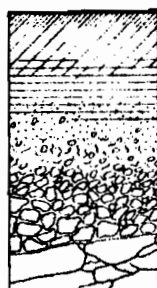


C. VALENTIN  
T. MONG-GINE

**EFFETS DE LA MISE EN CULTURE  
DE QUELQUES SOLS REPRESENTATIFS  
DE LA REGION DE TOUBA  
( Nord - Ouest de la Côte d'Ivoire )**

**PRESENTATION SOMMAIRE DE L'ETUDE  
ET RESUME DES PREMIERS RESULTATS**



**PEDOLOGIE EXPERIMENTALE**

**OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE - MER**

**CENTRE D'ADIOPODOUMÉ - CÔTE D'IVOIRE**

**§.P.V 51 - ABIDJAN**



**mai 1979**

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIOPODOUME

BP. V-51 - ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

---

Laboratoire de Pédologie Expérimentale

EFFETS DE LA MISE EN CULTURE  
DE QUELQUES SOLS REPRESENTATIFS  
DE LA REGION DE TOUBA  
(Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire)

Présentation sommaire de l'étude  
et résumé des premiers résultats

par

C. VALENTIN

T. MONG-GINE

mai 1979

## S O M M A I R E

	Pages
<u>Avant-propos</u>	1
<u>Introduction</u>	1
<u>I Données descriptives</u>	3
11 Les éléments des milieux naturel et humain	3
111. le climat et la végétation	3
112. la géologie	3
113. le milieu humain	3
12 Le choix des sites	4
121. les difficultés	4
122. les sites retenus	4
13 Présentation des trois couples	5
131. les toposéquences	5
132. les trois couples de sols étudiés	5
<u>II Données quantifiées</u>	9
21 Caractères physiques	9
211. densité apparente	9
212. perméabilité des sols - mesures d'infiltration (Pioger)	10
213. dynamique de ressuyage et capacité au champ	12
214. pénétrométrie à masse	13
215. pénétrométrie proctor	14
22 Caractères biologiques	16
221. nitrification	16
222. vers de terre	17
223. densité racinaire	18
<u>Conclusions</u>	19

## AVANT-PROPOS

Le présent rapport fait le point sur les premiers résultats d'une étude concernant les effets de la mise en culture de sols caractéristiques de la région de Touba. Les différentes mesures de terrain, ainsi que certains dépouillements n'étant pas encore achevés, il s'agit d'un texte provisoire destiné à susciter des critiques et des suggestions de la part des diverses personnes intéressées par le développement agricole de cette région.

## INTRODUCTION

En vue d'une meilleure connaissance des ressources en sols du Nord de la Côte d'Ivoire, un vaste programme de cartographie pédologique a été entrepris au Nord du 8ème parallèle. Plusieurs cartes ont déjà été publiées, d'autres sont en cours de parution : Odienné (1975), Boundiali (1977), Korhogo (1979), Niellé, Tienko et Tingrela (1979), Katiola (1980) et Touba (1980). Le degré carré de Touba (compris entre les 8ème et 9ème parallèles Nord et les 7ème et 8ème méridiens Ouest) constitue l'une des six feuilles réalisées au 1/200 000ème, susceptibles d'apporter le maximum de renseignements sur la morphologie des sols et leur répartition spatiale.

En appui à ce programme, le Ministère de la Recherche Scientifique a jugé utile d'entreprendre des études sur le comportement de certains sols caractéristiques, vis-à-vis des différents agents naturels (principalement l'eau) et anthropiques (cultures). Il s'agit essentiellement d'établir le maximum de relations entre les caractéristiques obtenues lors de la description d'un sol et ses différentes réactions enregistrées lors d'expériences appropriées. A l'aide du grand nombre de données morphologiques issues des travaux de cartographie, il sera possible, par la suite, d'extrapoler à des zones plus étendues les résultats acquis sur un nombre restreint de sites.

Après deux campagnes de mesures menées essentiellement en milieu naturel (dans les régions de Katiola - 1977 - et de Tingrela - 1978 -), les présents travaux entrepris dans la région de Touba ont pour objectif principal la mise en évidence, si possible chiffrée, des effets du défrichement et de la mise en culture sur la morphologie et le comportement des sols.

Pour une telle étude, la méthode des couples paraît la plus satisfaisante elle consiste à comparer deux sites d'un même sol, aussi proches que possible (distants d'une vingtaine de mètres), l'un en milieu non défriché ("témoin naturel"), l'autre étant cultivé. La démarche s'organise selon trois étapes successives :

- description approfondie des deux sites (les profils pédologiques et leur environnement géomorphologique et végétal).

- mesures et analyses permettant la saisie de données "clés" de la dynamique actuelle des sols.
- confrontation entre les caractères morphologiques et les résultats des mesures correspondantes.

Ces premières observations associées aux différentes déterminations quantifiées permettent d'émettre certaines hypothèses sur les effets des techniques culturales et d'orienter les travaux ultérieurs.

## I DONNEES DESCRIPTIVES

### 11 Les éléments des milieux naturel et humain

#### 111. le climat et la végétation :

La région de Touba se trouve à la limite méridionale du domaine soudanais, secteur sub-soudanais (ELDIN 1971) : végétation de type savane boisée, arborée ou arbustive et/ou forêt claire et forêt dense sèche.

Son climat est de type tropical à long hivernage : pluviométrie annuelle moyenne calculée sur 20 ans : 1378 mm, durée de la saison sèche : 5 mois, de novembre à mars.

L'isohyète 1,40 m suit un tracé parabolique dont le sommet passe légèrement à l'Ouest de Touba et délimite ainsi une zone plus arrosée aux confins de la Guinée.

Passant par Touba, l'isotherme 25°C, partage la région en une zone plus chaude au Nord qu'au Sud. La courbe de déficit hydrique cumulé (600 mm) suit à peu près le même tracé que l'isotherme précédente et marque la limite d'une zone plus sèche au Nord. Cette région septentrionale est également caractérisée par une humidité relative (moyenne annuelle) inférieure à 75 % et une durée d'insolation supérieure à 1950 heures.

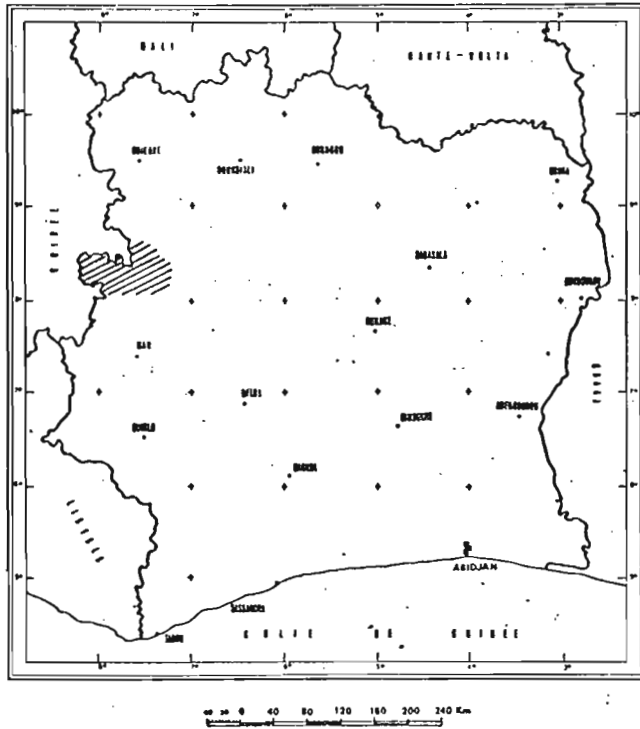
#### 112. la géologie :

La plupart des assises géologiques de la région de Touba ont une origine migmatitique et plutonique. Les granitoïdes hétérogènes (ou granites indifférenciés) occupent la région occidentale de Touba et de Borotou, tandis qu'une zone de granites à hypersthène s'étend au Nord de Touba. De part et d'autre de la route Touba-Séguéla et le long du Sassandra apparaît une formation granito-gneissique à hypersthène (cf. esquisse géologique). En marge de cet ensemble, des dolérites couvrent une large bande de l'Ouest au Sud de Touba. Ces roches basiques se dressent sous forme de dykes de tailles variées.

#### 113. le milieu humain :

Les Mahous constituent le groupe ethnique le plus important de la région de Touba. Ils s'apparentent aux Malinkés. Le riz constitue la nourriture de base suivi du manioc et du maïs (consommé sous forme de galettes), puis de l'igname. Le riz pluvial constituerait 90 % de la production vivrière.

