

UNIVERSITÉ DE DROIT, D'ÉCONOMIE ET DES SCIENCES

(AIX - MARSEILLE III)

FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES SAINT - JÉRÔME
(LABORATOIRE DE TAXINOMIE ET D'ÉCOLOGIE VÉGÉTALES)

T H È S E

présentée pour l'obtention du

DIPLÔME DE DOCTEUR DE TROISIÈME CYCLE

Spécialité : Écologie – Mention : PÉDOLOGIE

par

François PALLO

COMPARAISON DES CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES
ET DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DE TROIS
PÉDONS CULTIVÉS ET VIERGES
SITUÉS ENTRE FADA N'GOURMA ET PIEGA (HAUTE-VOLTA)

Soutenue le 26 mars 1982 devant la Commission d'examen :

MM. R. NEGRE

Président

B. DABIN

Rapporteur

G. AUBERT

Guy AUBERT

Examineurs

Cl. GHIGLIONE

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	Pages
INTRODUCTION	3
PREMIÈRE PARTIE	
CHAPITRE I - LE MILIEU NATUREL	7
1. Situation géographique	7
2. Le climat	8
2.1. Caractéristiques générales	8
2.1.1. Les précipitations	8
2.1.2. Les températures	9
2.1.3. Autres éléments du climat	10
2.2. Influence du climat sur le sol	12
2.2.1. Décomposition de la matière organique	12
2.2.2. Le bilan hydrique des sols	13
2.2.3. L'érosion	15
3. Géologie et Géomorphologie	19
3.1. Géologie	19
3.1.1. Le substratum géologique	19
3.1.2. Les formations de recouvrement	21
3.2. Géomorphologie	21
4. La Végétation	23
4.1. Caractéristiques générales	23
4.2. Rôle de la végétation	25
4.2.1. Protection du sol	25
4.2.2. Source de la matière organique du sol	26
5. Actions de l'homme	29
5.1. Les activités agricoles	29
5.1.1. Au niveau des champs de brousse	29
5.1.2. Au niveau des champs de case	31
5.2. Les feux de brousse	33
6. Les sols de la zone étudiée :	
Caractères généraux	35
6.1. Formation et répartition des différentes classes de sols	35
6.1.1. Les sols peu évolués	35
6.1.2. Les sols brunifiés	37
6.1.3. Les vertisols	38
6.1.4. Les sols à sesquioxydes et à matière organique rapidement minéralisés	39
6.1.5. Cas particulier des sols hydromorphes	40
6.2. Conclusions	42

	Pages
CHAPITRE II - LES MÉTHODES DE TRAVAIL	45
1. Méthodes de travail sur le terrain	45
1.1. Emplacement des profils	46
1.2. Observations pédologiques et prélèvement des échantillons	46
2. Méthodes d'analyse au laboratoire	49
3. Méthodes d'analyse statistique et de traitement informatique	55
DEUXIÈME PARTIE	
CHAPITRE III - DESCRIPTION DES PROFILS	57
1. Les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions	59
2. Les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires	63
3. Les sols hydromorphes	67
4. Comparaison des caractères morphologiques	71
4.1. Entre les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions et les sols hydromorphes	71
4.2. Cas particulier des sols ferrugineux tro- picaux gravillonnaires	72
4.3. Influence de la culture	74
CHAPITRE IV - LES CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES	75
1. Les caractères physiques	75
1.1. Granulométrie	75
1.1.1. Les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions	75
1.1.2. Les sols ferrugineux tropicaux gravil- lonnaires	77
1.1.3. Les sols hydromorphes	79
1.1.4. Etude comparative de la composition granu- lométrique des trois pédons	81
1.1.5. Conclusions	83
1.2. Les propriétés hydriques	85
1.3. Indice d'instabilité structurale (Is)	86
1.3.1. Dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions	87
1.3.2. Dans les sols ferrugineux tropicaux gravil- lonnaires	87
1.3.3. Dans les sols hydromorphes	88
1.3.4. Conclusions	88
2. Les caractères chimiques	90
2.1. pH et complexe absorbant	90
2.2. Les cations de réserve	94
2.3. Le phosphore total et assimilable	96
2.4. Le fer total et le fer libre	99
3. Conclusions partielles	103

	Pages
CHAPITRE V - ÉTUDE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE ET DES COMPOSÉS HUMIQUES	105
1. Nature et propriétés des différentes fractions de la matière organique (Etude bibliographique)	107
2. Etude quantitative	113
2.1. Le carbone organique total	113
2.2. Les fractions de la matière organique totale	114
2.2.1. La matière organique légère (mol)	114
2.2.2. La matière organique humifiée soluble soit en milieu acide soit en milieu alcalin	115
2.2.3. La matière organique non extractible : humine	118
2.2.4. Influence de la mise en culture sur le pourcentage des différentes fractions de la matière organique totale	123
2.2.5. Conclusions sur le fractionnement de la matière organique totale	125
2.3. L'azote	130
2.3.1. Azote total du sol	130
2.3.2. Azote total du culot d'humine	131
2.3.3. Les différentes formes organiques de l'azote total du sol	133
2.4. Les sucres libres	136
3. Etude qualitative	139
3.1. Le critère C/N	139
3.1.1. Le rapport C/N du sol	139
3.1.2. Le rapport C/N de l'humine totale	140
3.1.3. Relations formes de l'azote total - C/N du sol	140
3.2. Fractionnement des acides humiques par électrophorèse sur papier	141
3.2.1. Les électrophorégrammes	141
3.2.2. Cas des profils sous culture	143
3.2.3. Analyse des coefficients de corrélation	143
TROISIÈME PARTIE	
CHAPITRE VI - ÉTUDES STATISTIQUES GÉNÉRALES	145
1. Corrélations entre les composés humiques et les propriétés physico-chimiques	145
1.1. Relations composés humiques-propriétés physiques	145
1.1.1. Relations avec la granulométrie	145
1.1.2. Relations avec l'indice d'instabilité structurale (Is)	147
1.2. Relations composés humiques-propriétés chimiques	149

	Pages
1.2.1. Relations avec le complexe absorbant et le pH	149
1.2.2. Relations avec les cations de réserve	150
1.2.3. Relations avec le fer	150
1.2.4. Relations avec le phosphore	151
2. Corrélations entre les fractions de la matière organique totale	153
2.1. Relations composés humiques-carbone organique total	153
2.2. Relations entre les différentes fractions de la matière organique totale	154
 CHAPITRE VII - APPRÉCIATION DES RÉSULTATS D'UN POINT DE VUE AGRONOMIQUE	 157
1. Sur la fertilité chimique	157
2. Sur la fertilité liée à la matière organique	159
3. Sur les caractéristiques physiques	161
 CONCLUSIONS GÉNÉRALES	 163
 BIBLIOGRAPHIE	 169
 ANNEXES	 177

AVANT-PROPOS

Au moment de présenter les résultats de mes travaux, je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements et ma sincère reconnaissance à tous ceux qui m'ont aidé.

- Monsieur R. NEGRE, professeur à l'Université d'Aix-Marseille III m'a enseigné l'écologie et a bien voulu m'introduire auprès des chercheurs de l'ORSTOM. Les corrections, les suggestions et les critiques qu'il m'a apportées au cours de nos rencontres m'ont été d'une aide précieuse. Je lui témoigne aussi toute ma gratitude pour l'honneur qu'il me fait en assurant la présidence de ce Jury.

- Monsieur Cl. GHIGLIONE, professeur à l'Université d'Aix-Marseille II s'est intéressé à mes travaux et sa présence parmi les membres du Jury me touche beaucoup.

- Monsieur Guy AUBERT, Docteur es-Sciences, Maître assistant à la Faculté des Sciences et Techniques de St-JEROME, m'a initié aux techniques d'analyses de sol. Je suis heureux qu'il ait accepté d'être de mon Jury.

La partie analytique de ce travail a été entièrement réalisée dans les laboratoires des services scientifiques centraux de l'ORSTOM à BONDY. Qu'il me soit donc permis de témoigner toute ma gratitude à:

-Messieurs M. LAMOUREUX et V. CHATELIN, respectivement Directeur et Directeur-adjoint des S.S.C. ORSTOM, pour m'avoir permis de bénéficier de l'équipement scientifique de ce centre de recherche.

- Monsieur B. DABIN, Inspecteur Général de Recherche et Chef des laboratoires communs, d'analyses à l'ORSTOM. Il a suivi et dirigé mon travail, et a toujours su trouver le temps nécessaire pour me prodiguer ses conseils judicieux, relire et corriger le manuscrit. Je lui suis également très reconnaissant pour son soutien moral durant les moments les plus difficiles, et pour avoir accepté de siéger à ce Jury.

- Monsieur Georges AUBERT, Membre de l'Académie d'Agriculture et de l'Académie des Sciences d'Outre-Mer. Il m'a fait bénéficier de sa très large expérience et de ses connaissances en pédologie tropicale; les conseils et les critiques qu'il a su me prodiguer avec bienveillance ont permis de préciser ma pensée. C'est aussi pour moi un grand honneur de le compter parmi les membres de ce Jury.

- Monsieur R. VAN DEN DRIESSCHE, Maître de Recherche à l'ORSTOM. Toute la partie statistique et informatique de ce travail a été faite avec sa collaboration.

- Messieurs BACHELIER(G), COMBROUX(J), HIERNAUX(C.R), KALOGA(B), PELLOUX(P), QUINET(J), pour leur aide efficace dans la réalisation de ce travail.

J'adresse aussi tous mes remerciements :

- A Messieurs CLAUDE (J) et LOMPO(L), respectivement Directeur du Centre ORSTOM de Ouagadougou(Haute-Volta) et Directeur des services agricoles de Haute-Volta, pour leur aide matérielle, durant les travaux de terrain.

- Au personnel des laboratoires de physique et de chimie des sols, des services de cartographie et de publication des S.S.C.ORSTOM: chacun dans son domaine et tous par leur amabilité ont contribué à l'élaboration de ce travail.

- A Mesdames GILLON et REGAZZI, pour leurs patients efforts et la présentation de cette thèse.

Enfin, nombreux sont les amis en France et en Haute-Volta que je ne puis citer. A tous je leur exprime ma profonde gratitude.

INTRODUCTION

1. PRESENTATION GLOBALE

- Les travaux pédologiques effectués en Haute-Volta ont été réalisés, pour l'essentiel, par les chercheurs de l'Office de Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.).

. Jusqu'en 1969, ces travaux furent caractérisés par la juxtaposition d'études de détail, étroitement localisées, et de rapides reconnaissances. Ainsi par exemple, les vallées et cuvettes de ce pays ont été étudiées d'une façon approfondie par LENEUF (1955), MAIGNIEN et al. (1960), GAVAUD et al. (1961), KALOGA (1963, 1965, 1966) en vue de déterminer leurs potentialités agronomiques.

En outre, d'autres travaux ont été également menés pour déterminer les possibilités de la production cotonnière en Haute-Volta (LENEUF et TOURANCHEAU, 1953 ; LENEUF 1954).

. En 1969, face à l'insuffisance des cartes et documents disponibles, une double carte (1/500.000) des sols et des ressources en sols couvrant tout le territoire fut réalisée ; ce qui a permis par la suite d'entreprendre des études plus fondamentales orientées surtout vers les processus de pédogenèse (BOULET, 1971, 1972, 1975 ; BOULET et PAQUET, 1971 ; LEPRUN, 1971, 1972 ; KALOGA, 1972).

- Plus récemment, la création et le développement d'un laboratoire de pédologie au niveau du service national des sols constituent une nouvelle phase dans l'étude des sols de ce pays.

- Toutefois, d'un point de vue d'ensemble, la matière organique des sols de Haute-Volta a été peu étudiée et les critères de caractérisation utilisés se résument aux rapports C/N et $\frac{\text{Acides fulviques}}{\text{Acides humiques}}$.

C'est pour palier à ce "retard" que des travaux assez approfondis (thèses de 3ème cycle) sont entrepris depuis cinq ans sous la direction scientifique du professeur NEGRE (R.) de la Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme (Marseille) et de Monsieur DABIN (B.), inspecteur général de recherche de l'O.R.S.T.O.M.(Bondy). Ils ont déjà permis d'étudier à Bérégadougou, l'influence de la culture de canne à sucre sur les processus de décomposition et d'évolution de la matière organique des sols ferrugineux tropicaux, des sols peu évolués et des sols hydromorphes (SOURABIE, 1979).

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de ce programme qui comporte également :

. l'étude et la caractérisation de la matière organique des sols bruns eutrophes et des vertisols de la région de Garango.

. l'étude de l'influence d'un reboisement en eucalyptus (*E.camaldulensis*) sur les sols ferrugineux tropicaux, près de Ouagadougou.

La synthèse de ces travaux constituera ainsi une contribution à l'étude de la matière organique et des composés humiques, en relation avec le climat, le pédoclimat et la végétation.

2 . BUT DU TRAVAIL

Les sols de la zone comprise entre Fada N'Gourma et Piéga ont été décrits et classés pour la première fois par BOULET et LEPRUN (1969). Ces sols, d'une façon extensive, sont soumis à la culture de mil (*Sorghum vulgare* et *Pennisetum typhoidum*) aliment de base de la population. Il s'agit donc dans ce travail :

- d'appréhender l'influence de cette culture sur les caractères physico-chimiques et sur la matière organique de trois pédons constitués :

. de sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, les plus utilisés parce que plus faciles à travailler.

. de sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires qui ne sont cultivés que dans les zones à forte densité de population.

. de sols hydromorphes qui ont une extension assez réduite liée à la faible densité du réseau hydrographique.

