



ORSTOM



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

**ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE
DU BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUM
(BASSE CASAMANCE)**

J.P. MONTOROI

Département Eaux Continentales de l'ORSTOM

DAKAR, JUIN 1992

RESUME

Le bassin versant de DJIGUINOUM présente deux domaines géomorphologiques apparemment bien distincts: d'une part un domaine continental englobant les plateaux et les versants des vallées, d'autre part un domaine fluvio-marin correspondant aux bas-fonds régulièrement inondés. En réalité, ces deux domaines sont étroitement liés d'un point de vue pédogénétique.

A la description des différentes composantes du milieu naturel, fait suite la présentation de la démarche adoptée pour la cartographie pédologique. Tout d'abord, une prospection préliminaire indique la répartition des sols selon la topographie. Ensuite, un modèle d'organisation des sols dans le paysage est défini à partir de l'étude détaillée d'une toposéquence. Après la validation de ce modèle dans le reste du bassin versant, un découpage en compartiments verticaux permet de produire la carte des sols du bassin versant au 1/30.000.

MOTS-CLES: Organisations pédologiques, bassin versant, toposéquence, Cartographie, Casamance, Sénégal.

S O M M A I R E

| | |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| INTRODUCTION | 4 |
| 1. LES COMPOSANTES DU MILIEU NATUREL | 6 |
| 1.1. Le climat | 6 |
| 1.2. La roche-mère et le modelé | 8 |
| 1.3. La couverture végétale et l'occupation actuelle des sols | 12 |
| 2. LA PROSPECTION PEDOLOGIQUE | 20 |
| 2.1. La démarche suivie | 20 |
| 2.2. Les travaux de terrain | 20 |
| 3. L'ORGANISATION GENERALE DES SOLS | 22 |
| 3.1. Les profils observés | 22 |
| 3.2. Observations sur la cuirasse ferrugineuse | 30 |
| 3.3. Interprétation analytique | 32 |
| 3.4. Le modèle d'organisation des sols | 42 |
| 3.5. Relation avec la nappe | 48 |
| 4. LA CARTE DES SOLS DU BASSIN VERSANT | 53 |
| 4.1. Représentativité des organisations pédologiques | 53 |
| 4.2. Représentation cartographique du système sol | 54 |
| 4.3. Estimation des surfaces | 56 |
| CONCLUSION | 56 |
| BIBLIOGRAPHIE | 58 |
| ANNEXES | 62 |

INTRODUCTION

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, 1980 et 1986; MARIUS et CHEVAL, 1983; BRUNET, 1987 et 1988; VIEILLEFON, 1975; BOIVIN et LE BRUSQ, 1984.

L'échelle du bassin versant a été jusqu'à présent peu usitée (DIATTA, 1972; STAIMESSE, 1967 l'ont abordée). C'est à ce niveau que nous situerons 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 potentialités agricoles", financé par la Communauté Européenne (Contrat DG XII N° TS2A-0216-M (CD)). Plusieurs critères ont prévalu à ce choix:

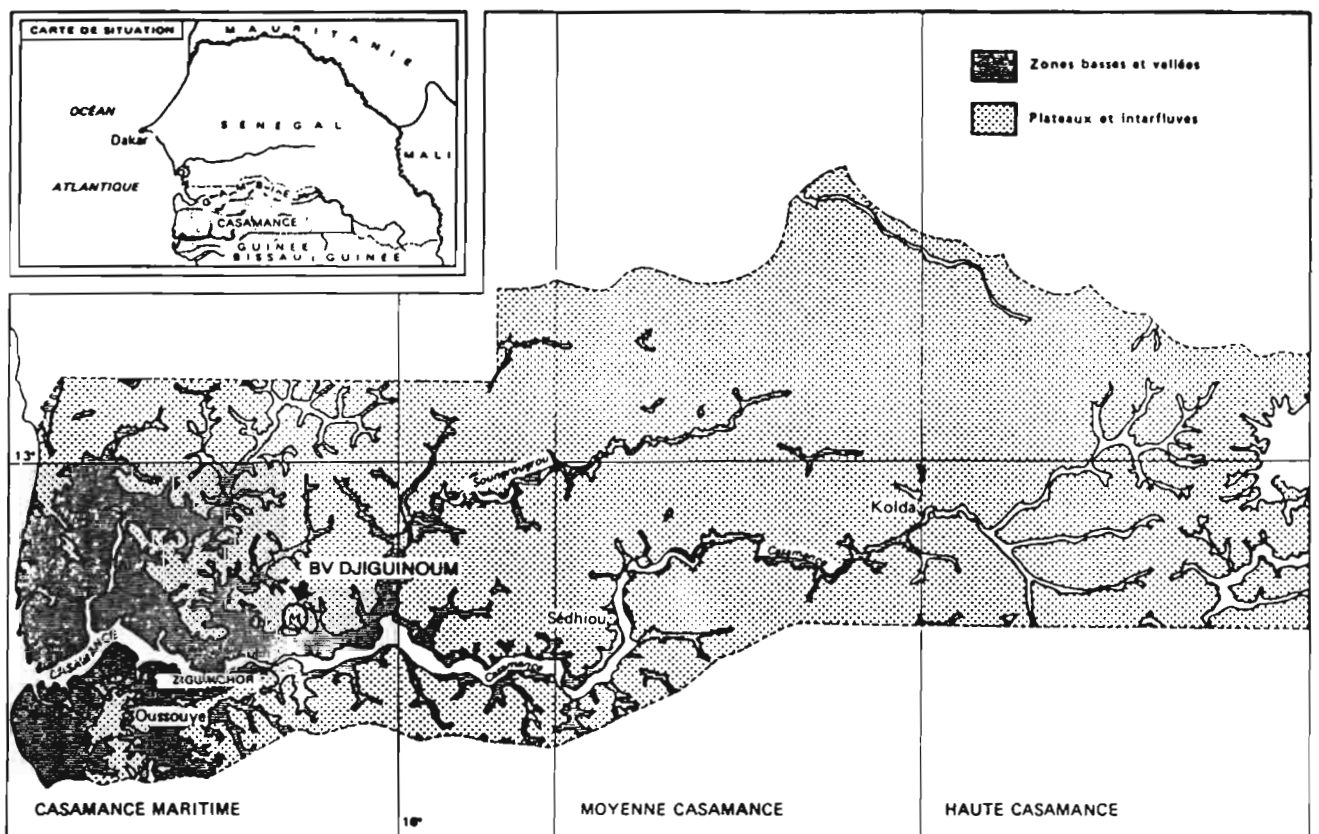
- . bonne représentativité des sols de la région,
- . taille relativement faible pour une étude de détail,
- . bas-fond aménagé par un barrage anti-sel.

L'objectif de l'étude consiste:

- 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. Cet aspect fait l'objet d'un rapport particulier (MONTOROI, 1991).

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 km². Il se localise géographiquement entre les parallèles 16°15' et 16°10'N et les méridiens 12°39' et 12°43'W (fig. 1).

Figure 1: Carte de situation (d'après CHAUVEL, 1977)



1. LES COMPOSANTES DU MILIEU NATUREL

1.1. Le climat

Il est caractérisé par l'alternance de deux saisons bien différenciées: une saison sèche quasiment sans aucune précipitation de novembre à mai (7 mois) et une saison pluvieuse de juin à octobre (5 mois) avec un maximum diluvien en août.

* L'étude récente de la pluviométrie en Casamance, réalisée par DACOSTA (1989), montre qu'à partir de 1969 une sécheresse persistante s'est installée. Sa durée est sans précédent et les déficits pluviométriques enregistrés sont très accusés.

La pluviométrie moyenne sur la période 1931-1990 est à Ziguinchor de 1399 mm. La moyenne des vingt dernières années accuse une baisse significative de l'ordre de 25% par rapport aux périodes précédentes (tableau 1 et fig. 2). On note une nette diminution des pluies supérieures à 40 mm.

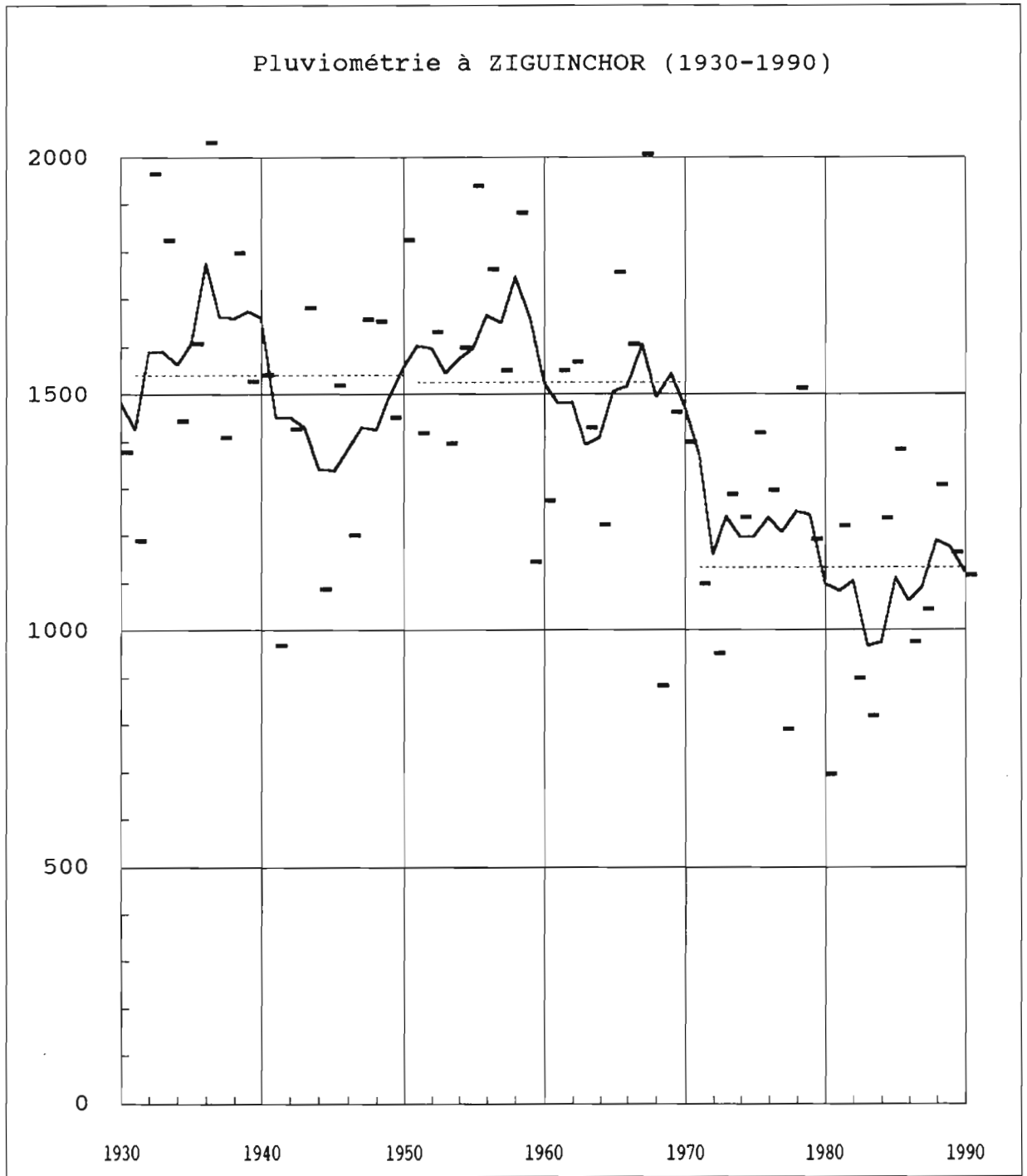
Tableau 1

| Période | Moyenne annuelle (mm) | Médiane | Décennale | | Dh/Ds |
|------------|-----------------------|---------|------------|-------------|-------|
| | | | Sèche (Ds) | Humide (Dh) | |
| 1931-1950 | 1541 | | | | |
| 1951-1970 | 1524 | | | | |
| 1971-1990 | 1133 | | | | |
| 1951-1980* | 1399 | 1413 | 983 | 1796 | 1.83 |
| 1931-1990 | 1399 | | | | |

(*) d'après DACOSTA, 1989

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 pluies. La fréquence d'apparition d'une année sèche (pluviométrie annuelle inférieure à la décennale sèche avant 1969, 1190 mm) est devenu quatre fois plus élevée durant la période 1969-1988.

Figure 2:



— · moyenne mobile (5ans)

---- moyenne 1931-1950: 1541 mm

" 1951-1970: 1524 mm

" 1971-1990: 1133 mm

* Les autres composantes du climat sont résumées comme suit (MARIUS, 1985; DACOSTA, 1989; DIOP, 1990):

- La température moyenne annuelle est de 26.8°C à Ziguinchor, les mois d'avril et mai étant les plus chauds et ceux de décembre et janvier les plus frais. L'amplitude moyenne annuelle est de 4.4°C. Les maximum et minimum absolus mensuels sont de 37°C (avril) et 15.7°C (janvier).

- L'humidité relative est supérieure à 50% toute l'année avec un maximum en août (84%) et un minimum en février-mars.

- les vents dominants sont de secteur nord-est de novembre à février et de secteur nord-ouest de mars à mai (flux d'alizé). En saison des pluies, les vents de secteur sud-ouest prédominent (flux de mousson). La vitesse moyenne du vent de surface décroît de mai à novembre, de 3 à 1.2 m/s.

- L'évapotranspiration potentielle (calculée selon la formule de Penman) est supérieure à la pluviométrie d'octobre à juin., soit 9 mois de déficit hydrique. Elle est de l'ordre de 6 mm/j durant les mois les plus chauds (mars à mai) et de 3.5 mm/j au cours des mois les plus pluvieux (août-septembre).

* Le climat de la basse Casamance est habituellement considéré comme étant de type tropical subguinéen (BRIGAUD, 1965; MICHEL, 1973) qui se définit par des précipitations supérieures à 1500 mm, une période sèche d'environ 6 mois, une température moyenne maximale de 30° et une hygrométrie élevée en saison des pluies. AUBREVILLE (1948) parle plutôt d'une variante maritime du climat soudanien. Ce climat singulier rompt l'agencement zonal des grands domaines climatiques d'Afrique de l'Ouest (LE ROUX, 1983). D'un point de vue hydrologique, il s'agit d'un climat tropical de transition (RODIER, 1964).

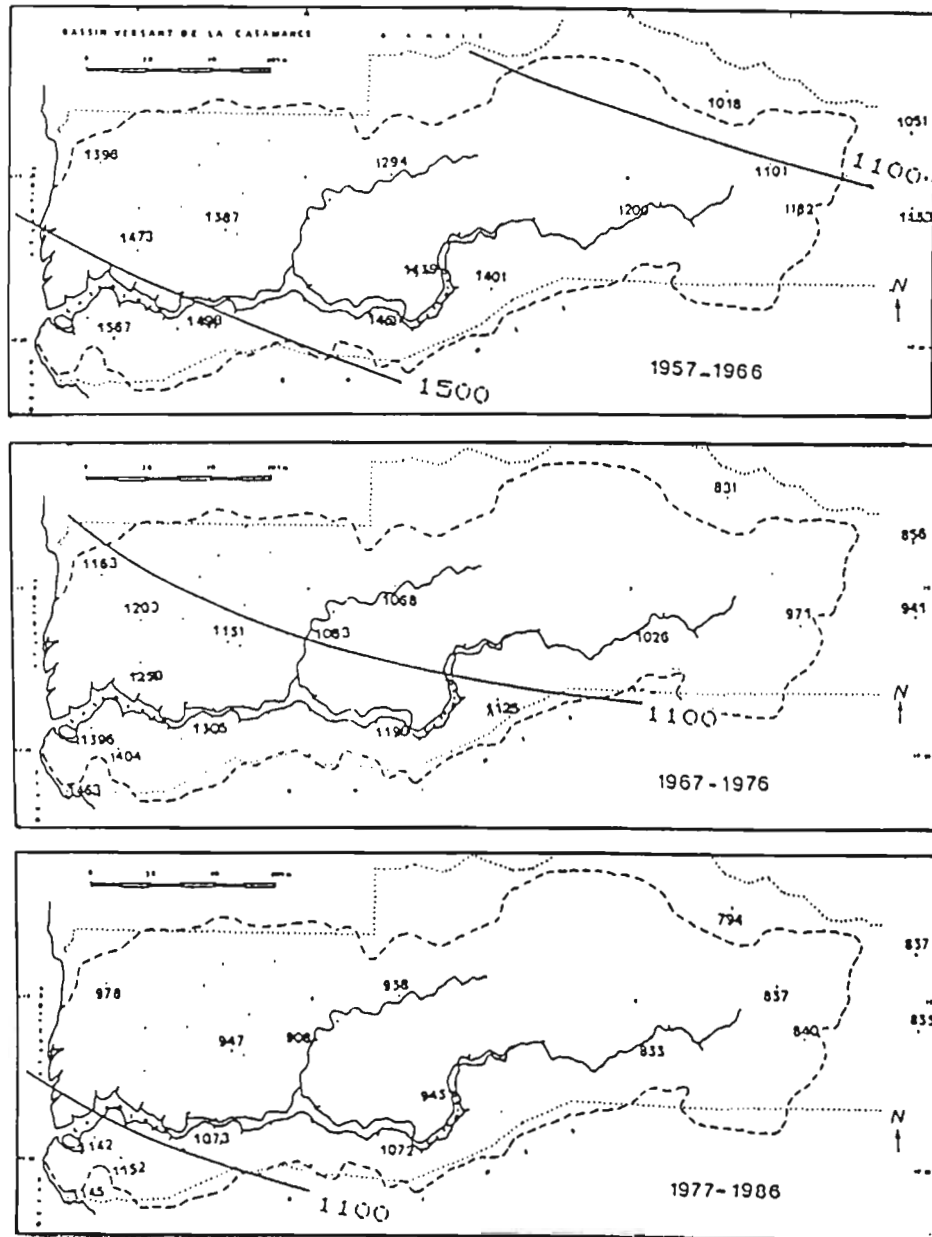
La tendance régionale actuelle s'inscrit dans la phase climatique sèche que subit la zone sahélienne d'Afrique de l'Ouest (HUBERT et CARBONNEL, 1986; LE BORGNE, 1990). La persistance de cette situation fait progressivement basculer cette région dans le domaine soudanien dont la limite méridionale est matérialisée par l'isohyète 1200 mm. Le décalage des isohyètes vers le sud est clairement démontré sur la figure 3. Cette évolution n'est pas sans conséquences sur la dégradation des milieux naturels (MICHEL, 1990) et en particulier sur celle des sols (GAVAUD, 1990).

1.2. La roche-mère et le modelé

* Les formations géologiques

Celles du bassin versant et plus généralement de la basse Casamance appartiennent à la partie méridionale du bassin sédimentaire sénégalo-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

Figure 3:
 Evolution des isohyètes 1100 mm et 1500 mm
 au cours des trois dernières décennies
 en Casamance (d'après DACOSTA, 1989).



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 sesquioxides 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 pédologique.

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).

* la nappe souterraine

Les travaux de GOUZES (1969) indiquent quelques caractéristiques hydrauliques des formations du Continental terminal. Une nappe aquifère continue, dont la profondeur ne dépasse pas 30 m, fluctue selon un rythme saisonnier. L'amplitude des variations dépend de la pluviosité annuelle et de la nature des terrains traversés.

Il s'agit d'un milieu bien drainant, car la perméabilité de ces formations est forte. Elle varie avec la texture des niveaux gréseux: 5.10^{-4} m/s dans les zones sableuses; 5.10^{-5} m/s dans les zones argileuses. Cependant, l'écoulement de la nappe est faible. Les niveaux indurés présentent une perméabilité très importante (10^{-3} m/s) qui est liée à leur structure très alvéolaire. L'écoulement de la nappe vers le marigot est alors très rapide, même avec un gradient hydraulique faible.

CHAUVEL (1977) indique que les eaux de nappe sont légèrement acides. Des éléments lixiviés sont présents, en particulier la silice (sous forme dissoute et colloïdale). Le fer existe, mais est peu abondant.

En bordure des vallées et en contre-bas des plateaux, l'alimentation de la nappe se ferait en partie latéralement, le niveau induré servant de drain (BERTRAND, 1973). Ce niveau interviendrait également en amont modifiant ainsi, sur les plateaux, la percolation verticale des eaux. Ce type de régime ne sera pas sans conséquences sur l'évolution des sols.

Les travaux récents de LE PRIOL (1983) et de SAOS et al. (1987) indiquent que, dans la période de sécheresse actuelle, le toit de la nappe s'est abaissé de plusieurs mètres sur l'ensemble de la Casamance.

1.3. La couverture végétale et l'occupation actuelle 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 (savane d'origine anthropique ou "secondaire", selon AVENARD, 1990).

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 et un rapport de synthèse sera disponible en 1991-1992.

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

* le milieu forestier (1768 ha):

La carte dressée par le PFFS (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. Un tableau à double entrée, couplant la densité et la hauteur des espèces arborées dominantes, sert de clé de détermination (tableau 2).

Nous avons repris ce tableau pour le simplifier et faire apparaître les principales formations végétales. Le regroupement des classes est fait de la manière suivante:

Tableau 2:

| GRILLE HAUTEUR/DENSITE | | | | | | |
|------------------------|---------|-----|-----|-----|------|------|
| DENSITE | HAUTEUR | | | | | |
| | 20 | 16 | 12 | 8 | 4 | |
| | A1 | A2 | A3 | A4 | FJA | R |
| --80%-- | | | | | | E |
| | B1 | B2 | B3 | B4 | FJB | G |
| --60%-- | | | | | | E |
| | C1 | C2 | C3 | C4 | FJC | N |
| --40%-- | | | | | | E |
| | D1 | D2 | D3 | D4 | FJD | R |
| --20%-- | | | | | | A |
| | FC1 | FC2 | FC3 | FC4 | ==== | T |
| | | | | | | I |
| | | | | | | O |
| | | | | | | N |
| | | | | | | (RE) |

| LES PEULEMENTS RECONNUS | | EXEMPLES |
|-------------------------|---------------------------|----------|
| F= | FEUILLU | FB2 |
| SA= | FORET PURE DE SANTAN | SAA1 |
| CA= | FORET PURE DE CAILCEDRAT | CAC3 |
| FCA= | PLUS DE 50% DE CAILCEDRAT | FCAD4 |
| FSA= | PLUS DE 50% DE SANTAN | FSAC2 |
| TCPL= | PLANTATION DE TECK | TCPLA2 |
| TEPL= | PLANTATION DE TERMINALIA | TEPLB3 |
| EUPL= | PLANTATION D'EUCALYPTUS | EUPLC4 |
| GMPL= | PLANTATION DE GMELINA | GMPLB2 |
| FC= | FORET CLAIRE | FC1 |
| FJ= | FORET JEUNE | FJD |
| RE= | REGENERATION | RE |
| FCU= | FEUILLU SUR CULTURE | FCUD2 |
| FG= | FORET GALERIE | FGA2 |
| PA= | PALMERAIE | PAD1 |
| RO= | RONERAIE | ROD1 |
| ROCU= | RONERAIE SUR CULTURE | ROCU1 |
| PACU= | PALMERAIE SUR CULTURE | PACUD1 |

(d'après PPFS, 1991)

- classes A1 à A4, B1 à B4 et C1 à C4: forêt sèche dense,
- classes D1 à D4 et FC1 à FC4: forêt sèche claire,
- classes FJA à FJD et la classe régénération: 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.