CARTE DE SITUATION



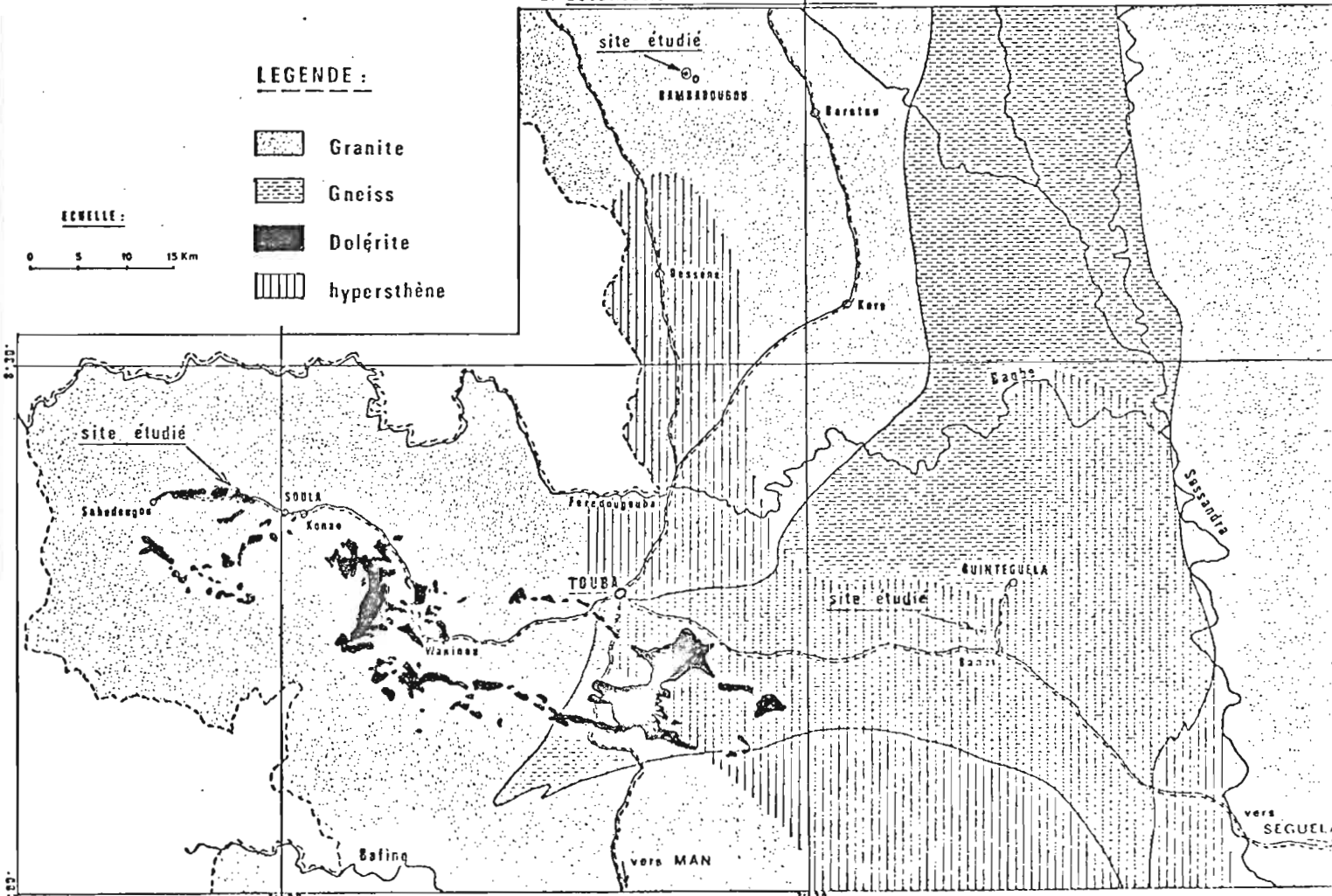
CARTE DES GRANDES FORMATIONS GEOLOGIQUES

— Localisation des sites étudiés —

LEGENDE :

- Granite
- Gneiss
- Dolérite
- hypersthène

ECHELLE :



Depuis 1976, de nombreuses coopératives villageoises ont vu le jour (G.V.C. : Groupement Villageois Coopératif) sous l'impulsion de la société d'Etat de développement de la culture rizicole (SODERIZ), et depuis 1978 de la production de coton (C.I.D.T.). Dans la plupart des cas, les blocs (de 30 à 70 hectares) ont été défrichés à l'aide de moyens lourds. Ces travaux n'ont pas toujours répondu à une demande des villageois puisque de nombreux champs n'ont jamais été cultivés ou très vite abandonnés (pour le secteur de Borotou, par exemple, 60 % des terres défrichées étaient effectivement mises en culture la première année, 40 % en 1978). Chaque G.V.C. bénéficie de l'encadrement d'un moniteur agricole appartenant à la C.I.D.T. qui facilite les principales opérations (traitements, fertilisation, récolte....). Il est à noter que la majorité des coopératives s'est tournée vers la culture mécanisée, devenant propriétaire d'engins assez lourds avec l'aide de la Banque Nationale pour le Développement Agricole (B.N.D.A.).

Connaissant le passé cultural récent des parcelles des G.V.C., il était particulièrement intéressant d'y installer les sites expérimentaux.

## 12 Le choix des sites

### 121. les difficultés :

De nombreux facteurs doivent être pris en compte. Il est nécessaire de délimiter des sous-régions naturelles dans lesquelles il soit possible de trouver des périmètres dont les caractéristiques (sols, relief, mais aussi type de culture) se montrent les plus représentatives possibles.

Il n'est pas inutile de rappeler certains impératifs scientifiques (nécessité d'une lisière franche culture/milieu naturel) et techniques (accessibilité, proximité de points d'eau...).

### 122. les sites retenus :

Les données du milieu naturel indiquent l'existence de trois sous-régions bien individualisées : le Nord, l'Est et l'Ouest de Touba. Partant de cette constatation, nous avons retenu les trois emplacements suivants (cf. carte) :

- Bambadougou (BAM), sous-préfecture de Borotou, au Nord, sur granite indifférencié ;
- Guintéguéla (GUI), sous-préfecture de Guintéguéla, à l'Est, sur granito-gneiss à hypersthène ;
- Soula (SOU), sous-préfecture de Konan, à l'Ouest, sur dolérite (roche verte).



Ces blocs offrent d'importantes surfaces cultivées le long des toposéquences (successions des sols du sommet au marigot), ainsi que des témoins du milieu (sol et végétation) tel qu'il se présentait avant les défrichements.

L'examen d'une série de profils, dans la mesure du possible en milieu naturel pour ne pas perturber les parcelles cultivées, permet de déterminer le type de sol le plus caractéristique et son homologue cultivé pour lequel une description soignée du profil cultural souligne l'effet des antécédents culturels.

Parmi ces trois sites, le sol de Soula est le moins étendu dans la région de Touba. Il constitue un pôle pédologique très intéressant qu'il est utile néanmoins de caractériser.

### 13 Présentation des 3 coupes

131. les toposéquences (cf. diagrammes correspondants)

132. les 3 couples de sols étudiés :

a) végétation et cultures

- BAMBADOUYOU :

A l'emplacement des profils, la végétation "naturelle" est une savane arborée assez dégradée. Un tapis graminéen couvre la quasi-totalité du sol.

Il est possible de retrouver la trace des billons de la première culture de coton ayant succédé au défrichement. Trois mois après la récolte, les pailles de riz restées sur pied voisinent avec de nombreuses plantes annuelles adventices qui ont largement dépassé le stade de la floraison.

Signalons que chaque année la quasi-totalité de la végétation de Touba est brûlée. Cette fois-ci les feux de brousse sont survenus en fin de saison sèche (fin février). Malgré cela, deux semaines après le passage du feu, les feuilles mortes assuraient une certaine couverture du sol. Sur la parcelle cultivée, par contre l'ensemble de la végétation avait brûlé.

- GUINTEGUELA :

Le couvert végétal est assuré à 30-40 % par le feuillage des ligneux d'une savane arborée assez bien conservée. De ce fait, la strate graminéenne est plus lâche qu'à Bambadougou.

Deux cultures de riz se sont succédées sur le site étudié. Les adventices sont moins nombreuses qu'à Bambadougou.

# ESQUISSE DE BLOCS DIAGRAMMES DES TROIS TOPOSEQUENCES

( Localisation des sites )

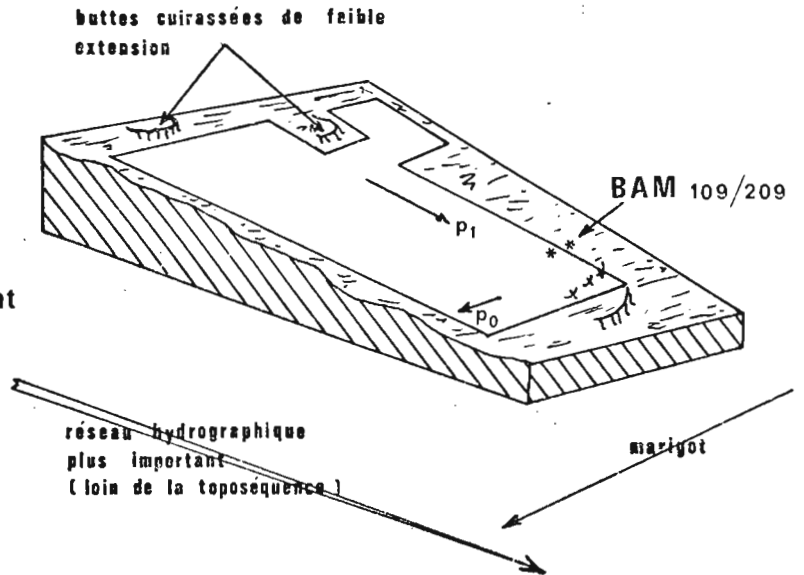
## BAMBADOUGOU

( granite indifférencié )

— Versant plan en forme de glacis, avec buttes cuirassées partiellement demantelées

$p_1$ : pente principale

$p_0$ : pente très faible

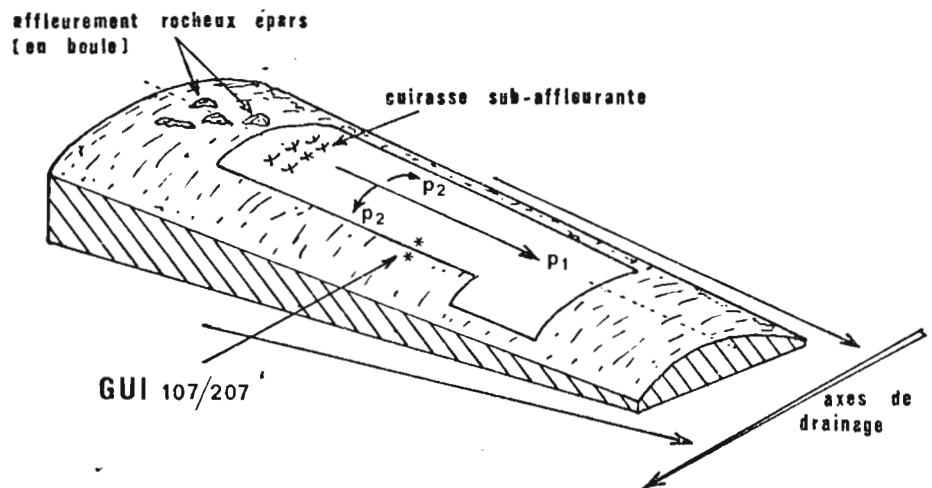


## GUINTEGUELA

( granito-gneiss à hypersthène )

— Large interfluve à sommet plan-convexe

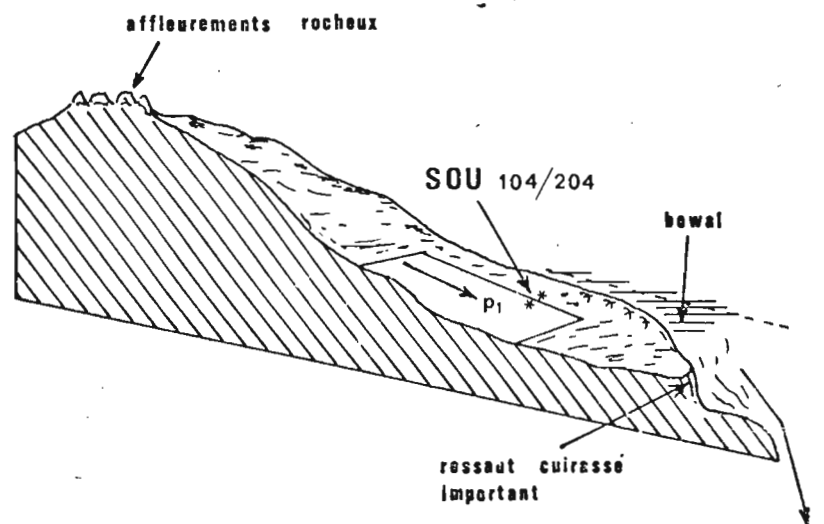
pentas  $p_1 < p_2$



## SOULA

( dolérite )

— Relief convexo-concave



A Guintéguéla, comme à Touba, les labours ont été réalisés au tracteur.

