement réhumecté, tout le profil participe au stockage de l'eau infiltrée, ce qui s'explique par une circulation rapide de l'eau. Une partie de la porosité disponible est susceptible de se remplir lors d'apports particulièrement abondants.

Sur sol beige, le front d'humectation atteint la profondeur de 295 cm au bout de 44 jours, ce qui fait une vitesse d'infiltration moyenne de 67 mm/j. Les deux pluies importantes du 30/6 et du 8/8, supérieures à 100 mm, provoquent de brutales variations de la cinétique. Entre le 14/7 et le 28/7, le front chemine régulièrement sous l'effet de plusieurs pluies abondantes (vitesse moyenne de 61.5 mm/j). Sur sol rouge, il faut 29 jours pour atteindre 265 cm, soit une progression moyenne d'environ 90 mm/j.

Figure 8:



En supposant que le sol conserve les mêmes caractéristiques physiques que celles des 3 premiers mètres, il est possible d'estimer le temps que mettra l'eau pour atteindre la nappe. Il est de 100 j, soit environ 3 mois, pour le sol beige et de 155 j, soit environ 5 mois, pour le sol rouge. L'alimentation de la nappe se fait donc dans un premier temps au niveau des sols beiges et se poursuit ensuite vers les sols rouges pendant et après la saison des pluies. Cette remontée sous les sols beiges de versant favorise son écoulement vers le centre du plateau.

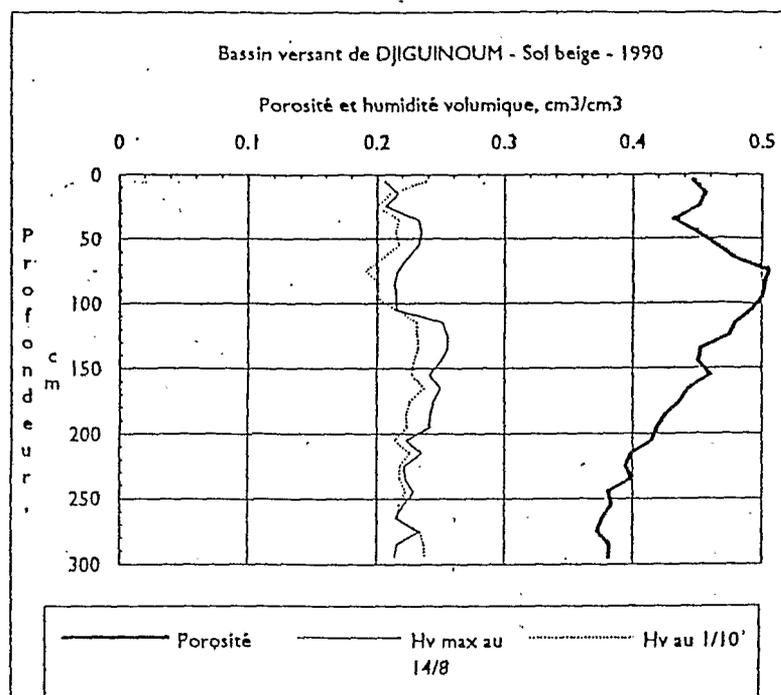
La phase de ressuyage débute le 11/10/1990. Le sol rouge se dessèche très rapidement en surface, la teneur en eau passant de 0.28 à 0.10 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> en 10 jours. L'amplitude de variation est plus faible sur sol beige (0.12 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>). Il s'agit de la phase rapide de redistribution de l'eau.

Dès le 22/11, le profil a pratiquement retrouvé son aspect initial sur les 60 premiers centimètres. Entre le 11/10 et le 19/12, les pertes en eau supérieures à 0.04 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> intéressent une profondeur de 1.50 m sur sol beige et de 2 m sur sol rouge.

Pour visualiser le degré de saturation du sol, nous avons comparé le profil de porosité totale au profil de teneur en eau maximale (au 9/8 pour le sol rouge et 14/8 pour le sol beige) et à celui voisin de la capacité de rétention (au 1/10).