Pour chaque pédon, cette différence d'utilisation se répercute également au niveau du nombre de profils sous culture de mil. En outre, douze (12) profils seulement (soit 4 par pédon) ont été observés. Par conséquent, ces deux aspects liés à la méthodologie restent assez critiquables et sont à parfaire lors de travaux ultérieurs.

- de comparer les pédons entre eux car bien que situés dans la même zone climatique (climat de type sahélo-soudanais), ils sont caractérisés par des pédoclimats tout à fait différents qui influent sur la décomposition de la matière organique et l'évolution des composés humiques.

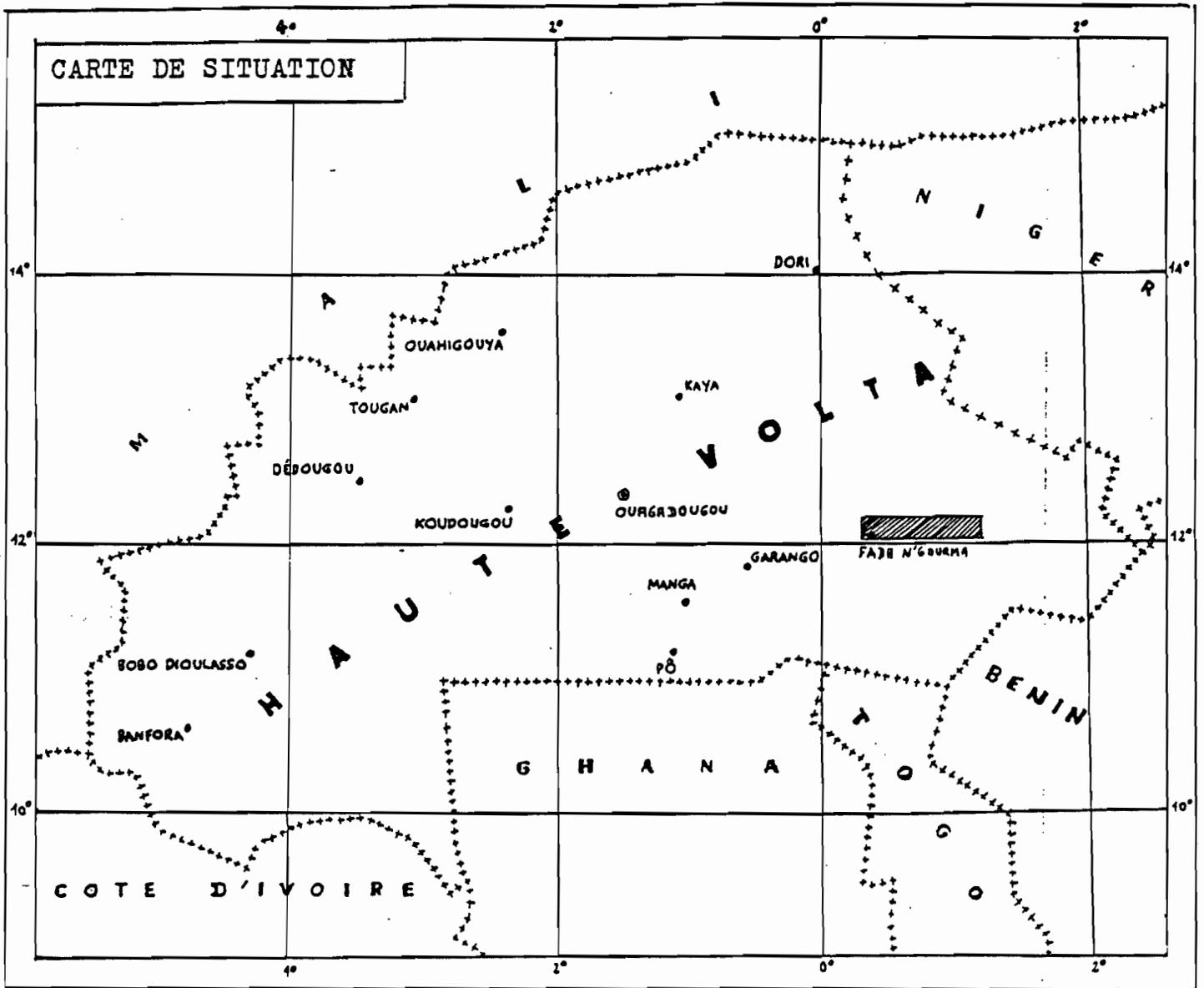
Ce rapport s'articule autour de ces deux objectifs et comprend trois parties:

. *Première partie* : LE MILIEU NATUREL et les METHODES DE TRAVAIL

. *Deuxième partie* : RESULTATS et DISCUSSION sur les caractères morphologiques, physico-chimiques et sur la matière organique. Pour cette dernière, il a été procédé entre autre à la séparation des différents composés humiques et surtout au fractionnement de l'humine totale.

. *Troisième partie* : ETUDES STATISTIQUES ET CONCLUSIONS GENERALES.

- PREMIÈRE PARTIE -



CHAPITRE I

LE MILIEU NATUREL

1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Les sols étudiés sont localisés dans une zone comprise entre Fada N'Gourma et Piega dans la partie orientale de la république de Haute-Volta. Cette zone qui s'étire de part et d'autre de la R.N.4 (Ouagadougou-Niamey) est limitée, approximativement :

- Au Nord, par le parallèle 12°8' de latitude Nord
- Au Sud, par le parallèle 12° de latitude Nord
- A l'Est, par le méridien 0°21' de longitude Est
- A l'Ouest, par le méridien 0°52' de longitude Est.

Elle est entièrement située sur la carte topographique au 1/200.000 Fada N'Gourma (Feuille ND 31-1) établie par l'Institut Géographique National Français et en occupe la partie Sud.

Les coordonnées géographiques des localités fréquemment citées dans le texte sont les suivantes :

Noms des localités	Coordonnées géographiques	
	Longitude Est	Latitude Nord
Fada N'Gourma	0°21'	12°3'40"
Bougue	0°26'	12°3'30"
Namoungou	0°37'	12°1'30"
Tanwarboungou	0°47'	12°3'20"
Piega	0°52'	12°7'30"

2. LE CLIMAT

2.1. CARACTERISTIQUES GENERALES.

La zone comporte une seule station météorologique, située à Fada N'Gourma.

L'indice des saisons pluviométriques (AUBREVILLE, 1949) qui indique dans l'ordre :

- le nombre de mois pluvieux (chutes mensuelles supérieures ou égales à 100 mm),
 - le nombre de mois intermédiaires (chutes mensuelles comprises entre 30 mm et 100 mm),
 - le nombre de mois secs (chutes mensuelles inférieures à 30 mm),
- est égal à 4-2-6. Il correspond au climat sahélo-soudanais tel que l'a défini, également AUBREVILLE (1949).

Ce type de climat se caractérise par :

- une pluviométrie annuelle de l'ordre de 850 à 950 mm répartie sur 4 mois,
- une température moyenne élevée : 28°C,
- une humidité atmosphérique faible.

2.1.1. LES PRECIPITATIONS.

Elles constituent le facteur le plus important à la fois par la hauteur d'eau annuelle et par l'étalement de la saison des pluies qui influe sur la longueur possible des cycles végétatifs des plantes cultivées.

LA PLUVIOMETRIE ANNUELLE

Le régime pluviométrique ne comporte qu'une saison des pluies. Celle-ci commence en moyenne entre le 25 mai et le 10 juin et se ter-

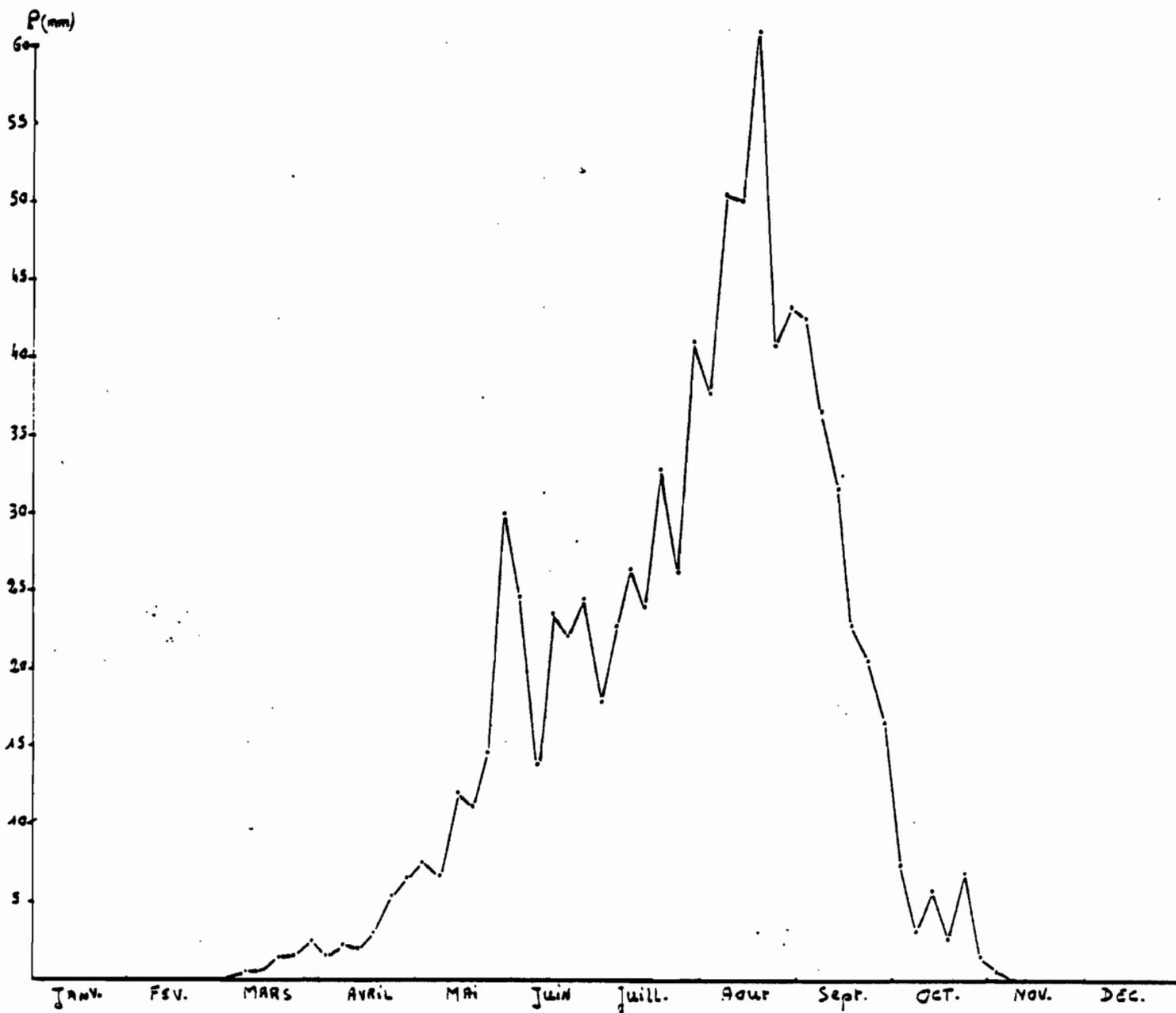


Fig. 1 : Pluies pentadaires moyennes

— Station Fada N'Gourma —
 (1935 - 1960 = 26 ans)

mine entre le 15 et le 22 Septembre⁽¹⁾.

Les hauteurs d'eau annuelles connaissent, cependant, des variations notables, allant du simple (569,3 mm en 1944) au double (1314,1 mm en 1959).

Par ailleurs, selon BRUNET-MORET (1963), depuis la mise en eau du barrage situé à l'entrée ouest de Fada N'Gourma en 1951, la pluviométrie moyenne annuelle aurait augmenté de 100 mm environ par rapport à ce qu'elle était avant cette date.

LES VARIATIONS MENSUELLES (Fig. 1).

Deux remarques essentielles se dégagent de la courbe représentant les quantités d'eau recueillies durant les mois de la saison des pluies :

a). Le maximum est situé en août. C'est le mois le plus pluvieux sous le double aspect de la quantité d'eau totale et du nombre de jours de pluies (18 jours). Les pluies journalières atteignent 50 mm et peuvent souvent dépasser 100 mm. Les précipitations sont plus longues mais les grains orageux sont moins fréquents. Certaines années, ce maximum peut être décalé en juillet mais rarement en septembre.

b). On note une stabilisation de la quantité moyenne des précipitations dans la deuxième quinzaine de juin et la première semaine de juillet. Cette interruption exerce une influence plus ou moins désastreuse sur les cultures. Elle se traduit par la nécessité de recommencer les semis à la suite de la sécheresse relative régnant pendant cette période.

2.1.2. LES TEMPERATURES (Fig. 2).

Elles sont élevées en saison sèche. De décembre à mai, les maximums moyens varient entre 34° et 40°5 alors que les minimums moyens oscillent entre 16° et 26°.

(1). Selon le service météorologique de Haute-Volta, la saison des pluies a commencé lorsque le 1/10 du total moyen annuel (depuis le 1er janvier de l'année considérée) a été atteint.

Les extrêmes absolus de température enregistrés dans cette zone varient de 7°4 (janvier 1936) à 47°9 (mai 1937).

Pendant la saison des pluies, les températures maximales moyennes sont de l'ordre de 30° à 34°, tandis que les températures minimales moyennes varient entre 20° et 23°5.

Les mois les plus chauds sont essentiellement mars-avril et les plus froids décembre-janvier (Tableau 1). Ainsi aux périodes sèches correspondent les températures les plus élevées, la saison des pluies se caractérisant par un adoucissement de ces dernières.