- SOULA :

Aux environs immédiats des profils, la végétation de Soula ressemble à celle de Bambadougou. C'est une savane arborée claire dont les arbres espacés couvrent peu le sol. Par contre, le tapis graminéen est dense.

Trois campagnes de riz, s'étant soldées par des échecs, ont précédé l'installation actuelle du *Stylosanthes*. A la culture attelée du riz pluvial succède une culture mécanisée ; mais les résultats de la légumineuse ne semblent pas pour l'instant très concluants : le *Stylosanthes*, très clairsemé est largement envahi par des adventices (*Imperata* sp.).

b) les sols (cf. schémas)

Les sols de Bambadougou et de Guintéguéla sont peu épais ; ils comportent à faible profondeur - 15/25 cm - un horizon riche en éléments ferrugineux durs, de forme nodulaire. Décrit en langage typologique (CHATELIN et MARTIN 1972), le sol de Bambadougou est un lepto-apexol sur gravolite structichrome et pétrostérite ; celui de Guintéguéla est un lepto-apexol sur gravolite structichrome à phase altéritique et sur gravo-structi-altérite.

Le sol de Soula, par contre profond, ne contient pas d'éléments grossiers sur une épaisseur atteignant 150 cm. C'est un ortho-apexol sur gravolite structichrome.

- BAMBADOUYOU :

Les deux profils étudiés ont une texture sablo-argileuse, à sable quartzéux. Le matériau est meuble, de consistance fragile ; ces sols semblent appauvris en surface.

En milieu naturel, la surface du sol est plane, parsemée de petits gravillons ferrugineux (épilite, de 5 à 10 mm) couvrant moins de 1 % de la surface, et de petites plages de sable grossier quartzéux d'un millimètre d'épaisseur. On observe enfin un dermilite (pellicule de battance) très fin, à peine marqué.

Le sol cultivé présente un micro-relief dolichocline (ondulé), relique des billons de la culture précédente (coton). En surface se généralise un dermilite d'un millimètre d'épaisseur. Les nodules ferrugineux paraissent plus nombreux, la plupart "ayant poussé" sous l'effet de l'impact des gouttes de pluie (une micro-érosion laisse en surface les éléments grossiers, certains coiffant des micro-demoiselles).

BAMBADOUGOU

GUINTEGUELA

SOULA

LEPTO-APEXOL SUR GRAVOLITE STRUCTICHROME ET PETROSTERITE

LEPTO-APEXOL SUR GRAVOLITE STRUCTICHROME A PHASE ALTERITIQUE ET GRAVO-STRUCTI-ALTERITE

ORTHO-APEXOL SUR GRAVOLITE

BAM 109

BAM 209

GUI 107

GUI 207

SOU 104

SOU 204

[ Naturel ]

[ Cultivé ]

[ Naturel ]

[ Cultivé ]

[ Naturel ]

[ Cultivé ]

Savane arbustive et arborée dégradée; graminées denses. (brûlis)

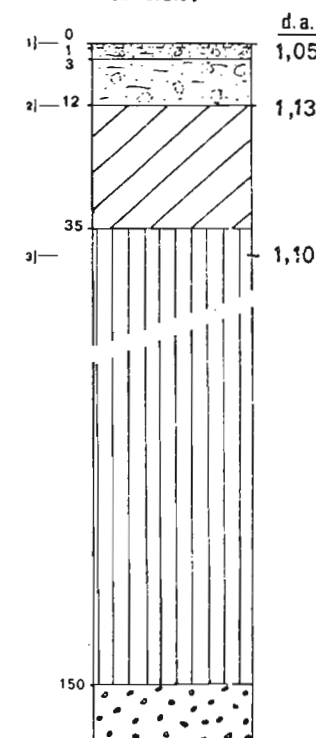
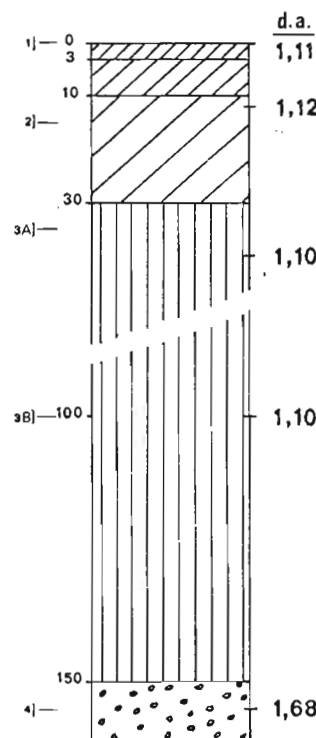
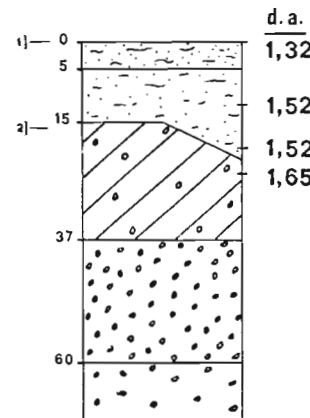
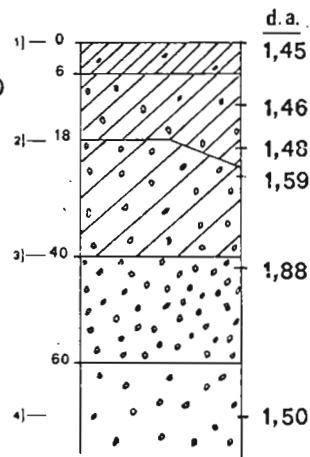
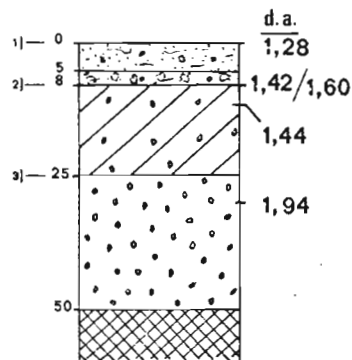
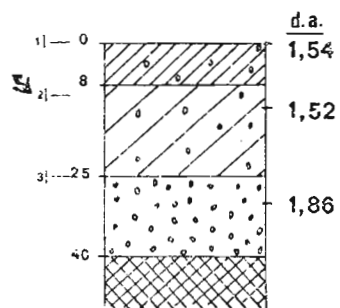
Riz (récolté nov.) après coton. Kortode assez dense. (brûlis)

Savane arborée; graminées clairsemées. (brûlis)

Riz (récolté nov.) après riz. Peu de kortode. (brûlis)

Savane arborée claire; hautes graminées. (brûlis)

Stylosanthis clairsemé après 3 cultures de riz. Allégèremen. (non brûlé)



Surface:

- épilite gravillonnaire (5-10/m) moins de 1%
- 1m/m épilite de sable grossier quartzeux, 20%
- dermite très mince (< 1m/m)

Surface: delicocline

- épilite gravillonnaire 2%, haut des anciens billons
- 3 à 4 m/m épilite de sable grossier, bas des billons
- dermite de 1m/m

Surface:

- pas d'épilite gravillonnaire ni d'épilite sableux
- dermite très mince

Surface:

- 3% épilite gravillonnaire
- 1m/m épilite de sable grossier ferrugineux, 10%
- dermite très mince, cohérent
- fentes de dessiccation, 15m/m

Surface:

- pas d'épilite ni de dermite

Surface:

- pas d'épilite ni de dermite

Sol:

- 0 à 8cm: appumite rhizophique, pauciclude à phase grumoclude nésoïde, stigme gravo.
- 8 à 25cm: structichron dyscophe rhizo-rhizophique, amérode, stigme gravolique et graveleux.
- 25 à 40cm: gravolite structichrome à phase pétrosteritique
- à 40cm: pétrosterite.

Sol:

- 0 à 5cm: arumite aliatoide à phase nuciclude fin et moyen
- 5 à 8cm: arumite aliato-nuciclude moyen et grossier
- 8 à 25cm: structichron dyscophe amérode, stigme gravolique et graveleux
- 25 à 50cm: structichron gravolique à phase graveleuse
- à 50cm: pétrosterite
- A 8cm, semelle de labour

Sol:

- 0 à 6cm: appumite rhizophique, nuciclude grossier et moyen, phase grumoclude très fin, stigme gravolique
- 6 à 18/23cm: appumite rhizo-rhizagé, pauci-anguclude, zoonique nésoïde, stigme gravolique et pétrosteritique
- 18/23 à 40cm: structichron dyscophe gravolique à phase graveleuse
- 40 à 60cm: gravolite structichrome à phase alteritique
- 60 à 80cm: gravo-structi-altérite

Sol:

- 0 à 5cm: arumite pauciclude moyen à grumoclude très fin, stigme gravolique et téphralitique
- 5 à 15/22cm: arumite pauciclude grossier, zoonique nésoïde, stigme gravolique et téphralitique
- 15/22 à 37cm: gravo-structichron dyscophe à phase graveleuse et stigme pétrosteritique
- 37 à 60cm: gravolite structichrome à phase alteritique
- 60 à 80cm: gravo-structi-altérite

Sol:

- 0 à 3cm: appumite rhizophique nésoïde, nuciclude moyen et fin
- 3 à 10cm: appumite rhizo-rhizagé, nuciclude grossier et moyen, phase aliatoide
- 10 à 30cm: structichron dyscophe amérode phase humique nésoïde
- 30 à 150cm: structichron amérode, tendance aliatoide, stigme gravolique (< 1%)
- 150 à 160cm: gravolite structichrome, stigme pétrosteritique

Sol:

- 0 à 1cm: arumite aliatoide
- 1 à 3cm: arumite aliatoide stigme nuciclude moyen
- 3 à 12cm: arumite aliato-nuciclude grossier et moyen
- 12 à 35cm: structichron dyscophe amérode
- 35 à 150cm: structichron amérode, tendance aliatoide, rouge, stigme gravolique (< 1%)
- 150 à 180cm: gravolite structichrome
- A 12cm: fond de labour

Texture moyenne sablo-argileuse

Texture moyenne argile limono-sableuse

Texture moyenne argileuse

Ce phénomène est surtout marqué en sommet de billon. Dans les inter-billons, et plus particulièrement sur les bas de micro-versants exposés vers l'aval de la pente générale, se sont formés des dépôts sableux stratifiés, indices d'une érosion non négligeable. Dans certaines parties de ces interbillons, cet épilite sableux (atterrissements) atteint 3-4 mm d'épaisseur.