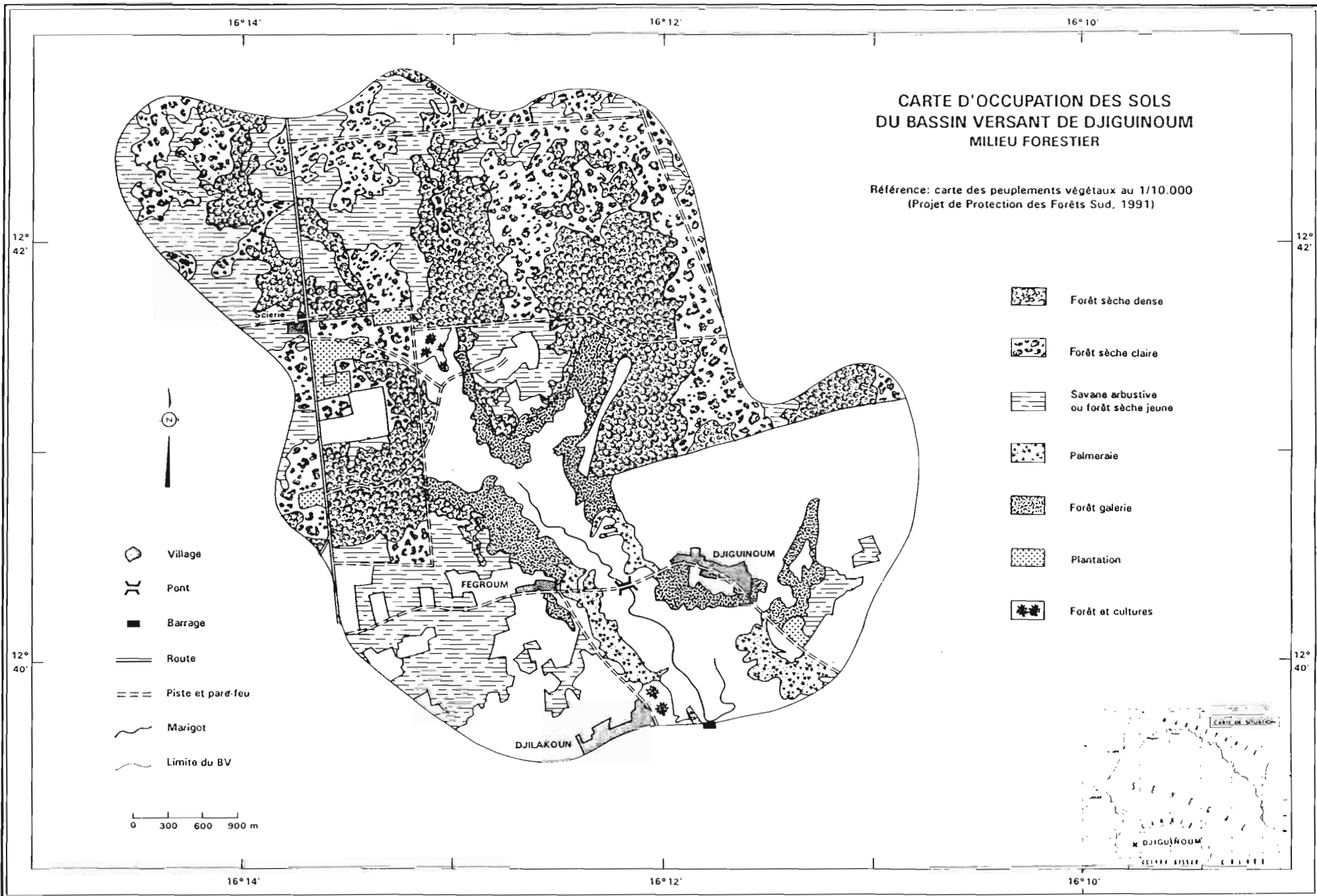
Lorsque la nappe est plus proche de la surface du sol, une végétation plus humide de type guinéen se développe. On distingue deux formations ripicoles: la palmeraie dominante et la forêt dite galerie.

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. Leur composition floristique est la suivante:

- la forêt sèche: les essences soudano-guinéennes, telles que *Cordyla pinnata*, *Bombax costatum*, *Daniella oliveri* (santan), *Khaya senegalensis* dominant. La strate arbustive est composée de *Combretum nigricans* et de *Terminalia macroptera*. Selon son degré de dégradation, la forêt présente une strate herbacée plus ou moins dense. Les graminées (ou poacées), telles que *Pennisetum subangustum* et *Andropogon ssp.*, dominant. Trois classes ont été différenciées pour mieux faire apparaître l'état actuel de la dégradation. Les facteurs, qui en sont la cause, sont nombreux. L'exploitation illégale de charbon de bois pour la consommation des populations urbaines est un facteur important. Les feux de brousse, destinés au défrichage rapide mais souvent non maîtrisés, déciment de nombreux hectares chaque année. Les prélèvements de bois pour les besoins domestiques sont également très néfastes, surtout que les arbres morts, nombreux, sont souvent délaissés. Le PPFS (communication orale de P.H. TREMBLAY, 1991) estime que les arbres vivants, situés sur la zone des forêts classées (BIGNONA, TOBOR, KALOUNAYES et KOUROUK, environ 23.000 ha), ont vu passer leur cubage de 51 à 31 m³/ha de 1969 à 1990, ce qui équivaut à une perte d'environ 20.000 m³ par an.








- la palmeraie: la présence caractéristique d'*Elaeis guinensis* en bordure des bas-fond provient d'une préservation sélective de la part des populations. La présence d'une nappe peu profonde facilite son développement. Le palmier constitue une ressource inestimable (bois d'oeuvre, huile, vin de palme...). AUBREVILLE (1949) l'appelle "palmeraie parc" par opposition à la palmeraie peu dense coexistant avec les cultures.



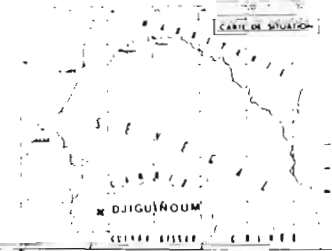
CARTE D'OCCUPATION DES SOLS DU BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUM MILIEU FORESTIER

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

-  Forêt sèche dense
-  Forêt sèche claire
-  Savane arbustive
ou forêt sèche jeune
-  Palmeraie
-  Forêt galerie
-  Plantation
-  Forêt et cultures

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

0 300 600 900 m



- la forêt galerie: il s'agit en fait d'essences ripicoles autres qu'*Elaeis guinensis*, en particulier *Cola cordifolia*, *Pterocarpus erinaceus* associés à des arbustes tels que *Combretum micranthum*, *Acacia macrostachya* et des herbacées (*Andropogon gayanus*). En lisière avec les rizières, on rencontre fréquemment *Parinari macrophylla*.

- la mangrove: cette formation caractéristique des zones de vasières n'existe plus sur le bassin versant, en raison de la sécheresse qui l'a détruite et de l'aménagement anti-sel qui ne permet pas sa régénération. Seuls quelques troncs épars de *Rhizophora* marquent son ancienne présence.

Les aires occupées par ces différentes formations végétales ont été obtenues en planimétrant la carte du PPF (1991). Les données sont rassemblées dans le tableau 3. Le taux d'occupation par rapport à la surface du bassin versant (2670 ha) est également indiqué.

Tableau 3:

| | 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 | 59.4 |
| Forêt galerie | 34.2 | |
| Forêt galerie + palmiers | 30.6 | |
| Forêt galerie + cultures | 72.0 | 136.8 |
| Plantations | 118.8 | 4.6 |
| Forêt + cultures | 14.4 | 0.6 |
| Total | 1767.6 | 68.7 |

* 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 aethiopium*, *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 PPF (1991), ces arbres peuvent représenter sur les terroirs environ 14 m³/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 présent 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.

Chez les diolas influencé par les mandingues, comme dans le village de Djiguinoum, les travaux cultureux sont répartis sexuellement, le plateau avec ses cultures de rente pour les hommes, le bas-fond et ses rizières pour les femmes. Chez les vrais diolas, comme dans le village de Djilakoun, la répartition des tâches est différente. Les hommes travaillent la terre que ce soit sur le plateau ou dans les rizières. La différenciation de l'outillage en est une bonne illustration: kajendo chez les diolas, fanting chez les autres.

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 est ancienne, 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*).

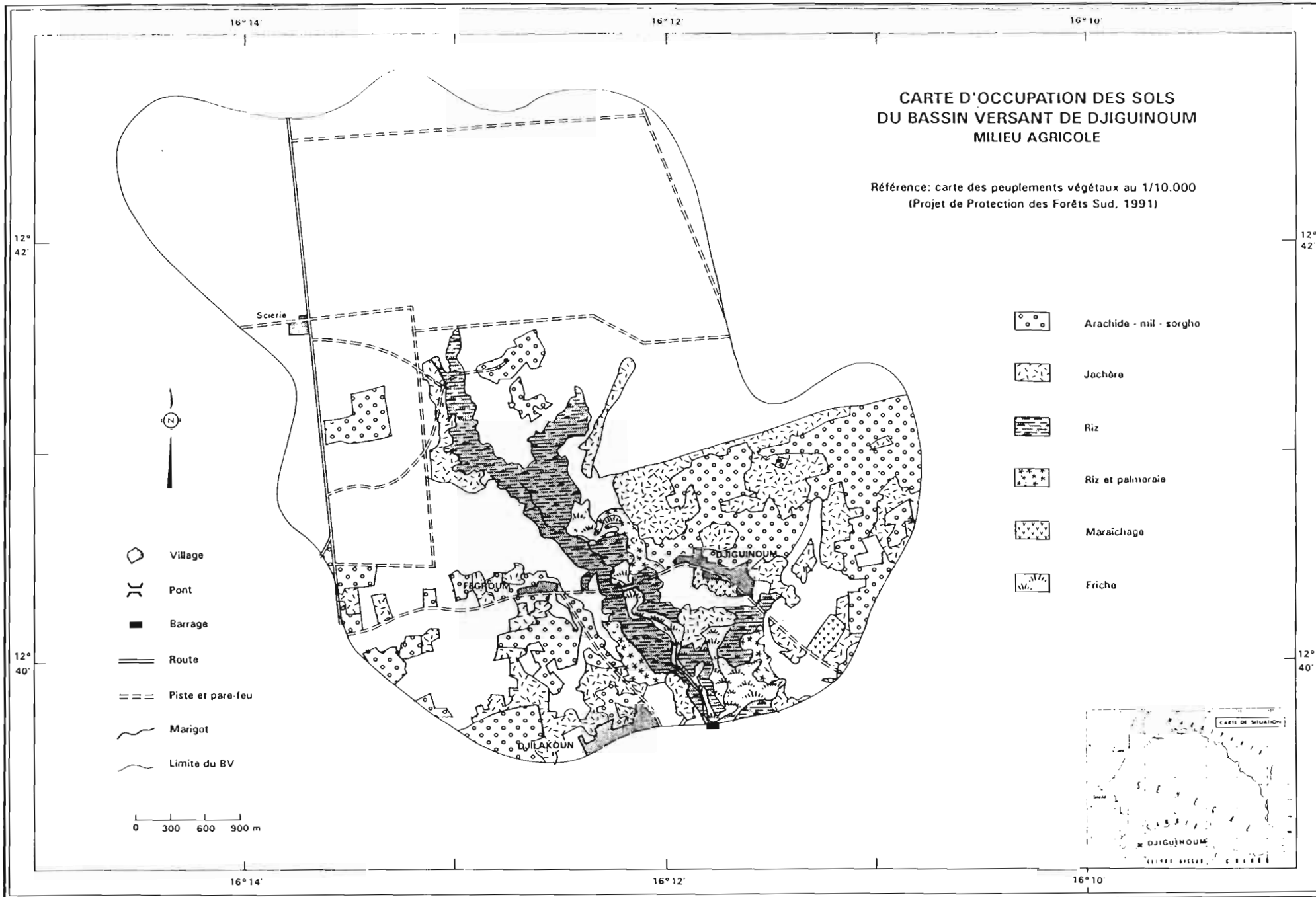
La répartition spatiale de ces diverses spéculations agricoles est visualisée sur la carte ci-après. Les surfaces cultivées sont indiquées dans le tableau 3.

Tableau 4:

| | Superficie (ha) | Taux (%) |
|---------------------|--------------------|-------------|
| Arachide-mil-sorgho | 298.8 | 11.6 |
| Jachère | 252.0 | 9.8 |
| Riz | 144.9 | |
| Riz sous palmeraie | 26.1 | 171.0 |
| 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.

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 a inclus cette surface dans la rubrique plantation du domaine forestier.



2. LA PROSPECTION PEDOLOGIQUE

2.1. La démarche suivie

Elle 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.4). Les observations des profils ont permis de faire un lien entre la topographie et 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 4). En reprenant les termes de BRABANT, 1991, cette toposéquence constitue 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.

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 globale du bassin versant.

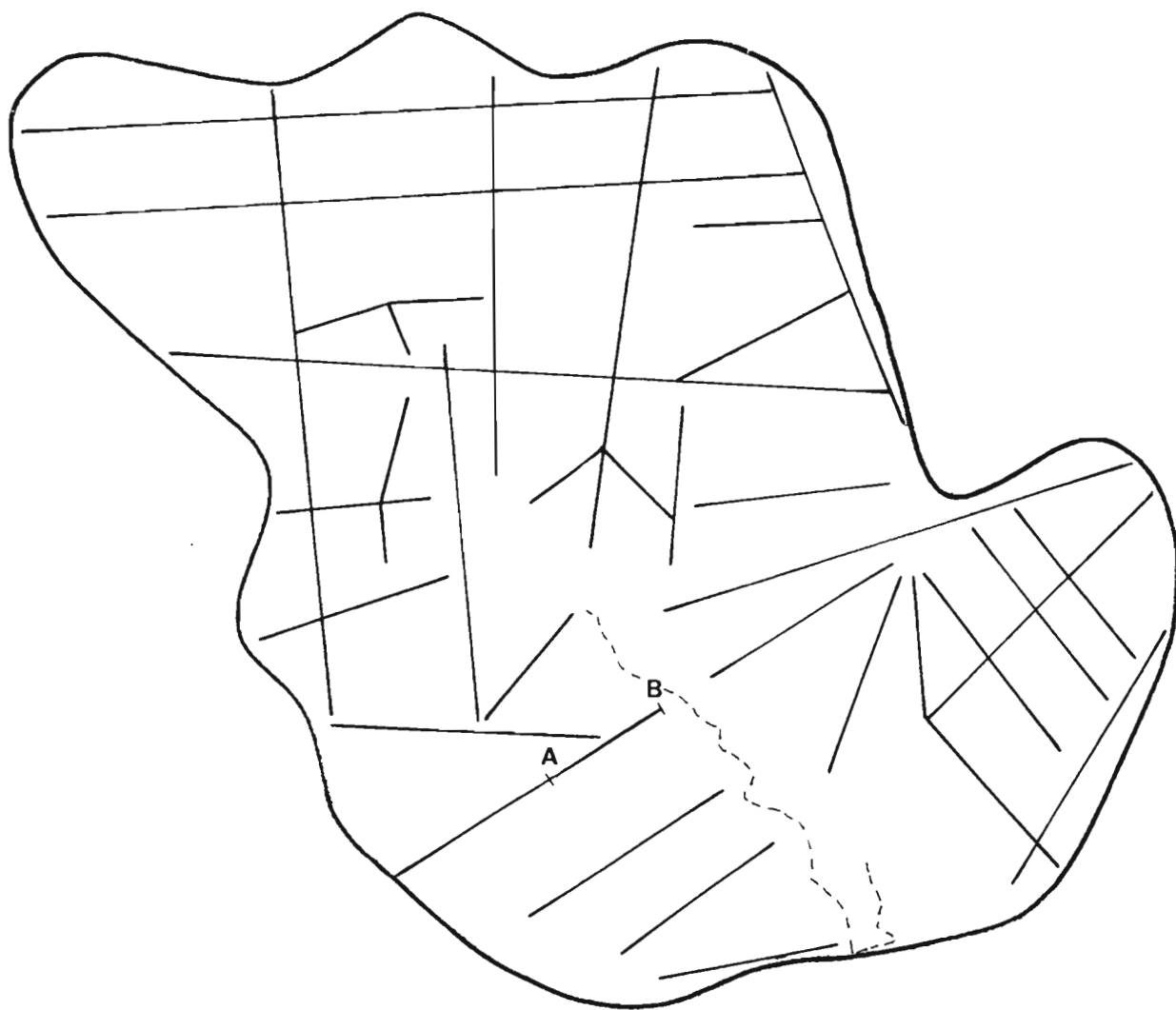
2.2. Les travaux de terrain

Ils 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 les formations plus profondes. L'investigation est rapidement stoppée par un niveau ferrugineux induré, impénétrable à la tarière, 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. Une

Figure 4: Localisation des toposéquences étudiées dans le bassin versant de DJIGUINOUM



A B Toposéquence de FEGROUM

ancienne carrière de latérite, située en bordure sud-ouest du bassin versant, a permis l'observation du niveau ferrugineux induré.

Les documents de base 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). Etant de très bonne qualité, celle-ci nous a permis de mieux accéder aux zones forestières et de s'y repérer avec plus de précision.

3. L'ORGANISATION GENERALE DES SOLS

La toposéquence de FEGROUM est présentée sur la figure 5. Elle s'étend sur 1250 m pour une dénivellée d'environ 20 m. Elle longe la piste allant à ZIGUINCHOR et se trouve à proximité du village de DJIGUINOUM-FEGROUM. Son orientation est approximativement sud-ouest nord-est. La pente est peu forte (environ 3 %). On note une petite rupture de pente dans le bas du versant avant le raccordement avec le bas-fond. La partie supérieure de la toposéquence se situe en bordure du plateau qui culmine à 25 m et qui s'étend sur environ 1 km. Un levé topographique a été effectué en prenant comme cote de référence le radier du barrage anti-sel (cote zéro).

3.1. Les profils observés

Le long de la toposéquence, 12 profils ont été ouverts en adoptant la méthode BOULET et al. (1982) afin de déterminer les transitions. Les profils les plus représentatifs sont décrits en détail en allant du plateau vers le bas-fond.

* Profil P11:

Situation: en bordure de plateau sur la partie convexe du versant; alt. 15.7 m; légère pente (1 %).

Végétation: repousses d'adventices (*Icacina senegalensis*) avec résidus de cultures (pailles de mil); quelques arbres épars (*Elaeis guinensis*).

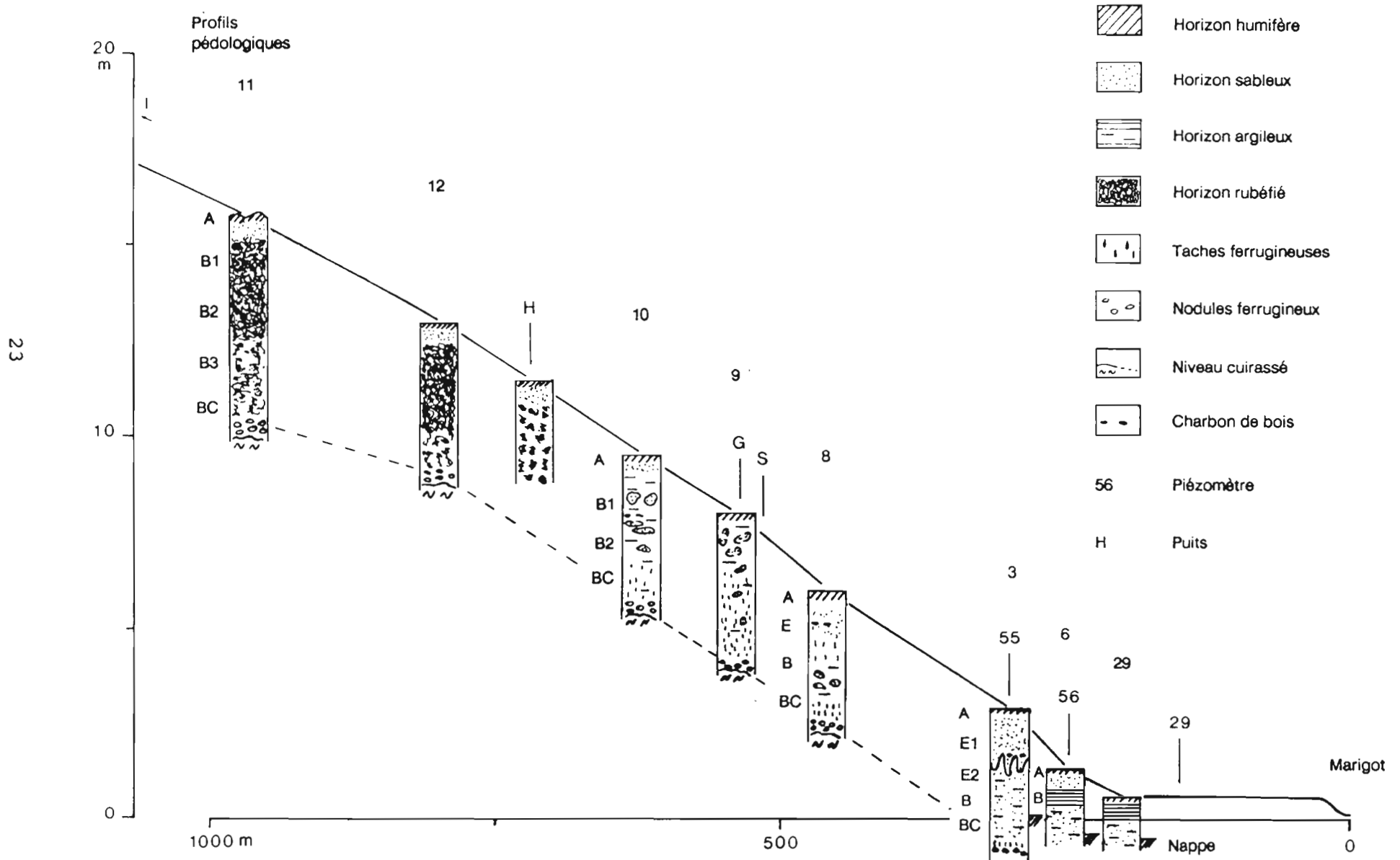
Utilisation: cultures associées arachide - mil

Microrelief: bosselé en raison du billonnage (hauteur moyenne des billons 10 cm).

Surface: recouvrement sableux dans l'interbillon et légère croûte de dessiccation sur le billon.

Date de la description: 11/4/90.

Figure 5: Toposéquence FEGROUM



0-20 cm: Horizon humifère. Sec. Brun (7.5 YR 5/4), brun rouge (5 YR 4/4) en humide, couleur homogène; Structure litée liée à l'activité anthropique, à débit faiblement polyédrique. Sablo-argileux. Grains de quartz blanchis et incrustés d'oxyde de fer rouille, de taille variable. Compact. Très forte activité mésofaunique avec remaniements localisés (cavités, coprolithes). Quelques charbon de bois. Quelques racines fines verticales et horizontales, plus dense sous les anciens billons.

20-50 cm: Horizon AB. de transition, faiblement organique. Sec. Sablo-argileux. Structure massive à débit polyédrique peu exprimé. Friable et cohésion moyenne. Porosité d'origine biologique importante. Transition progressive diffuse.

50-80 cm: Horizon B1. Sec. Rouge (2.5 YR 5/8, 2.5 YR 4/6 en humide). Compact. Structure massive à sous-structure grenue fine. Aspect particulière des agrégats (pseudo-sables ou micro-agrégats). Argilo-sableux. Présence de quelques grains de quartz blanchis, de petite taille, noyés dans un ciment argileux riche en oxyde de fer rouge. Porosité interagrégats fine et importante. Activité mésofaunique importante (cavités creuses ou comblées, taille cm à dm, connectées à un réseau de pores tubulaires). Plastique, collant après écrasement des agrégats (surtout en humide), peu fragile. Transition diffuse sans contraste.

80- 280 cm: Horizon B2. Sec à frais. Généralisation de la structure microgrenue. Les agrégats s'écrasent aisément sous la pression des doigts contribuant à la sensation de légèreté du matériau. La texture argilo-sableuse apparaît nettement après malaxage. Activité mésofaunique très importante au dessus d'1 m. Fentes de retrait entre le matériau et les cavités comblées créant des espaces privilégiés pour le cheminement racinaire. Transition diffuse sans contraste.

280-430 cm: Horizon B3. Frais. Matériau devenant hétérogène par l'apparition de petits volumes blanchis, aux contours très diffus. Ils s'individualisent mieux vers la base et leur nombre augmente. Ces volumes contiennent des quartz bien lavés maintenus en cohésion par un ciment argileux. Porosité intersticielle élevée. Friable. Transition diffuse sans contraste.

430-520 cm: Horizon BC. Frais. Proportion équivalente de volumes blancs et rouges. Sablo-argileux. Disposition des différents volumes en lits superposés selon un réseau continu. Friable

520-560 cm: Apparition de nodules indurés ferrugineux noyés dans un matériau argilo-sableux blanc. Taille mm au cm. De couleur rouge violacé, ces nodules sont soit bien individualisés, soit délimités par des contours diffus (la coloration passe du rouge au jaune rouille). Passage à un niveau induré ferrugineux compact.

* Profil P10:

Situation: partie supérieure du versant, à environ 300 m de P11; alt. 9.5 m; légère pente (1.5 %).

Végétation: strate arborée peu dense (*Eleais guinensis*, *Adansonia digitata*); strate herbacée prostrée.

Utilisation: cultivé en mil en association avec des arbres fruitiers (manguiers et citronniers).

Microrelief: bosselé en raison du billonnage (billons fortement émoussés, hauteur quelques cm).

Surface: recouvrement sableux pulvérulent dans l'interbillon et légère croûte de dessiccation sur le billon; nombreux débris végétaux (résidus de mil non décomposés, quelques troncs épars).

Date de la description: 11/4/90.

0-12 cm: Horizon humifère. Sec. Brun (7.5 YR 5/2), brun foncé (7.5 YR 4/2) en humide, couleur homogène; Structure litée liée à l'activité anthropique. Sablo-argileux. Compact. Activité mésofaunique. Quelques racines herbacées horizontales associées à d'anciennes racines ligneuses décomposées.