Au niveau du sol, les températures moyennes maximales augmentent de 4 à 5° tandis que les valeurs moyennes minimales diminuent de 1 à 3° par rapport à celles notées respectivement sous abri. De ce fait la variation de la température, au niveau du sol, demeure plus importante.

2.1.3. AUTRES ELEMENTS DU CLIMAT.

LES VENTS -

D'une façon générale, la Haute-Volta, située à l'intérieur du continent africain, subit l'influence directe de deux anticyclones permanents :

- l'anticyclone saharien
- l'anticyclone austral.

Il en résulte deux types de vents : l'harmattan et la mousson.

+ *L'harmattan.*

Il provient de l'anticyclone saharien. C'est un vent très sec, chaud et assez fort la journée, mais froid et modéré les nuits. Il souffle essentiellement durant la saison sèche et il est de direction est à nord-est. C'est un agent climatique qui accentue le dessèchement du sol et l'évaporation durant cette période.

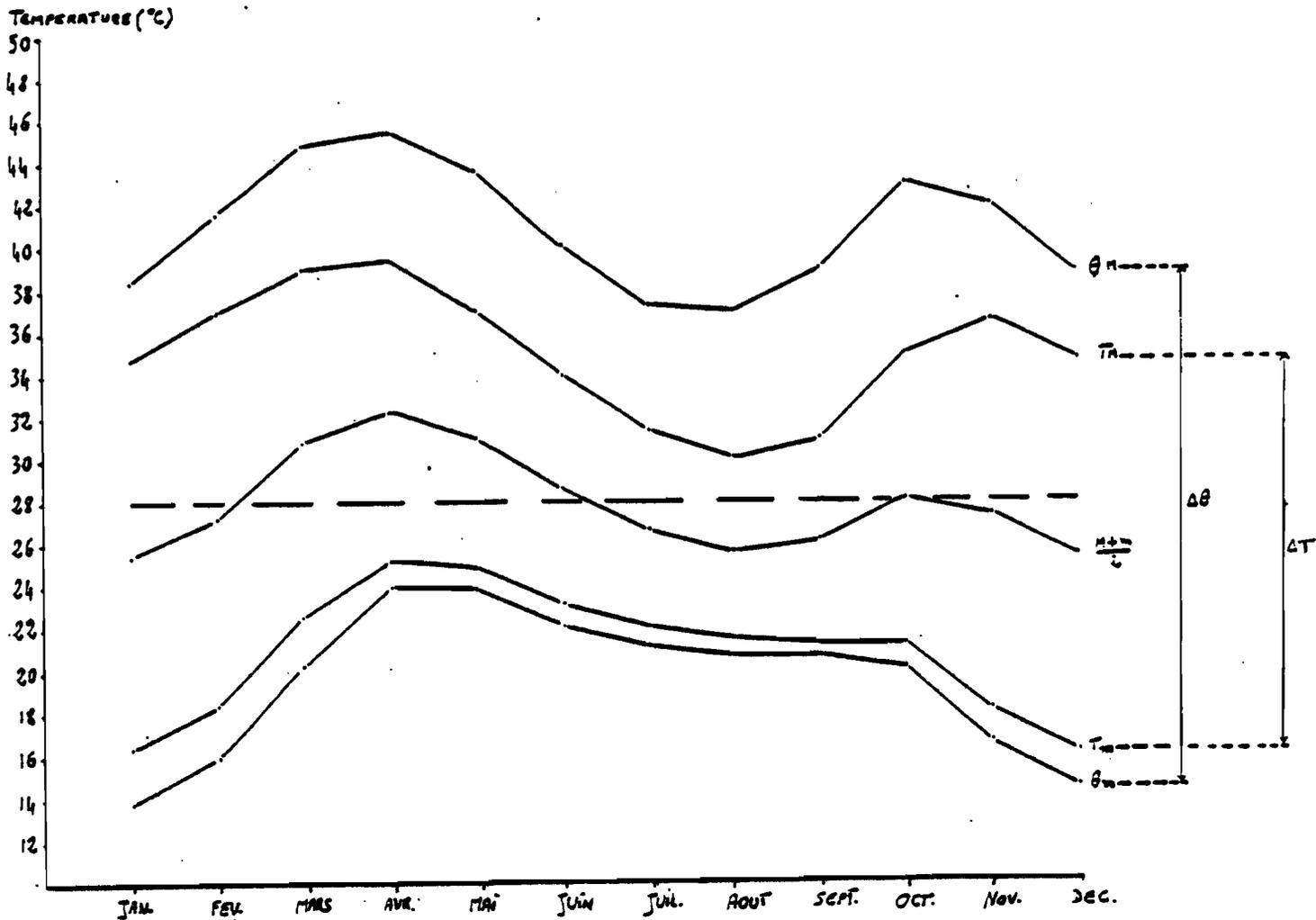


Fig. 2 : variations mensuelles de la température

— Station Fada N'GOURMA —
(1951 - 1964 = 14 ans)

θM = température max. moyenne au sol

θm = température min. moyenne au sol

T_M = température max. moyenne sous abri

T_m = température min. moyenne sous abri

$\frac{M+M}{2}$ = température moyenne mensuelle

----- : température moyenne annuelle

Mois Temp.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
M	34,7	37,0	39,0	39,3	37,0	34,0	31,3	29,9	31,0	34,9	36,5	34,6
m	16,3	18,4	22,6	25,2	24,9	23,2	22,1	21,6	21,3	21,3	18,2	16,2
$\frac{M+m}{2}$	25,5	27,7	30,8	32,3	31,0	28,6	26,7	25,6	26,2	28,1	27,4	25,4

Tableau 1 : Températures moyennes maximales (M) et minimales (m) sous abri.
- Station Fada N'Gourma, période 1951-1964.

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
6h	41	39	43	62	77	87	93	96	96	91	74	51
12h	18	17	22	33	48	59	68	74	69	51	28	20
18h	25	21	23	32	48	59	70	80	80	64	41	31
Moyenne mensuelle	28	26	29	42	58	68	77	83	82	69	48	34

Tableau 2 : Humidité relative moyenne (%) à 6h-12h-18h
Station Fada N'Gourma (d'après l'ASECNA).

+ *La mousson.*

Elle résulte de l'anticyclone austral. C'est elle qui apporte la pluie en hivernage. Généralement plus forte la nuit et le matin, elle a une composante sud-ouest à ouest. Contrairement à l'harmattan, c'est un vent humide et tiède qui prédomine durant la saison des pluies. De ce point de vue, elle participe à la diminution des écarts diurnes des températures.

HUMIDITE RELATIVE ET ROSEE -

+ *La rosée.*

Elle apparaît surtout de juin à octobre et abondamment dans les zones à tapis herbacé dense. Il a été observé des formations de rosée donnant 0,8 à 1 mm d'eau. C'est dire qu'elle constitue un apport appréciable d'humidité aux cultures en fin de saison des pluies.

+ *L'humidité relative (Fig. 3).*

Tout comme le précédent facteur climatique auquel elle est liée, l'humidité relative atteint ses valeurs les plus élevées durant la saison des pluies : 80% contre 30% environ en saison sèche.

Toutefois, le tableau 2 montre que cette humidité relative présente ses valeurs minimales dans la mi-journée. Elles sont de l'ordre de 20% en saison sèche et 70-75% en hivernage. Elles correspondent à une augmentation de la température et de l'évapotranspiration potentielle. En fin d'après-midi, s'observe une légère remontée de ces différentes valeurs qui restent néanmoins inférieures à celles de 6 h. du matin.

Ces variations journalières qui ont pour conséquence une augmentation de l'évapotranspiration potentielle, résultent de l'action brûlante du soleil en particulier durant la saison sèche.

EN CONCLUSION.

L'étude des éléments climatiques de la zone étudiée met en relief l'existence de deux saisons contrastées :

- une saison des pluies : courte (4 mois) assez irrégulière dans la répartition des précipitations (présence d'une sécheresse relative en mi-juin/début juillet), caractérisée par une diminution des écarts diurnes de la température et par une humidité relative fort élevée par rapport au reste de l'année.

- une saison sèche : longue de 8 mois dont 6 reçoivent moins de 30 mm d'eau, elle présente les caractéristiques suivantes :

- . des températures maximales moyennes élevées
- . une humidité relative faible.

Durant cette période souffle un vent desséchant qui accélère l'évaporation : l'harmattan.

L'ensemble de ces données climatiques influe sur le sol, en particulier sur :

- la décomposition de la matière organique
- le bilan hydrique
- l'érosion.

2.2. INFLUENCE DU CLIMAT SUR LE SOL.

2.2.1. DECOMPOSITION DE LA MATIERE ORGANIQUE.

Aux deux saisons du climat correspondent deux phases pédogénétiques différentes. Ainsi :

- l'humidité abondante et la température relativement élevée en saison des pluies sont très favorables à une décomposition rapide de la matière organique. Elles provoquent également une mobilisation intense des oxydes de fer libérés des composés auxquels ils appartiennent dans le sol.

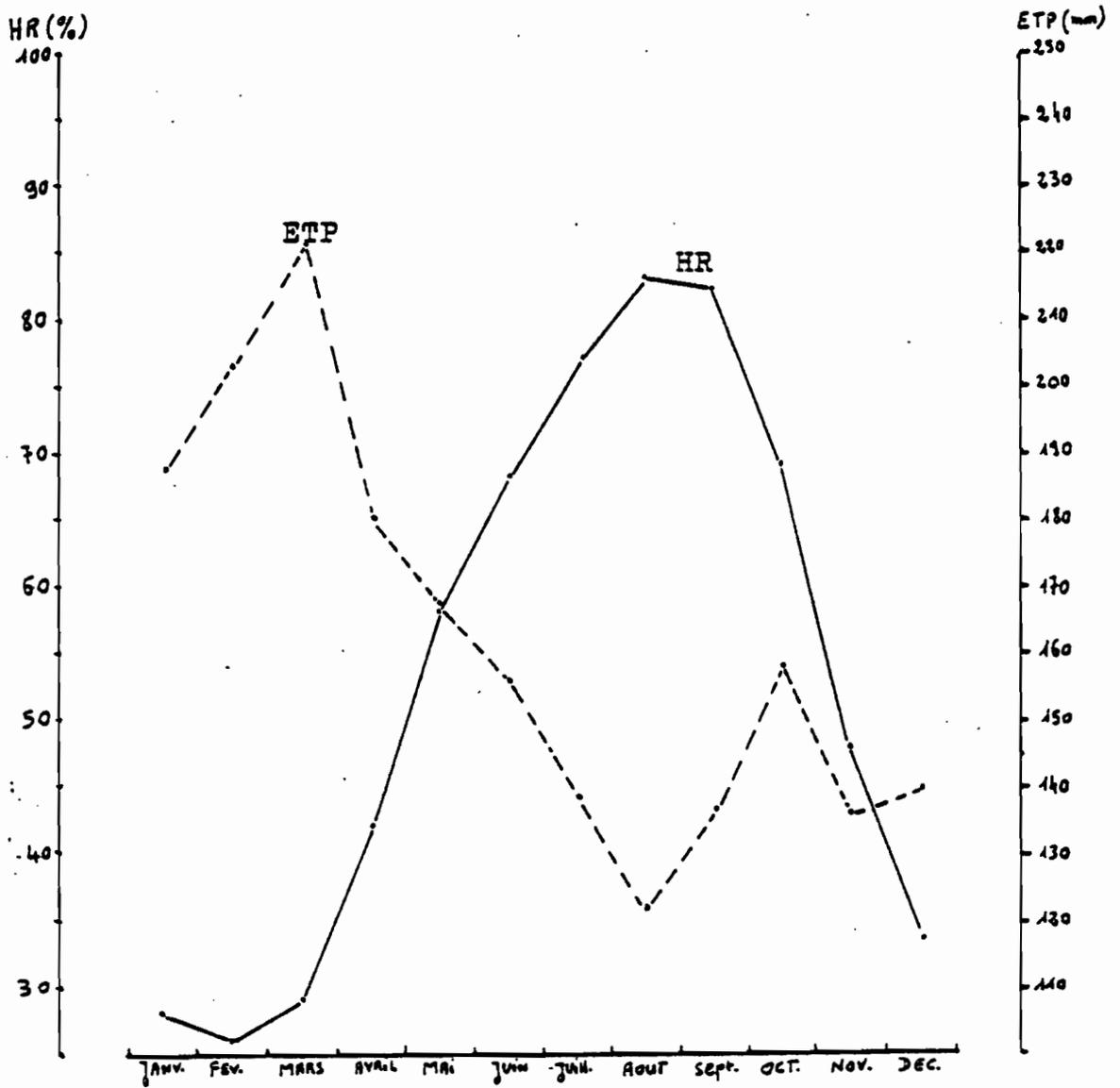


Fig. 3 : Humidité relative (HR), moyenne mensuelle en % et évapotranspiration potentielle (ETP) calculée en mm.

- Station Fada N'Gourma -
(1951 - 1964 = 14 ans)

- en saison sèche par contre, la dessiccation provoque l'arrêt des phénomènes microbiologiques et une immobilisation des hydroxydes individualisés. Ces phénomènes se trouvent exaltés surtout sur les sols à drainage rapide et à activité biologique intense. Sur les sols argileux, l'influence de la saison sèche est plus ou moins ralentie. Elle se manifeste uniquement au niveau des horizons supérieurs où la dessiccation provoque l'apparition de fentes à la surface du sol. En profondeur, l'humidité issue de la remontée capillaire de l'eau, crée un milieu confiné dans lequel la décomposition de la matière organique se traduit par une lente maturation des substances humiques. Il s'en suit également une diminution de la biodégradabilité des produits issus de la décomposition de la matière organique.