Après deux années de culture sur le bloc de Bambadougou, les principales transformations observées sont, en plus des traces d'érosion en nappe.

Un émiettement très important du matériau dans l'horizon cultivé (arumite), l'apparition d'une semelle de labour nette mais discontinue (à 8 cm) et un léger tassement de l'horizon sous-jacent.

- GUINTEGUELA :

A Guintéguéla, les sols ont une texture plus argileuse qu'à Bambadougou. Le matériau est cohérent et ne contient pas de sable quartzeux visible. Cette cohésion proviendrait de la texture du sol, elle même issue de la nature de la roche mère (peu de quartz - ? - donc peu de sable) et de la proximité de la surface de la zone d'altération (altérite).

Sur le milieu naturel, la surface n'est couverte par aucun épilite gravillonnaire. Par contre, il occupe 3 - 4 % de l'aire cultivée ; des petits nodules ferrugineux, de la taille des sables grossiers, constituent également un pavage caractéristique. Sans minimiser les effets de l'érosion, il semble que cette teneur en sables et éléments grossiers, observés en surface résulte davantage d'une légère hétérogénéité du sol que d'une concentration relative, par départ d'éléments fins. En effet, sur le bloc, des traces importantes d'érosion n'apparaissent que pour des pentes plus fortes (pentes transversales, p 2 sur le bloc diagramme).

La fragmentation du sol par les travaux culturaux est moins marquée qu'à Bambadougou. Aucune semelle de labour n'est à signaler.

- SOULA :

Le sol de Soula est remarquable pour son homogénéité. Il est rouge, profond et argileux. Les agrégats s'écrasent facilement dans la main, libérant un matériau particulière aliatique (farineux). La surface du témoin naturel n'est recouverte d'aucune épilite.

Sur sol cultivé, le labour a totalement pulvérisé les agrégats structuraux. L'arumite résultant constitue un ensemble bouillant, dont le comportement semble se rapprocher de celui d'un sable grossier, non tassé ; quelques rares mottes isolées et fragiles peuvent être déterrées. Celles provenant de l'horizon sous-jacent sont plus nombreuses et plus cohérentes.

Un fond de labour continu, portant encore les marques bien individualisées des disques de la charrue a pu être dégagé à une profondeur moyenne de 12 cm. Comme pour les deux sites précédents, l'horizon situé sous l'arumite a subi un tassement.

## II DONNEES QUANTIFIEES

### 21 Caractères physiques

#### 211. densité apparente :

La mesure sur le terrain de la densité apparente est généralement associée à la détermination au laboratoire de la densité réelle. Ces deux données permettent de calculer la porosité et d'évaluer ainsi le volume offert à la circulation et au stockage des fluides (eau et air notamment). La densité apparente est par conséquent un caractère très important à relever lors des études d'hydrodynamique.

Pour les horizons dont la charge en éléments grossiers n'est pas trop élevée, la méthode au cylindre est la plus simple à utiliser. L'opération consiste à enfoncer dans le sol, sans tassement, un cylindre tranchant, à l'aide duquel on prélève un échantillon de volume connu (250 cm<sup>3</sup>). Cet échantillon séché, puis pesé, permet d'obtenir immédiatement une valeur de la densité apparente de l'horizon. Il est nécessaire de réaliser 6 mesures différentes pour évaluer l'hétérogénéité de l'horizon étudié et obtenir une valeur médiane significative.

Pour les gravolites (horizons gravillonnaires), nous avons utilisé la méthode au sable (à Bambadougou) et la méthode au densitomètre à membrane (à Guintéguéla). Ces deux méthodes diffèrent de la précédente par la mesure qu'il faut faire à chaque fois du volume prélevé ; on verse pour cela du sable, ou de l'eau dans la cavité évidée.

Les différentes valeurs obtenues ont été reportées sur les schémas de profils, en face des horizons correspondants. Il ressort que :

- à Bambadougou et à Guintéguéla, les densités apparentes augmentent avec la profondeur, en même temps que s'accroissent les teneurs en éléments grossiers. Les valeurs obtenues passent de 1.45 - 1.50 à 1.90.
- la mise en culture a entraîné la diminution de la densité apparente sur les horizons superficiels de ces deux sols (d.a. = 1.30). Une tendance à l'augmentation semble se dessiner pour l'horizon sous-jacent à l'arumite (horizon cultivé).
- le sol de Soula est remarquablement homogène (d.a. = 1.1 pour l'ensemble des horizons des deux profils). Le travail du sol ne semble avoir eu aucune conséquence sur la densité apparente de ce matériau naturellement meuble.

Il apparaît, à la vue de ces premiers résultats, que la mise en culture du sol de Soula réclamerait des précautions particulières que n'exigent ni Bambadougou, ni Guintéguéla. La faible densité apparente de l'horizon cultivé, correspondant à une structure particulière, laisse supposer que le volume des vides est très important. Une telle porosité n'assurerait pas convenablement le contact terre-semence ; ce contact serait probablement amélioré par un passage de rouleau sur le lit de semences. Ce caractère serait-il en partie responsable des très mauvais résultats enregistrés lors des trois campagnes de riz et de la faible densité du *stylosanthes* ?

212. perméabilité des sols - mesures d'infiltration selon la méthode Pioger :

Le but de la méthode Pioger est d'estimer la vitesse d'infiltration d'une lame d'eau connue. Il s'agit essentiellement d'un test comparatif simple et rapide permettant une première approche de la dynamique de l'eau saturante au sein d'un sol.

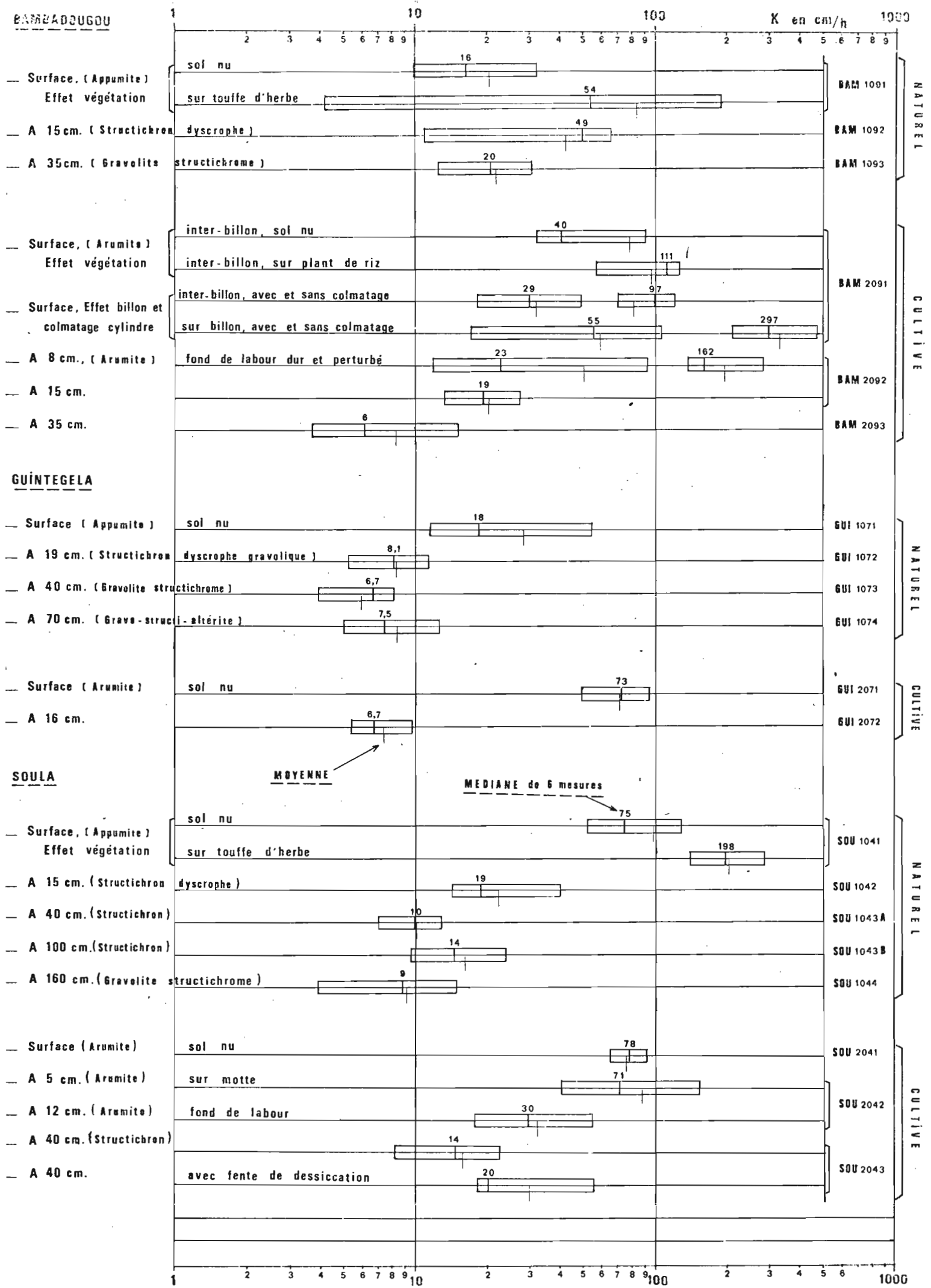
Cette méthode consiste à enfoncer un cylindre de 100 cm<sup>2</sup> de surface, autour duquel est disposé un anneau de garde 10 fois plus grand. Dans ces deux cylindres, on verse simultanément une charge initiale de 100 mm d'eau ; le niveau doit baisser à la même vitesse dans les deux cylindres on ajoute ou enlève, pour cela les quantités d'eau nécessaires dans l'anneau de garde. La lame d'eau s'infiltré généralement rapidement au début ; elle atteint après un temps plus ou moins long, un régime d'infiltration stable qui correspond à la valeur de la vitesse d'infiltration recherchée.