La saturation est incomplète sur les deux types de sol, notamment pour le sol beige (fig. 9). Le taux de saturation maximum (rapport entre la teneur en eau volumique maximale et la porosité totale) est compris entre 40 à 60 % pour le sol beige avec un profil hydrique relativement uniforme. Il oscille entre 75 et 80 % sur sol rouge, seuls les 25 premiers centimètres présentent un taux voisin de celui observé sur sol beige (50 à 60 %).

Figure 9:



*Bilan hydrique.*

La zone non saturée peut être représentée schématiquement comme un système à l'intérieur duquel la variation de stock d'eau DS exprime la différence entre l'eau qui entre (apports) et l'eau qui en sort (pertes).

Dans notre cas, nous limiterons le système à la tranche de sol comprise entre la surface et la cote 265 cm. Le sol est occupé par une jachère tout au long de la campagne de mesures. Le bilan hydrique s'écrira:

$$DS = \text{apports} - \text{pertes} = P - (R + ETR + D) \quad (1)$$

où DS représente la variation du stock hydrique du système, P la pluie, R le ruissellement et ETR l'évapotranspiration réelle.

Entre deux instants donnés, les paramètres connus sont:

- la pluie P, mesurée au sol
- le ruissellement R mesuré en parcelle de 50 m<sup>2</sup>,
- la variation du stock hydrique dS déterminée à partir des profils hydriques.

Le terme (ETR + D), inconnu, peut se déduire de l'équation (1). Il se réduit à l'ETR lorsque le front d'humectation n'a pas atteint la cote 265 cm..

Le bilan hebdomadaire montre qu'avant que l'humectation totale du système soit réalisée (au 29/7 pour le sol rouge et au 12/8 pour le sol beige), l'ETR fluctue notablement sous sol beige. Elle y est plus faible lorsque la pluviométrie est peu importante (20 à 30 mm) et le nombre de jours de pluie réduit (2 jours pour chacune des périodes allant du 7 au 14/7 et du 21 au 28/7). Une croûte de dessiccation se formant en surface plus facilement sur ce type de sol limiterait les pertes par évaporation (effet mulch).

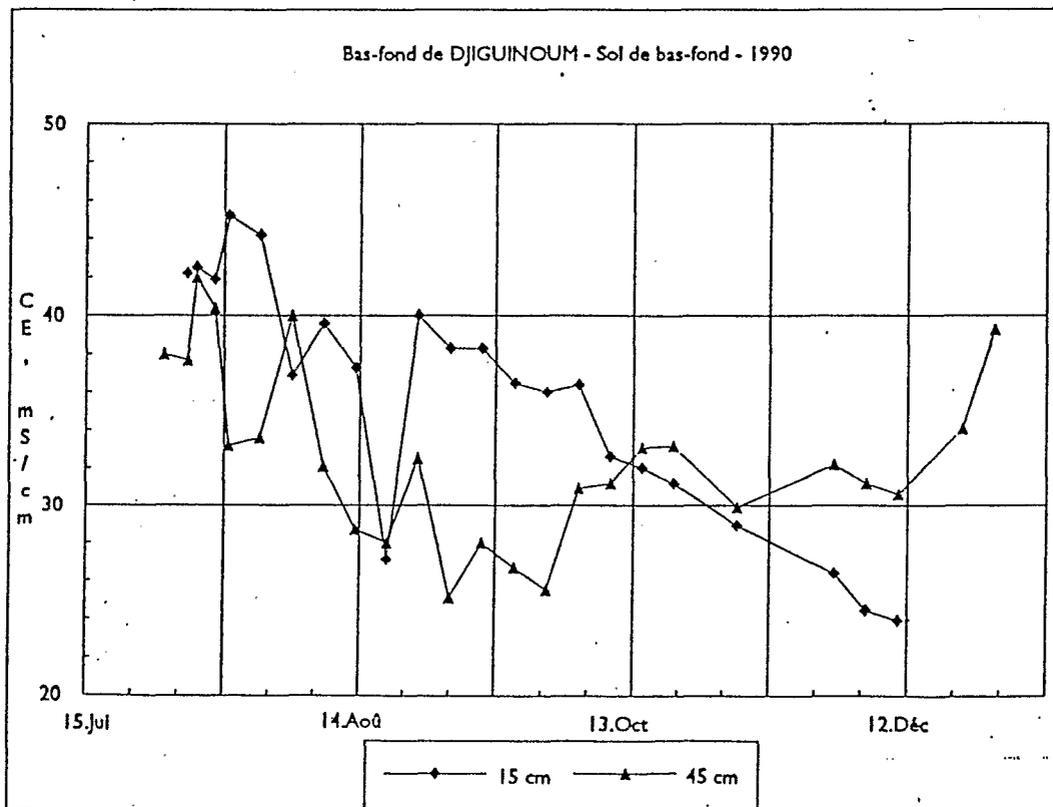
tranchées.