Au total, l'étude de la décomposition de la matière organique en rapport avec les données climatiques générales, illustre bien l'importance du pédoclimat sur la formation et l'évolution des substances humiques qui font l'objet d'une étude détaillée dans la deuxième partie de ce travail.

2.2.2. LE BILAN HYDRIQUE DES SOLS.

La méthode utilisée est celle de COCHEME et FRANQUIN (1967). Elle permet, en reportant sur un même graphique les données de l'E.T.P. et de P (précipitations mensuelles), de déterminer la durée moyenne de la période végétative et sa position dans l'année.

Pour ce faire, ces auteurs admettent que la croissance végétative n'est possible que lorsque $P \geq \frac{ETP}{2}$ et ils attribuent au sol des réserves hydriques, constituées pendant la saison des pluies, de 100 mm d'eau pour les sols ferrugineux tropicaux lessivés (valeur jugée excessive par BOULET et LEPRUN, 1969).

On arrive ainsi à diviser l'année en deux grandes périodes (Fig. 4) :

1). $\frac{ETP}{10} < P < \frac{ETP}{2}$: c'est la période de préparation du sol. Sa durée est d'environ un mois (mi-avril à mi-mai).

2). La période proprement végétative. Elle s'étend sur 5 mois et demi environ (mi-mai/fin octobre) et comprend :

a). $\frac{ETP}{2} < P < ETP$: c'est une période intermédiaire qui va de mi-mai à fin juin et au cours de laquelle les semis sont possibles.

b). $P > ETP$: c'est la période humide durant laquelle le sol draine (début juillet/mi-septembre).

c). $ETP > P > \frac{ETP^{(1)}}{2}$: elle correspond à la deuxième période intermédiaire, d'environ deux semaines (mi-septembre/fin septembre).

d). $P < \frac{ETP}{2}$: correspond à l'utilisation des réserves hydriques. Sa durée est de l'ordre de trois semaines à un mois.

Toutes ces données correspondent à des valeurs moyennes et varient avec la pluviométrie annuelle. De même, elles ne tiennent pas compte de la perte en eau par ruissellement qui diminue l'alimentation du sol; ce qui entraîne aussi une diminution de la période végétative utile.

Par ailleurs, la méthode de COCHEME et FRANQUIN offre également la possibilité d'estimer le drainage théorique à travers le sol. Si l'on ne tient pas compte de la quantité d'eau nécessaire pour la reconstitution des réserves hydriques, celui-ci est de l'ordre de 214 mm, suivant la perméabilité du sol.

Enfin, l'indice de drainage annuel (D) calculé par la formule AUBERT-HENIN :

$$D = \frac{\alpha \gamma P^3}{1 + \alpha \gamma P^2}$$

P : pluviométrie annuelle en mètre

avec : α : coefficient variant de 0,5 à 2 selon la perméabilité du matériau originel

γ : $\frac{1}{0,15 T - 0,13}$, coefficient dépendant de la température moyenne annuelle (T)

(1). Les inégalités (a) et (c) se distinguent l'une de l'autre par rapport à leur position respective vis-à-vis de la période humide : (a) la précède tandis que (c) s'installe après.

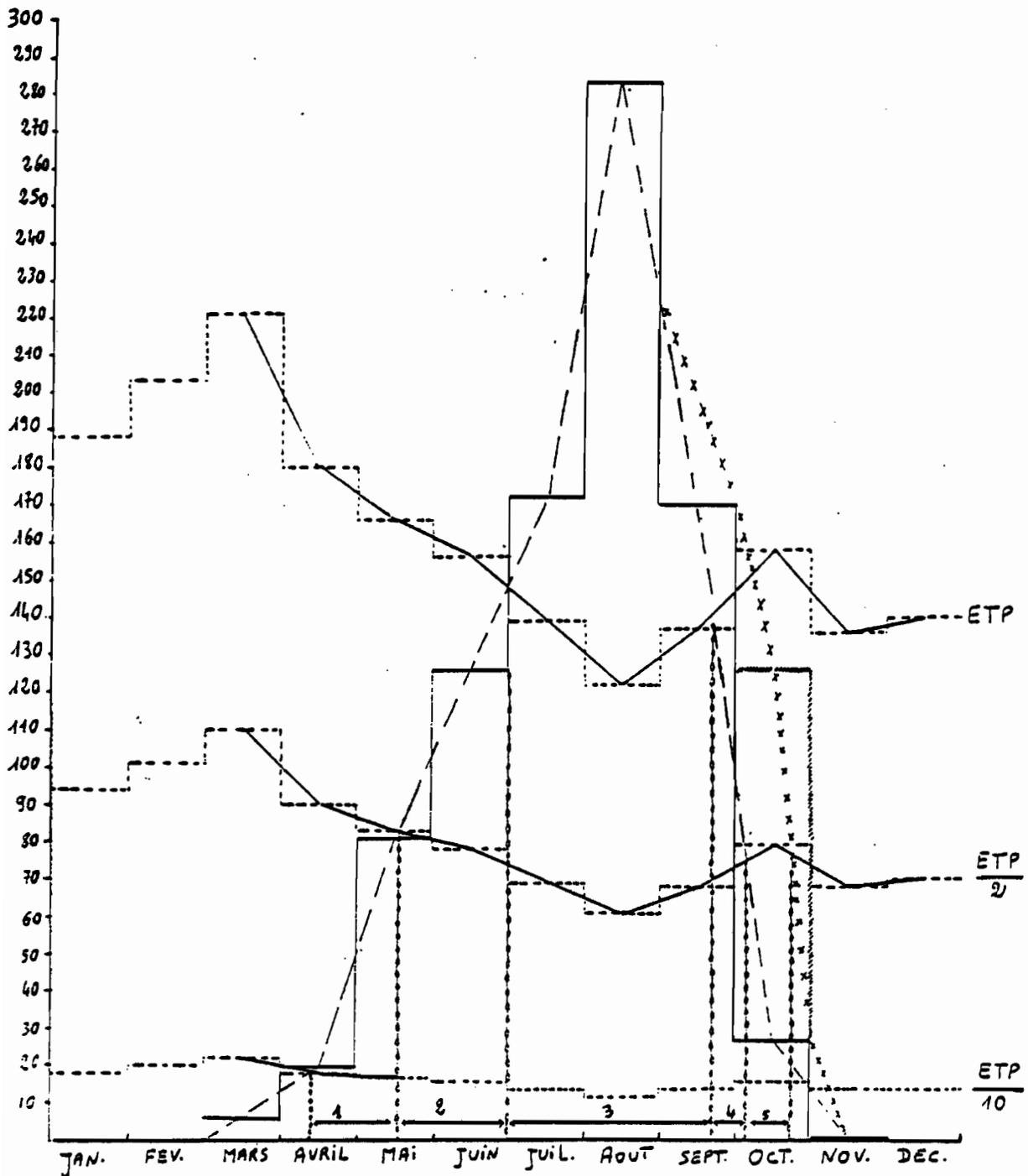


Fig. 4 : Bilan hydrique du sol selon la méthode Cocheme et Franquin (1967)
(d'après Boulet et Leprun ; 1969)

— Station Fada N'Gourma —

P annuelle = 889 mm

ETP annuelle = 2019 mm

/////// Réserves hydriques du sol

xxxxxx Drainage théorique

----- Pluviométrie

..... Histogramme ETP

$$1 : \frac{ETP}{10} < P < \frac{ETP}{2}$$

$$2 : \frac{ETP}{2} < P < ETP \text{ (a)}$$

$$3 : P > ETP \text{ (b)}$$

$$4 : ETP > P > \frac{ETP}{2} \text{ (c)}$$

$$5 : P < \frac{ETP}{2} \text{ (d)}$$

est égal à 89 mm sur sols sableux et 44 mm sur sols argileux.

2.2.3. L'EROSION.

Elle se résume à un transport de particules sur une distance plus ou moins longue soit par les eaux de ruissellement (érosion hydrique), soit par les vents (érosion éolienne).

L'EROSION HYDRIQUE

Elle regroupe l'érosion en nappe, en rigoles et en ravines.

+ L'érosion en nappe est particulièrement développée au début de la saison des pluies. En effet, les premières pluies tombent sous forme de tornades sur un sol dénudé par les feux de brousse et encroûté en surface à la suite d'une longue sécheresse. Le ruissellement est donc maximum. Toutefois, cette érosion en nappe se poursuit également durant toute la saison des pluies, favorisée par les travaux superficiels qui émettent la partie supérieure du sol surtout lorsque celui-ci est fortement humidifié.

Mais, il semble, selon GALLABERT et MILLOGO (1972) que ce phénomène soit peu spectaculaire en Haute-Volta, tout en conservant son extrême gravité. Ainsi pour la période de 1966-1972, ces auteurs ont montré que le facteur R de l'équation de WISCHMEIR (1960) ou indice d'érosion par la pluie, exprimé en point USA, a été de 428 points USA pour la zone étudiée, la moyenne nationale étant égale à 444 points USA :

$$R = \frac{E I}{100} \text{ en points USA avec : } \begin{array}{l} E : \text{énergie cinétique d'une précipitation} \\ I : \text{intensité maximale en 30 minutes,} \\ \text{exprimée en mm/heure.} \end{array}$$

+ L'érosion en ravines et en rigoles trouve son paroxysme durant les mois les plus pluvieux provoquant ainsi un élargissement du lit des rivières et transformant les pistes en sillons plus ou moins profonds.

Par ailleurs, la concentration des précipitations en quelques mois, constitue un des facteurs essentiels de l'érosion hydrique.

La formule de FOURNIER (1958) permet d'évaluer la dégradation spécifique (Ds) en tonnes/km²/an :

$$Ds = 27,12 \frac{p^2}{P} - 475,4 \text{ avec : } p : \text{ pluviométrie du mois le plus arrosé}$$

$$P : \text{ pluviométrie annuelle.}$$

Celle-ci est évaluée à 1970 T/km²/an. Cette donnée moyenne théorique varie selon la topographie, la végétation et l'utilisation du sol.

+ L'érosion en nappe ravinante a été signalée également sur les sols ferrugineux et sur les sols alcalisés (AUBERT G., communication personnelle). Dans un cas comme dans l'autre, la stabilité structurale est très faible.

L'EROSION EOLIENNE

Elle n'apparaît nettement que sur les sols à texture très sableuse et sur les sols fragiles. Cependant, elle semble plus intense en l'absence de toute végétation (saison sèche). Ce type d'érosion provoqué essentiellement par l'harmattan et les vents violents qui précèdent ou accompagnent les averses, reste néanmoins difficilement chiffrable.

Au total, ce sont surtout les phénomènes d'érosion hydrique qui apparaissent les plus importants. A titre d'exemple, les résultats obtenus par ROOSE (1974, 1976, 1978) sur des sols ferrugineux tropicaux du centre Haute-Volta indiquent que l'érosion et le lessivage dépendent plus des averses violentes ou de séries d'averses que des précipitations annuelles. Il précise, en outre que sous savane arborescente, cette érosion reste très faible (18 à 408 kg/ha/an). Elle est par contre égale à 1-6,5 T/ha/an sous cultures traditionnelles à plat et atteint 10 à 21 T/ha/an sur sol nu. Parallèlement cet auteur retient comme valeur moyenne du ruissellement un coefficient de 2,5% sous savane

contre 25% sous cultures traditionnelles. Ces chiffres montrent, en particulier, que les feux de brousse intensifient les phénomènes d'érosion.

3. GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE

3.1. GEOLOGIE (carte N° 2).

Les travaux de BOS (1967) et plus récemment ceux de HOTTIN et OUEDRAOGO (1976), réalisés dans la partie orientale de la Haute-Volta, montrent que la zone étudiée présente une certaine "homogénéité" géologique.

Cette homogénéité se traduit par la prédominance de granites éburnéens, considérés en quasi-totalité comme syntectoniques et regroupant tous les intermédiaires entre un pôle migmatique et un pôle granitique élaboré.

Toutefois, suivant le degré d'évolution de ces roches granitoïdes et leur pétrographie, BOS (1967) distingue, entre autres :

- les granites migmatitiques calco-alcalins homogènes à amphibole
- les granites migmatitiques hétérogènes.

3.1.1. LE SUBSTRATUM GEOLOGIQUE.

3.1.1.1. LES GRANITES EBURNEENS.

+ *Les granites migmatitiques calco-alcalins homogènes à amphibole.*

Ils occupent une large portion comprise entre Fada N'Gourma jusqu'à peu après Bougou (d'ouest en est), suivant un axe sud-ouest/nord-est. Cependant, on les retrouve également autour de Piéga, suivant le même axe. Dans cette seconde portion, ils forment le massif de Piéga.

Du point de vue pétrographique, le grain est en général moyen à gros et la composition semble granodioritique. Les feldspaths montrent une nette tendance à l'automorphie et un faciès porphyroïde. On y note, de même, la présence d'enclaves amphibolites étirées, localement abondantes.

+ *Les granites migmatitiques hétérogènes.*

Ils constituent la masse la plus importante, entre Namoungou et Piega.

Ces granites qui sont dans l'ensemble assez sombres (forte proportion de ferromagnésiens, l'amphibole dominant sur la biotite en général) ont des compositions minéralogiques qui vont de la diorite quartzique au granite akéritique.

Cependant, au milieu de ces granites migmatitiques homogènes ou hétérogènes, certaines enclaves ne sont sans analogie avec des termes du Birrimien.

3.1.1.2. LES FORMATIONS BIRRIMIENNES.

Entre Fada N'Gourma et Piega, les formations rattachées au Birrimien sont rares et se présentent sous forme d'enclaves, de dimension réduite, dans la masse granitique.

Ce sont, pour la plupart, soit des formations éruptives basiques composées essentiellement d'amphibolites ou de roches basiques indifférenciées, soit des formations de base constituées de gneiss leptyniques et de leptynites.