Divers cas ont été étudiés ; nous avons cherché à mettre en évidence les effets de la végétation sur les vitesses d'infiltration, sur sol cultivé et sur témoin naturel, les effets des antécédents cultureux (billons, semelle de labour) ainsi que l'influence des pellicules de battance (colmatage des cylindres à Bambadougou).

Comme pour les densités apparentes, six répétitions ont été opérées par cas étudié (cf. les résultats sur le graphe de la page suivante).

- à Bambadougou et à Guintéguéla, la perméabilité des sols sous végétation naturelle est de 16 à 18 cm/h. Elle est environ trois fois plus forte lorsque les mesures sont réalisées sur touffes d'herbe.





Dans les horizons profonds gravillonnaires, la perméabilité est plus forte à Bambadougou (35 cm/h) qu'à Guintéguéla (8 cm/h) ; cette différence correspondrait assez bien à celle des densités racinaires observées dans les deux cas (cf. paragraphe 223).

Sur sol cultivé, la perméabilité est multipliée par 3 ou 4 en surface, tandis qu'un ralentissement net de l'infiltration est observé dans les horizons situés sous l'arumite (effet notamment du fond de labour). L'épaisseur de sol rendu meuble par les travaux culturaux intervient pour une grande part sur les perméabilités mesurées. La présence d'un arumite épais est liée à une perméabilité importante : l'étude de l'effet billon démontre que pour une épaisseur de 6 à 8 cm l'arumite correspondant aux billons de la culture précédente est deux fois plus perméable (vitesse d'infiltration double) que l'arumite des interbillons dont l'épaisseur n'excède pas 4 - 5 cm.

Enfin, le dermilite (pellicule de battance) qui se forme sur sol non protégé de l'impact direct des gouttes de pluie constitue un facteur important d'imperméabilisation puisque les seules fentes provoquées par l'enfoncement des cylindres de mesure suffisent à multiplier les vitesses d'infiltration par 3 ou 4.

- à Soula, la perméabilité du sol est très élevée dès la surface (75 cm/h) ; ce caractère serait lié à la porosité élevée du sol. De même que la mise en culture n'a pas modifié la densité apparente de surface, de même la perméabilité ne se trouve pas affectée. Les vitesses d'infiltration des horizons sous-jacents ne sont plus que de l'ordre de 15 à 20 cm/h ; il est à noter toutefois que la méthode utilisée péjore la perméabilité de tels horizons (la vitesse d'infiltration est mesurée sur une surface déstructurée par l'influence d'une lame d'eau).

Ces mesures, couplées aux observations de terrain, nous indiquent une certaine fragilité des sols formés sur roches acides. Conséquences du défrichage et de la mise en culture, la relative imperméabilisation de l'horizon situé sous l'arumite, et l'apparition d'un dermilite en surface sont autant de facteurs favorables au ruissellement des eaux pluviales et à la dégradation des sols si aucune mesure de protection n'est prise pour limiter les effets de l'érosion déjà visibles aussi bien à Bambadougou qu'à Guintéguéla. A Soula, la perméabilité élevée préserve le sol des conséquences de l'érosion dont aucune marque n'apparaît malgré le faible couvert végétal. En plus de cette vitesse élevée d'infiltration qui limite le ruissellement, il est probable que le sol possède des caractères intrinsèques de stabilité structurale liée à sa texture argileuse. L'inexistence de pellicule de battance, même sur les zones totalement nues, témoignerait d'une telle propriété.

## 213. dynamique de ressuyage et capacité au champ :

L'étude de la dynamique de ressuyage de l'eau dans le sol permet de déterminer la capacité au champ ; celle-ci est l'humidité correspondant au taux de remplissage de la porosité lorsque cessent les mouvements rapides d'eau libre. Il est ainsi possible de faire la part entre une eau dite "libre", celle qui circule rapidement, de l'eau "liée" ou "retenue" dont les mouvements sont lents. Cette donnée de terrain associée à la détermination en laboratoire de l'humidité au point de flétrissement (humidité d'un horizon donné en dessous de laquelle les racines n'ont plus la possibilité d'absorber les solutions nutritives) permet d'évaluer le stock d'eau disponible pour les plantes. Il s'agit par conséquent d'une donnée indispensable à recueillir en vue de l'évaluation des aptitudes culturales d'un sol.

La méthode utilisée est très simple : on prélève un échantillon de terre sur chaque emplacement Pioger (6 répétitions), juste à la fin des mesures d'infiltration, puis 24 h, 48 h, et 72 h après. Une feuille plastique permet de protéger le sol de l'évaporation tandis qu'une épaisse couche d'herbes déposées par dessus limite l'échauffement.

Le ressuyage des sols de Bambadougou et de Soula est très rapide pendant les 24 premières heures, ce qui indique une macro-porosité importante pour ces sols ; celle-ci n'est peut-être pas indépendante de population importantes de vers de terre (cf. paragraphe 222). A Guintéguéla, le ressuyage est plus progressif.

La comparaison des vitesses de ressuyage des horizons superficiels sur parcelles cultivées et sur témoins naturels montre que les arumites se dessèchent plus vite ; l'augmentation de la porosité entraînerait une intensification des échanges gazeux.

L'infléchissement des courbes de ressuyage apparaît 48 heures après l'humidification. Les humidités relevées alors correspondent à la capacité au champ. Les 3 sites étudiés diffèrent l'un de l'autre quant à leur comportement hydrodynamique ; les différents horizons se regroupent en trois groupes bien distincts, chacun appartenant à un sol précis :

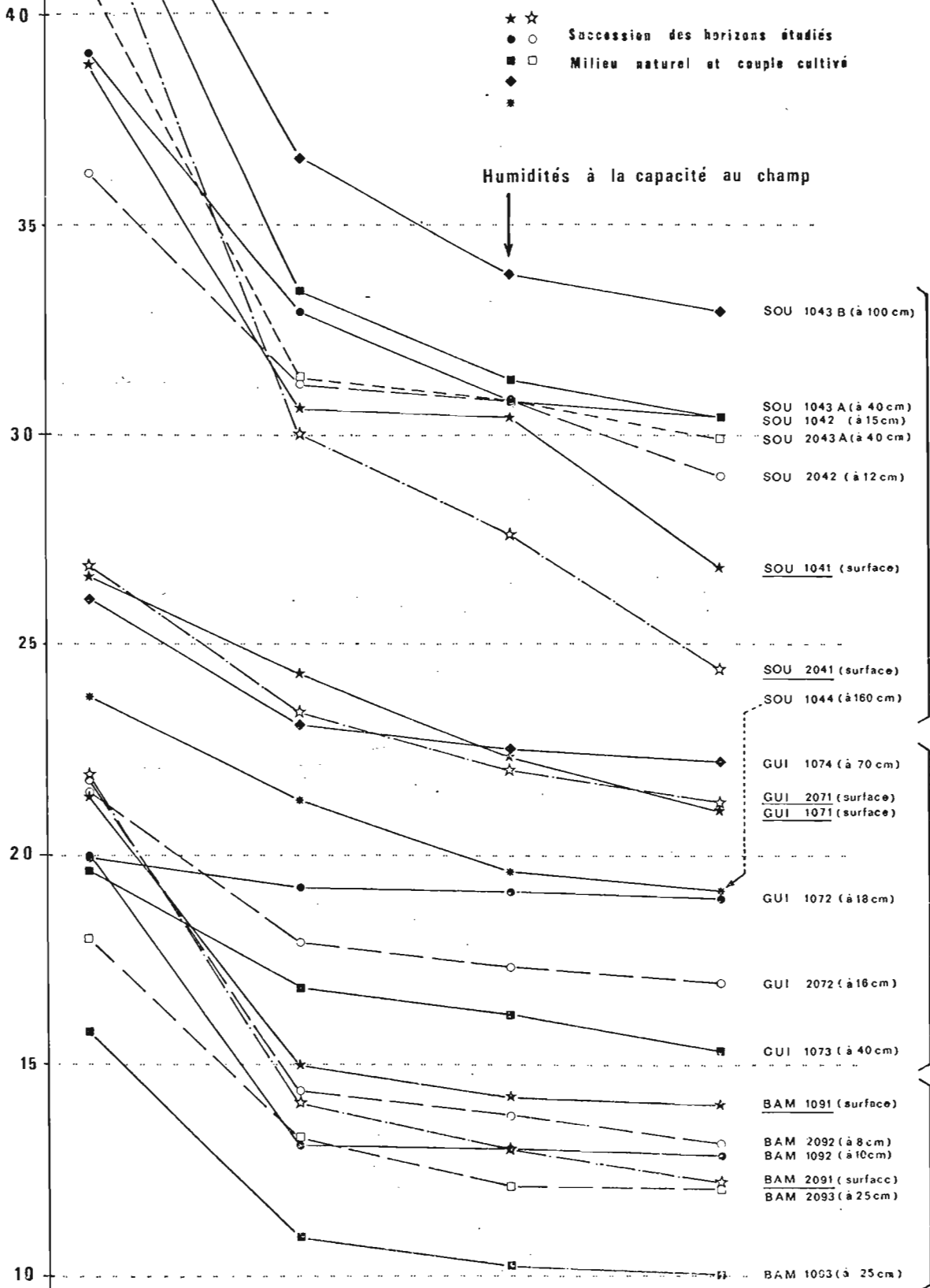
<u>Sol</u>	<u>humidité des horizons à la capacité au champ (% en masse)</u>
Bambadougou	10 - 14
Guintéguéla	17 - 23
Soula	27 - 34

# DYNAMIQUE DE RESSUYAGE DES SOLS

humidité  
(% poids sec)

- ★ ☆ Succession des horizons étudiés
- ○ Succession des horizons étudiés
- □ Milieu naturel et couple cultivé
- ◆ \*

Humidités à la capacité au champ



SOULA

GUINTEGUELA

BAMBADOUGOU

temps  
(heures)

Comme nous l'avons déjà signalé précédemment, ces valeurs d'humidités à la capacité au champ ne suffisent pas à évaluer le stock d'eau utile pour les plantes. Si, par exemple, les valeurs du point de flétrissement étaient proches, pour Soula, de celles obtenues pour la capacité au champ, bien qu'humide, ce sol serait physiologiquement sec vis-à-vis des racines. Il est donc nécessaire d'attendre des résultats du laboratoire avant de pousser plus loin la comparaison de ces trois sols.