12-35 cm: Horizon AB. Sec. Brun ocre (7.5 YR 5/6), rouge jaunâtre (5 YR 4/6) en humide. Structure massive à débit particulaire. Sableux à sablo-argileux. Peu compact. Forte porosité à tendance sub-horizontale. Activité mésofaunique. Présence diffuse de matière organique. Transition progressive sans contraste.

35-95 cm: Horizon B1. Sec. Jaune rougeâtre (7.5 YR 6/6), rouge jaunâtre (5 YR 5/8) en humide. Assez compact. Structure massive avec agrégation du squelette quartzeux. Aspect particulaire des agrégats (pseudo-sables ou micro-agrégats). Sablo-argileux. Remaniements importants du matériau liés à l'activité mésofaunique (termites).

95-245 cm: Horizon B2. Sec. Ensemble jaune rougeâtre (7.5 YR 6/6). Structure massive à sous-structure pseudo-particulaire (micro-agrégats). Texture devenant progressivement argilo-sableuse. Forte porosité tubulaire d'origine mésofaunique. Porosité interagrégats avec une orientation horizontale marquée. Très compact. Des volumes blanchis, de forme irrégulière et aux contours peu nets sont distribués dans tout l'horizon. Il s'agit de grains de quartz lavés, émoussés, de taille variable. Présence d'un lit de charbon de bois à 160 cm, épaisseur quelques cm.

245-355 cm: Horizon BC. Sec à frais. Volumes rouges (2.5 YR 5/8 en sec) assez bien individualisés dans un matériau argilo-sableux à sablo-argileux gris-blanc (10 YR 7/2 en sec), friables, présentant une auréole diffuse jaune rouille (7.5 YR 5/8 en sec). Leur nombre augmente avec la profondeur. Aspect rubanné.

355-395 cm: Frais. Volumes indurés ferrugineux rouge brique devenant de plus en plus gros (mm au cm) associés à des volumes rouges friables très nombreux. Passage à un niveau induré ferrugineux compact.

* Profil P9:

Situation: au milieu du versant, à 75 m de P10; alt. 7.9 m; légère pente (2 %)

Végétation: strate herbacée prostrée peu couvrante avec quelques andropogonacées; à proximité d'un baobab.

Utilisation: ancienne jachère sous verger mixte, peu entretenu (goyaviers, manguiers, orangers, citronniers).

Microrelief: légèrement bosselé, traces d'anciens billons.

Surface: recouvrement sableux.

Date de la description: 10/4/90.

0-17 cm: Horizon humifère. Sec. Brun (7.5 YR 5/2), brun foncé (7.5 YR 4/2) en humide. Structure lamellaire d'origine anthropique à débit particulaire (faible cohésion des sables). Texture sableuse à sablo-argileuse. Compact. Forte activité mésofaunique. Porosité vacuolaire et tubulaire de taille variable. Racines de taille diverse. Transition peu distincte.

17-55 cm: Horizon AB. Sec. Brun clair (7.5 YR 6/4) avec des nuances grisâtres. Quelques volumes humifères diffus. Structure massive à débit particulaire ou polyédrique. Sableux à sablo-argileux. Peu compact. Forte porosité intersticielle à tendance sub-horizontale. Activité mésofaunique. Présence diffuse de matière organique. Transition progressive sans contraste.

55-90 cm: Horizon B1. Sec. La coloration brun clair (7.5 YR 6/4) s'éclaircit progressivement (10 YR 6/4). Cette couleur brun jaunâtre clair (dénommée aussi beige) est hétérogène car des volumes blanchis se répartissent irrégulièrement en dominant vers la base (aspect plus pulvérulent). Assez compact. Structure massive à débit polyédrique grossier et peu exprimé. Sablo-argileux. Remaniements importants du matériau liés à l'activité mésofaunique (termites). Transition diffuse sans contraste.

90-275 cm: Horizon B2. Sec. Apparition de volumes ocre-rouille (7.5 YR 5/8) aux contours diffus et irréguliers sur un fond beige plus clair (10 YR 7/3). Ces volumes tendent à se généraliser vers la base en prenant des nuances diverses: jaune rougeâtre (7.5 YR 6/6), rouge clair ou rosé (2.5 YR 6/6). Compact. Structure massive à sous-structure polyédrique peu exprimée. Texture devenant progressivement argilo-sableuse. Forte porosité diminuant nettement vers la base. Activité mésofaunique visible jusqu'à 1.20 m.

275-375 cm: Horizon BC. Sec à frais. Matériau argilo-sableux gris-blanc (10 YR 7/2 en sec), assez friable, présentant des volumes jaune rouille (7.5 YR 5/8) aux contours diffus. Ces volumes constituent un réseau continu qui donne à l'ensemble un aspect rubanné.

375-395 cm: Frais. Volumes indurés ferrugineux rouge foncé (10 R 3/6) à rouge jaunâtre (5 YR 4/6), concrétionnés, devenant de plus en plus gros (mm au cm. Ils contrastent avec la matrice gris clair (10 YR 7/2), argilo-sableuse. Passage à un niveau induré ferrugineux compact.

* Profil P8:

Situation: partie inférieure du versant à 75 m de P9; alt. 6 m; légère pente (2 %)

Végétation: en bordure d'une zone forestière claire; quelques arbres isolés (ronier, caïlcédrat, baobab); strate herbacée composée surtout d'andropogonacées.

Utilisation: en friche.

Microrelief: peu exprimé.

Surface: recouvrement sableux; troncs et branches au sol, tapis de feuilles mortes et de pailles diverses.

Date de la description: 11/4/90.

0-30 cm: Horizon humifère. Sec. Gris (10 YR 5/1), brun grisâtre foncé (10 YR 4/2) en humide. Structure massive à sous-structure polyédrique peu développée. Texture sablo-limoneuse. Compact. Peu d'activité mésofaunique. Chevelu racinaire peu dense. Transition peu distincte.

30-95 cm: Horizon E. Sec. Gris brunâtre clair (10 YR 6/2), brun pâle (10 YR 6/3) en humide. Structure massive à débit particulière. Texture sableuse. Assez peu compact. Friable, donnant un aspect pulvérulent au toucher en sec. Porosité sub-horizontale forte. Présence d'un lit de charbon de bois discontinu à 90 cm, sur une épaisseur de 10 cm. Quelques cavités mésofauniques. Transition progressive sans contraste.

95-240 cm: Horizon B. Sec à frais. Gris clair (10 YR 7/2), brun très pâle (10 YR 7/3) en humide. Structure massive à débit polyédrique peu exprimé. Sablo-argileux à argilo-sableux. Compact. Présence de volumes très diffus, de couleur jaunâtre. Transition diffuse.

240-360 cm: Horizon BC. Frais. Gris (10 YR 6/1), hétérogène car des volumes plus clairs se répartissent en couches superposées. Argilo-sableux. Apparition de volumes rouille à la base, aux contours diffus s'individualisant progressivement.

360-370 cm: Frais. Volumes indurés ferrugineux mêlés à la matrice argilo-sableuse. Passage à un niveau induré ferrugineux compact.

* Profil P3:

Situation: partie inférieure du versant, sur un replat, en bordure d'une zone d'écoulement en nappe; alt. 2.9 m; pente régulière (2.5%).
Végétation: à l'orée d'une forêt galerie composée principalement de palmiers à huile (*Elaeis Guinensis*); strate herbacée rampante, en plaques couvrant 30 % de la surface; quelques rejets après ancien brûlis.

Utilisation: en friche.

Microrelief: absence.

Surface: recouvrement sableux; présence de deux termitières à environ 10 m; nombreuses galeries de fourmis.

Date de la description: 5/4/90.

0-37 cm: Horizon humifère. Sec. Gris (10 YR 5/1), brun gris foncé (10 YR 3/2) en humide; Structure d'ensemble massive à sous-structure polyédrique peu exprimée (agrégats millimétriques); en surface sur 2 cm structure lamellaire d'origine anthropique à débit particulière (faible cohésion des sables). Sable limoneux. Compact. Quelques cavités d'origine faunique. Racines ligneuses horizontales de tailles diverses (mm au cm); quelques racines herbacées verticales. Transition progressive.

37-90 cm: Horizon E1. Sec. Blanc (10 YR 8/1), gris clair (10 YR 7/2) en humide. Structure particulière, poudreuse; grains de quartz arrondis, translucides, de taille variable, sans cohésion. Sableux. Meuble. Forte porosité à orientation sub-horizontale privilégiée. Activité mésofaunique importante jusqu'à 140 cm créant une porosité tubulaire. Quelques racines ligneuse (mm au cm). Transition progressive sans contraste.

90-140 cm: Horizon E2. Sec. Mêmes caractéristiques d'ensemble que l'horizon supérieur. Assez compact particulièrement entre 62 et 72 cm. Volumes rouille aux contours diffus associés irrégulièrement aux volumes blancs dominants; taille mm au cm. Lit de charbon de bois à 125 cm. Transition nette et irrégulière.

140-280 cm: Horizon B. Sec à frais. Brun très clair (10 YR 7/3), brun clair (10 YR 6/3) en humide. Structure massive. Des langues de pénétration de l'horizon supérieur sont visibles sur plusieurs dizaines de cm (largeur des glosses d'environ quelques cm). Texture sablo-argileuse à argilo-sableuse.

280-420 cm: Horizon BC. Humide à très humide. Gris (10 YR 6/1). Argilo-sableux. Volumes rouille entre 370 et 380 cm associés à des nodules indurés ferrugineux.

Nappe phréatique à 2.80 m, pH=4.5, CE=0.4 dS/m.

* Profil P6:

Situation: dans la partie inférieure du versant à la limite avec le bas-fond; alt. 1.4 m; pente de 2 %.

Végétation: forêt galerie à palmiers dominants; strate arbustive dense; tapis herbacé peu dense avec quelques andropogonacées.

Utilisation: cueillette de fruits et collecte de vin de palme.

Microrelief: absence.

Surface: recouvrement sableux; tapis de feuilles et de tiges non décomposées; feuilles de palmiers jonchant le sol par endroit.

Date de la description: 12/4/90.

0-10 cm: Horizon humifère. Sec. Gris (10 YR 4/1). Structure d'ensemble massive à sous-structure polyédrique peu nette; en surface sur 2 cm structure lamellaire d'origine anthropique sous une croûte de dessiccation friable. Argilo-sableux. Compact. Quelques racines ligneuses horizontales de petite taille (mm). Transition assez nette.

10-60 cm: Horizon AB. Sec. Gris clair (10 YR 7/1) devenant plus foncé à la base (10 YR 4/2). Structure prismatique (quelques cm à dm) à débit polyédrique (cm). Argilo-sableux. Très compact. Forte porosité ouverte à orientation sub-horizontale privilégiée. Nombreux volumes blanchis. Nombreuses racines horizontales de taille diverses (mm à quelques cm). Charbon de bois à 50 cm.

60-100 cm: Horizon B1. Frais. Brun (10 YR 3/3). Sablo-argileux. Peu cohérent. Forte porosité ouverte. Argile associée à de la matière organique bien décomposée favorisant une structure grumeleuse. Nombreux grains de quartz blanchis formant des volumes individualisés. Quelques racines mal décomposées. pH=3.4. Transition nette.

100-150 cm: Horizon B2. Frais à humide. Brun très clair (10 YR 7/3). Structure massive à sous-structure polyédrique; aspect lité. Sablo-argileux. Nombreuses racines vivantes, de taille diverses (mm à cm) à orientation surtout verticale. Nombreux débris organiques très peu décomposés (probablement de palétuviers). Forte porosité. pH=3.9 et 4.1 respectivement dans la partie supérieure et inférieure. Odeur soufrée forte. Transition nette.

150-190 cm: Horizon BC. Humide à très humide. Gris clair (10 YR 7/2). Structure massive à débit particulaire; aspect lité. Argilo-sableux. Forte porosité. pH=4.

Nappe phréatique à 1.70 m, pH=4, CE=3.1 dS/m.

* Profil P29:

Situation: dans le bas-fond; à 50 m de P6; alt. 0.5 m; pente nulle.
Végétation: tapis herbacé couvrant le sol avec espèces rampantes dominantes.

Utilisation: en friche.

Microrelief: légèrement bosselé.

Surface: moquette salée entre les touffes herbacées.

Date de la description: 14/4/90.

0-10 cm: Horizon humifère. Sec. Gris foncé (10 YR 4/1). Structure prismatique (cm à quelques cm) à débit polyédrique peu net. Argilo-sableux. Compact. Quelques racines herbacées fines. Transition assez nette.

10-40 cm: Horizon AB. Sec. Gris clair (10 YR 7/1). Structure prismatique (quelques cm à dm) à débit polyédrique bien net (cm). Argilo-sableux. Compact. Petits volumes sableux blanchis pris dans la masse argileuse. Transition assez nette.

40-60 cm: Horizon B. Frais à humide. Brun (10 YR 3/3). Structure grumeleuse; aspect marbré avec imbrication de lits argileux et sableux. Argilo-sableux. Peu cohérent. Forte porosité ouverte. Transition nette.

60-140 cm: Horizon BC. Frais à humide. Brun très clair (10 YR 7/3). Structure massive à débit particulière; aspect lité. Argilo-sableux. Forte porosité. Boulant.

Nappe phréatique à 1.05 m, pH=3.4, CE non mesurée, mais comprise entre 4 et 25 dS/m.

3.2. Observations sur la cuirasse ferrugineuse

Elles viennent compléter indirectement les descriptions précédentes et ont été effectuées d'une part sur le plateau et d'autre part dans le bas-fond.

* La carrière étudiée est située sur l'ancienne route menant à l'embarcadère pour Ziguinchor, à environ 1.5 km à l'ouest du village de Djilakoun. Elle est placée dans la zone de raccordement entre le plateau et le bas de versant, à environ 500 m en amont des premières rizières.

Sur une des coupes verticales encore bien nette, on distingue du haut vers le bas:

- un niveau supérieur occupé par un sol rouge de transition (couleur tirant sur l'orangé beige). Sa profondeur est difficile à évaluer tant les abords de la carrière sont chahutés: on l'estimera entre 1 et 2 m.

- succède, par une transition bien marquée, un niveau présentant de nombreux volumes ferruginisés indurés (forme irrégulière et taille des concrétions allant du mm au cm), liés entre eux par une matrice de couleur rouge et de texture argilo-sableuse. L'ensemble comporte de nombreux vides. Des zones localement plus claires indiquent des circulations d'eau préférentielles dans ce niveau induré. La puissance de celui-ci est comprise entre 1 et 1.5 m. Il est intéressant de constater que le toit de la cuirasse est rarement horizontal et qu'il existe une grande hétérogénéité verticale liée à des discordances locales: on observe ainsi des sortes de poches de dimension métrique ayant un faciès bien différencié (coloration plus foncée, densité de concrétions plus forte).

- sous ce niveau nodulaire, apparaissent des volumes blancs grisâtres associés à des volumes rouille peu individualisés: il s'agit sans doute d'un niveau entièrement lavé par la circulation latérale des eaux de nappe; l'ensemble est assez friable et sa puissance est inférieure au mètre.

- ce dernier niveau repose sur des blocs de grès ferruginisés ayant une taille décimétrique, une forme irrégulière parfois arrondie et une couleur rouille sombre.

* un profil a été observé dans le bas-fond de Djiguinoum près du village de Djilakoun, à 20 m en amont de la digue anti-sel sur la rive droite. Ce profil est pratiquement à la même latitude que la carrière précédente.

Une description rapide montre les faits suivants:

- de 0 à 35 cm: sous une fine pellicule poussiéreuse et salée ("moquette"), horizon humifère, de couleur brun foncé, massif, présentant des traits de redistribution du fer sur les parois des agrégats et dans les anciens chenaux racinaires,

- de 35 à 70/80 cm: horizon argilo-sableux, gris clair, de plus en plus argileux en profondeur; disposition irrégulière en lits des volumes argileux et sableux; traces de jarosite dans la partie inférieure,

- de 70/80 à 100 cm: horizon gris foncé bleuté (gley), argilo-sableux; présence généralisée de jarosite dans les anciens chenaux racinaires qui se continuent dans les horizons supérieur et inférieur; présence de quelques volumes noirs (charbon de bois),

- de 100 à 140 cm (niveau de la nappe): présence généralisée de nodules ferruginisés individualisés, légèrement arrondis, peu indurés et de couleur ocre jaune; ces éléments sont abondants et noyés dans un matrice argilo-sableuse grise; présence de racines (palétuviers) non dégradées.

Il semblerait que la cuirasse ferrugineuse du plateau plonge directement sous les sédiments fluviomarins et qu'elle soit relativement bien conservée en milieu hydromorphe. Pour confirmer cette même appartenance, il serait instructif de comparer ces nodules avec ceux que l'on observe à la base des sols du plateau.

3.3. Interprétation analytique

Les résultats analytiques des profils décrits précédemment sont mentionnés en annexe. Pour le profil P11, toutes les analyses n'ont pu être réalisées au laboratoire de manière satisfaisante. On se réfèrera au profil P1 ou P2 situé un peu plus en amont sur la toposéquence (à environ 300 m de P11 pour P2 et 1200 m pour P1): ils présentent les mêmes caractéristiques morphologiques.

* la granulométrie:

La figure 6 indique la répartition verticale du taux d'argile dans les principaux profils de la toposéquence de FEGROUM. On remarque la très nette différenciation entre les profils situés sur le plateau et ceux localisés sur le versant. La perte en éléments fins se fait selon un gradient latéral. L'horizon éluvié du profil P3 est bien marqué. Le profil P6 montre un enrichissement en argile en surface (colluvionnement).

Nous avons affiné la granulométrie en nous intéressant à la fraction sableuse des différents profils selon plusieurs profondeurs (cf en annexe). Les figures 7 et 8 illustrent les résultats obtenus soit à partir des courbes de répartition par classes de granulométrie, soit à partir des courbes cumulées.

Il ressort d'un premier examen de ces courbes que l'allure est sensiblement la même sur l'ensemble de la séquence. La distribution des particules est bi-modale. La classe 0.125-0.160 mm domine partout avec des teneurs comprises entre 20 et 35 %.

* l'acidité:

Le pH est nettement acide (entre 4 et 5) pour tous les profils hormis P2 où les valeurs sont supérieures à 6. Il existe une acidité potentielle généralement modérée pouvant devenir forte localement (en surface pour P1, P10 et P3 ou en profondeur pour P6 et P29).

* le complexe d'échange

La CEC est faible (<5 méq/100g) sur l'ensemble de la séquence: les argiles 1/1 de type kaolinite caractérisent ces sols. On notera des valeurs quasi-nulles dans l'horizon éluvié de P3.

Le complexe n'est jamais saturé et les bases échangeables sont en faible quantité. Le taux de saturation est inférieur à 40% pour P1 sur le plateau ainsi que pour P8 et P3 dans le bas de versant. Il en est supérieur pour les profils intermédiaires P10 (dans le premier mètre) et P9 (sur l'ensemble du profil). Il est variable pour les autres profils. On notera des valeurs très élevées (entre 70 et 90%)

Figure 6: Distribution verticale de la teneur en argile de quelques profils de la toposéquence de FEGROUM