Les granites éburnéens et les formations birrimiennes sont rattachés au PRECAMBRIEN MOYEN.

Certaines formations intrusives post-tectoniques, quoique rares et essentiellement localisées dans la masse à granites migmatitiques hétérogènes, se présentent sous forme :

- de filons de quartz
- de dykes doléritiques, à faciès porphyroïde et localisés à l'ouest de Namoungou.

Dans le second cas, elles sont rattachées au PRECAMBRIEN SUPERIEUR, INFRACAMBRIEN ou CAMBRO ORDOVICIEN.

Cette étude du substrat géologique fait abstraction des formations de recouvrement qui occupent plus de 90% du terrain.

3.1.2. LES FORMATIONS DE RECOUVREMENT.

Elles sont constituées principalement de latérites cuirassées en surface ou en profondeur. Dans certains cas le substrat géologique situé au-dessous n'a pas été déterminé. C'est le cas de la bande qui sépare les granites migmatitiques hétérogènes de Namoungou et la portion de granites migmatitiques homogènes de Fada-Bougue.

Dans les basses zones, le long des rivières notamment, ces formations sont constituées d'alluvions, très fines dans leur ensemble et ne comportant que très peu de graviers.

Les plateaux sont recouverts par un matériau relativement meuble à base d'argile et de sable.

3.2. GEOMORPHOLOGIE.

Les grands traits géographiques et géomorphologiques de la Haute-Volta ont été définis par BRAMMER (1959 ; DAVEAU, LAMOTTE et ROUGERIE (1962); DUCCELLIER (1963) ; VOGT (1959) ; MICHEL (1959) (cf. KALOGA, 1963).

En liaison avec ces travaux, KALOGA (1966, 1969), BOULET et al. (1969) ont précisé les relations entre les processus de morphogenèse et d'altération d'une part et de différenciation des sols d'autre part.

L'ensemble de ces études montre, du point de vue géomorphologique, qu'à l'exception des régions à relief vigoureux (collines birriennes ou inselbergs granitiques), la majeure partie de ce pays est constituée par une vaste pénéplaine, résultant d'une longue évolution géomorphologique.

La zone étudiée appartient à ce type de modelé constitué de longs glacis à pente très faible (rarement supérieur à 2%). L'altitude

maximale se situe aux environs de 350 m (colline de Nalembou, près de Fada N'Gourma) contre seulement 250 m à Tanwarbougou. L'altitude moyenne est de l'ordre de 280 m.

Ce relief monotone, peine varié par quelques ondulations de terrain, favorise :

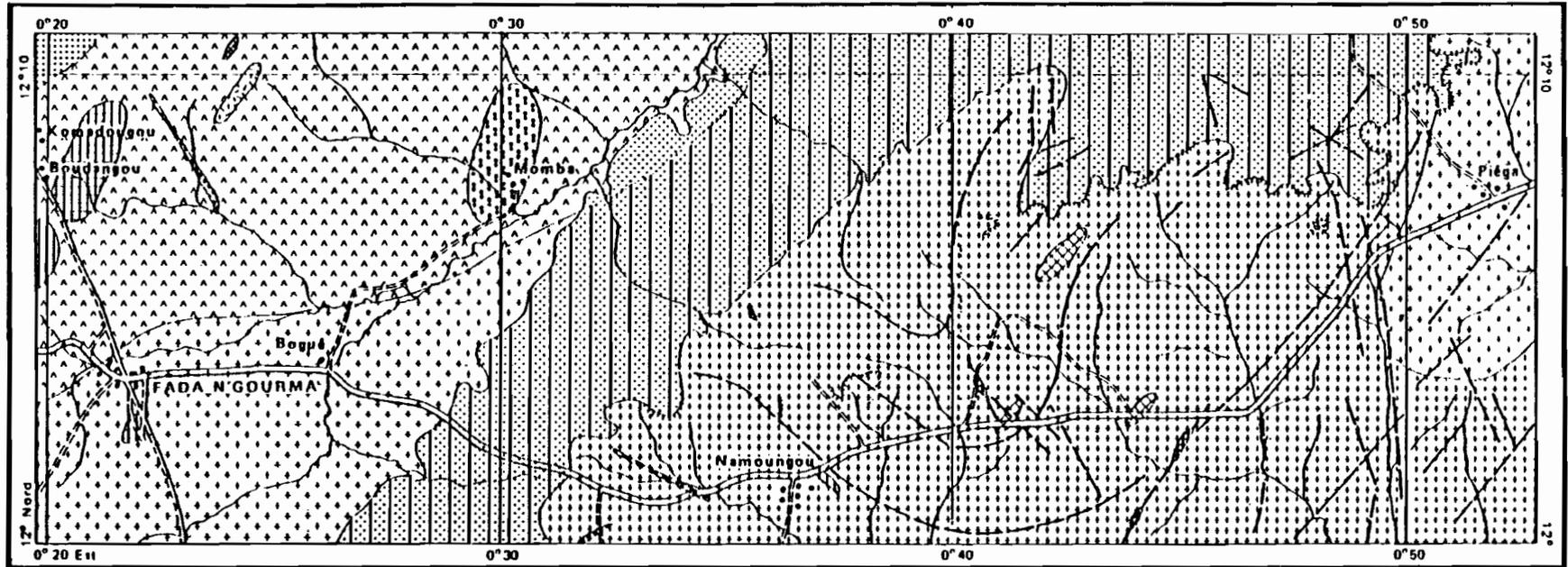
- le ralentissement de l'écoulement naturel des eaux de pluie et partant :

- l'apparition de rivières temporaires et de marécages à la faveur de la moindre dépression dont l'exemple typique est situé à l'entrée est de Tanwarbougou.

Dans la zone prospectée également, les terrasses sont réduites voire absentes le long des cours d'eau.

CARTE 2 : CARTE GÉOLOGIQUE DE LA ZONE ETUDIÉE

Extrait de la carte géologique à 1 : 200 000, publiée par Gétachop et le B.R.G.M.



ÉCHELLE 1 : 200 000



LÉGENDE

- QUATERNAIRE ET TERTIAIRE**
- Latérites
 - Latérites à substratum probable de granites et de migmatites indifférenciés
- PRÉCAMBRIEN SUPÉRIEUR, INFRACAMBRIEN OU CAMBRO-ORDOVICIEN**
- Dolérites post-tectoniques**
- Dolérites, gabbros doléritiques
 - Dolérites porphyriques

- Birimien**
- Birimien indifférencié
- Formations d'origine sédimentaire**
- Schistes pélitiques, schistes sériciteux, quartzites fins, quartzophyllades
- Formations éruptives basiques**
- Roches basiques indifférenciées
 - Amphibolites, amphiboliteschistes
 - Roches grenues : diorites, gabbros
 - Goudites

PRÉCAMBRIEN MOYEN

- Migmatites et granites éburnéens**
- Granites tarditectoniques et syntectoniques**
- Granites migmatitiques homogènes calcoalcalins à amphibole
 - Granites migmatitiques hétérogènes
 - Migmatites
 - Quartz

4. LA VEGETATION

La végétation, de par sa physionomie et sa composition floristique, reflète l'action conjuguée de trois facteurs :

- le climat
- les conditions édaphiques (réserves en eau utile, perméabilité), souvent liées à certaines positions topographiques
- les actions de l'homme (culture, feux de brousse).

L'étude de la végétation se fera donc sous ce triple aspect.

BOULET et LEPRUN (1969) distinguent parmi les formations végétales climaciques de la région est de la Haute-Volta :

- le domaine des steppes et savanes arbustives au nord de l'isohyète 550 mm
- les savanes arborées typiques, lorsque la pluviométrie est comprise entre 700 et 900 mm
- les savanes boisées pour une pluviométrie annuelle égale ou supérieure à 900 mm.

4.1. CARACTERISTIQUES GENERALES.

L'ensemble de la zone étudiée se caractérise par l'apparition et le développement des espèces à affinité soudanaise.

Les espèces arborées les plus communes sont : *Butyrospermum parkii*, *Anogeissus leiocarpus*, *Parkia biglobosa*, *Lannea microcarpa*, *L. acida*, *Tamarindus indica* et *Sterculia setigera*.

On note également la présence de *Crossopterix febrifuga*, *Acacia gourmaensis*, *Bridelia micrantha*, *Strichnos spinosa*.

La strate arbustive est à base de *Combretum* et de repousses des espèces arborées (*Butyrospermum parkii* notamment). On y trouve aussi *Gardenia erufescens*, *Ximenia americana*, *Securidaca longipedunculata*.

Hyparrhenia sp, *Andropogon gayanus*, *Pennisetum pedunculatum* et *Loudetia togoensis* se partagent la strate herbacée.

Cependant, lorsque le sol constitue un milieu sélectif (épaisseur pénétrable par les racines, richesse en éléments grossiers, teneurs en éléments fins), des modifications sensibles apparaissent.

Ainsi :

+ Les cuirasses affleurantes sont, soit nues, soit recouvertes d'une végétation herbeuse dense et basse à base de *Loudetia togoensis*.

+ Les sols gravillonnaires, à drainage rapide, portent une végétation qui, du point de vue floristique, se caractérise par la présence de *Combretum micranthum*, *C. nigricans*, *Dichrostachys glomerata*, *Acacia macrostachya*, *Gardenia sokotensis*. *Loudetia togoensis* domine dans la strate herbacée.

Ce type de formation végétale est à rattacher aux "Bush" particulièrement développée au nord du pays.

+ Les sols lourds et compacts (sols bruns et vertisols) :

La strate arborée devient non spécifique. Elle comporte les espèces les plus communes dans la zone étudiée.

La strate arbustive, par contre, est riche en *Acacia*, particulièrement *Acacia gourmaensis* qui constitue des peuplements denses, parfois dominant sur ces sols. *Schoenfeldia gracilis* et *Cymbopogon schoenanthus* composent le tapis herbacé.

+ Le long des cours d'eau : là se développe sur dépôt colluvio-alluvionnaire, une végétation de type "galerie forestière". Les espèces les plus fréquentes sont *Azelia africana*, *Daniella oliveri*, *Khaya senegalensis*. De même que *Terminalia* sp et *Bauhinia thonningii*.

Le tapis herbacé est composé de diverses Andropogonées et de *Pennisetum pedunculatum*.

Enfin, les pratiques humaines (culture et feux de brousse) contribuent également à accentuer les modifications de la physiologie des formations végétales naturelles et leur appauvrissement. Ainsi, les champs abandonnés se reconnaissent souvent par la présence :

- de quelques espèces arborées (fruitiers) épargnées lors du défrichement : *Butyrospermum parkii* associé à *Bombax costatum*, *Adansonia digitata*, *Tamarindus indica* et *Parkia biglobosa*.
- d'arbustes appartenant à la famille des combretacées (*C. glutinosum* et *C. micranthum* notamment) et *Guiera senegalensis*.
- d'espèces herbacées post-culturelles à base d'*Aristida multibalis*, *Cenchrus biflorus*, *Eleusine indica*.
- de quelques pieds isolés de *Hibiscus cannabinus* et *H. esculentus* et également de sorgho, vestiges du passé.

4.2. ROLE DE LA VEGETATION.

4.2.1. PROTECTION DU SOL.

Le rôle protecteur de la végétation dépend des espèces et de leur densité par unité de surface mais également des conditions édaphiques. De plus, suivant la période (saison des pluies ou sécheresse), l'efficacité de la protection physique du sol par la végétation, varie énormément. Ainsi, en saison sèche, de nombreuses espèces graminéennes disparaissent, faute d'eau dans les horizons supérieurs des sols sableux. Il semble même, selon LEROUX (1980) qu'au-delà d'un minimum de trois jours ensoleillés entre deux pluies, le point de flétrissement soit atteint sur ces types de sols.

Par contre sur les sols hydromorphes à gley ou pseudo-gley, la survie des espèces végétales durant la période sèche est fonction de la profondeur de la nappe et en particulier des remontées par capillarité de l'eau. L'humidité qui règne dans ces horizons diminue les

effets de l'alternance d'humectation et de dessiccation en saison hivernale.

Les observations faites en saison sèche montrent :

1 - Une absence totale du tapis graminéen sur les sols sableux. Signalons qu'en savane, les strates herbacées et arbustives ont un recouvrement de l'ordre de 70 à 80% lors de leur développement maximum. Le sol ainsi mis à nu, est soumis à l'action érosive de l'harmattan et à une température fort élevée en cette période de l'année. Il en résulte la formation d'un encroûtement au niveau des horizons de surface qui freine la pénétration des premières pluies.

2 - Un simple dessèchement des espèces herbacées avec formation, souvent, d'une litière peu épaisse, sur sol argileux. Par ailleurs, les andropogonées par leur fort tallage et leur grande surface foliaire, permettent de couvrir plus efficacement le sol.

Enfin, en participant au phénomène d'évapotranspiration, la végétation agit sur le sol, soit pour limiter l'évaporation, soit pour abaisser les réserves d'eau.

4.2.2. SOURCE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL.

Diverses études ont été menées pour évaluer les quantités de débris végétaux apportés au sol. Ainsi NYE et GREENLAND (1960) estiment que la phytomasse dans les savanes africaines est de l'ordre de 67 T/ha.

LEROUX (1980), pour les différentes espèces de graminées des savanes ivoiriennes, arrive aux chiffres suivants :

- *Panicum phragmitoides* : 23 à 28 T/ha.
- *Andropogon macrophyllus* : 45 à 52 T/ha.
- groupement à *Loudetia simplex* : 10 à 15 T/ha.