#### 214. pénétrométrie à masse :

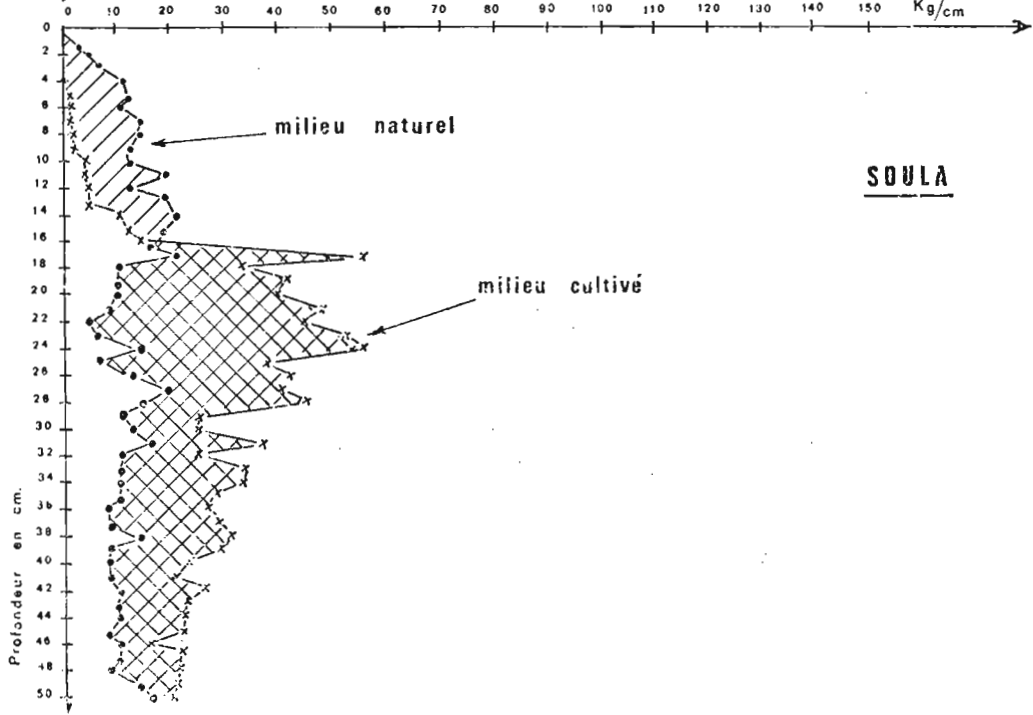
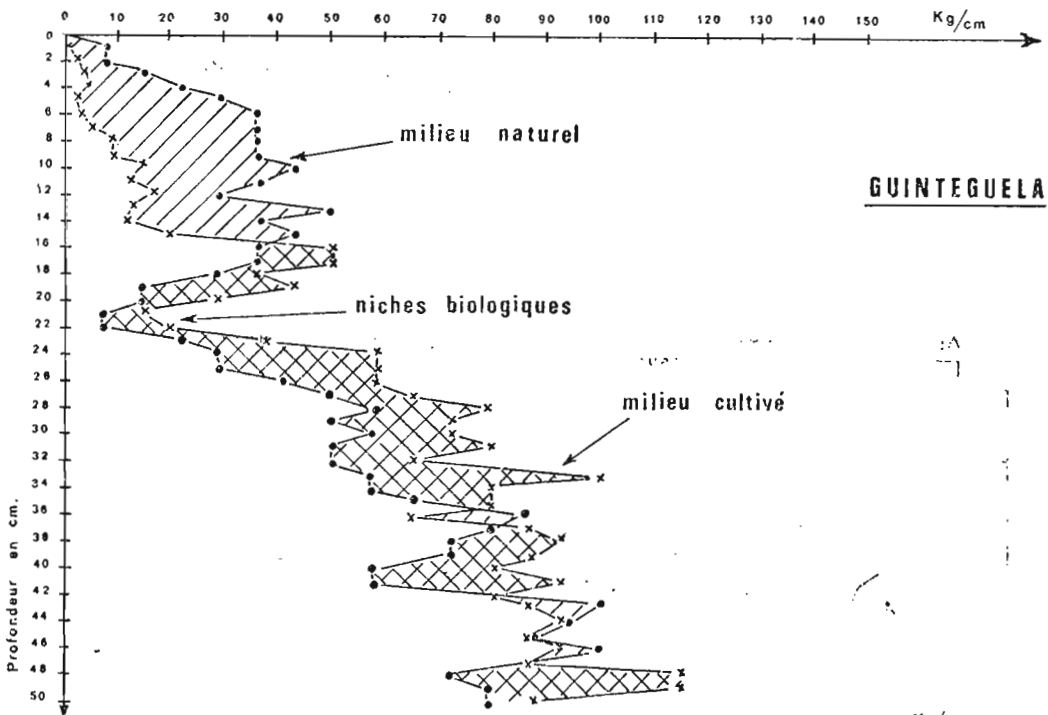
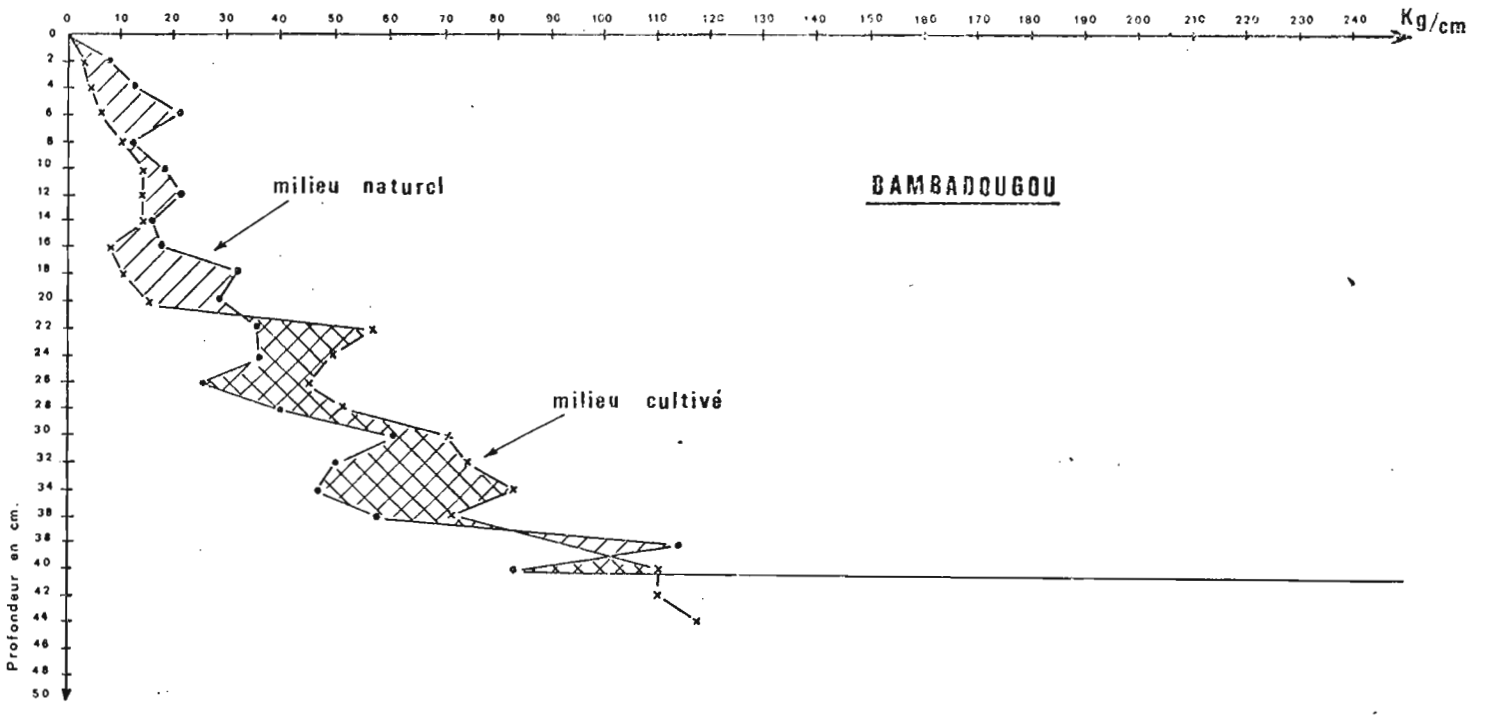
La cohésion des horizons intervient largement sur leur utilisation possible. C'est une donnée qui intéresse aussi bien l'agronome que l'ingénieur des travaux publics. Nous avons abordé le problème sous deux points de vue. Dans les deux cas on estime la cohésion des sols par la résistance qu'ils exercent à la pénétration d'un objet. Par la première méthode (pénétrométrie à masse) on cherche à déterminer les variations de cette résistance tout le long d'un profil, par la seconde (pénétrométrie proctor) on espère analyser les différents facteurs (humidité, taux de pierrosité...) intervenant sur ce caractère.

La méthode de la pénétrométrie à masse consiste à laisser tomber une masse d'une hauteur connue le long d'une tige ; cette masse frappe une petite enclume située en haut d'une tige pointue qui sous l'effet des coups répétés s'enfonce petit à petit dans le sol. Le nombre de coups nécessaire pour faire pénétrer cette tige est notée centimètre par centimètre. Il est possible de déterminer ainsi le profil pénétrométrique correspondant au point d'essai. Cinq répétitions par site permettent de définir un profil médian.