- En surface, la baisse est lente et irrégulière. Elle semble se prolonger après l'arrêt des pluies. Le matériau, fortement desséché, se réhumecte très lentement, ralentissant la dilution et le lessivage des sels. L'alternance de périodes sèches et pluvieuses provoquent, à la surface du sol, la formation d'une croûte salée qui favorise plutôt le ruissellement que l'infiltration. Les fluctuations brutales observées sont à mettre en relation avec ces phases d'humectation et de dessèchement du sol qui permettent la cristallisation et la dilution des sels. Le développement de la végétation naturelle (cypéracées) est également à prendre en compte. Une fois l'inondation du sol devenue permanente, la dilution des sels devient le processus dominant. A 25 cm, la salinité a ainsi diminué de 20 mS/cm.
- En profondeur, à partir de 40 cm, on remarque dans un premier temps une chute rapide de la salinité, puis dans un second temps une remontée régulière. La diminution enregistrée peut s'expliquer par l'engorgement du matériau. La pluie du 30/6 a provoqué la remontée brutale de la nappe jusqu'à environ 50 cm de la surface. Le matériau, beaucoup moins structuré et desséché qu'en surface, s'est totalement saturé. La salinité a baissé par dilution des eaux de nappe. Durant toute la saison des pluies, les processus de diffusion ionique entre la nappe profonde fortement salée et les eaux de surface se font progressivement, ce qui explique la remontée de la salinité de la base vers le haut.

La composition ionique, chlorurée-sodique, reste stable. L'aluminium suit une évolution proche de celle des autres éléments dissous. A l'inverse, la teneur en fer augmente au cours de la saison pluvieuse, puis diminue régulièrement.

En exemple, la figure 10 donne les variations de la conductivité à 15 cm et 45 cm pendant l'année 1990 dans un sol de tanne herbacé non cultivé.

Figure 10:



### 3.2.3 Evolution interannuelle de la salinité

Les mesures de conductivité au CEM (cf § 1.2.3) évalue la salinité d'une manière globale sur un volume de sol qui est considérée identique à chaque observation. Le résultat est exprimé par rapport à l'échelle de salinité propre à l'appareil.

La variable mesurée présente une structure nette qui est stable d'une année sur l'autre. La méthode du krigeage permet la restitution d'un document cartographique annuel. (BOIVIN, BRUNET, 1990)

L'étude des cartes obtenues en 1986, 1987, 1988 et 1989 permet les constatations suivantes:

- les sols restent salés de 1986 à 1988.
- la salure a diminué de 1988 à 1989. L'évolution des superficies, calculées à partir de classes de salure et exprimées en hectares, indique une forte diminution des surfaces les plus salées (tableau 10).