Il s'en suit que l'apport de la matière organique par les végétaux et en particulier par les espèces herbacées au sol, devrait être non négligeable. Mais, en réalité, la destruction de la matière végétale par les feux de brousse et l'action des insectes xylophages (plus de 50% de débris végétaux seraient détruits par les seuls termites) rendent singulièrement difficiles l'appréciation exacte des quantités de débris végétaux apportés au sol d'une part, mais aussi lui confèrent une pauvreté quasi-chronique en matière organique, d'autre part.

5. ACTIONS DE L'HOMME

Il s'agit principalement des activités agricoles et la pratique des feux de brousse.

5.1. LES ACTIVITÉS AGRICOLES.

Elles occupent la majorité des habitants de la zone étudiée et se déroulent de juin à octobre.

Les façons culturales traditionnelles se traduisent par les travaux suivants :

5.1.1. AU NIVEAU DES CHAMPS DE BROUSSE.

Le terme de champs de "brousse" est utilisé par opposition à ceux observés autour des cases.

5.1.1.1. SUR LES NOUVELLES PARCELLES.

+ *Le défrichement.*

Il consiste en un abattage des arbres et arbustes présents sur la nouvelle parcelle. Ne sont épargnés que quelques arbres fruitiers de brousse tels que : *Butyrospermum parkii*, *Bombax costatum*, *Parkia biglobosa* et *Adansonia digitata*. Les branchages des arbres et arbustes abattus sont entassés puis brûlés. Le champ est labouré dès les premières pluies.

Dans le choix d'une nouvelle parcelle, l'agriculteur se réfère généralement à la physionomie de la végétation qui reflète certaines caractéristiques physico-chimiques du sol. Dans cette optique, il n'hésite pas à effectuer des dizaines de kilomètres pour trouver satisfaction.

La durée d'exploitation d'un champ de brousse varie entre 4 et 5 ans. Elle est essentiellement liée au rendement qui se traduit par la capacité de celui-ci à satisfaire les besoins fondamentaux des

paysans. Cette pratique est la manifestation concrète du semi-sédentarisme ou "nomadisme agraire africain" (BERGER, 1969) qui correspond à une culture itinérante encore très généralisée dans les régions à faible densité de population.

+ *Les semis.*

Ils sont effectués généralement en début juin. Pour ce faire, les graines sont enterrées à une quinzaine de centimètres de profondeur, souvent bien au-delà afin d'éviter l'action dévastatrice des perdrix. Ces semis sont le plus souvent en quinconce.

+ *Les labours.*

Suivant la superficie du champ et le nombre de personnes travaillant sur celui-ci, le nombre de labours varie entre 2 et 3.

L'instrument utilisé est une houe, communément appelée 'daba', actionnée manuellement. De ce fait, les labours sont peu profonds et seul l'horizon superficiel est ameubli. Ce type de labours a souvent été considéré comme un facteur favorable à l'érosion en nappe (cf. Chap.I, § 2.2.3.), parce qu'il émiette la surface du sol. Mais, en sens inverse, en rendant celle-ci plus motteuse et en favorisant la pénétration de l'eau, il diminue le ruissellement, et par là-même tend à amoindrir l'érosion.

5.1.1.2. SUR LES ANCIENNES PARCELLES.

Les travaux sur les champs, en deuxième année d'exploitation ou plus, sont moins contraignants que les précédents. Ils se résument à :

- l'abattage des jeunes repousses d'arbustes
- un ramassage des tiges de mil et de sorgho restées au sol après la dernière récolte.

Tous ces débris sont entassés puis brûlés.

Toutefois, pour maintenir la fertilité du sol, un "pacte" peut s'établir entre un éleveur et un paysan afin que le premier fasse sé-

journer son bétail dans le champ du second durant la saison sèche. C'est la seule manifestation d'un amendement organique apporté aux champs de brousse, les cendres issues des déchets calcinés constituant l'amendement minéral.

5.1.2. AU NIVEAU DES CHAMPS DE CASE.

L'espace qui sépare plusieurs concessions (groupe de cases appartenant aux membres d'une même famille) est généralement occupé par des champs de maïs, de sorgho hâtif et de tabac. Ils ont reçu le nom de champs de "case". Le plus souvent entretenus par les personnes âgées, ils sont l'objet de soins particuliers (apport de déjections animales et d'ordures ménagères notamment) dans la mesure où les denrées produites servent à surmonter les périodes de soudure.

De ce point de vue la différence entre "champs de case" et "champs de brousse" ne se situe pas seulement au niveau de leur position géographique respective mais également au niveau de la nature des plantes cultivées :

- aux champs de brousse sont consacrées les cultures des produits vivriers servant à l'alimentation de base : petit mil et haricot essentiellement et à cycle végétatif relativement plus long.
- les champs de case sont réservés aux plantes à cycle végétatif relativement court.

Par ailleurs, au niveau des champs de brousse, les zones qui coïncident avec les endroits où les branchages et tiges ont été entassés et brûlés, bien drainés, sont généralement réservées au maïs. Ainsi, par cette répartition des cultures, le paysan s'adapte à la nature du sol.

5.2. LES FEUX DE BROUSSE.

Ils apparaissent généralement dès la fin de la saison des pluies (octobre) mais ne s'étendent qu'en janvier sous l'effet de l'harmattan. Leurs origines restent cependant difficiles à préciser. Les dégâts occasionnés sont multiples. Certains sont dûs directement à l'action des feux (déforestation, modification de la flore) et d'autres en sont les conséquences (risque accru d'érosion dans les zones à forte pente : cf. Chap. I, § 2.2.3.). De même par la destruction de la couverture végétale, ces feux de brousse font disparaître l'humus futur et les cendres issues de la calcination des végétaux sont le plus souvent emportées par les vents.

Enfin, l'action brûlante du soleil sur un sol dépourvu de son couvert végétal provoque en outre un encroûtement des horizons de surface, d'où un ralentissement du drainage des premières pluies.

Toutefois, l'importance de ces dégâts est fonction de l'époque à laquelle le feu est passé. Ainsi les feux dits précoces (fin de la saison des pluies) semblent avoir un effet assez faible, l'arbre étant encore vert, riche en sève. Par contre, les feux tardifs (saison sèche) ont des conséquences beaucoup plus importantes et diverses espèces végétales telles que *Tamarindus indica*, *Adansonia digitata*, *Ziziphus mauritiaca*, *Parkia biglobosa* entre autres, périssent ou sont affaiblies.

De même, les mesures des variations de la lame d'eau ruisselée effectuées par ROOSE (l.c.) indiquent que la végétation essentiellement graminéenne qui s'installe après des feux précoces fait que le coefficient de ruissellement maximum, au cours des fortes pluies de juillet ne dépasse pas 8 à 10%. Il est par contre égal respectivement à 1% et 50-73% pour une végétation protégée et dans le cas de feux de brousse tardifs (régression nette de la végétation basse).

Au total, l'étude des actions de l'homme permet de tirer un certain nombre de conclusions :

- la pratique des feux de brousse et du semi-sédentarisme accroît la dégradation de la végétation naturelle, dans le temps et dans l'espace. La régénération des sols en est d'autant plus ralentie.

- aucun amendement, ni organique, ni minéral n'est apporté aux champs afin de freiner la baisse de fertilité des sols suite à leur mise en culture.

6. LES SOLS DE LA ZONE ETUDIEE : CARACTERES GENERAUX

6.1 FORMATION ET REPARTITION DES DIFFERENTES CLASSES DE SOLS.

Les principales classes de sols observées entre Fada N'Gourma et Piéga par BOULET et LEPRUN, sont :

- les sols peu évolués
- les sols brunifiés
- les sols à sesquioxides et à matière organique rapidement minéralisée.

La carte N° 3 illustre leur répartition sur le terrain. Toutefois à cette échelle, les sols dont l'extension n'excède pas 20% de la surface totale (p.e. sols hydromorphes minéraux qui se développent le long des cours d'eau) n'y figurent pas.

Par ailleurs, les différents sols ayant été regroupés en unités comprenant le plus souvent une association de plusieurs sols, seule l'extension de celle-ci est représentée sur la carte.

6.1.1. LES SOLS PEU EVOLUES.

Ils sont d'origine non climatique et présentent un faciès ferrugineux. Ces sols résultent de facteurs divers difficilement dissociables : érosion actuelle, apports récents, faible altérabilité de certaines roches-mères telles que les cuirasses anciennes.

L'unité présente dans la zone étudiée est "l'association à sols gravillonnaires au-dessus de la cuirasse ferrugineuse et à sols ferrugineux lessivés sur matériau argilo-sableux peu épais".

Du point de vue morphologique :

- Les sols ferrugineux lessivés sur matériau argilo-sableux ont une épaisseur moyenne d'environ 70 cm et comportent trois horizons qui se différencient par :

. *La couleur* : elle passe du gris brunâtre (10 YR 5/2) en surface au brun légèrement ocre (7,5 YR 5/4) dans les horizons intermédiaires puis au rouge ocre (5 YR 5/6) en profondeur.

. *La structure* : celle-ci est massive dans les vingt premiers centimètres, polyédrique moyenne (1 à 2 cm) entre 20-50 cm et particulière (70-80% de gravillons) au-delà.

. *La texture* : sablo-argileuse (0-20 cm), elle devient argilo-sableuse jusqu'à 50 cm environ.

- Les sols gravillonnaires au-dessus de la cuirasse ferrugineuse se distinguent des précédents par la présence de gravillons (débris de cuirasse et gravillons roulés) à partir de 10 cm de profondeur et d'une cuirasse ocre rouge (5 YR 4/8) entre 20-100 cm.

Les propriétés chimiques de ces sols peu évolués indiquent :

- une capacité d'échange moyenne à faible et un taux de saturation de l'ordre de 70 à 80%.

- des teneurs en azote également moyennes à faibles et celles du phosphore, faibles.

- la matière organique est peu abondante et le rapport C/N dans les horizons supérieurs est égal à 14.

Ils couvrent une vaste portion entre Fada N'Gourma jusqu'aux environs de Namoungou (d'ouest en est).

6.1.2. LES SOLS BRUNIFIES.

Il s'agit des "sols à Mull des pays tropicaux". Ils comportent :

- *Les sols bruns eutrophes vertiques sur matériau argileux issu de granites et migmatites, localisés autour de Namoungou.*

Leurs caractères morphologiques succincts sont les suivants :

. *Les horizons supérieurs* : d'une épaisseur de 20 à 30 cm, ils sont caractérisés par une couleur brune, légèrement rouge foncé (7,5 YR 4/2), une structure prismatique grossière (4 à 6 cm) à sous-structure cubique et par une cohésion d'ensemble assez faible.

. *Les horizons profonds* : au-delà de 30 cm, la couleur devient brun-olive (5 Y 5/3). La structure reste prismatique grossière mais la sous-structure est en plaquettes obliques à faces très lissées et striées (caractères vertiques).

- *Les sols bruns eutrophes vertiques sur matériau argileux issu de roches basiques, autour de Piega.*

Ils ne présentent pas de différences morphologiques essentielles avec ceux décrits ci-dessus. Seule la nature de la roche-mère permet de les distinguer.

D'une manière générale, ces sols bruns eutrophes vertiques ont une texture assez lourde : argilo-sableuse en surface, argileuse en profondeur. Les principales variables chimiques (S, T, S/T et pH) augmentent également vers la profondeur. Les teneurs en phosphore (P_2O_5) sont assez dispersées (faibles à bonnes) et celles en azote, moyennes. En surface, le rapport C/N varie entre 11 et 13 et diminue en profondeur.

D'un point de vue pédogénétique, les sols bruns eutrophes, tout comme les vertisols et les sols halomorphes, sont associés au complexe

d'altération montmorillonitique (KALOGA, 1970) avec toutefois une diminution de l'intensité de gonflement du matériau constitutif résultant, soit de la faible proportion des minéraux gonflants (montmorillonite) soit de l'amélioration du drainage interne.

6.1.3. LES VERTISOLS.

Ils se forment sur matériau argileux issu de granites et migmatites ou de roches basiques variées. Leur profondeur totale est de l'ordre de 120 à 150 cm. En surface, le microrelief "gilgai" d'effondrement est réduit ou absent.

Les profils sont peu différenciés par la couleur (homogénéisation) qui est gris-brun (10 YR 3/3) à jaunâtre (2,5 Y 3/2) entre 0-20 cm et brun-jaune (10 YR 5/4) à brun-olive (2,5 Y 5/4) au-delà. La structure est polyédrique grossière dans les horizons supérieurs et prismatique à sous-structure polyédrique à cubique grossière (4-5 cm) en profondeur. La texture est argileuse et ne varie pas en fonction de la profondeur. Les phénomènes de dessiccation et d'humidification provoquent la formation de faces lissées à partir de 40-50 cm.

La somme des cations échangeables est élevée (20 à 25 mé/100 g de sol) et croît de la surface vers la base. Le complexe absorbant atteint toujours la saturation dans l'horizon profond. Les valeurs du pH suivent la richesse en cations : neutres en surface et basiques au-dessous de 50 cm.

Le stock de matière organique est assez élevé (1 à 2%) et le rapport C/N de l'ordre de 13 à 14.

Entre Fada N'Gourma et Piéga, les vertisols sont associés aux sols bruns eutrophes hydromorphes sur matériau argileux et aux sols gravillonnaires. Ils occupent la large portion qui sépare les deux sous-groupes de sols bruns eutrophes tropicaux décrits dans le paragraphe précédent.