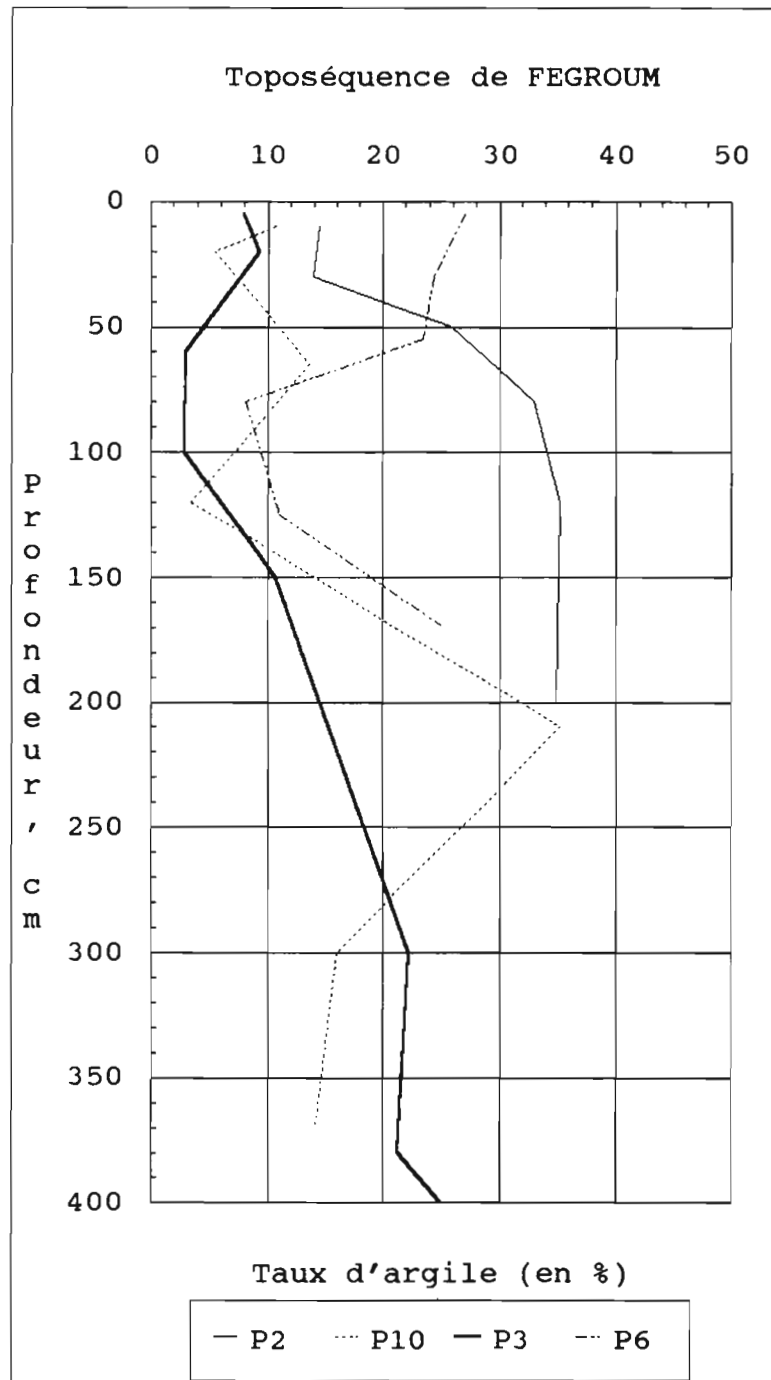
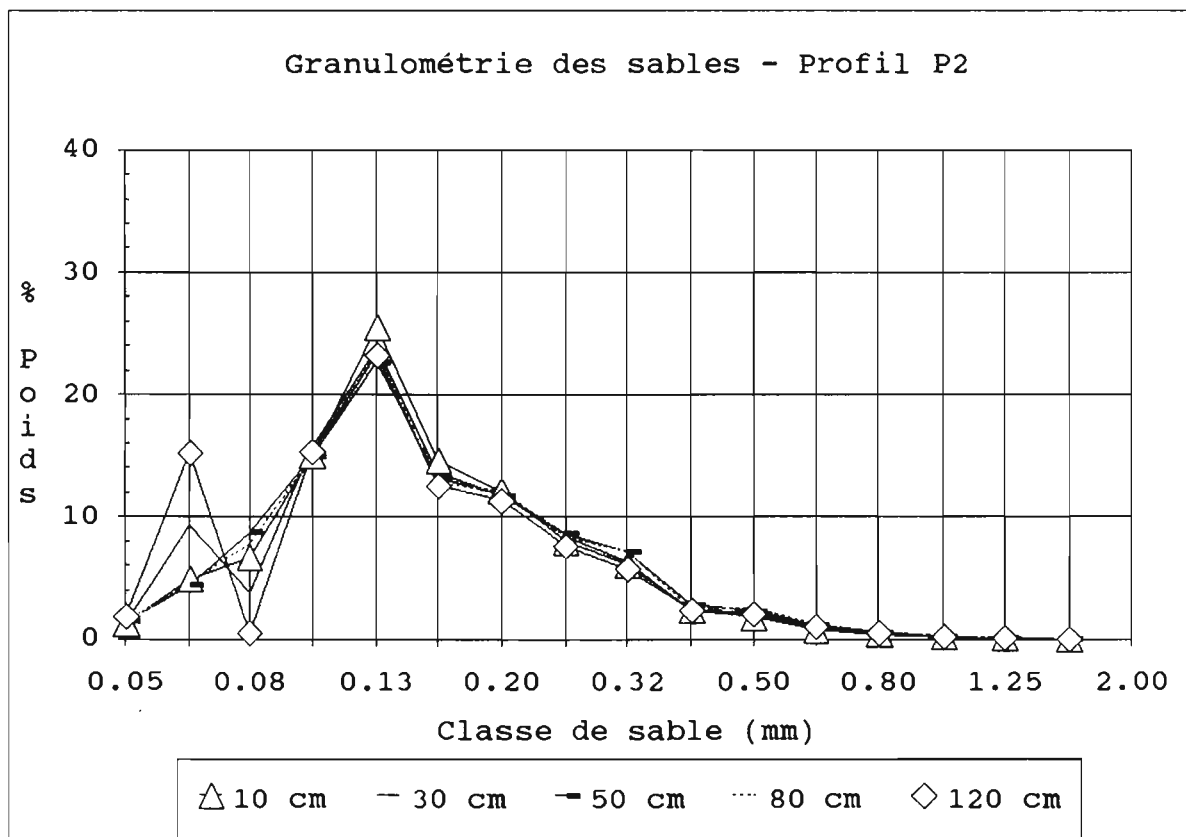
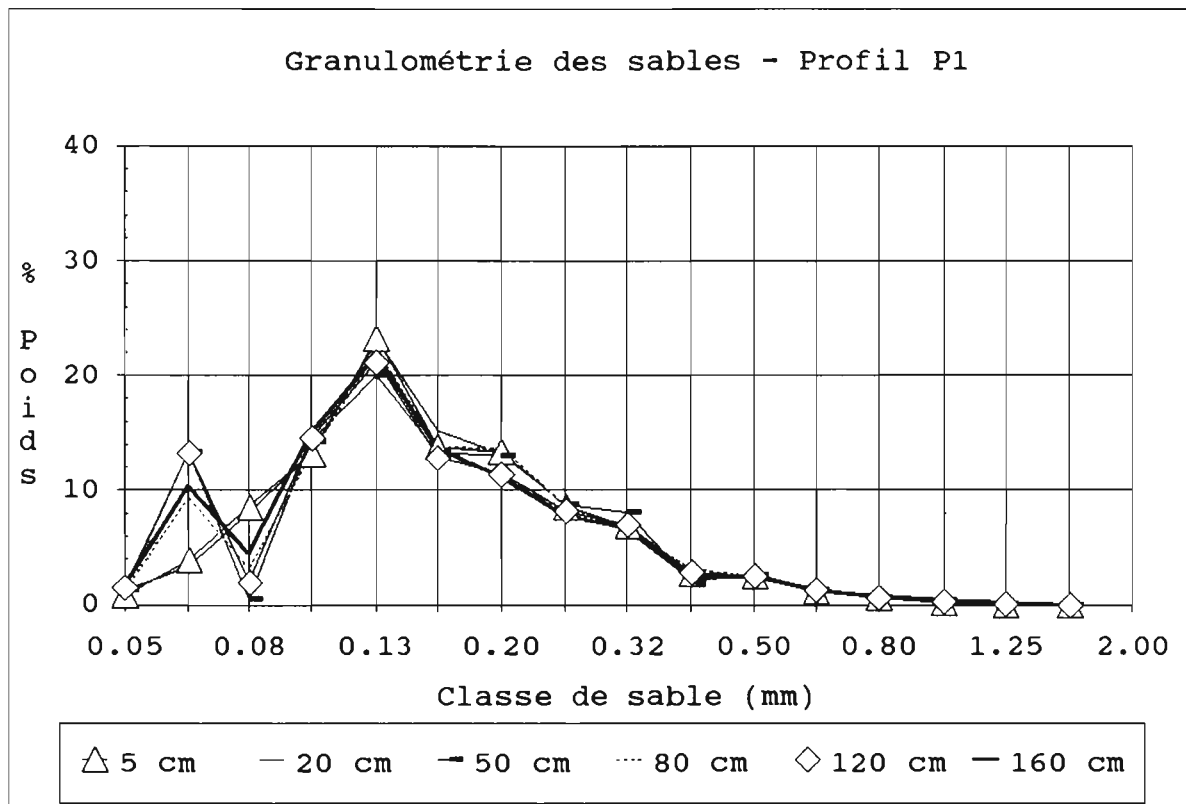
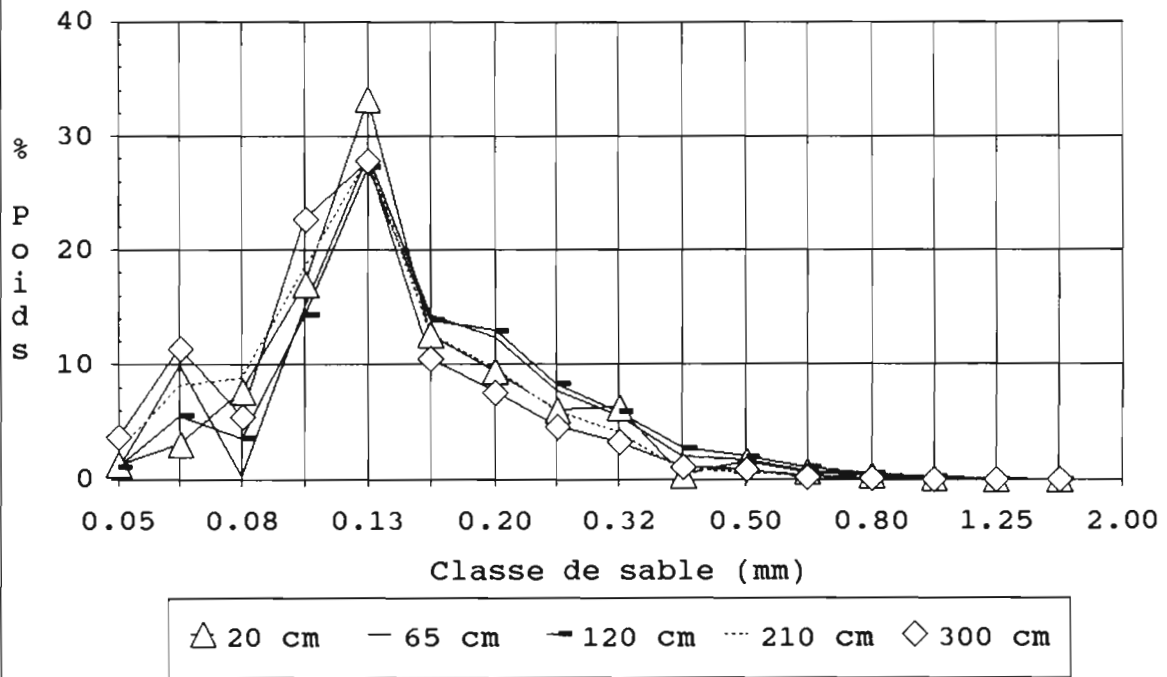


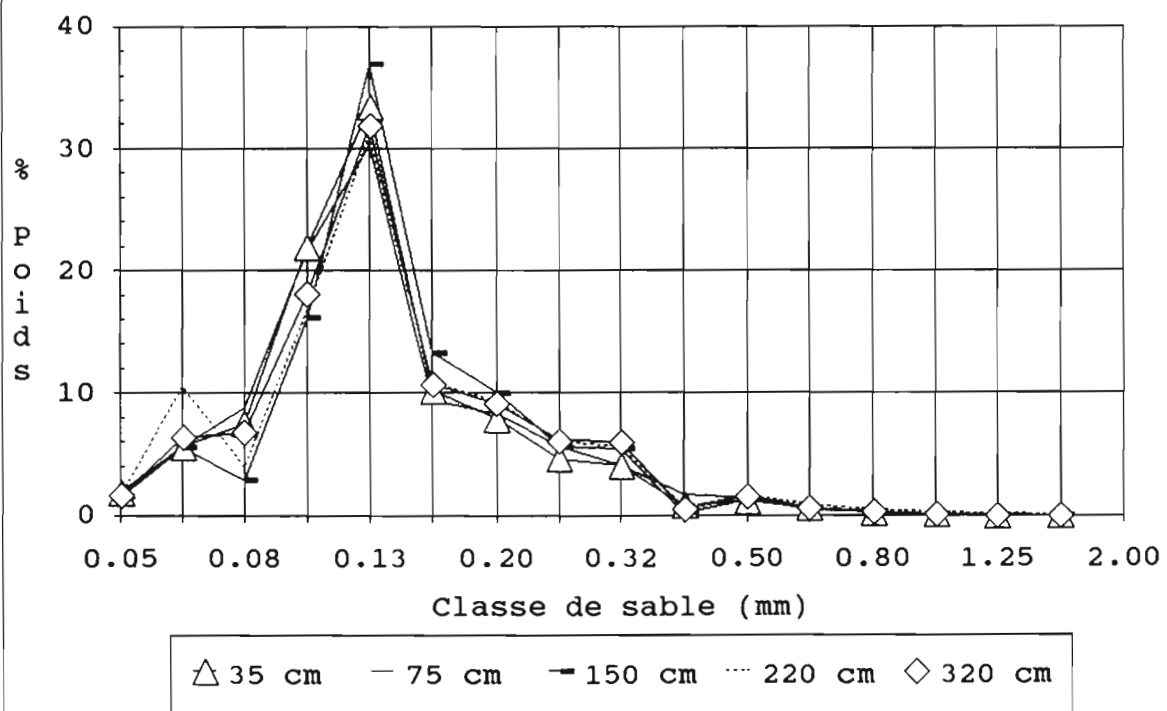
Figure 7: Granulométrie des sables pour différents profils de la toposéquence de FEGROUM: courbes de répartition