Tableau 10:

| Salure (mS/cm) | 1987  | 1988  | 1989  |
|----------------|-------|-------|-------|
| <300           | 46.35 | 43.92 | 58.95 |
| <500           | 25.83 | 28.53 | 25.83 |
| <700           | 23.13 | 29.10 | 23.76 |
| <900           | 22.50 | 17.73 | 16.60 |
| >900           | 14.04 | 12.60 | 06.75 |

On serait tenté d'attribuer ce résultat à la gestion du barrage anti-sel. Mais, la baisse du stock salin d'une année sur l'autre, doit être confirmée. Ces mesures se sont poursuivies en 1990 et 1991 mais le dépouillement des données n'est pas encore disponible.

## 4. CONCLUSION : LES PRINCIPALES CONTRAINTES LIEES A LA MORPHO-PEDOLOGIE POUR LE DEVELOPPEMENT AGRICOLE DE DJIGUINOUM

L'étude morpho-pédologique du bassin versant de DJIGUINOUM a mis en évidence deux types de contraintes pour le développement agricole du bas-fond.

La première est actuelle et directement liée à la géochimie des sols du domaine fluvio-marin. Plus de la moitié des terres sont très acides (pH <4.5), les risques de toxicité aluminique pouvant se manifester avec acuité. Cette contrainte domine dans la partie Est de la vallée. La plupart des terres sont atteintes par le sel à des degrés divers et se révèlent impropres à la riziculture dans leur état actuel, en particulier au voisinage du marigot. Les surfaces ne présentant pas de contrainte majeure représente moins de 40%.

La seconde contrainte concerne l'évolution possible à moyen terme des sols du domaine continental. Cette évolution a des répercussions directes sur la mise en valeur du bas-fond. L'évolution pédogénétique des sols rouges est influencée par trois facteurs essentiels: le bilan hydrique, la matière organique et l'activité biologique. L'équilibre entre approfondissement et décapage par érosion se conserve lorsque la pluviométrie annuelle oscille entre 1200 et 1800 mm. Les sols rouges peuvent s'approfondir sur de grandes épaisseurs. En dessous de 1000 mm, ce processus se ralentit et l'érosion hydrique se manifeste avec plus d'acuité (FAUCK, 1972).

La situation pluviométrique, qui prévaut actuellement en basse Casamance (moyenne annuelle de 1133 mm sur la période 1971-1990: MONTOROI, 1991), constitue un cadre favorable à une modification de la pédogénèse. Les conséquences directes seront une diminution des surfaces occupées par les sols rouges, une évolution du modelé et un comblement des vallées par colluvionnement.

L'évolution d'un sol rouge en un sol beige s'effectue par des pertes de matières solides ou dissoutes qui vont circuler vers les zones basses. Ces matières sont susceptibles de réagir chimiquement

selon le milieu dans lequel elles vont aboutir. L'influence des sols de plateau sur la pédogénèse des sols de bas-fond sera intéressante à expliciter dans le contexte climatique actuel.

Le défrichement massif du domaine continental de toute la Basse Casamance est un facteur aggravant. Tout aménagement de bas-fond doit intégrer les problèmes de gestion de l'eau et des sols dans l'ensemble du bassin versant.

## BIBLIOGRAPHIE

AUBREVILLE A., 1948. La Casamance. L'Agron. Trop., 3, 1-2, 25-52.

AUBRUN A., MARIUS C., 1986. Etude pédologique sur la vallée de Bignona en Casamance. Rapport définitif. Ministère Hydraulique / Organisation et Environnement

BADIANE NIANE A., 1984. Etudes cartographique et pédologique des sols de plateau de basse Casamance. Multigr., ISRA/Dakar, 44 p.

BALDENSPERGER J., STAIMESSE J.P., TOBIAS C., 1968. Carte pédologique de la moyenne Casamance au 1/200.000. Notice explicative. Multigr., ORSTOM/Dakar, 134 p.

BERTRAND R., 1973. Contribution à l'étude hydrologique, pédologique et agronomique des sols gris sableux hydromorphes de Casamance (Sénégal). L'Agronomie Tropicale, 28, 12, 1145-1192.