6.1.4. LES SOLS A SESQUIOXYDES ET A MATIERE ORGANIQUE RAPIDEMENT MINERALISEE.

Ils sont représentés par les sols ferrugineux tropicaux lessivés et/ou appauvris, à taches et concrétions sur matériau argilo-sableux. AUBERT (1965) a défini les caractères généraux des sols ferrugineux tropicaux en ces termes :

"Ce sont des sols très riches en sesquioxydes de fer individualisés, répartis sur l'ensemble du profil, ou, le plus souvent accumulés dans ses horizons inférieurs, caractérisés par leur couleur rouge, rouille ou ocre, et souvent, par leur richesse en concrétions réparties sur une assez grande épaisseur. Leurs minéraux argileux comprennent de l'illite en plus de la kaolinite. Ils ne comportent pas d'alumine libre. Leur complexe absorbant n'est que faiblement désaturé (S/T supérieur à 40%)".

D'un point de vue pédogénétique, les sols ferrugineux tropicaux constituent, avec les sols ferrallitiques, les sols du complexe d'altération kaolinitique (matériau kaolinique plus ou moins remanié issu du manteau d'altération ancien) (KALOGA, communication personnelle).

Dans l'est de la Haute-Volta, les sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris à taches et concrétions se développent sur des matériaux colluviaux meubles. Leur profondeur totale excède généralement 150 cm et l'aspect superficiel de ces sols est uniformément gris-beige, sableux, tassé, encroûté sous friche.

Les profils s'organisent autour de 3 à 4 horizons dont les caractères morphologiques sont les suivants:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| . HORIZONS A
(0-40cm) | <ul style="list-style-type: none"> - A₁ : gris-beige (10 YR 5/2), assez finement sableux, massif, souvent compact. - A₂ : gris-brun (10 YR 5/3), "lessivé", sablo-argileux, massif à débit polyédrique. |
| . HORIZONS B
(au-delà de
40 cm) | <ul style="list-style-type: none"> - B₁ : brun légèrement ocre (7,5 YR 5/4), argilo-sableux, structure polyédrique moyenne à grossière. - Un ou plusieurs B (B₂, B₃..), tachés, concrétionnés, moins colorés (brun-jaune : 7,5 YR 5/5) à brun-beige : 10 YR 6/4) que le précédent, structure massive à sous-structure polyédrique. |

Leurs propriétés chimiques indiquent :

- une capacité totale d'échange (T) faible : 3 à 5 mé/100g de sol
- un taux de saturation (S/T) supérieur à 70%
- un pH légèrement acide à acide.

Les teneurs en matière organique sont faibles (< 1%) mais le rapport C/N est élevé : 14 à 15.

Ces sols qui sont associés aux sols gravillonnaires dont les propriétés générales ont été définies plus haut (cf. Sols peu évolués), se localisent autour de Fada N'Gourma, plus particulièrement au nord-ouest, sur la route Fada-Boğandé.

6.1.5. CAS PARTICULIER DES SOLS HYDROMORPHES.

Généralement les sols hydromorphes regroupent les sols dont l'évolution est dominée par l'action plus ou moins temporaire d'un excès d'eau (inondation, engorgement, nappe).

Dans la zone étudiée, ce sont surtout les *sols hydromorphes minéraux, peu humifères* (matière organique totale inférieure à 10%) à *pseudo-gley* de profondeur qui dominent. Ils se forment sur des dépôts alluvionnaires à base d'argile et de limon, le long des rivières. Leur

extension maximale se situe aux environs de Tanwarbougou. Toutefois, la faible densité du réseau hydrographique de la région, leur confère une extension globale assez réduite.

Ceux observés se localisent tout le long de la rivière (temporaire) qui traverse le village de Namoungou. Leur profondeur totale est d'environ 150 cm et les horizons se différencient principalement par la structure. Elle est, en effet, du type fragmentaire polyédrique jusqu'à environ 60 cm de profondeur puis massive entre 60-100 cm et généralement particulaire au-delà de 100 cm. Parallèlement, la texture est argilo-limoneuse dans les horizons supérieurs et sableuse à sablo-argileuse en profondeur.

Par ailleurs, l'une des caractéristiques morphologiques de ces sols réside dans la non différenciation des horizons par la couleur qui reste assez uniforme, avec toutefois un éclaircissement progressif au fur et à mesure que l'on descend en profondeur. Elle passe du gris foncé (10 YR 4/3) au gris beige (10 YR 6/6).

Enfin, dans ces sols à hydromorphie temporaire, en surface, entre deux pluies ou pendant la saison sèche, la dessiccation provoque la formation de fentes de retrait dont les diamètres s'amenuisent en fonction de la profondeur, en liaison avec une augmentation progressive du taux d'humidité. Les phénomènes d'oxydo-réduction se manifestent par la présence de taches et/ou de concrétions ferro-manganésifères dans les horizons intermédiaires ou profonds.

Leurs propriétés chimiques indiquent :

- une capacité totale d'échange (T) élevée : 20 à 30 mé/100g de sol, en surface
- un taux de saturation supérieur à 60-70%.
- un pH légèrement acide dans les horizons supérieurs et basiques en profondeur.

6.2. CONCLUSIONS.

L'étude des principales classes de sols et leur répartition entre Fada N'Gourma et Piega montre une prédominance des sols à sesquioxides et à matière organique rapidement minéralisée ; plus particulièrement la sous-classe des sols ferrugineux tropicaux, associés aux sols gravillonnaires.

A l'intérieur de cette sous-classe, c'est le groupe des sols ferrugineux tropicaux "lessivés", à travers les sous-groupes "sans concrétions", "à concrétions" et "induré" qui est le plus représenté.

Cette prédominance est le reflet des conditions écologiques décrites dans les paragraphes précédents. Ces conditions, dans leurs traits essentiels, correspondent aux facteurs de formations des sols ferrugineux tropicaux, définis par SEGALLEN (1967), FAUCK (1963), BRABANT (1968).

Ces auteurs montrent notamment que :

- le climat, caractérisé par une alternance saisonnière marquée, et la violence des précipitations pendant la saison des pluies
- le modelé constitué de zones relativement planes à pente douce, généralement couronnées par des lambeaux cuirassés résiduels
- le matériau originel, formé de sable ou de roches susceptibles d'en fournir comme les granites et les gneiss
- et les processus d'altération liés à l'alternance d'humidification et de sécheresse, avec des engorgements temporaires favorisant l'individualisation et la migration du fer

sont à la base de la genèse et de l'évolution des sols ferrugineux tropicaux.

Dans le présent travail, ne seront traités que les sols hydromorphes, les sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris sans concrétions et les sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris gravillonnaires.

Ces divers types de sols, situés dans la même zone climatique, sont caractérisés par des pédoclimats tout à fait différents qui conditionnent dans une large mesure l'évolution de leur matière organique.

Enfin, ce sont des sols fréquemment utilisés pour la culture du mil, du sorgho, du maïs et les modifications qui en résultent sont également fonction du type de sol.

LÉGENDE

SOLS MINÉRAUX BRUTS D'ORIGINE NON CLIMATIQUE D'ÉROSION LITHOSOLS

 Sur cuirasse ferrugineuse

SOLS PEU ÉVOLUÉS D'ORIGINE NON CLIMATIQUE D'ÉROSION RÉGIQUES

FACIÈS FERRUGINEUX

Sur matériau gravillonnaire
au-dessus de cuirasse
(Sols gravillonnaires)

 Association à lithosols sur
cuirasse ferrugineuse

Sur matériau gravillonnaire
au-dessus de matériau d'altération
kaolinique en place induré ou non
(Sols gravillonnaires)

 Association à sols gravillonnaires
au-dessus de cuirasse et à sols ferrugineux
lessivés sur matériau argilo-sableux
peu épais

VERTISOLS ET PARAVERTISOLS LITHOMORPHES NON GRUMOSOLIQUES MODAL X

Sur matériau argileux issu de granites et
migmatites ou de roches basiques variées

 Association à sols bruns eutrophes
vertiques sur matériau argileux

SOLS A MULL DES PAYS TROPICAUX SOLS BRUNS EUTROPHES VERTIQUES

Sur matériau argileux issu de roches
basiques



Association à sols bruns eutrophes
hydromorphes sur matériaux argileux

Sur matériau argileux issu de granites
et migmatites



Association à sols gravillonnaires

SOLS A SESQUIOXYDES ET A MATIÈRE ORGANIQUE RAPIDEMENT MINÉRALISÉE

SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

LESSIVÉS OU APPAUVRIS

A TACHES ET CONCRÉTIONS

Sur matériau argilo-sableux



Association à sols gravillonnaires

SOLS HYDROMORPHES MINÉRAUX

PEU HUMIFÈRES A PSEUDOGLEY

A TACHES ET CONCRÉTIONS

FACIÈS MODAL

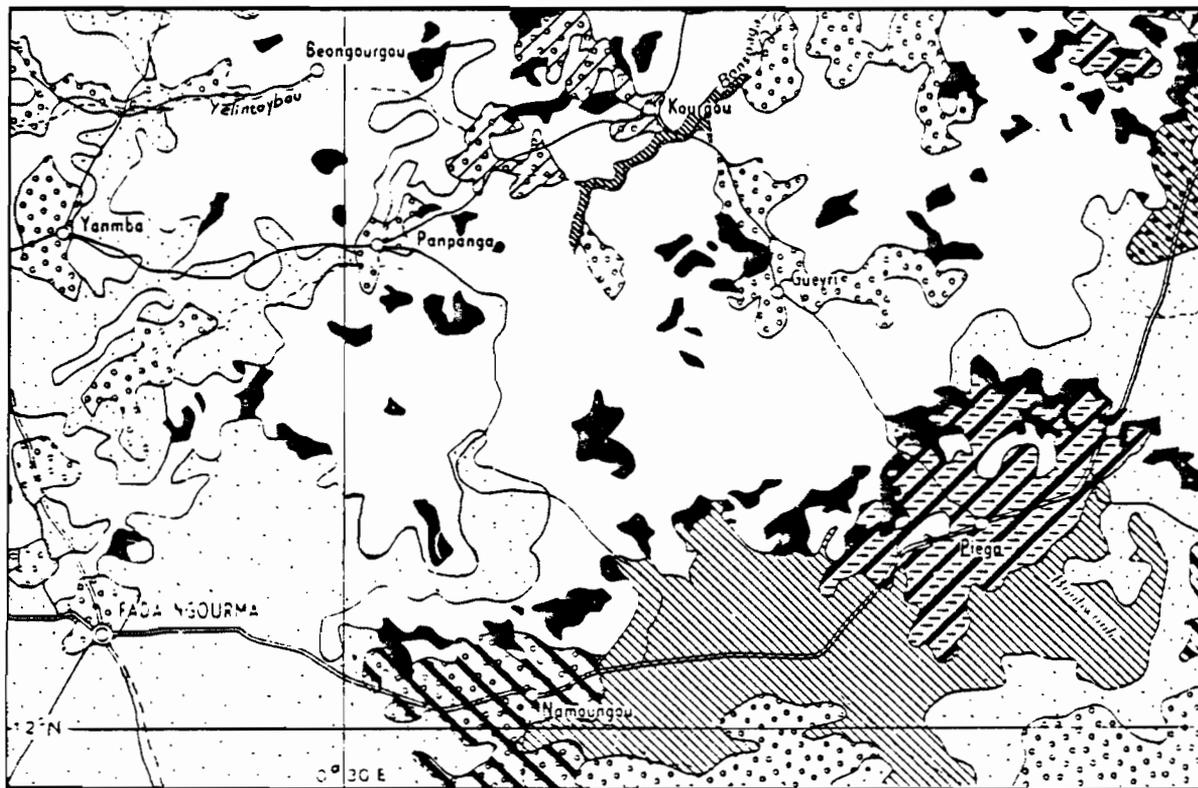


Sur alluvions diverses

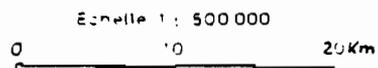
CARTE PÉDOLOGIQUE

HAUTE - VOLTA

(ZONE ETUDIEE)



Extrait de la carte dessinée et publiée par l'ORSTOM à 1:500 000



CHAPITRE II

LES METHODES DE TRAVAIL

1. METHODES DE TRAVAIL SUR LE TERRAIN

Les observations pédologiques ont été réalisées durant le mois de novembre 1979 c'est-à-dire durant le mois correspondant à l'utilisation des réserves hydriques du sol (cf. Chap. I, § 2.2.2.).

Au total, douze profils ont été observés sous le double aspect de la nature du sol et de la couverture végétale. Ils se répartissent comme suit :

- *Sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris sans concrétions* : Quatre profils dont trois sous culture céréalière (mil) et le quatrième sous végétation naturelle.

- *Sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris gravillonnaires* : Quatre profils dont un seul est situé dans un champ de mil et les trois autres sous végétation naturelle.

- *Sols hydromorphes* : quatre profils dont deux sous culture céréalière (mil) et les deux autres sous végétation naturelle.

Cependant la pratique du semi-sédentarisme et l'absence d'activités agricoles en dehors de la courte saison des pluies limitent, dans une large mesure, une étude comparative de l'évolution dans le temps des sols sous l'influence de la culture. Aussi, les profils sous culture ont été observés sur des parcelles dont la mise en culture demeure très récente (inférieure à 3 ans).

1.1. EMLACEMENT DES PROFILS.

La carte N° 4, sur fond topographique I.G.N. (feuille ND 31-1) indique l'emplacement des profils étudiés. Pour un même type de sol, le rapprochement des différents profils dont les coordonnées se différencient au niveau des secondes répond au souci d'étudier des profils aussi identiques que possible.

Le tableau 3 récapitule les profils étudiés et donne leurs coordonnées géographiques.

1.2. OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES ET PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS.

Au niveau de chaque groupement végétal homogène, il a été réalisé une tranchée pour étudier le profil pédologique. Dans la plupart des cas, le substrat géologique n'a pas été atteint (sols sur colluvions ou alluvions). La profondeur moyenne des différents profils est comprise entre 1 m et 1,5 m.