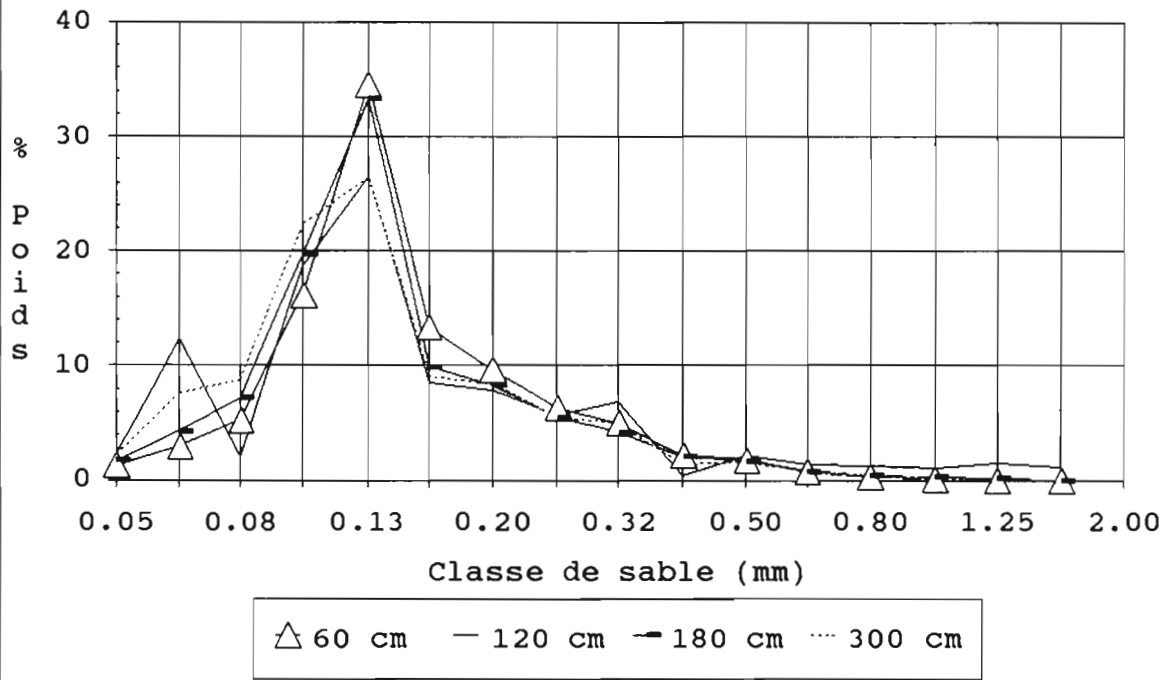
Granulométrie des sables - Profil P10



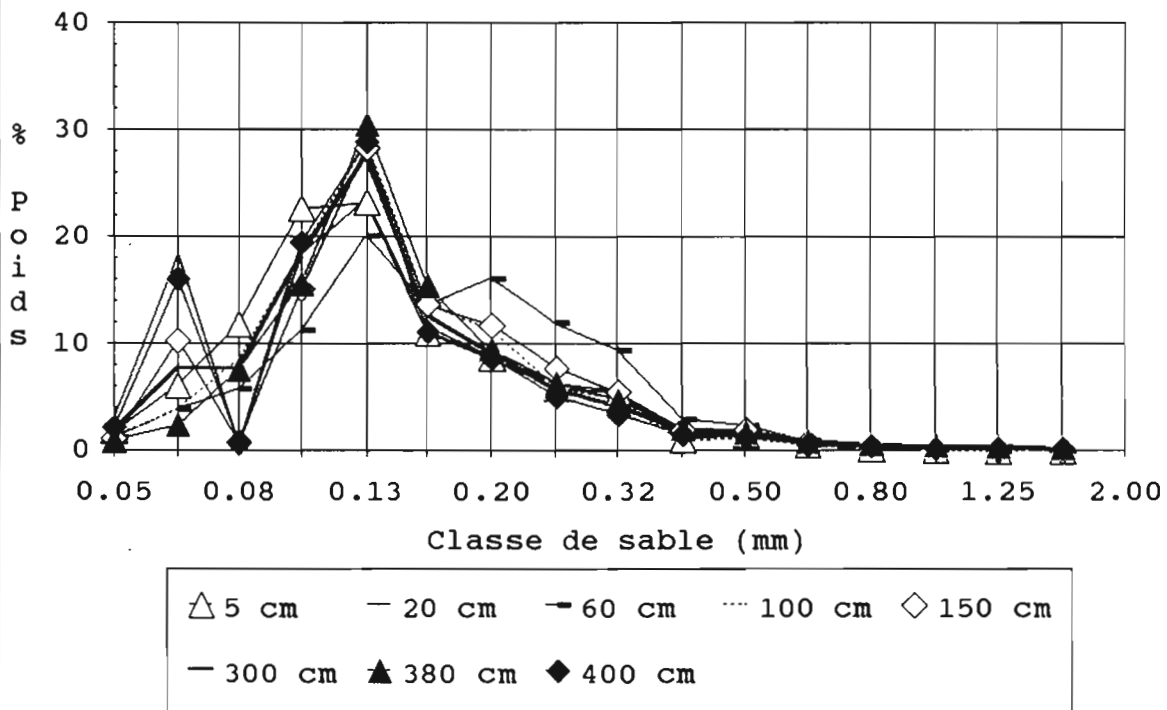
Granulométrie des sables - Profil 9



Granulométrie des sables - Profil P8



Granulométrie des sables - Profil P3



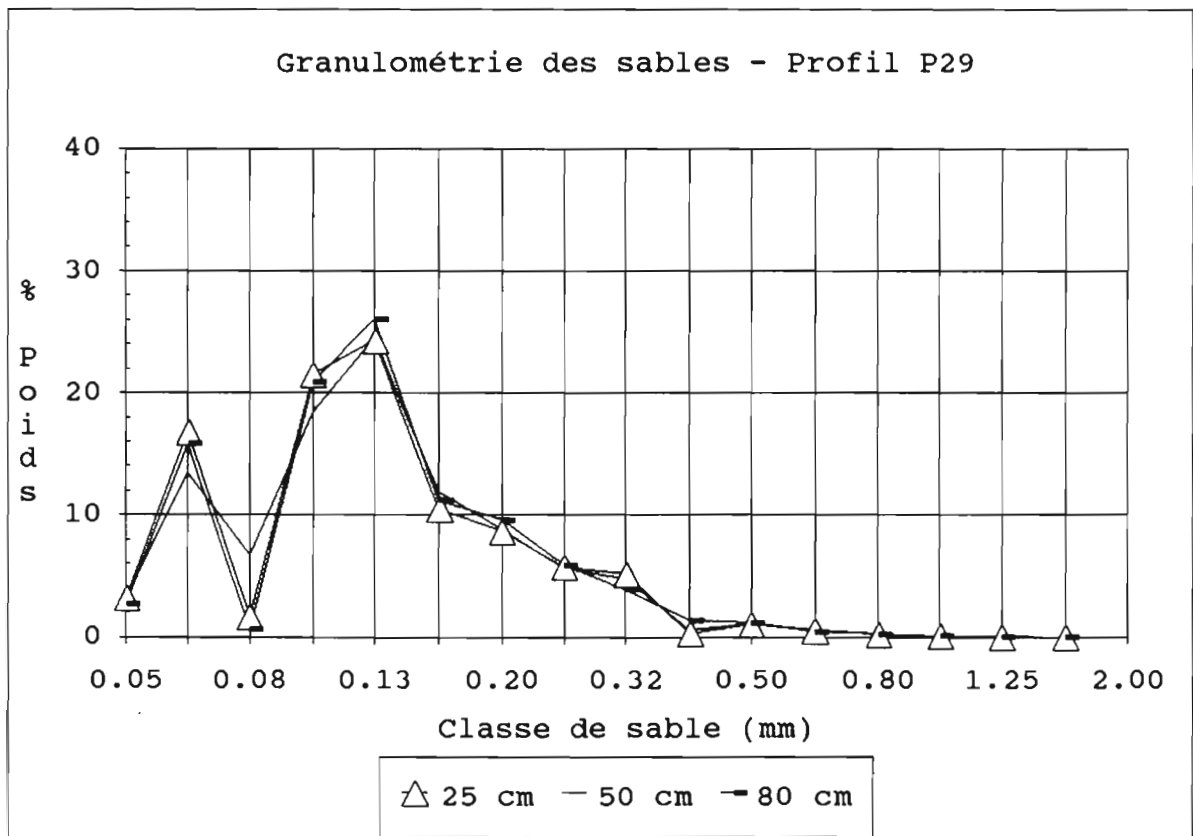
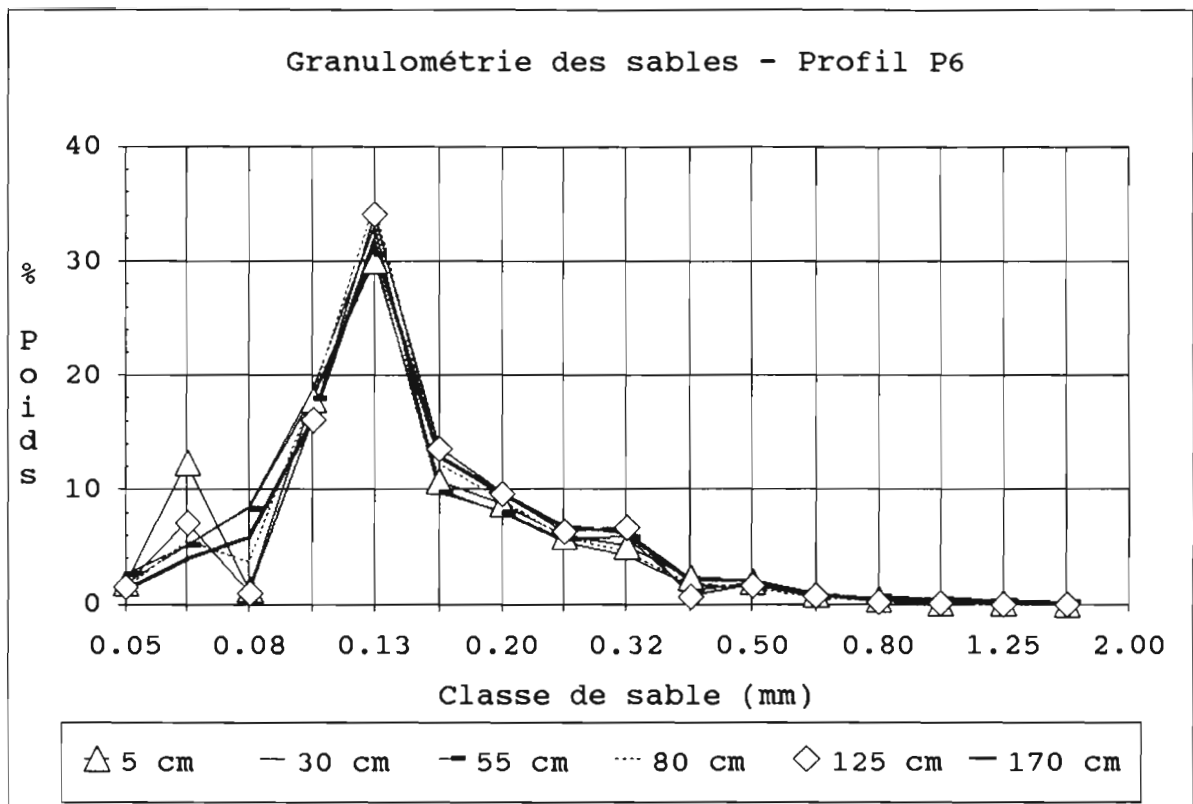
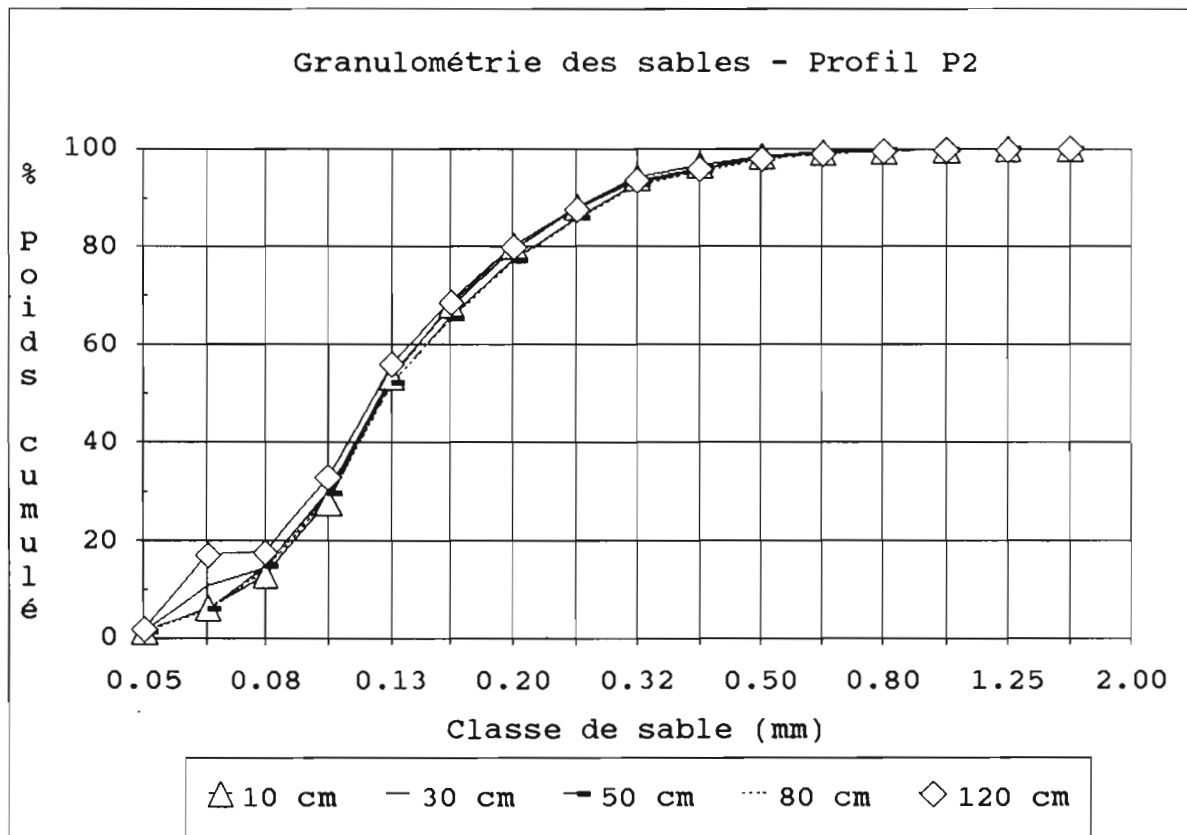
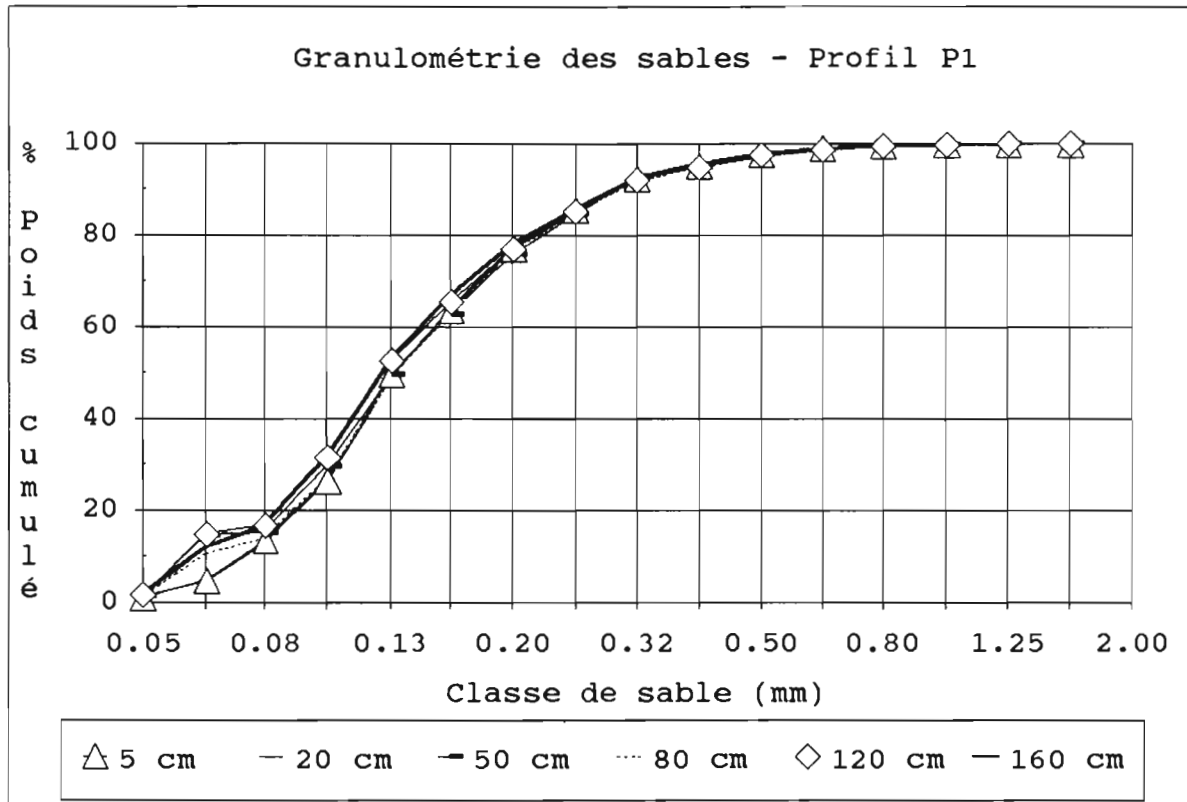
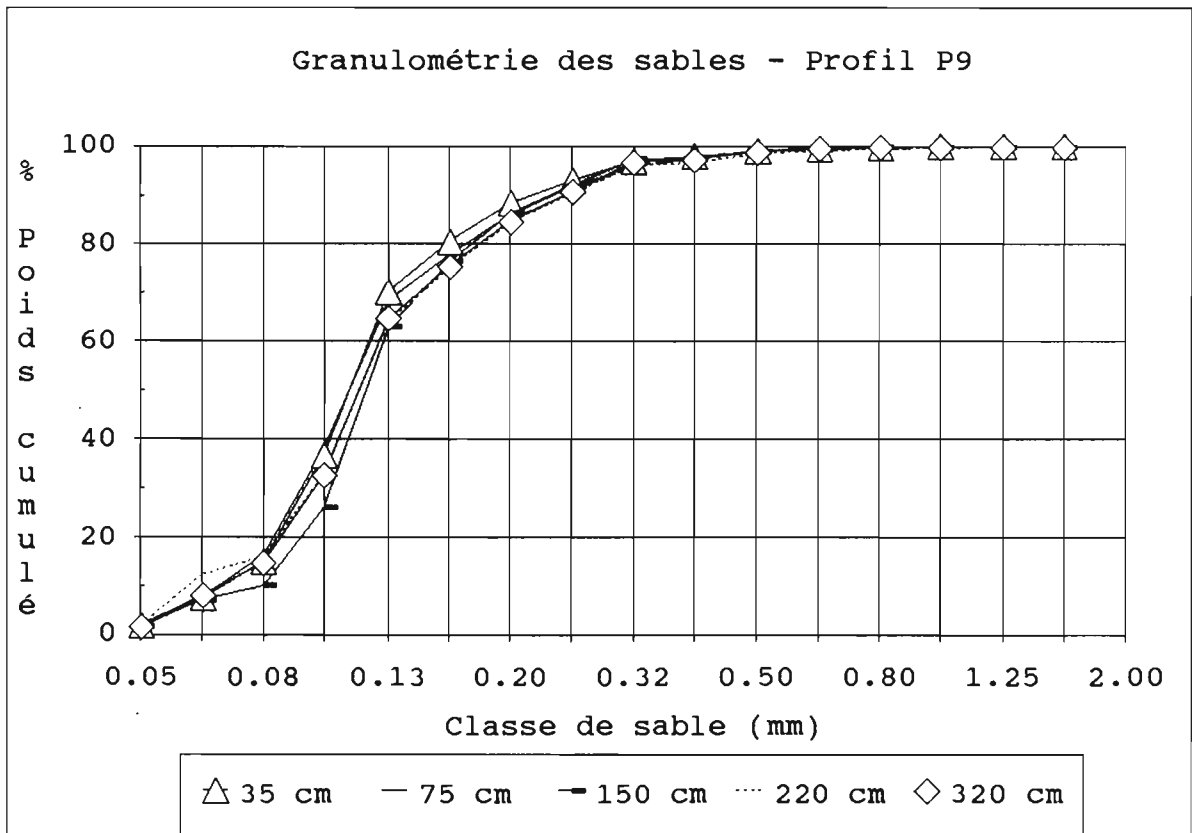
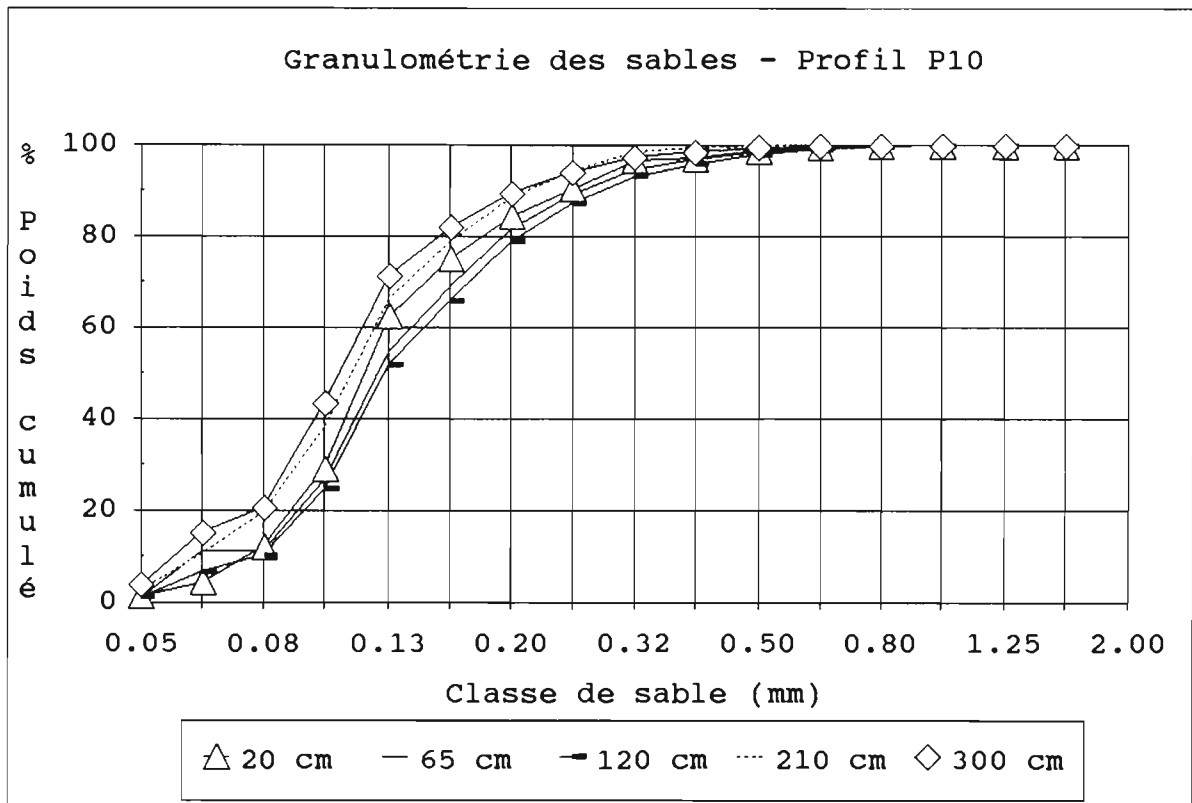
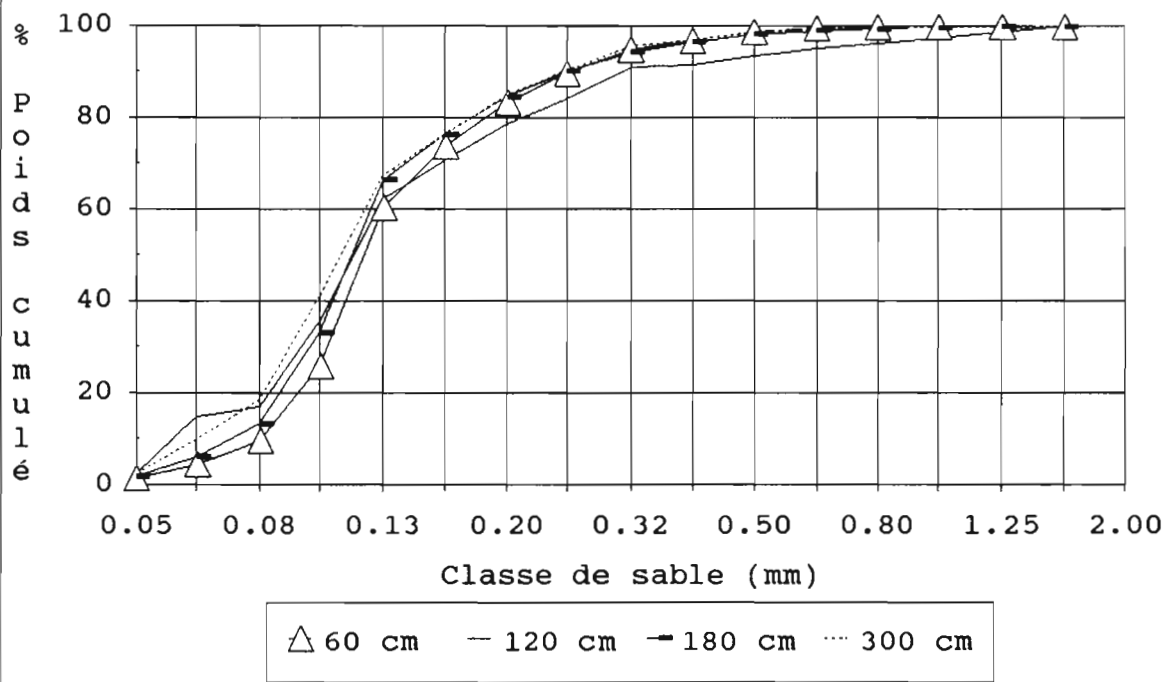


Figure 8: Granulométrie des sables pour différents profils de la toposéquence de FEGROUM: courbes cumulées

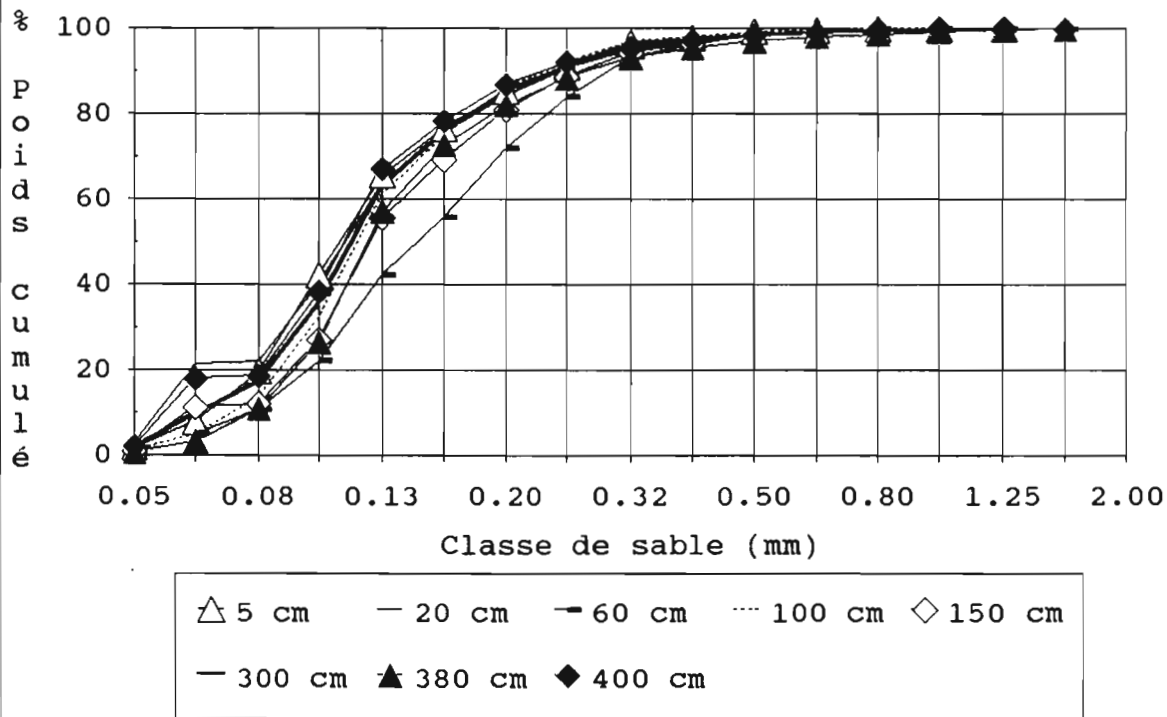


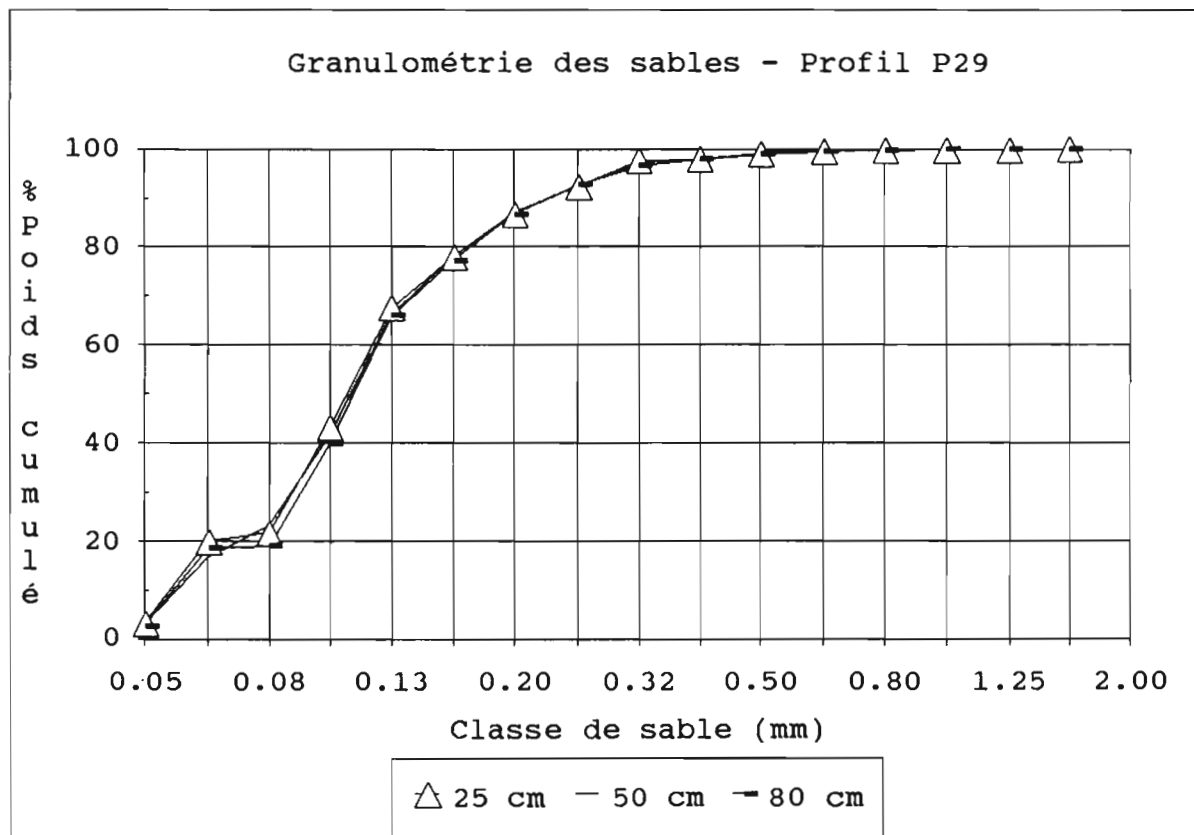
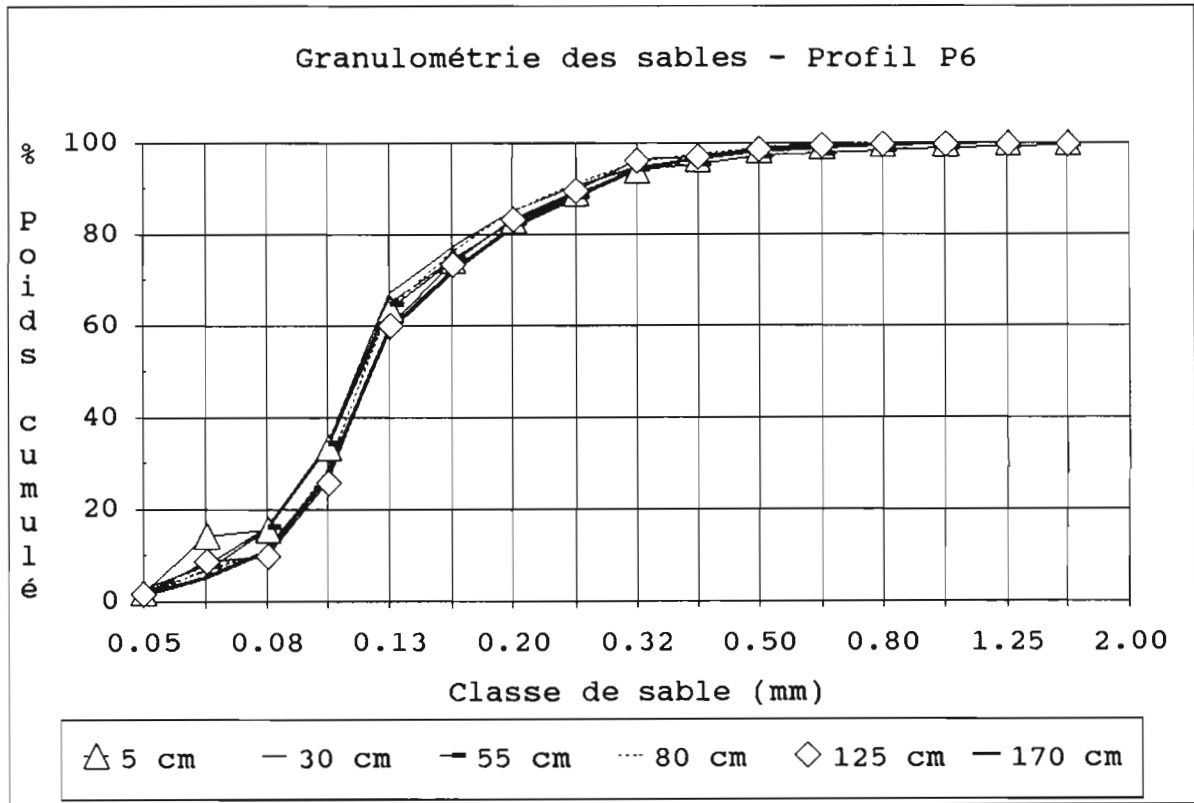


Granulométrie des sables - Profil P8



Granulométrie des sables - Profil P3





pour P2, ce qui correspond à des teneurs fortes en calcium et à des pH moins acides: il s'agit peut-être de conditions locales spécifiques (jachère de longue durée).

Sur toute la séquence, le complexe comporte de l'aluminium échangeable (teneur inférieure à 1 méq/100g). Les valeurs sont plus élevées dans la partie supérieure de la séquence.

* le fer:

Les teneurs en fer total sont élevées (1.5 à 2%), en haut de séquence, sur les profils du plateau (P1 et P2). Elles diminuent brutalement (<0.5%) sur les profils du versant (P10, P9 et P3). Les valeurs remontent sensiblement (environ 1%) en bas de séquence, dans les horizons de surface.

On note un taux en fer beaucoup plus fort en P8, notamment à 120 cm de profondeur: cela devrait correspondre à un niveau de concentration en fer, mais l'observation directe sur le terrain indique plutôt le contraire (erreurs analytiques répétées? curieux!).

3.4. Le modèle d'organisation des sols

La simple description macromorphologique permet d'organiser les horizons entre eux et de définir un modèle d'observation représentant le système sol rencontré sur la toposéquence de FEGROUM. Celui-ci comprend deux grands domaines constitués par plusieurs sous-systèmes. Cependant, pour mieux cerner les relations entre les différents sous-systèmes, une étude micromorphologique complémentaire serait nécessaire.

La figure 9 schématise le modèle d'organisation des sols de la séquence de FEGROUM.

3.4.1. Le domaine ferrallitique

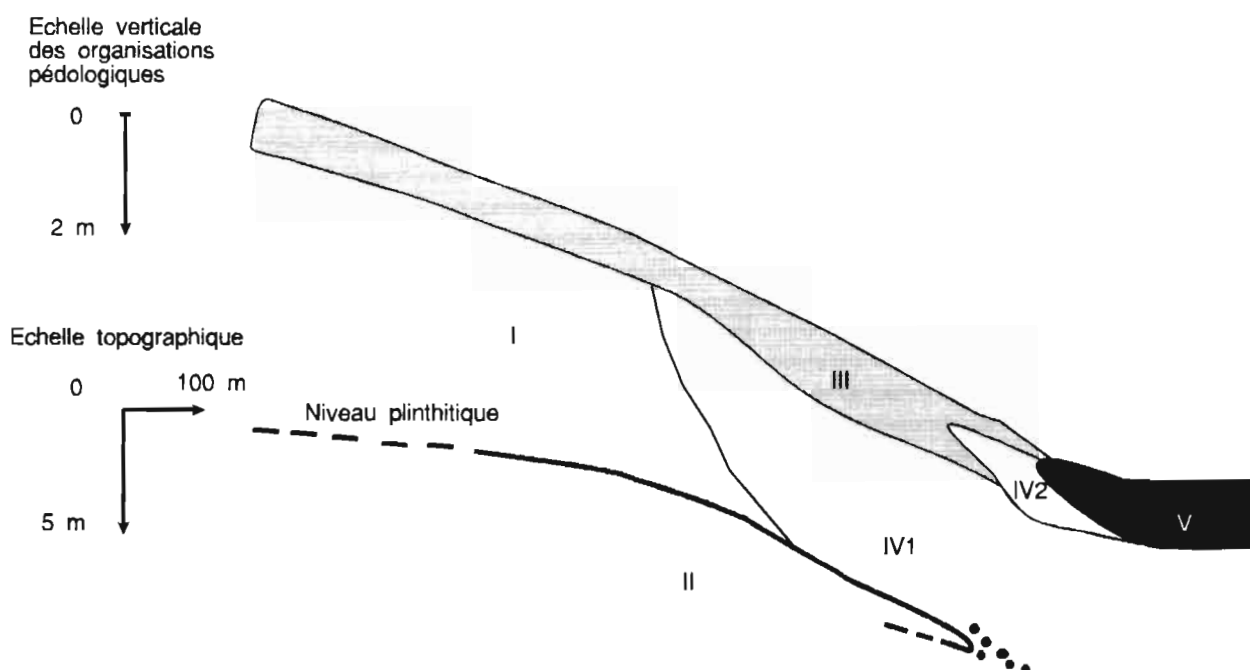
Il englobe la partie amont du modelé c'est à dire la zone des plateaux. On y distingue deux sous-systèmes:

- le sous-système sol rouge

Il est localisé sous la forêt sèche et sous les cultures, au sommet des interfluves.

Il est constitué par un seul type d'horizon (B rubéfié) d'aspect homogène. Cet horizon est très épais (plus de 4 m) et possède une coloration rouge brique (2.5 YR) indiquant une forte teneur en oxyhydroxydes de fer de type hématite (FRITSCH et al., 1990). Il présente une structure micro-agrégée généralisée qui est constituée par des pseudo-particules et qui crée une micro-porosité favorable au drainage vertical des eaux pluviales. La stabilité de cette

Figure 9: Modèle d'organisation des sols de la toposéquence de FEGROUM



Domaine ferrallitique

I système sol rouge

II système cuirassé

Domaine ferrugineux et hydromorphe

III système appauvri

IV système hydromorphe

1 à pseudo-gley (sol beige)

2 éluvial (sol gris)

V système colluvio-alluvial

structure, associant argile, fer et silice, est forte. Les grains de quartz sont hétérométriques, émoussés, parfois luisants ou incrustés d'oxydes de fer. La texture est argilo-sableuse, le pH très acide (entre 4 et 4.5), la teneur en fer total supérieure à 1.5% et les remaniements fauniques importants.