BRABANT P., 1991. Le sol des forêts claires du Cameroun. Exemple d'étude d'un site représentatif en vue de la cartographie des sols et de l'évaluation des terres. ORSTOM- MESIRES, Paris, Tome I, 530 p. et Tome II, 278 p.

BOIVIN P., LE BRUSQ J.Y., 1984. Etude pédologique des Kalounayes (vallées de Koubalan et de Tapilane), ORSTOM/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. Multigr., ORSTOM/Dakar/Bondy, 12 p.

BRUNET D., 1987. Carte des sols de la vallée de Badoli (Moyenne Casamance), Multigr., ORSTOM/Dakar, 19 p.

BRUNET D., 1988. Etude pédologique de la vallée de Djiguinoum (basse Casamance), Multigr., ORSTOM/Dakar, 28 p. + annexes.

BRUNET D., 1989. Evaluation des surfaces dégradées de la vallée de Djiguinoum (basse Casamance) en mars 1988 à l'aide de cartes monoparamétriques, Multigr., ORSTOM/Dakar 6 p + cartes.

CASENAVE A., VALENTIN C., 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. Coll. Didact. Ed. ORSTOM, 229 p.

CHAUVEL A., 1977. Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Trav. et Doc. ORSTOM n°62, 532 p.

DIATTA S., 1972. Etude des sols du bassin versant nord de la Casamance - suivant l'axe Sédhiou-Marsassoum (moyenne Casamance). Esquisse pédologique au 1/50.000. Rapport de stage. Multigr., ORSTOM/Dakar, 105 p. + annexes.

FAUCK R., 1972. Contribution à l'étude des sols des régions tropicales. Les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique occidentale. Mémoires ORSTOM n°61, 257 p.

KALCK Y., 1978. Evolution des zones à mangroves du Sénégal au Quaternaire récent. Etudes géologiques et géochimiques. Thèse 3ème cycle, ULP Strasbourg, 117 p.

MAIGNIEN R., 1961. Le passage des sols ferrugineux tropicaux aux sols ferrallitiques dans les régions

sud-ouest du Sénégal. Sols africains, vol. VI; n°2 et 3, 113-172.

MARIUS C., 1985. Mangroves du Sénégal et de la Gambie. Ecologie, Pédologie, Géochimie, Mise en valeur et aménagement. Trav. et Doc. ORSTOM, 193, 368 p.

MARIUS C., CHEVAL M., 1983. Carte pédologique de la vallée de Guidel au 1/10.000, ORSTOM/Dakar.

MICHEL P., 1973. Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Mémoires ORSTOM n° 63, 752 p. et annexes.

MONTOROI J.P., 1991. Etude pédologique du bassin versant de Djigüinoum (à paraître).

MONTOROI J.P., 1991. Etude du comportement hydrique des sols rouge et beige du bassin versant de Djigüinoum (basse Casamance). Campagne de mesures 1990. Multigr., ORSTOM/Dakar, 37 p. et annexes.

MONTOROI J.P., 1991. Réhabilitation des sols salés et acides de Basse Casamance. Rapport final du programme MRES n°121. Multigr., ORSTOM/Dakar, 15 p. et annexes.

PEREIRA-BARRETO S., 1982. Carte pédologique du bassin versant du marigot de Bignona au 1/50.00, Multigr., ORSTOM/Dakar.

PPFS, 1991. Rapport de synthèse finale du Projet de Protection des Forêts Sud (à paraître).

STAIMESSE J.P., 1967. Contribution à l'étude des sols jaunes de basse Casamance (Oussouye). Rapport de stage, Multigr., ORSTOM/Dakar, 112 p. + carte au 1/50.000.

USAID, 1986. Cartographie et télédétection des ressources de la République du Sénégal. Direction de l'Aménagement du Territoire du Sénégal, Dakar.

VIELLEFON J., 1975. Carte pédologique de la basse Casamance (domaine fluvio-marin) au 1/100.000. Note explicative ORSTOM n° 57.