Une relation empirique ("formule des hollandais") traduit les résultats en unités internationales (kg/cm). Correspondant aux trois couples, les six profils obtenus amènent certaines remarques :

- dans les trois cas, la mise en culture a eu pour effet d'ameublir considérablement l'arumite par rapport au témoin naturel (surtout à Guintéguéla). Il paraît surtout intéressant de noter que ce caractère de l'arumite se maintient longtemps après les travaux culturels (près d'un an).

- Une discontinuité très marquée se dessine sur les trois profils cultivés : une brusque augmentation de la résistance à la pénétration apparaît pour les trois sites entre 15 et 20 cm, c'est-à-dire sous le fond de labour. La différence la plus marquée avec le témoin naturel s'observe à Soula, où l'influence du tassement se fait sentir jusqu'à 50 cm de profondeur. Doit-on



en conclure que la présence de gravillons sous l'arumite assure ailleurs (Bambadougou et Guintéguéla) une certaine "ossature" au sol ? L'intérêt du labour à Soula serait éventuellement à remettre en cause : il pulvérise à l'excès (cf. densité apparente) un horizon déjà meuble en compactant fortement les horizons sous-jacents.

- L'étude morphologique des deux profils de Guintéguéla révèle l'existence de très nombreuses niches biologiques, situées juste au-dessus de l'horizon gravillonnaire. Elles représentent 20 % de la surface de cet horizon ; ces vides apparaissent très nettement en pénétrométrie à masse (cf. graphe) et provoque une importante inflexion du profil de résistance tant en milieu cultivé que sous témoin naturel. La culture, dans ce cas n'aurait pas diminué l'activité méso-faunique.

La comparaison de ces six profils pénétrométriques n'est possible que dans ces conditions de réalisation. Ils ont tous été déterminés en même temps, en fin de saison sèche. Il est bien évident que l'état hydrique des sols intervient sur leur résistance à la pénétration. Voilà pourquoi, il nous a paru nécessaire d'utiliser une autre méthode qui permette de mettre en évidence l'influence des différents facteurs de cohésion (humidité, taux d'éléments grossiers, texture....).

#### 215. pénétrométrie proctor

L'appareil utilisé (aiguille proctor) est une tige dynamométrique munie d'embouts interchangeable de différents diamètres. Il permet de mesurer la force qu'il est nécessaire d'exercer pour enfoncer une surface d'un centimètre-carré sur une profondeur d'un centimètre dans un matériau donné. Compte-tenu de l'hétérogénéité des sols, nous opérons entre 30 et 50 répétitions par situation. Utilisant les points d'essais de dynamique de ressuyage, nous déterminons la résistance à la pénétrométrie pour chaque horizon, à sec, après humidification Pioger, puis 24, 48 et 72 heures après. Ces différentes mesures permettent de suivre l'évolution de la résistance à la pénétration en fonction de l'humidité.

Etant donné le nombre de couples (résistance/humidité), entre 20 et 25, obtenus par horizon, il est possible d'ajuster avec une précision acceptable ( $r > 0.9$ ) les courbes obtenues à des fonctions exponentielles de la forme :

$$\pi = a e^{-b H}$$

$\pi$ : résistance à la	$a$ : indice de pénétrométrie intrinsèque
pénétration	(daN/cm <sup>2</sup> /cm)
(daN/cm <sup>2</sup> /cm)	$b$ : indice de prise en masse (sans unité)
	$H$ : humidité pondérale (%)

Le tableau suivant regroupe les différentes valeurs de a et b obtenues horizon par horizon :

Horizons		Nombre de couples	a	b
BAM 109.1	appumite	20	39	0.18
BAM 109.2	appumite à stigme gravolite	19	41	0.21
BAM 109.3	gravolite à phase structichrome	20	659	0.42
BAM 209.1	arumite	28	7	0.11
BAM 209.2	appumite à stigme gravolique	25	98	0.23
BAM 209.3	gravolite à phase structichrome	20	299	0.28
GUI 107.1	appumite	25	17	0.08
GUI 107.2	gravolite à phase structichrome	25	853	0.25
GUI 107.3	gravolite structichrome	25	273	0.18
GUI 107.4	structi-altérite à phase gravolique	23	929	0.20
GUI 207.1	arumite supérieure	25	11	0.08
GUI 207.2	arumite inférieure	25	197	0.15
SOU 104.1	appumite	25	21	0.05
SOU 104.2	structichron dyscrophe	25	61	0.10
SOU 104.3	structichron à stigme dyscrophe	30	73	0.09
SOU 104.3	(bis) structichron	30	418	0.13
SOU 104.4	gravolite à phase structichrome	24	1374	0.18
SOU 204.1	arumite	23	1	0.003
SOU 204.2	structichron dyscrophe	25	73	0.10
SOU 204.3	structichron à stigme dyscrophe	20	25	0.06

L'étude des indices de pénétrométrie intrinsèques permet de faire abstraction de l'état hydrique du sol. Les valeurs les plus fortes de cet indice sont obtenues pour les gravolites structichromes c'est-à-dire pour les horizons gravillonnaires contenant entre 15 et 30 % de terre fine.

Cette méthode permet de retrouver, mais cette fois-ci indépendamment de l'époque de mesures, les résultats apportés par la pénétrométrie à masse, à savoir un ameublissement de l'horizon cultivé et un tassement de l'horizon sous-jacent.

Les données analytiques de laboratoire (granulométrie, teneurs en matières organiques et en éléments grossiers) permettront probablement d'étudier d'une manière plus fine les différents facteurs intervenant sur la valeur de l'indice de pénétrométrie intrinsèque.



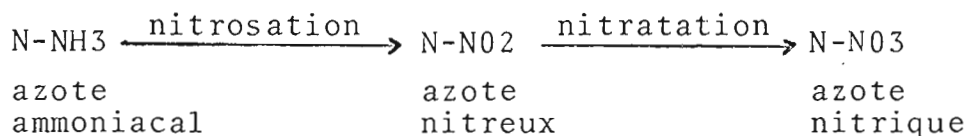
Les variations de l'indice de prise en masse sont beaucoup plus faibles que pour a. Il apparaît cependant que les horizons superficiels, et notamment les arumites, se distinguent des autres horizons par la faible dépendance de leur résistance à la pénétrométrie par rapport à l'humidité : quelle que soit la saison ils restent meubles. Les gravolites structichromes, par contre, dont les valeurs de a et de b sont les plus élevées, peuvent s'ameublir considérablement en saison des pluies. Cette propriété, due aux relations existant entre la terre fine et les gravillons, est à rapprocher de la densité parfois élevée de racines rencontrées dans ces horizons (à Bambadougou, cf. paragraphe 223). La présence de gravillons assurerait une armature contre le tassement (cf. paragraphe précédent); elle ne constituerait pas de plus un obstacle rédhibitoire en saison des pluies à la pénétration des racines.

## 22 Caractères biologiques :

S'il est indispensable de déterminer un certain nombre de paramètres physiques en vue de la détermination des aptitudes culturales d'un sol, il ne semble pas inutile d'étudier également quelques caractères biologiques. En effet le sol, loin d'être inerte est le siège de processus microbiens et d'activités fauniques souvent intenses. Non seulement l'importance de la vie édaphique s'avère être la résultante d'un nombre très élevé de facteurs (dont les paramètres physiques constituent une bonne part), mais elle intervient également sur le milieu. Nous avons, pour ces raisons associées, quelques mesures biologiques aux caractérisations physiques précédentes.

### 221. nitrification :

La plupart des plantes assimilent l'azote sous formes de nitrates issus de processus microbiens intervenant sur la matière organique du sol. En schématisant, l'humus libère de l'ammoniaque, qui sous l'action de germes aérobies s'oxyde en nitrites (souvent toxiques pour les plantes) puis en nitrates :



Afin d'étudier ces transformations, nous suivons trois démarches distinctes : la première consiste à doser les nitrites et les nitrates immédiatement sur le terrain. Les deux suivantes estiment la durée de ces oxydations dans des conditions standard de laboratoire (incubations en milieu aéré, ou en milieu liquide). Nous ne pouvons présenter, à l'heure actuelle que les résultats des analyses de terrain ; nous avons comparé les teneurs en nitrates sous témoin naturel, en milieu cultivé (dans les cinq premiers centimètres), et dans les déjections de vers de terre ramassés en surface du sol.

	Bambadougou	Guintéguéla	Soula
<u>N-N03 cultivé</u>	1.87	1.56	1.83
N-N03 naturel			
<u>N-N03 déjections</u>	2.07	1.11	1.49
N-N03 naturel			
densité de déjections (kg sec/m <sup>2</sup> )	0.87	0.52	0.83

A Guintéguéla, il nous a été possible de comparer les teneurs en nitrites et en nitrates, en témoin naturel, en milieu cultivé et dans la déjection des vers :

	témoin naturel	milieu cultivé	déjections
<u>N-N02 x 10<sup>3</sup></u>	12.1	1.5	4.6
N-N03			

A la vue de ces premiers résultats, il est permis d'émettre certaines hypothèses :

- l'activité nitrificatrice serait nettement plus forte en milieu cultivé qu'en milieu naturel. Elle serait favorisée en effet par l'augmentation des échanges gazeux (cf. densité apparente). La nitrification plus intense dans les déjections de vers que le témoin naturel, serait dûe à un enrichissement relatif en bases qui devraient être confirmé par le laboratoire d'analyse.
- Ces différences de vitesses de nitrification interviendraient sur les stocks de nitrates présents en fin de saison sèche. En milieu cultivé, en plus des apports d'engrais, l'existence d'une nitrification ralentie mais non nulle combinée à l'absence de pertes par lixiviation, expliquerait les teneurs près de deux fois plus fortes qu'en milieu naturel. Plus l'activité des vers de terre est importante, plus l'enrichissement en nitrates est marqué par rapport au milieu naturel.

## 222. vers de terre :

L'action des vers de terre dans un sol est très souvent bénéfique : ameublissement, apport d'éléments fins et de bases en surface etc... Il convient par conséquent d'étudier l'importance des populations et d'évaluer leurs effets sur les sols.

Opérant en saison sèche, il nous a été impossible d'effectuer des extractions afin d'estimer la densité des vers et de déterminer leurs espèces. Nous espérons pouvoir le faire par la suite. Nous nous sommes contentés de mesurer la densité des déjections qui couvrent la surface du sol. (5 répétitions pour obtenir une médiane, les prélèvements ont lieu dans des cercles de 1000 cm<sup>2</sup>).