L'organisation pédologique de ce système met en jeu plusieurs mécanismes: libération de silice par dissolution du quartz et migration hors du système, créant une accumulation relative en argile et en fer; accumulation absolue d'argile et de fer par lessivage vertical en provenance des organisations supérieures; rubéfaction par piégeage du fer (sous forme amorphe) par les particules argileuses, constituant avec les grains de quartz la structure pseudo-particulaire.

L'approfondissement du sous-système sol rouge par le phénomène de rubéfaction, qui se développe en profondeur, est un processus bien identifié sous climat humide contrasté. A moins de 1200 mm de pluviométrie annuelle, ce processus tend à se ralentir et les pertes de matière en surface (érosion mécanique) deviennent prépondérantes (FAUCK, 1972).

Le sous-système sol rouge est en relation avec le sous-système appauvri, qui l'alimente en argile et en fer. En aval, il se transforme progressivement en sous-système hydromorphe à pseudogley, lorsque les conditions de drainage deviennent moins favorables.

Le passage au sous-système cuirassé se fait par un niveau argilo-sableux, d'aspect foliacé et constitué de volumes rouges (riches en hématite) et blancs (kaolinite et quartz). L'aspect hétérogène de ce niveau contraste avec l'ensemble homogène que constitue le sous-système sol rouge. La différenciation entre les deux sous-systèmes se fait selon une composante verticale.

- le sous-système cuirassé

Il se caractérise par une cuirasse ferrugineuse compacte et surmontée par un niveau gravillonnaire de faible épaisseur. Ces concrétions ferrugineuses sont soit bien individualisées (couleur rouge sombre), soit entourées d'une auréole jaune rouille indiquant leur altération. La coalescence de ces nodules généralise l'induration en générant de nombreux vides, comblés par une matrice argilo-sableuse.

Le toit de la cuirasse suit sensiblement le modelé, sa profondeur étant encore importante en bas de versant (environ 3 m). Nos observations montrent que ce sous-système est dans l'ensemble hétérogène: celui-ci comporte différents niveaux, parfois discontinus, qui correspondraient à l'induration d'anciens dépôts sédimentaires par un ciment ferrugineux.

Nous n'avons pas d'éléments suffisants pour dire si le système cuirassé se différencie latéralement (par exemple par une diminution de sa puissance et de sa compacité). La circulation interne de l'eau, favorisée par le pendage plus important sur le versant (BERTRAND, 1973), constituerait sans doute l'élément déterminant de cette différenciation. Actuellement, de par sa position profonde (voir plus loin), la nappe ne peut remplir ce rôle.

On notera que la cuirasse se désagrège en bas de versant, sous l'effet des fluctuations annuelles de la nappe, ou bien peut être encore présente sous les sédiments du bas-fond.

3.4.2. Le domaine ferrugineux et hydromorphe

Il correspond à la plus grande partie des versants et au bas-fond. Il comprend trois sous-systèmes:

- le sous-système appauvri

Il est bien exprimé sur l'ensemble du versant. En amont, il constitue la partie supérieure du sous-système sol rouge et en aval celle du sous-système et hydromorphe à pseudo-gley.

Il est caractérisé par un horizon humifère (A) de faible épaisseur (< à 20 cm). Le pH est acide en amont (entre 5 et 6) et devient plus acide en aval (entre 4 et 5). La teneur en fer total est inférieure à 1% et celle en matière organique diminue de l'amont (entre 1 et 1.5%) à l'aval (<0.5%). La structure micro-agrégée se dégrade (horizon plus compact) en présence de matière organique (acides fulviques). La liaison argile-fer devient instable. La texture est argilo-sableuse à sableuse. Des réorganisations pelliculaires de surface apparaissent, notamment sous cultures, entraînant une modification du comportement hydrique du sol.

Le processus d'appauvrissement est régi par deux mécanismes: une érosion sélective de la fraction argileuse et le lessivage vertical ou oblique des éléments organiques et minéraux (acides fulviques, kaolinite, silice, hydroxydes de fer, bases et aluminium non silicaté: FAUCK, 1972). L'intensité des phénomènes diminue avec la profondeur, les effets se cumulant en surface. Les pertes en éléments fins (argile et oxy-hydroxydes de fer) se traduisent par une accumulation relative en éléments grossiers en surface.

- le sous-système hydromorphe

Il correspond à la partie inférieure du versant soumise aux mouvements saisonniers de la nappe phréatique et également à des engorgements temporaires pendant l'infiltration des eaux pluviales. Subissant des périodes de saturation et de dessiccation plus ou moins

prolongées, il est le siège de la redistribution du fer par mobilisation et par concentration. Durant la saison des pluies, le gradient piézométrique permet l'écoulement de l'eau vers le bas-fond, entraînant ainsi les éléments dissous (silice, fer ferreux...).

Selon l'intensité de la lixiviation, on distinguera, au sein du sous-système hydromorphe, deux types d'organisation pédologique dont la différenciation se fait selon une composante latérale:

. le sous-système à pseudo-gley

Il se localise sur les versants des interfluves entre le sous-système appauvri et le sous-système cuirassé, généralement sous une végétation forestière.

Il comprend un horizon B, dont les caractéristiques sont:

- une coloration brun jaune (ocre, 7.5 YR) à brun pâle (beige, 10 YR) indicatrice d'une teneur élevée en oxy-hydroxydes de type goethite (FRITSCH et al., 1990); cette coloration d'ensemble est rarement homogène, car des volumes blanchis, constitués de sables lavés, sont apparents; ces volumes augmentent vers l'aval délimitant des taches aux contours irréguliers; les volumes colorés par le fer dominant en profondeur,

- une structure massive liée à la dégradation de la structure micro-agrégée,

- une teneur en fer inférieure à 0.5% avec des concentrations localisées sous formes d'amas rouges et de nodules plus ou moins indurés,

- une texture argilo-sableuse à sablo-argileuse,

- une teneur en matière organique faible (<0.5%),

- une activité faunique forte.

L'organisation des constituants de ce sous-système est déterminée par la transformation du système sol rouge sous l'action de plusieurs mécanismes: rupture de la liaison argile-fer-squelette quartzeux; migration de l'argile et du fer vers l'aval du système, selon une composante latérale dominante; concentration localisée du fer à la base du système; diminution de la capacité d'infiltration (niveaux d'engorgement temporaire). Pour résumer l'ensemble de ces mécanismes, CHAUVEL (1977) parle d'un processus de "déferrallitisation", dont le moteur principal est l'ultra-dessiccation du sol. Ce processus, agissant sous climat à saisons contrastées, est accéléré par l'intervention de l'homme sur le couvert végétal (déforestation, savanisation).

La transformation du système sol rouge est rapide dans l'espace (quelques centaines de mètres).

. le sous-système éluvial

Il constitue le terme ultime de la différenciation latérale: le fer a pratiquement disparu (0.1% de fer total) et la fraction grossière domine (80 à 85 % de sables). Les éléments liés aux grains de quartz ont été exportés en aval du système. Ceux-ci, complètement blanchis (coloration 10 YR, donnant un ensemble blanc en sec et gris en humide), forment un horizon plus ou moins bouillant, présentant de nombreux vides qui attestent du soutirage des éléments minéraux. Le pH est acide (entre 4 et 5).

Dans ce sous-système, on a retrouvé un bloc de grès ferrugineux isolé et fortement altéré (couleur ocre jaune). La présence de striures en surface témoigne sans doute d'une circulation intense de l'eau. On a observé, également sur un site ponctuel, une disposition particulière des sables blanchis, faisant apparaître les reliques d'une ancienne sédimentation croisée. Cela tendrait à prouver que la pédogénèse ferrallitique et déferrallitique a conservé la structure de la roche-mère, à moins qu'il ne s'agisse de la roche-mère elle-même.

Ce sous-système s'emboîte dans le sous-système appauvri et surmonte le sous-système à pseudo-gley.

- le sous-système colluvio-alluvial

Il se situe à l'aval de la séquence et accumule les éléments exportés durant la différenciation des divers sous-systèmes. Une observation micromorphologique permettrait de préciser s'il existe des traits d'illuviation.

Dans les zones concentrant l'écoulement de surface et/ou souterrain, les particules argileuses se déposent et forment avec les oxyhydroxydes de fer des strates annuelles bien visibles. Il semblerait que les dépôts d'argile précèdent dans le temps ceux d'oxydes de fer. Les premiers proviendraient de l'écoulement de surface et de la décantation des matières solides pendant la saison des pluies, tandis que les seconds seraient plutôt dus au suintement plus tardif de la nappe d'interfluve.

Le colluvionnement des matériaux est influencé par les intrusions d'eau marine qui tamponne les sédiments et permet l'installation de la mangrove. La sécheresse climatique concentre l'eau de mer et favorise la salinisation de ces matériaux. La sécheresse artificielle, créée par l'aménagement anti-sel, provoque une maturation superficielle du sol accompagnée par une forte acidification (pH<3): précipitation de jarosite et de sels métalliques (aluminium, fer et magnésium, LE BRUSQ, 1987). La nappe salée et acide disparaît de la surface en saison sèche et se recharge très rapidement avec les premières pluies.

Le sous-système est peu développé verticalement, son épaisseur est généralement inférieure au mètre. Il présente une hétérogénéité spatiale forte provenant des différentes phases de colluvionnement. Il présente un horizon B argileux à argilo-sableux. En profondeur, on observe un matériau présentant des intercalations de lits sableux et argileux. Le pH est très acide (de 3 à 5) et la salinité croissante du bas de versant au marigot. La teneur en fer total est de l'ordre de 1%. On note localement la présence d'horizons enfouis de mangrove caractérisés par une consistance faible et des teneurs élevées en soufre total, en aluminium échangeable et en matière organique.

3.5. Relation avec la nappe

* La qualité des eaux de nappe a été suivie sur plusieurs puits répartis le long de la toposéquence AB (figure 5). Les tableaux 5 et 6 donnent les résultats obtenus.

La nappe a un pH neutre ou légèrement acide (compris entre 5 et 6) dans le domaine ferrallitique et beaucoup plus acide dans le domaine ferrugineux et hydromorphe (compris entre 3.5 et 5). On note une acidification des eaux de ce dernier durant la saison des pluies 1991 (puits G et S).

Les eaux sont peu chargées en éléments minéraux (environ 1 méq/l pour les anions ou pour les cations). On note des teneurs en silice non négligeables de l'ordre de 9 à 13 mg/l. Il s'agit de silice totale pouvant comporter une fraction colloïdale, la silice dissoute étant en plus faible quantité (CHAUVÉL, 1977). Le fer est peu abondant (<0.1 mg/l) et il n'y a pas d'aluminium soluble (ou en quantité non détectable par la méthode analytique employée). Ces valeurs sont confirmées par les données de FAUCK, 1972 et par d'autres mesures réalisées sur le bassin versant (ALBERGEL et al., 1990).

La présence de silice dans la nappe indique que cet élément est mobile et que le milieu est lixiviant. La silice est solubilisée dans les sols et la roche-mère, démontrant ainsi que la pédogénèse ferrallitique est toujours actuelle (FAUCK, 1972).

* La localisation de la nappe sur la toposéquence, avant et après la saison des pluies, permet de visualiser sa recharge (fig. 10).

En fin de saison sèche, la nappe se situe, sur l'ensemble de la séquence, à un niveau voisin de la cote topographique zéro. L'écoulement de base est très faible voire nul. On observe dans la zone de raccordement entre le bas du versant et le bas-fond un léger creux piézométrique.

Durant la saison des pluies, la recharge de la nappe se fait d'abord à la base du versant et se propage régulièrement vers l'amont

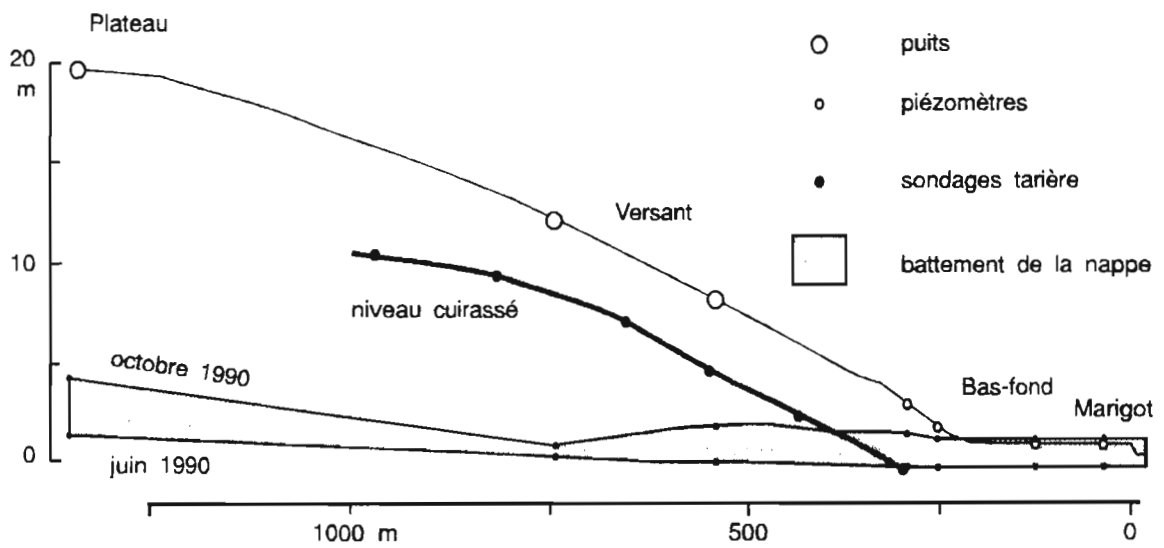
Tableau 5

| BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUM Séquence piézométrique de Fégroum Hivernage 1990 | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|-------|---------------------|-------|--------------|-------|------|-------|----------------------------|-------|
| | Cote sol (cm) | Cote nappe (cm) | | Prof. nappe (cm) | | CE (dS/m) | | pH | | SiO ₂ (mg/l) | |
| | | 30/6 | 22/10 | 30/6 | 22/10 | 30/6 | 22/10 | 30/6 | 22/10 | 30/6 | 22/10 |
| I | 20.0 | 1.6 | 4.2 | 18.5 | 15.8 | - | 0.4 | - | 7.0 | - | 8.6 |
| H | 11.5 | -0.4 | 0.5 | 11.9 | 11.0 | - | 0.5 | - | 5.4 | - | 12.0 |
| G | 7.9 | -0.4 | 1.7 | 8.3 | 6.2 | - | 0.1 | - | 4.2 | - | 11.0 |
| S | 7.4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 55 | 2.9 | -0.5 | 1.1 | 3.4 | 1.9 | - | 0.1 | - | 4.6 | - | - |
| 56 | 1.3 | -0.5 | 0.8 | 1.8 | 0.5 | - | 2.8 | - | 3.8 | - | - |
| 26 | 0.5 | -0.7 | 0.7 | 1.2 | -0.2 | - | 26.7 | - | 3.5 | - | - |

Tableau 6

| BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUM Séquence piézométrique de Fégroum Hivernage 1991 | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------|-------|--------------------|-------|--------------|-------|------|-------|----------------------------|-------|
| | Cote sol (m) | Cote nappe (m) | | Prof. nappe (m) | | CE (dS/m) | | pH | | SiO ₂ (mg/l) | |
| | | 22/7 | 28/10 | 22/7 | 28/10 | 22/7 | 28/10 | 22/7 | 28/10 | 22/7 | 28/10 |
| I | 20.0 | 0.6 | 1.9 | 19.4 | 18.1 | 0.3 | 0.4 | 7.1 | 7.0 | 11.0 | - |
| H | 11.5 | -0.3 | 0.4 | 11.8 | 11.1 | 0.2 | 0.3 | 4.9 | 5.4 | 11.0 | - |
| G | 7.9 | -0.3 | 1.0 | 8.2 | 7.0 | 0.1 | 0.1 | 5.3 | 4.3 | 11.0 | - |
| S | 7.4 | -0.1 | 1.3 | 7.5 | 6.1 | 0.1 | 0.1 | 6.2 | 4.8 | 13.0 | - |
| 55 | 2.9 | - | 1.1 | - | 1.8 | - | 0.3 | - | 4.8 | - | - |
| 56 | 1.3 | -0.5 | 0.9 | 1.8 | 0.4 | 2.1 | 1.6 | 3.6 | 4.1 | 17.0 | - |
| 26 | 0.5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Figure 10: Localisation et variation saisonnière de la nappe sur la toposéquence de FEGROUM



(MONTOROI, 1991). L'écoulement de base, s'accroît à mesure que la zone saturée s'étend. Celle-ci contribue à l'alimentation hydrique du bas-fond selon la régularité et l'intensité des apports météoriques (PLANCHON, 1991). La circulation verticale de l'eau peut être perturbée par les organisations pédologiques: le sous-système cuirassé joue le rôle de drain naturel; le comportement hydrique des sous-systèmes appauvri et hydromorphe favorise l'écoulement latéral de l'eau.

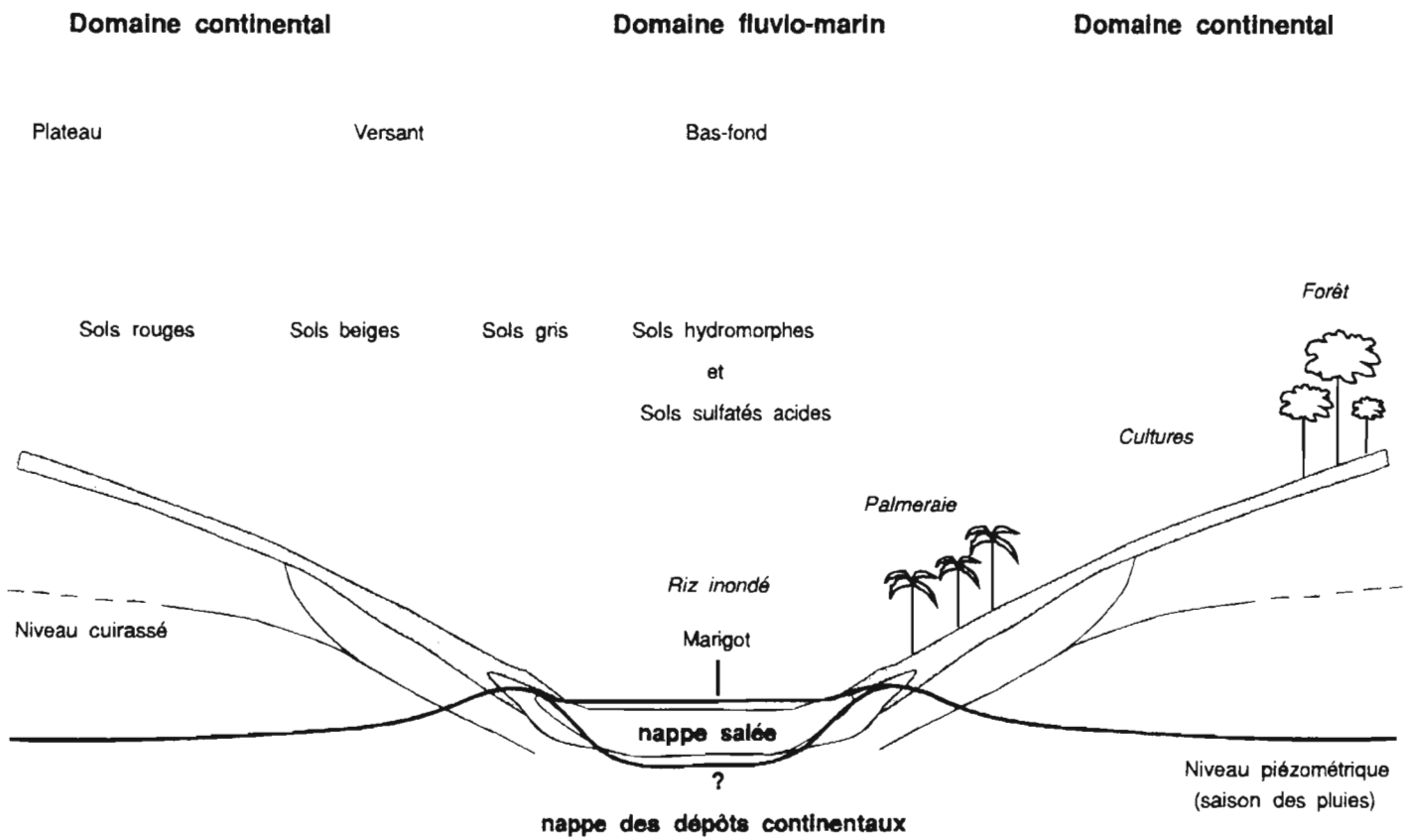
Après les pluies, la percolation des eaux à travers le sol se poursuit sous les plateaux et la partie supérieure du versant, alimentant ainsi la nappe sous les interfluves. Par contre, la reprise de l'évapotranspiration se faisant plus tôt dans la partie inférieure du versant, le niveau de la nappe baisse. Il y a un rééquilibrage de l'aquifère qui s'opère, à l'échelle du versant, entre deux saisons humides. Les modalités de la recharge dépendent de l'abondance des apports de l'année précédente et des caractéristiques de l'aquifère avant ces apports. Le bilan annuel de la recharge, s'il peut être positif une année, est globalement déficitaire depuis deux décennies (MALOU, 1989).

* La position de la nappe par rapport aux organisations pédologiques, décrites sur la toposéquence de FEGROUM, est représentée sur la figure 11. On constate que sa localisation actuelle n'est pas en concordance avec ces organisations. La nappe se situe à 6 - 8 m en dessous du toit du système cuirassé. Elle l'intercepte en bas du versant dans une zone où ses mouvements sont rapides et de grande amplitude. Cette zone correspond au sous-système hydromorphe éluvial dans lequel on observe uniquement un niveau gravillonnaire plus ou moins altéré; Il s'agit sans doute des reliques du démantèlement de la cuirasse ferrugineuse.

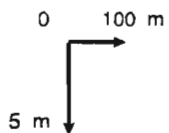
Les données acquises durant les deux dernières décennies, marquées par un déficit pluviométrique persistant, montrent une baisse généralisée, sur plusieurs mètres, du toit de l'aquifère continental de basse Casamance (LE PRIOL, 1983; SAOS et DACOSTA, 1987; SAOS et al., 1987). Si on prend en compte ce constat, on retrouve une meilleure concordance entre la nappe et les organisations pédologiques.

L'écoulement de base s'est trouvé sensiblement modifié. Il alimente le bas-fond de manière moins permanente qu'au cours des années à pluviométrie abondante. FAUCK (1972) et BERTRAND (1973) ont noté que l'émergence de la nappe suivant une ligne de sources était généralisée, dans le bas des versants, pendant une bonne partie de l'année. CADILLAC (1965) a indiqué que cet écoulement était déterminant pour les rizières de bas de versant. Au cours de la prospection pédologique, après la saison des pluies, on a pu observer la manifestation de cet écoulement de base en quelques endroits, notamment à la faveur d'une légère rupture de pente. Le tarissement intervient rapidement (1 à 2 mois) et seule la coloration rouille

Figure 11: Position de la nappe par rapport aux organisations pédologiques
(coupe transversale de la vallée de DJIGUINOUM)



Echelle topographique



des dépôts d'oxydes de fer en surface témoignent de l'existence de cet écoulement de base. Ces dépôts ne doivent pas être confondus avec ceux provenant de l'écoulement direct de surface qui entraîne les particules argileuses et le fer, se concentre et débouche dans le bas-fond en de nombreux sites, caractérisés par une végétation hygrophile.

La modification durable du rôle de la nappe dans la dynamique interne du système sol ne sera pas sans conséquences sur son évolution pédogénétique.

* L'existence d'une relation entre la nappe continentale et la nappe salée des sédiments argileux reste une question d'actualité. S'agit-il du même aquifère, perturbé dans le bas-fond par les intrusions d'eau marine, ou bien de la superposition de deux systèmes? Pour lever cette incertitude, un forage dans les sédiments du bas-fond apporterait des informations précieuses, mais cela nécessite des moyens techniques difficiles à mettre en oeuvre dans un milieu toujours saturé.

Il semblerait que la seconde hypothèse soit la plus plausible. Des mesures isotopiques récentes (avril 1989), réalisées sur la nappe du bas-fond de DJIGUINOUM, montre qu'il existe une relation positive entre la salinité et l'enrichissement en isotopes stables de l'eau (oxygène 18 et deutérium). Les eaux du domaine continental restent douces, peu évaporées et voisines de la composition isotopique des eaux de pluies. Par contre, les eaux de la nappe du bas-fond sont salées et évaporées: celle-ci fonctionnerait comme un système évaporétique relativement cloisonné (ALBERGEL et al., 1991). Cette argumentation rejoindrait les observations de RAUNET (1985) sur les bas-fonds des régions soudano-guinéennes: la "nappe d'alluvions" s'épuise en saison sèche alors que la nappe "sous-alluviale" sous-jacente, connectée à la nappe phréatique des interfluves, reste permanente. Dans notre cas, la proximité des eaux marines empêcherait l'épuisement de cette nappe de surface. On peut schématiser cette disposition des nappes sur la figure 11.

4. LA CARTE DES SOLS DU BASSIN VERSANT

4.1. Représentativité des organisations pédologiques

Le modèle d'organisation des sols est généralisable au reste du bassin versant avec des variantes qui correspondent soit à une répartition spatiale différente des organisations pédologiques, soit à une disparition de certaines d'entre elles.

Dans la partie méridionale du bassin versant, le domaine ferrallitique domine, tandis que dans la partie septentrionale, en amont des axes de drainage, il disparaît au profit des organisations du domaine

ferrugineux et hydromorphe. Le réseau hydrographique, fortement ramifié, entaille par érosion régressive les formations continentales du domaine ferrallitique, ne laissant subsister actuellement que quelques îlots reliques.

4.2. Représentation cartographique du système sol

D'après la méthode préconisée par BRABANT (1991), nous avons découpé notre modèle d'organisation des sols en plusieurs compartiments verticaux. Chaque compartiment constitue une partie d'un sol ayant une certaine homogénéité, que l'on délimite pour les besoins d'une utilisation agricole. Il présente une succession d'horizons caractéristiques et une extension spatiale. Il peut être considéré comme une entité cartographique élémentaire que l'on peut représenter.

La terminologie des différents compartiments identifiés est notifiée sur le document cartographique ci-après.

En reprenant la numérotation de la figure 9, ceux-ci sont caractérisés par les horizons d'un ou plusieurs sous-systèmes:

- sols rouges (sous-systèmes III, I, II),
- sols orangés (sous-systèmes III, I, II)
- sols beiges (sous-systèmes III, IV1, II)
- sols ocres (sous-systèmes III, IV1, II)
- sols gris sableux (sous-systèmes III, IV2)
- sols à colluvions argileux avec ou sans salure (sous-système V)
- sols sulfatés acides avec ou sans jarosite (sous-système V)

On notera un compartiment de transition "sols orangés" qui présente les mêmes caractéristiques morphologiques que le compartiment "sols rouges", mais qui se distingue par un éclaircissement sensible de la coloration rouge (teneur en oxy-hydroxydes de fer plus faible).

Le compartiment "sols ocres" se distingue du compartiment "sols beiges" non seulement par une variation dans la coloration (couleur plus jaune), mais aussi par une homogénéité d'ensemble. Les traits d'éluviation (volumes sableux blanchis) n'apparaissent pas. A l'état humide, la structure conserve en partie les traits de la micro-agrégation. Des taches et des concrétions plus ou moins indurées existent à une profondeur variable.

Les compartiments "sols à colluvions argileux" et "sols sulfatés acides" font référence à la carte des sols du bas-fond au 1/10.000 (BRUNET, 1988).

16° 14'

16° 12'

16° 10'

CARTE MORPHO-PÉDOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE DJIGUINOUM

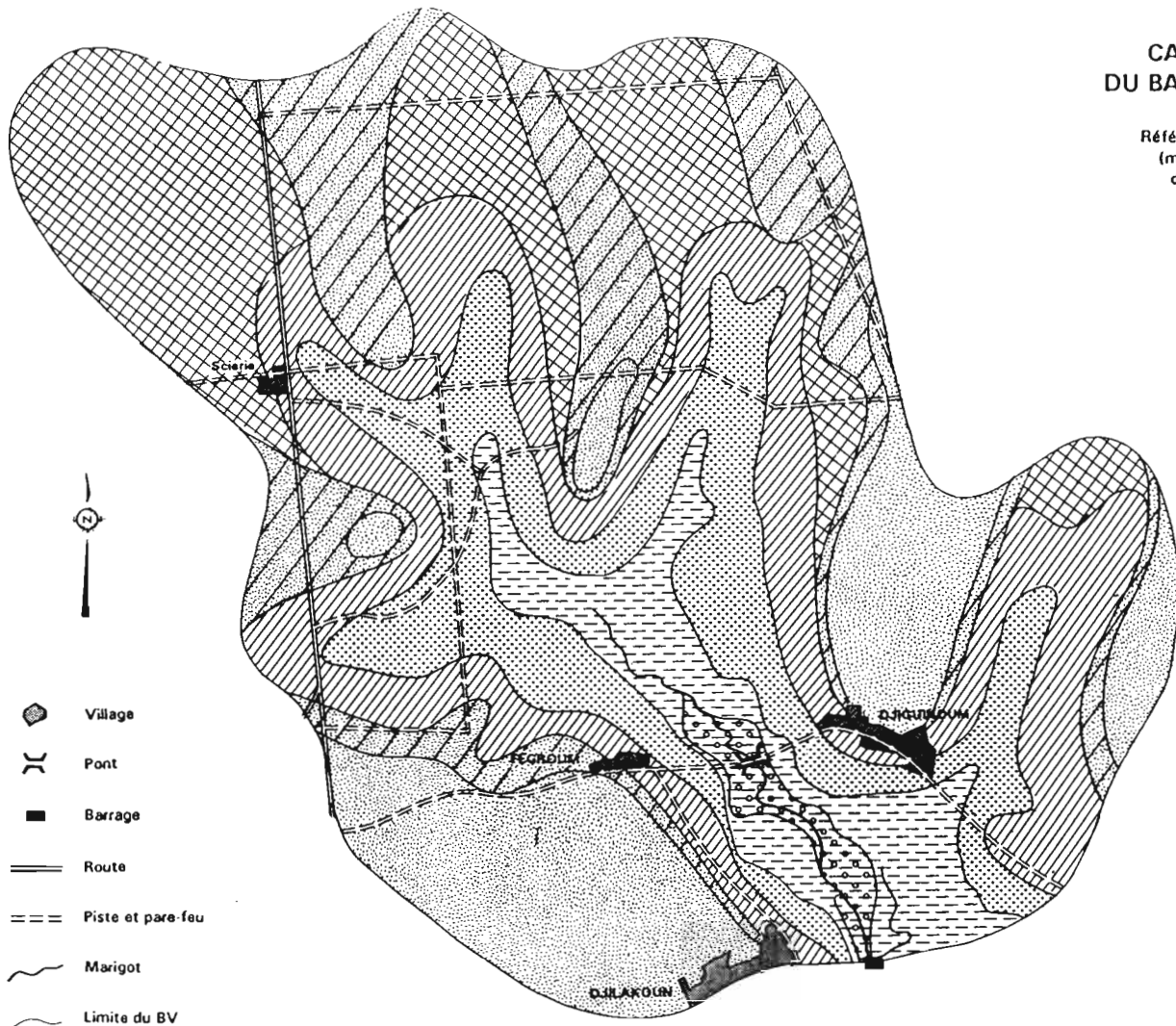
Références: photographies aériennes au 1/30.000
(mission IGN/SONED, 1984) et carte des sols
du bas-fond au 1/10.000 (BRUNET, 1988)





12° 42'

12° 42'

12° 40'



12° 40'





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

0 300 600 900 m




Sols ferrallitiques de plateau:

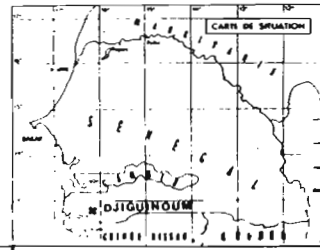
-  sols rouges
-  sols orangés

Sols ferrugineux de versant à taches et concrétions:

-  sols boiges
-  sols ocres

Sols hydromorphes de bas de versant:

-  sols gris sableux
-  sols à colluvions argileux
avec et sans salure
-  sols sulfatés acides
avec et sans jarosite



16° 14'

16° 12'

16° 10'

4.3. Estimation des surfaces

Celle-ci est réalisée par planimétrie à partir de la carte des sols. Le tableau 7 rassemble les résultats obtenus:

Tableau 7

| | | |
|----------------------------------------------------------|---------|-----------------------|
| Sols ferrallitiques de plateau (rouges et orangés) | 33.62 % | 8.65 km ² |
| Sols ferrugineux de versant (beiges et ocres) | 41.38 % | 10.65 km ² |
| Sols hydromorphes de bas de versant (gris) | 19.19 % | 4.94 km ² |
| Sols de bas-fond (hydromorphes et sulfatés acides) | 5.81 % | 1.50 km ² |
| Surface totale | 100 % | 25.74 km ² |

CONCLUSION

L'étude des sols du bassin versant de DJIGUINOUM est basée sur la définition d'un modèle décrivant leur organisation dans le paysage. Les organisations pédologiques définissent plusieurs sous-systèmes se répartissant en deux grands domaines: le domaine ferrallitique et le domaine ferrugineux et hydromorphe. La représentativité du modèle permet de spatialiser l'information sur un document cartographique.

Le contexte climatique actuel (pluviométrie annuelle inférieure à 1200 mm) tendrait à ralentir la pédogénèse ferrallitique et à développer l'entraînement de matière par érosion et déferrallitisation. Les signes de cette redistribution d'éléments sont perceptibles localement, mais il est difficile d'en connaître l'importance à l'échelle du bassin versant. L'anthropisation du paysage accélère le phénomène.

L'ensemble du système sol est acide, l'origine de cette acidité variant selon la position topographique: elle est héritée de la roche-mère sur le plateau et le versant, tandis qu'elle est acquise (aération des sédiments) dans le bas-fond.

L'évolution géochimique des sols du bas-fond est dépendante des transferts d'eau et de matière (solide ou dissoute) en provenance des versants. La libération d'éléments solubles, tels que l'aluminium (à l'origine sous forme échangeable ou silicatée), dans un milieu très acide est susceptible de modifier les équilibres entre minéraux.

Il n'est pas impossible que l'acidité extrême que l'on observe actuellement dans le bas-fond de DJIGUINOUM et ailleurs soit en partie due à la dynamique actuelle du système sol décrit dans cette étude.

Les sols de ce bassin versant présentent des potentialités agricoles modestes (MONTOROI, 1991) et les remèdes agronomiques pour lutter contre l'acidité du sol et recouvrer une fertilité satisfaisante sont connus (PIERI, 1976; SIBAND, 1976; FALL, 1982). Cependant, la politique de réhabilitation des terres rizicultivées du bas-fond, fondée sur une maîtrise de l'eau, doit considérer l'ensemble du bassin versant pour espérer améliorer leur fertilité. L'élimination des éléments toxiques pour le développement des plantes, par exportation (aménagements anti-sel), substitution (amendements) et rétention (aménagements anti-érosifs), doit devenir un objectif prioritaire.

BIBLIOGRAPHIE

- ALBERGEL J., BRUNET D., DUBEE G., DUPREY J.L., MARIEU B., MONTOROI J.P., ZANTE P., 1990. Rapport hydrologique 1989. Vallée de Djiguinoum (Casamance). Multigr., ORSTOM/Dakar, 73 p.
- ALBERGEL J., BRUNET D., DUBEE G., MARIEU B., MONTOROI J.P., PEPIN Y., ZANTE P., 1991. Projet pilote "Casamance". Bas-fond de Djiguinoum. Rapport de synthèse: hydrologie-hydrogéologie. Multigr., ORSTOM/ISRA/R3S/IRAT, 42 p.
- AUBREVILLE A., 1948. La Casamance. L'Agron. Trop., 3, 1-2, 25-52.
- AUBRUN A., MARIUS C., 1980. Programme de développement de la vallée de Baïla en Casamance. Etude pédologique au 1/20.000. Rapport final. Ministère Hydraulique/L. Berger International.
- AUBRUN A., MARIUS C., 1986. Etude pédologique sur la vallée de Bignona en Casamance. Rapport définitif. Ministère Hydraulique / Organisation et Environnement.
- AVENARD J.M., 1990. La savane, conditions et mécanismes de la dégradation des paysages. In "La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest", Ed. J.F. RICHARD, AUPELF/Coop. Franç./UICN/ORSTOM/ENDA, Dakar, 55-76.
- 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.
- BOIVIN P., LE BRUSQ J.Y., 1984. Etude pédologique des Kalounayes (vallées de Koubalan et de Tapilane), ORSTOM/Dakar.
- BOULET R., HUMBEL F.X., LUCAS Y., 1982. Analyse structurale et cartographie en Pédologie. II: Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 9, 1, 323-339.
- 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.

BRIGAUD F., 1965. Le climat du Sénégal. Et. Sénégalaises, 9, fasc. 3, 8-106.

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 Djiginoum (basse Casamance), Multigr., ORSTOM/Dakar, 28 p. + annexes.

CADILLAC, 1965. Etude agropédologique de quelques dépressions rizicultivables de la région de Bignona. Rapport général. Multigr., ORSTOM/Dakar, 54 p. + annexes.

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.

DACOSTA H., 1989. Précipitations et écoulements sur le bassin de la Casamance. Thèse 3ème cycle, UCAD, Dakar.

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.

DIOP S., 1990. La côte ouest-africaine. Du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée (Rép. de Guinée). Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 379 p. + cartes.

FALL R.D., 1982. Acidité et acidification des sols du Sénégal. Multigr., ISRA/Dakar, 21 p.

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.

FRITSCH E., VALENTIN C., MOREL B., LEBLOND P., 1990. La couverture pédologique: interactions avec les roches et les formes de dégradation superficielles. In "Equipe HYPERBAV: Structure et fonctionnement hydro-pédologique d'un petit bassin versant de savane humide", Etudes et Thèses, ORSTOM, Paris, 31-57.

GAVAUD M., 1990. Nature et localisation de la dégradation des sols au Sénégal. In "La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest", Ed. J.F. RICHARD, AUPELF/Coop. Franç./UICN/ORSTOM/ENDA, Dakar, 95-110.

GOUZES R., 1961. Etude hydrogéologique de la Casamance. BRGM, Dakar, 46 p.

HUBERT P., CARBONNEL J.P., 1986. Approches statistiques de l'étude des séries pluviométriques de longue durée de l'Afrique de l'Ouest. In "Changements globaux en Afrique durant la Quaternaire. Passé-présent-futur", Trav. et Doc. ORSTOM n°197, 199-202.

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

LE BORGNE J., 1990. La dégradation actuelle du climat en Afrique, entre Sahara et Equateur. In "La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest", Ed. J.F. RICHARD, AUPELF/Coop. Franç./UICN/ORSTOM/ENDA, Dakar, 17-36.

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.

LE PRIOL J., 1983. Synthèse hydrogéologique du bassin sédimentaire casamançais. Ministère de l'Hydraulique, Dakar.

LEROUX M., 1983. Le climat de l'Afrique tropicale. Ed. Champion, Paris, 2 vol., 650 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.

MALOU R., 1989. Etude hydrogéologique de l'aquifère superficiel de la vallée de Baïla (basse Casamance): bilan hydrique 1987-1988. DEA Géologie Appliquée, Dakar, Multigr., 78 p.

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.

MICHEL P., 1990. La dégradation des paysages au Sénégal. In "La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest", Ed. J.F. RICHARD, AUPELF/Coop. Franç./UICN/ORSTOM/ENDA, Dakar, 37-53.

MONTOROI J.P., 1991. Aptitudes des sols en agro-foresterie de la zone d'intervention du Projet de Protection des Forêts Sud de Ziguinchor. Multigr., ORSTOM/PPFS/Ziguinchor, 18 p.

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

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

PIERI C., 1976. L'acidification des terres de cultures exondées au Sénégal. L'Agronomie Tropicale, 31, 4, 339-368.

PLANCHON O., 1991. Etude spécialisée des écoulements sur les versants et de leurs conséquences sur l'hydrologie et l'érosion. Exemple en savane humide (Booro-Borotou, Côte d'Ivoire). Multigr., 340 p.

RAUNET M., 1985. Bas-fonds et riziculture en Afrique. Approche structurale comparative. L'Agronomie Tropicale, 40, 3, 181-201.

RODIER J.A., 1964. Régimes hydrologiques de l'Afrique Noire à l'ouest du Congo. Mém. ORSTOM, 6, Paris, 138 p.

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». EPEEC/UNESCO, 59-76.

SAOS J.L., LE BOUTEILLER C., DIOP E.S., 1987. Aspects géologiques et géomorphologiques de la Casamance: étude de la sédimentation actuelle. Rev. Hydrobiol. trop., 20, 3-4, 219-232.

SIBAND P., 1976. Quelques réflexions sur les potentialités et les problèmes des sols gris de Casamance (Sénégal méridional). L'Agronomie Tropicale, 31, 2, 105-113.

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.

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

A N N E X E S

Profil: P1

| Prof. (cm) | pH | | Granulométrie | | | | |
|---------------|-----|-----|---------------|-----|------|------|------|
| | eau | KCl | A | Lf | Lg | Sf | Sg |
| | | | g/100 g | | | | |
| 5 | 5.3 | 4.6 | 8.3 | 3.1 | 10.2 | 49.7 | 27.7 |
| 20 | 4.2 | 3.9 | 23.2 | 2.8 | 7.5 | 43.5 | 22.9 |
| 50 | 4.2 | 4.1 | 42.5 | 2.6 | 7.0 | 30.6 | 17.8 |
| 80 | 4.4 | 4.3 | 44.5 | 3.2 | 7.7 | 30.1 | 16.5 |
| 120 | 4.5 | 4.3 | 43.9 | 3.1 | 8.3 | 28.7 | 17.2 |
| 160 | 4.4 | 4.3 | 45.3 | 4.1 | 8.6 | 29.3 | 14.5 |

| Prof. (cm) | Bases éch. et capacité d'échange | | | | | S/T % |
|---------------|----------------------------------|------|------|------|-----|----------|
| | Ca | Mg | Na | K | CEC | |
| | méq/100 g | | | | | |
| 5 | 0.82 | 0.49 | 0.02 | 0.10 | 4.2 | 34 |
| 20 | 0.22 | 0.26 | 0.27 | 0.07 | 4.5 | 18 |
| 50 | 0.29 | 0.27 | 0.20 | 0.03 | 5.1 | 15 |
| 80 | 0.68 | 0.38 | 0.32 | 0.03 | 4.6 | 30 |
| 120 | 0.45 | 0.31 | 0.32 | 0.02 | 4.5 | 24 |
| 160 | 0.46 | 0.50 | 0.46 | 0.03 | 4.6 | 32 |

| Prof. (cm) | Matière organique | | | Acidité d'éch. | | Fe2O3 | |
|---------------|-------------------|------|------|----------------|------|-------|-------|
| | C | N | C/N | H+ | Al3+ | total | libre |
| | g/kg | | | méq/100 g | | % | |
| 5 | 6.95 | 0.68 | 10.2 | 0.07 | 0.00 | 0.62 | 0.45 |
| 20 | 4.25 | 0.41 | 10.4 | 0.00 | 1.21 | 1.25 | 0.98 |
| 50 | 2.85 | 0.49 | 5.8 | 0.00 | 1.56 | 2.07 | 1.54 |
| 80 | 2.42 | 0.42 | 5.8 | 0.00 | 1.02 | 1.96 | 1.69 |
| 120 | | | | 0.00 | 1.20 | 2.14 | 1.75 |
| 160 | | | | 0.00 | 1.09 | 2.22 | 1.65 |

Profil: P2

| Prof. (cm) | pH | | Granulométrie | | | | |
|---------------|-----|-----|---------------|-----|-----|------|------|
| | eau | KCl | A | Lf | Lg | Sf | Sg |
| | | | g/100 g | | | | |
| 10 | 6.4 | 5.7 | 14.5 | 3.8 | 8.2 | 48.9 | 24.3 |
| 30 | 6.4 | 5.6 | 13.9 | 3.2 | 7.7 | 49.9 | 26.2 |
| 50 | 6.5 | 5.9 | 25.8 | 3.1 | 7.7 | 41.7 | 21.9 |
| 80 | 6.7 | 5.9 | 33.1 | 3.8 | 7.9 | 35.7 | 19.8 |
| 120 | 7.1 | 6.2 | 35.4 | 3.6 | 8.8 | 35.9 | 16.5 |

| Prof. (cm) | Bases éch. et capacité d'échange | | | | | S/T % |
|---------------|----------------------------------|------|------|------|-----|----------|
| | Ca | Mg | Na | K | CEC | |
| | még/100 g | | | | | |
| 10 | 2.98 | 1.14 | 0.12 | 0.07 | 5.9 | 73 |
| 30 | 1.36 | 0.95 | 0.25 | 0.04 | 3.3 | 80 |
| 50 | 1.61 | 1.76 | 0.40 | 0.07 | 4.3 | 89 |
| 80 | 1.29 | 2.05 | 0.37 | 0.10 | 4.5 | 85 |
| 120 | 0.77 | 1.86 | 0.22 | 0.18 | 3.9 | 77 |

| Prof. (cm) | Matière organique | | | Acidité d'éch. | | Fe ₂ O ₃ | |
|---------------|-------------------|---|-----|----------------|------------------|--------------------------------|-------|
| | C | N | C/N | H+ | Al ³⁺ | total | libre |
| | g/kg | | | még/100 g | | % | |
| 10 | | | | | | 1.03 | 0.85 |
| 30 | | | | | | 0.95 | 0.81 |
| 50 | | | | | | 1.53 | 1.30 |
| 80 | | | | | | 1.96 | 1.60 |
| 120 | | | | | | 2.10 | 1.60 |

Profil: P10

| Prof. (cm) | pH | | Granulométrie | | | | |
|---------------|-----|-----|---------------|------|------|------|------|
| | eau | KCl | A | Lf | Lg | Sf | Sg |
| | | | g/100 g | | | | |
| 10 | 5.3 | 4.3 | 10.7 | 4.1 | 10.4 | 54.2 | 20.0 |
| 20 | 6.0 | 5.0 | 5.4 | 2.8 | 9.0 | 62.0 | 19.9 |
| 65 | 4.2 | 3.9 | 13.6 | 2.1 | 6.1 | 54.4 | 25.0 |
| 120 | 4.4 | 3.9 | 3.5 | 0.9 | 5.0 | 61.7 | 30.4 |
| 170 | 3.9 | 3.4 | 21.1 | 15.2 | 30.3 | 28.6 | 2.9 |
| 210 | 3.9 | 3.5 | 35.4 | 18.1 | 17.0 | 23.4 | 6.7 |
| 300 | 4.3 | 3.9 | 16.0 | 15.3 | 20.8 | 40.1 | 9.4 |
| 370 | 4.0 | 3.6 | 14.1 | 19.7 | 31.5 | 31.4 | 4.1 |

| Prof. (cm) | Bases éch. et capacité d'échange | | | | | S/T % |
|---------------|----------------------------------|------|------|------|------|----------|
| | Ca | Mg | Na | K | CEC | |
| | méq/100 g | | | | | |
| 10 | 0.64 | 0.41 | 0.04 | 0.08 | 2.1 | 55 |
| 20 | 1.50 | 0.45 | 0.00 | 0.05 | 3.9 | 52 |
| 65 | 0.19 | 0.28 | 0.57 | 0.05 | 1.8 | 60 |
| 120 | 0.06 | 0.05 | 0.38 | 0.01 | 1.3 | 37 |
| 170 | 0.47 | 0.55 | 1.44 | 0.06 | 14.3 | 18 |
| 210 | 0.24 | 0.19 | 0.79 | 0.03 | 9.8 | 13 |
| 300 | 0.12 | 0.13 | 0.75 | 0.05 | 3.7 | 28 |
| 370 | 0.16 | 0.10 | 0.42 | 0.05 | 9.6 | 8 |

| Prof. (cm) | Matière organique | | | Acidité d'éch. | | Fe2O3 | |
|---------------|-------------------|------|------|----------------|------|-------|-------|
| | C | N | C/N | H+ | Al3+ | total | libre |
| | g/kg | | | méq/100 g | | % | |
| 10 | 1.74 | 0.21 | 8.3 | | | 0.33 | 0.03 |
| 20 | 5.29 | 0.46 | 11.5 | | | 0.33 | 0.14 |
| 65 | 1.29 | 0.17 | 7.6 | 0.00 | 0.51 | 0.21 | 0.00 |
| 120 | 2.99 | 0.13 | 23.0 | 0.00 | 0.29 | 0.12 | 0.00 |
| 170 | | | | 0.31 | 2.17 | 0.40 | 0.00 |
| 210 | | | | 0.18 | 3.05 | 0.61 | 0.01 |
| 300 | | | | 0.03 | 1.08 | 0.37 | 0.00 |
| 370 | | | | 0.30 | 1.84 | 0.51 | 0.08 |