Les résultats sont présentés au paragraphe précédent. Aucune déjection n'a été relevée sur la surface des parcelles. Les extractions devraient confirmer l'absence de vers en milieu cultivé. Cet effet des travaux du sol serait un préjudice important apporté au biotope. D'après plusieurs auteurs (Evans et Guild 1948) ce serait la dénudation ainsi que l'action mécanique de la charrue qui seraient les principales responsables de la disparition des vers des champs cultivés.

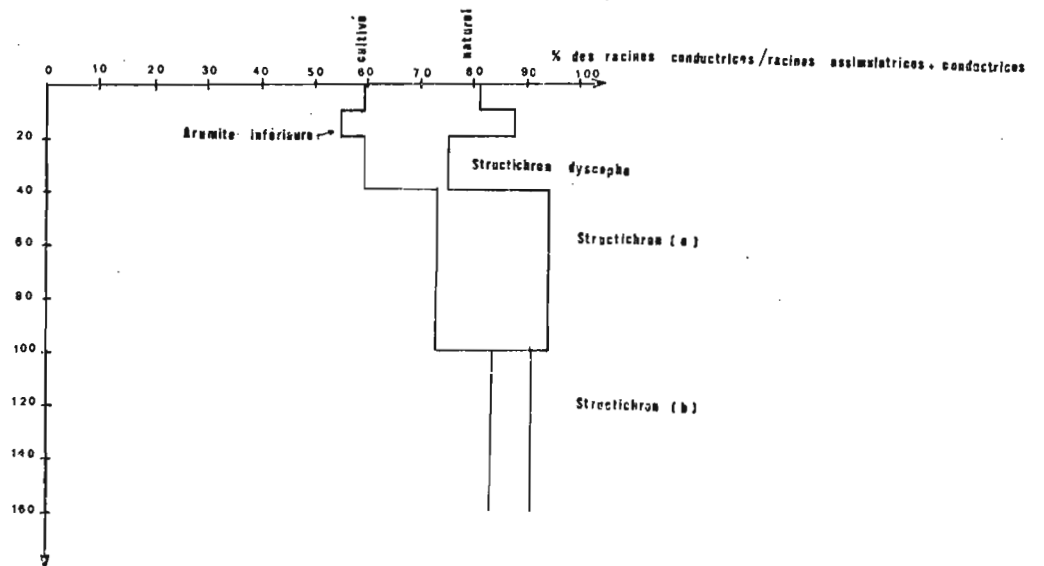
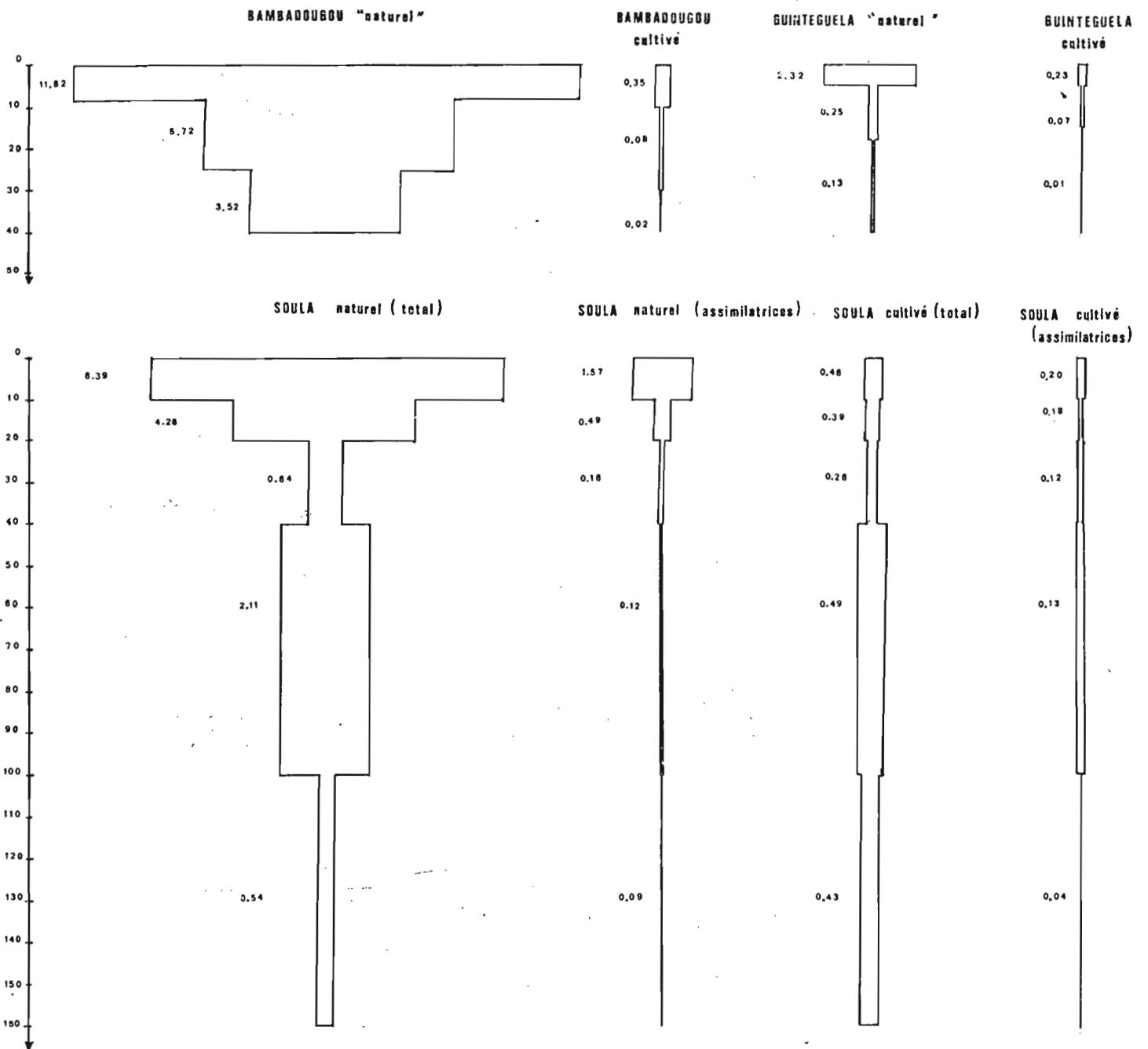
Il semblerait que la densité des déjections soit en relation avec la couverture graminéenne. C'est sur le site où les arbres sont les plus abondants, et donc la strate herbacée la moins représentée (Guintéguéla) que la concentration de déjections par mètre-carré est la moins forte. Les vers de terre seraient très sensibles aux températures élevées de l'horizon superficiel.

#### 223. densité racinaire :

L'examen de l'enracinement de la végétation naturelle permet d'apprécier les contraintes édaphiques du sol. En milieu cultivé, il entraîne un jugement sur la qualité du travail du sol. Nous n'abordons ici que le problème du pédologue appelé à quantifier de visu les densités racinaires des horizons observés sur un profil. Pour améliorer cette estimation souvent très subjective, nous avons prélevé sur chaque profil, cinq monolithes (20 cm x 10 cm). Pour chaque horizon, les racines sont triées à la main, en séparant les racines fines et blanches des racines brunes lignifiées ; les premières étant considérées comme assimilatrices et les secondes comme conductrices (brachyrhizes et macrorhize - Jennick et Sen 1964-).

Les résultats (cf. graphe) font apparaître des densités racinaires très importantes au-dessus de la cuirasse, dans les horizons gravillonnaires de Bambadougou. Dans l'ensemble des cas, la densité des racines assimilatrices diminue exponentiellement avec la profondeur ; les racines conductrices semblent suivre une répartition plus aléatoire (Soula). L'examen du rapport racines conductrices/ racines totales (cf. graphes) montre une concentration de racines assimilatrices au-dessus du fond de labour (inversion par rapport au milieu naturel - Soula -). Ce résultat est confirmé par l'examen du profil cultural : seules les racines conductrices arrivent à traverser le fond de labour, au prix de contournements qui doivent ralentir la croissance.

DENSITE RACINAIRE (g de M.S./l de sol sec)



Ainsi, le labour à Soula, en plus des inconvénients déjà mentionnés, aurait tendance à limiter le volume exploitable par les racines assimilatrices. (Il ne semble pas que les racines assimilatrices triées dans les horizons sous-jacents appartiennent à la culture de *Stylosanthes* ; elles seraient plutôt associées aux racines conductrices, reliques de la végétation naturelle présente avant le défrichement. La similitude des profils racinaires entre témoin naturel et milieu cultivé proviendrait de la lenteur de la disparition de ces racines reliques).

### Conclusions (provisoires)

Les différents résultats obtenus jusqu'ici nous amènent à critiquer le diagnostic agrologique que nous aurions pu formuler à la suite des simples examens morphologiques. Soula, bien que dépourvu d'éléments grossiers, argileux et profond n'apparaît pas comme le sol le plus facile à mettre en valeur. Les effets du labour y semblent plutôt négatifs. Pour ce sol très particulier, il serait peut-être nécessaire d'adopter des techniques culturales douces (voire un travail du sol nul ?). Bien que peu profonds et gravillonnaires, les deux autres sols supportent mieux la mise en culture, encore serait-il nécessaire de veiller très sérieusement à leur conservation ; plus sensibles à l'érosion, ils risqueraient sinon de laisser la place à terme à un champ de cailloux couvrant une cuirasse.

Différentes mesures restent cependant à faire avant d'émettre des jugements fiables. Une campagne de pluies simulées à Soula permettra d'étudier plus en détail la dynamique de l'eau (à l'aide de sondes neutroniques et de tensiomètres), ainsi que la résistance de ce sol à l'érosion.

Une enquête plus approfondie sur les antécédents cultureux et les rendements obtenus devrait déboucher par la suite sur une analyse plus fine des contraintes agronomiques. Les relations mises en évidence entre les caractères morphologiques des sols et leur comportement lors de la mise en culture devraient permettre d'extrapoler les résultats obtenus sur ces trois sols caractéristiques à l'ensemble de la vaste zone cartographiée dans le Nord de la Côte d'Ivoire.