Profil: P9

| Prof. (cm) | pH | | Granulométrie | | | | |
|---------------|-----|-----|---------------|-----|-----|------|------|
| | eau | KCl | A | Lf | Lg | Sf | Sg |
| | | | g/100 g | | | | |
| 10 | 3.9 | 3.9 | 25.0 | 4.0 | 8.9 | 49.8 | 13.4 |
| 35 | 4.8 | 4.3 | 24.8 | 2.8 | 9.4 | 51.8 | 12.7 |
| 75 | 5.2 | 4.9 | 17.7 | 2.7 | 9.4 | 56.1 | 15.9 |
| 110 | 4.7 | 4.8 | 10.2 | 1.5 | 7.6 | 62.8 | 18.8 |
| 150 | 6.1 | 5.3 | 3.7 | 3.8 | 8.1 | 65.2 | 18.6 |
| 220 | 4.0 | 3.9 | 17.7 | 1.8 | 7.0 | 56.5 | 19.0 |
| 320 | 5.2 | 4.6 | 12.3 | 1.5 | 6.8 | 60.2 | 20.8 |
| 385 | 5.3 | 4.5 | 12.4 | 2.0 | 7.8 | 59.6 | 19.9 |

| Prof. (cm) | Bases éch. et capacité d'échange | | | | | S/T % |
|---------------|----------------------------------|------|------|------|-----|----------|
| | Ca | Mg | Na | K | CEC | |
| | méq/100 g | | | | | |
| 10 | 0.35 | 0.28 | 0.23 | 0.11 | 3.1 | 31 |
| 35 | 0.89 | 0.64 | 0.08 | 0.23 | 3.2 | 58 |
| 75 | 0.75 | 0.47 | 0.03 | 0.22 | 2.6 | 57 |
| 110 | 0.62 | 0.43 | 0.03 | 0.14 | 2.1 | 59 |
| 150 | 1.73 | 0.49 | 0.01 | 0.05 | 3.6 | 63 |
| 220 | 0.26 | 0.21 | 0.15 | 0.08 | 1.7 | 41 |
| 320 | 0.48 | 0.32 | 0.05 | 0.11 | 1.2 | 77 |
| 385 | 0.46 | 0.24 | 0.02 | 0.12 | 1.4 | 59 |

| Prof. (cm) | Matière organique | | | Acidité d'éch. | | Fe2O3 | |
|---------------|-------------------|------|-----|----------------|------|-------|-------|
| | C | N | C/N | H+ | Al3+ | total | libre |
| | g/kg | | | méq/100 g | | % | |
| 10 | 1.40 | 0.28 | 5.0 | 0.00 | 0.83 | 0.93 | 0.50 |
| 35 | 1.73 | 0.28 | 6.2 | 0.00 | 0.23 | 0.82 | 0.48 |
| 75 | 1.80 | 0.27 | 6.7 | | | 0.67 | 0.41 |
| 110 | 1.87 | 0.26 | 7.2 | | | 0.53 | 0.30 |
| 150 | | | | | | 0.38 | 0.19 |
| 220 | | | | 0.00 | 0.59 | 0.26 | 0.02 |
| 320 | | | | | | 0.22 | 0.01 |
| 385 | | | | | | 0.33 | 0.02 |

Profil: P8

| Prof. (cm) | pH | | Granulométrie | | | | |
|---------------|-----|-----|---------------|-----|-----|------|------|
| | eau | KCl | A | Lf | Lg | Sf | Sg |
| | | | g/100 g | | | | |
| 15 | 4.4 | 4.2 | 29.2 | 3.7 | 7.8 | 45.1 | 16.3 |
| 60 | 4.1 | 4.2 | 26.4 | 3.7 | 8.4 | 47.4 | 16.6 |
| 120 | 4.2 | 4.4 | 19.2 | 5.6 | 9.3 | 43.2 | 24.6 |
| 180 | 3.8 | 4.2 | 21.2 | 4.8 | 9.2 | 50.8 | 16.2 |
| 300 | 4.3 | 4.0 | 23.0 | 4.0 | 8.8 | 50.7 | 15.2 |

| Prof. (cm) | Bases éch. et capacité d'échange | | | | | S/T % |
|---------------|----------------------------------|------|------|------|-----|----------|
| | Ca | Mg | Na | K | CEC | |
| | még/100 g | | | | | |
| 15 | 0.55 | 0.36 | 0.08 | 0.03 | 3.5 | 29 |
| 60 | 0.58 | 0.27 | 0.11 | 0.03 | 3.1 | 32 |
| 120 | 0.25 | 0.11 | 0.08 | 0.04 | 2.6 | 19 |
| 180 | 0.19 | 0.13 | 0.23 | 0.06 | 2.5 | 24 |
| 300 | 0.22 | 0.19 | 0.03 | 0.10 | 2.8 | 20 |

| Prof. (cm) | Matière organique | | | Acidité d'éch. | | Fe2O3 | |
|---------------|-------------------|------|-----|----------------|------|-------|-------|
| | C | N | C/N | H+ | Al3+ | total | libre |
| | g/kg | | | még/100 g | | % | |
| 15 | 1.79 | 0.28 | 6.4 | 0.00 | 0.81 | 1.20 | 0.83 |
| 60 | 1.40 | 0.27 | 5.2 | 0.00 | 0.62 | 1.02 | 0.67 |
| 120 | 1.02 | 0.18 | 5.7 | 0.00 | 0.61 | 7.21 | 5.84 |
| 180 | | | | 0.00 | 0.72 | 2.02 | 1.76 |
| 300 | | | | 0.00 | 1.03 | 0.90 | 0.50 |

Profil: P3

| Prof. (cm) | pH | | Granulométrie | | | | |
|---------------|-----|-----|---------------|------|------|------|------|
| | eau | KCl | A | Lf | Lg | Sf | Sg |
| | | | g/100 g | | | | |
| 5 | 4.7 | 3.9 | 7.9 | 10.7 | 18.8 | 48.0 | 14.5 |
| 20 | 4.5 | 3.9 | 9.3 | 9.0 | 18.2 | 48.3 | 15.7 |
| 60 | 5.2 | 4.5 | 3.0 | 4.6 | 8.1 | 47.8 | 37.9 |
| 100 | 5.3 | 4.6 | 2.9 | 2.6 | 8.6 | 65.5 | 21.0 |
| 150 | 4.1 | 4.0 | 10.7 | 2.2 | 6.2 | 56.8 | 25.3 |
| 300 | 4.0 | 3.8 | 22.3 | 3.8 | 9.8 | 49.2 | 16.2 |
| 380 | 4.0 | 4.2 | 21.3 | 6.0 | 10.1 | 43.3 | 20.8 |
| 400 | 4.4 | 4.1 | 25.0 | 4.2 | 9.3 | 49.8 | 13.8 |

| Prof. (cm) | Bases éch. et capacité d'échange | | | | | S/T % |
|---------------|----------------------------------|------|------|------|-----|----------|
| | Ca | Mg | Na | K | CEC | |
| | méq/100 g | | | | | |
| 5 | 0.69 | 0.32 | 0.07 | 0.09 | 5.0 | 23 |
| 20 | 0.19 | 0.06 | 0.10 | 0.04 | 3.6 | 11 |
| 60 | 0.08 | 0.04 | 0.05 | 0.01 | 0.4 | 41 |
| 100 | 0.09 | 0.04 | 0.04 | 0.01 | 0.6 | 32 |
| 150 | 0.14 | 0.07 | 0.19 | 0.02 | 1.4 | 30 |
| 300 | 0.50 | 0.21 | 0.15 | 0.02 | 2.9 | 30 |
| 380 | 0.49 | 0.20 | 0.19 | 0.02 | 3.3 | 27 |
| 400 | 0.49 | 0.18 | 0.06 | 0.04 | 2.8 | 28 |

| Prof. (cm) | Matière organique | | | Acidité d'éch. | | Fe2O3 | |
|---------------|-------------------|------|------|----------------|------|-------|-------|
| | C | N | C/N | H+ | Al3+ | total | libre |
| | g/kg | | | méq/100 g | | % | |
| 5 | 8.36 | 0.81 | 10.3 | 0.00 | 0.60 | 0.47 | 0.12 |
| 20 | 4.53 | 0.47 | 9.6 | 0.00 | 0.74 | 0.37 | 0.07 |
| 60 | 0.97 | 0.11 | 8.8 | 0.09 | 0.00 | 0.11 | 0.01 |
| 100 | 0.97 | 0.10 | 9.7 | 0.00 | 0.17 | 0.18 | 0.01 |
| 150 | | | | 0.00 | 0.76 | 0.08 | 0.02 |
| 300 | | | | 0.00 | 1.03 | 0.37 | 0.01 |
| 380 | | | | 0.00 | 0.86 | 5.62 | 0.04 |
| 400 | | | | 0.00 | 1.18 | 0.60 | 0.03 |

Profil: P6

| Prof. (cm) | pH | | Granulométrie | | | | |
|---------------|-----|-----|---------------|-----|------|------|------|
| | eau | KCl | A | Lf | Lg | Sf | Sg |
| | | | g/100 g | | | | |
| 5 | 4.0 | 4.2 | 27.0 | 5.0 | 9.1 | 45.4 | 15.8 |
| 30 | 4.5 | 4.4 | 24.4 | 3.8 | 9.5 | 47.1 | 15.1 |
| 55 | 3.7 | 4.4 | 23.5 | 5.1 | 10.3 | 45.9 | 16.5 |
| 80 | 6.3 | 5.0 | 8.1 | 1.9 | 7.8 | 62.6 | 20.0 |
| 125 | 5.3 | 4.5 | 11.0 | 2.7 | 8.2 | 58.2 | 21.1 |
| 170 | 4.2 | 3.9 | 25.3 | 3.2 | 8.0 | 47.0 | 17.9 |

| Prof. (cm) | Bases éch. et capacité d'échange | | | | | S/T % |
|---------------|----------------------------------|------|------|------|-----|----------|
| | Ca | Mg | Na | K | CEC | |
| | méq/100 g | | | | | |
| 5 | 0.53 | 0.31 | 0.26 | 0.04 | 3.2 | 36 |
| 30 | 0.53 | 0.17 | 0.04 | 0.02 | 2.8 | 27 |
| 55 | 0.52 | 0.32 | 0.45 | 0.06 | 2.8 | 48 |
| 80 | 1.68 | 0.39 | 0.03 | 0.23 | 4.3 | 54 |
| 125 | 0.68 | 0.26 | 0.09 | 0.15 | 2.8 | 42 |
| 170 | 0.46 | 0.28 | 0.13 | 0.06 | 3.6 | 26 |

| Prof. (cm) | Matière organique | | | Acidité d'éch. | | Fe2O3 | |
|---------------|-------------------|------|------|----------------|------|-------|-------|
| | C | N | C/N | H+ | Al3+ | total | libre |
| | g/kg | | | méq/100 g | | % | |
| 5 | 1.35 | 0.28 | 4.8 | 0.00 | 0.57 | 1.16 | 0.81 |
| 30 | 1.25 | 0.24 | 5.2 | 0.00 | 0.63 | 1.67 | 1.46 |
| 55 | 1.25 | 0.19 | 6.6 | 0.00 | 0.42 | 2.35 | 1.69 |
| 80 | 5.80 | 0.53 | 10.9 | | | 0.54 | 0.30 |
| 125 | 2.51 | 0.31 | 8.1 | 0.00 | 0.23 | 0.62 | 0.36 |
| 170 | 2.05 | 0.31 | 6.6 | 0.00 | 0.96 | 1.00 | 0.70 |

Profil: P29

| Prof. (cm) | pH | | Granulométrie | | | | |
|---------------|-----|-----|---------------|-----|------|------|------|
| | eau | KCl | A | Lf | Lg | Sf | Sg |
| | | | g/100 g | | | | |
| 25 | 4.4 | 4.1 | 33.0 | 5.0 | 11.1 | 40.9 | 11.8 |
| 50 | 4.5 | 3.9 | 28.5 | 5.2 | 12.0 | 43.5 | 12.4 |
| 80 | 4.6 | 3.9 | 20.3 | 4.3 | 11.7 | 50.2 | 15.2 |

| Prof. (cm) | Bases éch. et capacité d'échange | | | | | S/T % |
|---------------|----------------------------------|------|------|------|-----|----------|
| | Ca | Mg | Na | K | CEC | |
| | méq/100 g | | | | | |
| 5 | 1.32 | 0.57 | 0.10 | 0.01 | 4.4 | 46 |
| 20 | 0.43 | 0.14 | 0.04 | 0.02 | 3.7 | 17 |
| 50 | 0.27 | 0.13 | 0.03 | 0.01 | 3.4 | 13 |

| Prof. (cm) | Matière organique | | | Acidité d'éch. | | Fe2O3 | |
|---------------|-------------------|---|-----|----------------|------|-------|-------|
| | C | N | C/N | H+ | Al3+ | total | libre |
| | g/kg | | | méq/100 g | | % | |
| 5 | | | | 0.00 | 0.46 | 1.05 | 0.60 |
| 20 | | | | 0.00 | 1.31 | 0.92 | 0.53 |
| 50 | | | | 0.00 | 0.96 | 0.72 | 0.43 |

GRANULOMETRIE DES SABLES

Profil: P1

| Prof. (cm) | 2.000 % | 1.600 % | 1.250 % | 1.000 % | 0.800 % | 0.630 % | 0.500 % | 0.400 % | 0.315 % |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 5 | | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 1.2 | 2.5 | 2.7 | 6.9 |
| 20 | | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.6 | 1.1 | 2.3 | 2.8 | 6.7 |
| 50 | | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 1.3 | 2.7 | 2.0 | 8.1 |
| 80 | | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.7 | 1.4 | 2.5 | 3.1 | 6.6 |
| 120 | | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.7 | 1.4 | 2.5 | 2.8 | 7.0 |
| 160 | | 0.0 | 0.1 | 0.4 | 0.8 | 1.2 | 2.4 | 2.4 | 6.7 |
| | 0.250 % | 0.200 % | 0.160 % | 0.125 % | 0.100 % | 0.080 % | 0.063 % | 0.050 % | |
| 5 | 8.6 | 13.4 | 13.8 | 23.3 | 13.1 | 8.6 | 3.9 | 0.9 | |
| 20 | 8.8 | 13.3 | 15.2 | 23.1 | 13.1 | 8.1 | 3.4 | 1.3 | |
| 50 | 8.8 | 13.1 | 13.2 | 20.1 | 14.3 | 0.5 | 13.4 | 1.4 | |
| 80 | 8.7 | 13.7 | 13.8 | 22.2 | 13.1 | 3.1 | 9.4 | 1.2 | |
| 120 | 8.2 | 11.4 | 12.9 | 21.2 | 14.6 | 2.0 | 13.3 | 1.6 | |
| 160 | 7.8 | 11.1 | 13.7 | 21.7 | 15.0 | 4.5 | 10.4 | 1.7 | |

Profil: P2

| Prof. (cm) | 2.000 % | 1.600 % | 1.250 % | 1.000 % | 0.800 % | 0.630 % | 0.500 % | 0.400 % | 0.315 % |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10 | | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.8 | 1.8 | 2.4 | 6.1 |
| 30 | | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.9 | 1.9 | 2.3 | 6.4 |
| 50 | | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1.1 | 2.3 | 2.8 | 7.1 |
| 80 | | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.6 | 1.2 | 2.5 | 2.6 | 7.2 |
| 120 | | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.6 | 1.1 | 2.1 | 2.4 | 5.8 |
| | 0.250 % | 0.200 % | 0.160 % | 0.125 % | 0.100 % | 0.080 % | 0.063 % | 0.050 % | |
| 10 | 8.0 | 12.1 | 14.6 | 25.5 | 15.0 | 6.7 | 4.9 | 1.3 | |
| 30 | 8.4 | 11.8 | 13.7 | 23.8 | 15.7 | 3.8 | 9.3 | 1.3 | |
| 50 | 8.6 | 11.8 | 13.3 | 22.7 | 14.9 | 8.7 | 4.4 | 1.4 | |
| 80 | 8.4 | 12.1 | 12.8 | 23.7 | 14.9 | 7.8 | 4.7 | 1.3 | |
| 120 | 7.6 | 11.4 | 12.6 | 23.3 | 15.3 | 0.5 | 15.2 | 1.8 | |

GRANULOMETRIE DES SABLES

Profil: P10

| Prof. (cm) | 2.000 % | 1.600 % | 1.250 % | 1.000 % | 0.800 % | 0.630 % | 0.500 % | 0.400 % | 0.315 % |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 20 | | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.7 | 1.7 | 0.4 | 6.3 |
| 65 | | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 1.7 | 2.1 | 5.6 |
| 120 | | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.6 | 1.1 | 2.0 | 2.8 | 5.9 |
| 210 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.7 | 0.8 | 4.1 |
| 300 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.9 | 1.1 | 3.3 |
| | 0.250 % | 0.200 % | 0.160 % | 0.125 % | 0.100 % | 0.080 % | 0.063 % | 0.050 % | |
| 20 | 6.1 | 9.4 | 12.6 | 33.2 | 17.0 | 7.7 | 3.1 | 1.3 | |
| 65 | 7.7 | 12.4 | 14.3 | 28.4 | 15.1 | 0.2 | 9.9 | 1.1 | |
| 120 | 8.3 | 13.0 | 13.9 | 27.3 | 14.4 | 3.6 | 5.6 | 1.1 | |
| 210 | 5.9 | 9.6 | 12.7 | 28.1 | 18.5 | 8.9 | 8.1 | 2.6 | |
| 300 | 4.7 | 7.6 | 10.5 | 27.9 | 22.8 | 5.5 | 11.4 | 3.8 | |

Profil: P9

| Prof. (cm) | 2.000 % | 1.600 % | 1.250 % | 1.000 % | 0.800 % | 0.630 % | 0.500 % | 0.400 % | 0.315 % |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 35 | | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 1.2 | 0.8 | 4.0 |
| 75 | | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.6 | 1.4 | 1.7 | 4.0 |
| 150 | | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 1.3 | 0.2 | 5.5 |
| 220 | | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.8 | 1.6 | 0.7 | 5.6 |
| 320 | | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 1.6 | 0.5 | 6.0 |
| | 0.250 % | 0.200 % | 0.160 % | 0.125 % | 0.100 % | 0.080 % | 0.063 % | 0.050 % | |
| 35 | 4.6 | 7.8 | 10.2 | 33.4 | 21.9 | 7.5 | 5.6 | 1.9 | |
| 75 | 5.6 | 8.3 | 9.4 | 30.3 | 21.7 | 8.8 | 5.6 | 2.0 | |
| 150 | 5.6 | 10.0 | 13.3 | 36.9 | 16.1 | 2.9 | 5.6 | 1.5 | |
| 220 | 6.0 | 9.3 | 10.9 | 31.1 | 16.8 | 4.0 | 10.6 | 1.6 | |
| 320 | 6.1 | 9.1 | 10.8 | 31.9 | 18.1 | 6.8 | 6.4 | 1.6 | |

GRANULOMETRIE DES SABLES

Profil: P8

| Prof. (cm) | 2.000 % | 1.600 % | 1.250 % | 1.000 % | 0.800 % | 0.630 % | 0.500 % | 0.400 % | 0.315 % |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 60 | | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.7 | 1.8 | 2.2 | 5.1 |
| 120 | | 1.2 | 1.5 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 2.2 | 0.4 | 6.8 |
| 180 | | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.8 | 1.7 | 2.1 | 4.2 |
| 300 | | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 1.6 | 1.4 | 5.0 |
| | 0.250 % | 0.200 % | 0.160 % | 0.125 % | 0.100 % | 0.080 % | 0.063 % | 0.050 % | |
| 60 | 6.4 | 9.6 | 13.4 | 34.6 | 16.2 | 5.3 | 3.0 | 1.3 | |
| 120 | 5.7 | 7.8 | 8.6 | 26.5 | 18.7 | 2.1 | 12.4 | 2.4 | |
| 180 | 5.5 | 8.3 | 9.9 | 33.3 | 19.7 | 7.3 | 4.3 | 1.8 | |
| 300 | 5.5 | 8.4 | 9.1 | 26.5 | 22.4 | 8.7 | 7.6 | 2.3 | |

Profil: P3

| Prof. (cm) | 2.000 % | 1.600 % | 1.250 % | 1.000 % | 0.800 % | 0.630 % | 0.500 % | 0.400 % | 0.315 % |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 5 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.6 | 1.5 | 1.0 | 5.5 |
| 20 | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.5 | 1.5 | 1.5 | 5.6 |
| 60 | | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.4 | 0.9 | 2.4 | 2.9 | 9.4 |
| 100 | | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1.3 | 0.9 | 4.8 |
| 150 | | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.8 | 1.9 | 2.0 | 5.5 |
| 300 | | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.8 | 1.3 | 1.9 | 4.2 |
| 380 | | 0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.7 | 2.1 | 4.7 |
| 400 | | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 1.3 | 1.5 | 3.4 |
| | 0.250 % | 0.200 % | 0.160 % | 0.125 % | 0.100 % | 0.080 % | 0.063 % | 0.050 % | |
| 5 | 5.8 | 8.6 | 11.1 | 23.2 | 22.6 | 11.9 | 6.1 | 1.8 | |
| 20 | 6.3 | 8.9 | 11.7 | 23.5 | 18.4 | 0.6 | 18.3 | 3.1 | |
| 60 | 11.9 | 16.1 | 13.6 | 20.1 | 11.3 | 5.8 | 3.9 | 1.2 | |
| 100 | 5.9 | 11.3 | 13.8 | 28.8 | 18.6 | 8.6 | 3.9 | 1.3 | |
| 150 | 7.7 | 11.8 | 13.7 | 28.3 | 15.1 | 0.8 | 10.3 | 1.1 | |
| 300 | 5.7 | 9.2 | 12.7 | 27.5 | 18.4 | 7.7 | 7.8 | 1.9 | |
| 380 | 6.3 | 9.5 | 15.5 | 30.5 | 15.6 | 7.7 | 2.4 | 0.9 | |
| 400 | 5.0 | 8.7 | 11.2 | 28.8 | 19.5 | 0.6 | 16.0 | 2.2 | |

GRANULOMETRIE DES SABLES

Profil: P6

| Prof. (cm) | 2.000 % | 1.600 % | 1.250 % | 1.000 % | 0.800 % | 0.630 % | 0.500 % | 0.400 % | 0.315 % |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 5 | | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.9 | 2.0 | 2.4 | 5.1 |
| 30 | | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.7 | 1.6 | 4.3 |
| 55 | | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | 0.6 | 1.8 | 1.1 | 5.9 |
| 80 | | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 1.4 | 1.9 | 4.6 |
| 125 | | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.8 | 1.7 | 0.7 | 6.7 |
| 170 | | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.9 | 2.0 | 2.2 | 6.2 |
| | 0.250 % | 0.200 % | 0.160 % | 0.125 % | 0.100 % | 0.080 % | 0.063 % | 0.050 % | |
| 5 | 6.0 | 8.8 | 10.8 | 30.1 | 17.9 | 1.3 | 12.4 | 1.9 | |
| 30 | 5.5 | 8.0 | 10.0 | 33.1 | 18.7 | 8.6 | 5.1 | 1.8 | |
| 55 | 5.7 | 8.1 | 9.7 | 30.7 | 18.1 | 8.4 | 5.1 | 2.6 | |
| 80 | 5.9 | 9.0 | 12.3 | 35.1 | 18.2 | 3.7 | 5.6 | 1.4 | |
| 125 | 6.4 | 9.7 | 13.7 | 34.1 | 16.1 | 1.0 | 7.2 | 1.6 | |
| 170 | 6.8 | 9.6 | 12.9 | 31.8 | 16.0 | 5.8 | 4.0 | 1.2 | |

Profil: P29

| Prof. (cm) | 2.000 % | 1.600 % | 1.250 % | 1.000 % | 0.800 % | 0.630 % | 0.500 % | 0.400 % | 0.315 % |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 25 | | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1.1 | 0.3 | 5.2 |
| 50 | | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 1.1 | 0.6 | 4.8 |
| 80 | | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 1.2 | 1.4 | 3.9 |
| | 0.250 % | 0.200 % | 0.160 % | 0.125 % | 0.100 % | 0.080 % | 0.063 % | 0.050 % | |
| 25 | 5.8 | 8.7 | 10.5 | 24.3 | 21.6 | 1.7 | 16.8 | 3.2 | |
| 50 | 5.6 | 8.8 | 11.9 | 24.5 | 18.4 | 6.7 | 13.5 | 3.1 | |
| 80 | 5.9 | 9.6 | 11.2 | 26.0 | 20.9 | 0.6 | 15.8 | 2.7 | |