Pour chacun des profils, les caractères stationnels ont été notés et reportés sur une fiche (SOGREAH-1973) dont un exemplaire est joint en annexe. Il en a été de même pour les caractères morphologiques de chacun des horizons des différents profils reportés sur une seconde fiche.

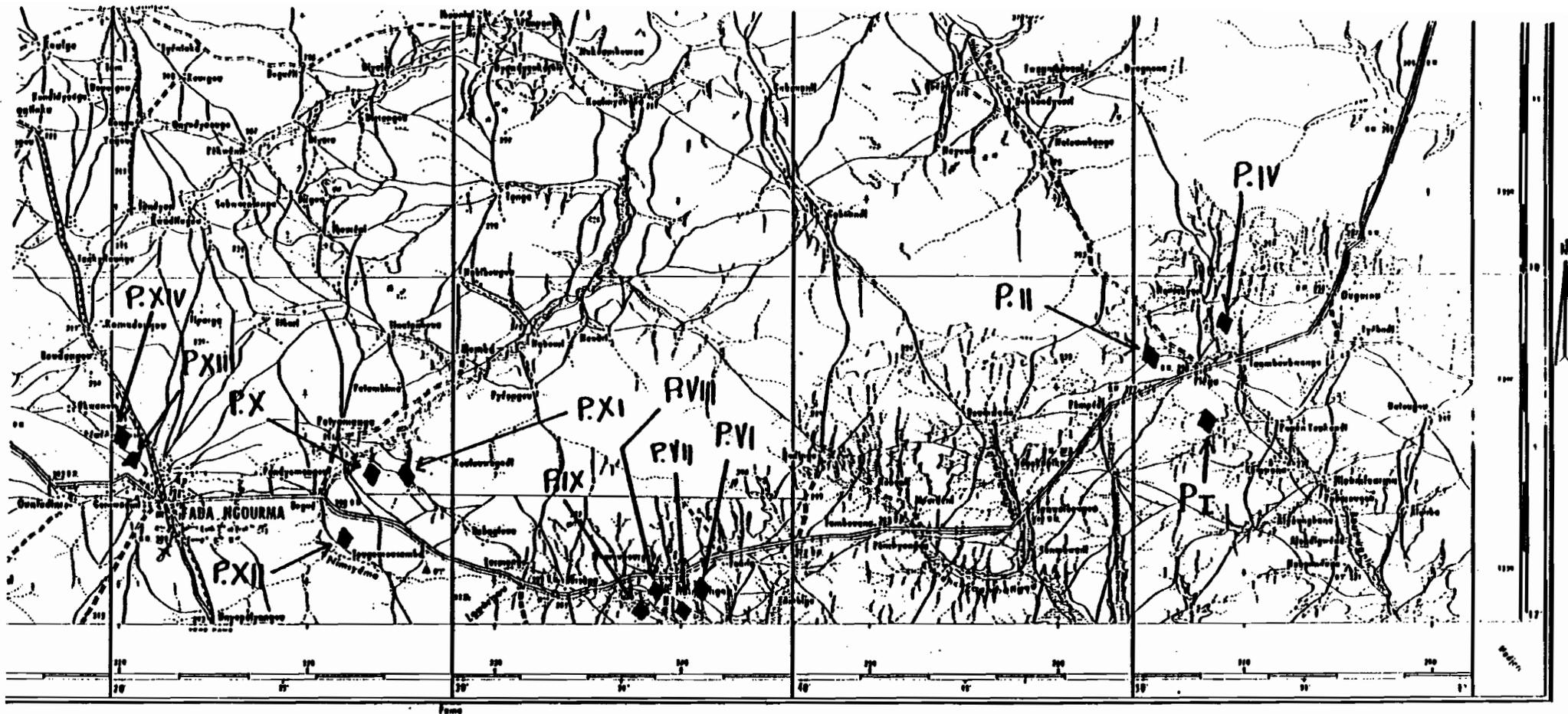
Le report des données de terrain sur ces fiches établies et fournies par la Banque de Données Pédologiques (B.D.P.) de l'ORSTOM, permet leur traitement par l'ordinateur. Au niveau de chaque horizon, un prélèvement dit en "vrac" consistant à prendre un volume suffisant de terre pour obtenir après tamisage au laboratoire environ 500 g de terre fine, a été réalisé au piochon. Cependant, pour éviter la contamination des divers horizons, chaque prélèvement a été précédé d'un rafraîchissement de l'horizon considéré.

Pour chaque horizon épais (50 à 60 cm), le prélèvement a été effectué dans la zone qui exprime le mieux les différents caractères

Types de sols	N° Profil	Coordonnées géographiques	Couverture végétale
Sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris gravillon- naires	P. I/FTG-010	Long.Est : 0°51'40" Lat.Nord : 12°7'0"	Végétation naturelle
	P. II/FTG-020	Long.Est : 0°51'7" Lat.Nord : 12°7'37"	Végétation naturelle
	P. XIII/FTG-130	Long.Est : 0°21'44" Lat.Nord : 12°5'0"	Champ de mil
	P. XIV/FTG-140	Long.Est : 0°21'0" Lat.Nord : 12°6'54"	Végétation naturelle
Sols ferrugineux tropicaux lessivés ou appauvris sans concrétions	P. IV/FSC-040	Long.Est : 0°52'14" Lat.Nord : 12°7'47"	Champ de mil
	P. X/FSC-100	Long.Est : 0°26'40" Lat.Nord : 12°4'0"	Champ de mil
	P. XI/FSC-110	Long.Est : 0°26'27" Lat.Nord : 12°4'14"	Végétation naturelle
	P. XII/FSC-120	Long.Est : 0°26'20" Lat.Nord : 12°4'14"	Champ de mil
Sols hydromorphes	P. VI/HMN-060	Long.Est : 0°37'27" Lat.Nord : 12°1'14"	Champ de mil
	P. VII/HMN-070	Long.Est : 0°36'40" Lat.Nord : 12°1'14"	Végétation naturelle
	P. VIII/HMN-080	Long.Est : 0°36'27" Lat.Nord : 12°1'7"	Champ de mil
	P. IX/HMN-090	Long.Est : 0°36'54" Lat.Nord : 12°0'40"	Végétation naturelle

Tableau 3 : Coordonnées géographiques des profils étudiés.

morphologiques notés. Ceci réduit le poids total et le nombre d'échantillons analysés. Pour bien définir les caractères physico-chimiques de ces horizons, il aurait été souhaitable d'effectuer deux à trois prélèvements de haut en bas de ceux-ci. Mais comme ce travail était axé sur l'étude de la matière organique, seul a été fait systématiquement un prélèvement dans les vingt premiers centimètres des horizons supérieurs et un seul pour chaque horizon situé en-dessous.



Echelle 1:200.000



CARTE 4 : EMBACEMENTS DES PROFILS
 SUR FOND TOPOGRAPHIQUE I.G.N. (feuille ND 31.I)

◆ : Profils

2 . METHODES D'ANALYSE AU LABORATOIRE

L'ensemble des analyses a été effectué dans les laboratoires de pédologie des Services Scientifiques Centraux de l'ORSTOM à Bondy. Par conséquent, les méthodes appliquées et décrites (à l'exception du fractionnement de la matière organique et de l'azote total) de manière détaillée en annexe, sont celles en usage dans ce Centre de Recherche.

Ces analyses portent sur :

- *La granulométrie*, par la méthode internationale modifiée par l'emploi de la pipette Robinson.
- *L'indice d'instabilité structurale (Is)*, par le "test de HENIN" (HENIN et al, 1969).
- *Les constantes hydriques*, par l'emploi :
 - . d'une presse à haute pression pour pF 4,2.
 - . d'une presse à basse pression pour pF 3,0 et pF 2,5.
- *Le pH (eau et Kcl) sur suspension*, par la méthode électrométrique (pH mètre "électrode de verre").
- *La capacité totale d'échange (T)*, par la méthode adaptée à l'auto-analyseur (DABIN, 1967).
- *Les bases échangeables*, par la méthode "Bondy" (PELLOUX et al, 1971).
- *Les cations de réserve*, méthode "Bondy".
- *Le phosphore total* (DABIN, 1965) et *le phosphore assimilable* par la méthode Olsen modifiée (DABIN, 1967).
- *Le fer total* (DABIN, 1966) et *le fer libre* par la méthode DEB modifiée par l'emploi du Technicon.

- *Le carbone organique total*, par coulométrie (voie sèche).
- *L'azote total*, par la méthode Kjeldahl adaptée au Technicon (DABIN, 1965).
- *Les glucides libres*, par la méthode colorimétrique à l'antrone (BACHELIER, 1966).
- *Le fractionnement de la matière organique*. La méthode appliquée est celle mise au point par DABIN (1971). Le schéma ci-après, en illustre les principales phases.

Cette technique de fractionnement de la matière organique sépare trois fractions essentielles dans celle-ci :

1 - La matière organique légère (MOL) : elle est composée de matières végétales très peu transformées et non liées à la matière minérale.

Sa densité étant inférieure à 1, elle flotte dans le liquide surnageant issu du traitement à l'acide phosphorique dont la densité est supérieure à 1. Cette propriété permet de l'isoler par simple filtration. Comme le carbone organique total, la teneur en carbone de la matière organique légère est déterminée par coulométrie.

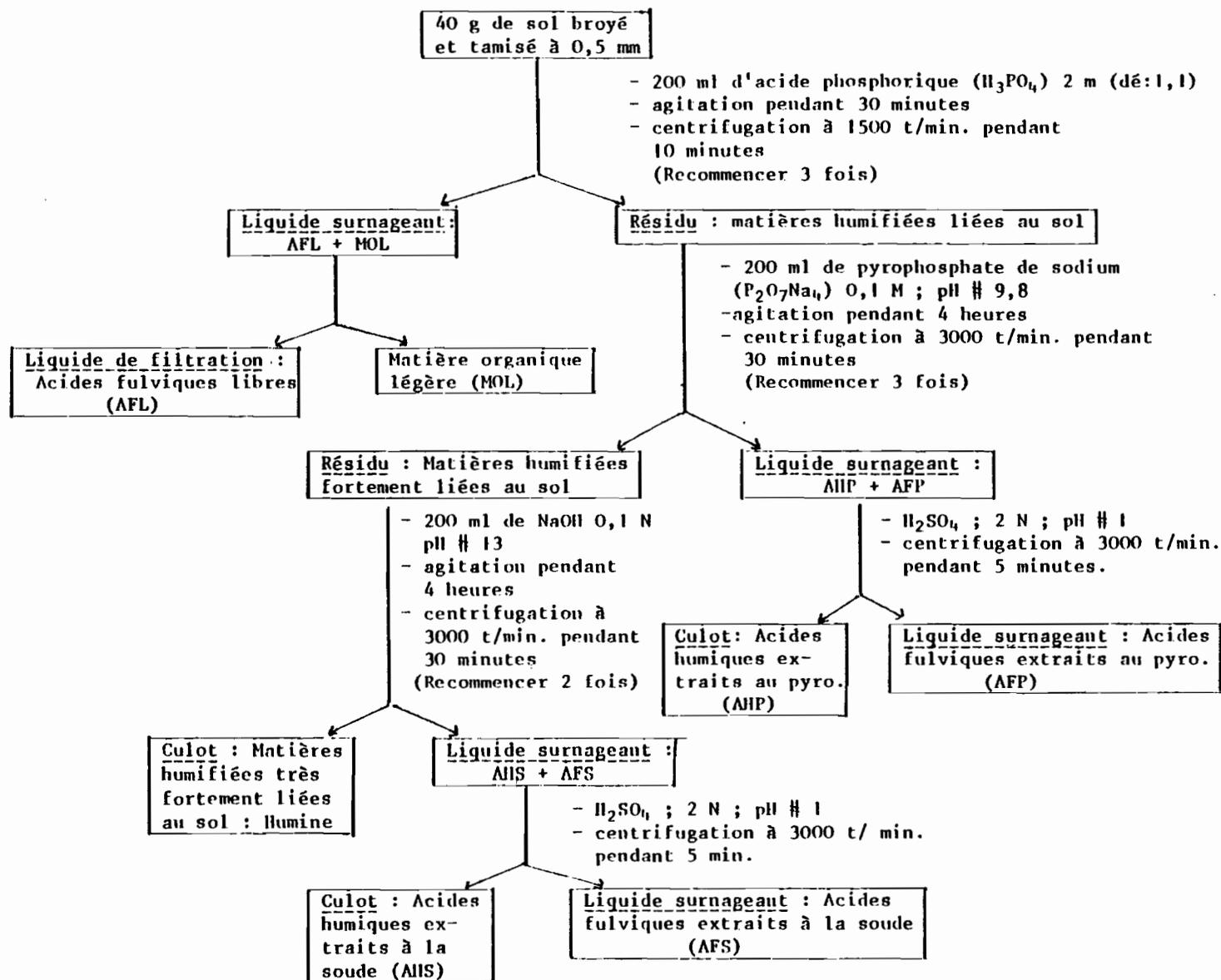
2 - La matière organique humifiée : elle comporte à la fois :

. Des acides organiques très solubles, de faible poids moléculaire, appelés "acides fulviques libres (AFL)". Ils sont peu liés à la matière minérale et extraits par l'acide phosphorique.

. Des composés humiques (acides humiques et acides fulviques) liés au sol et extraits par les solvants alcalins : pyrophosphate de soude (AHP + AFP) et soude (AHS + AFS). Après extraction des matières humiques, les acides fulviques sont séparés des acides humiques par précipitation par un acide (H_2SO_4) à pH = 1.

Le taux de carbone exprimé en % de ces différentes fractions est déterminé par attaque sulfochromique et dosage en retour des ions

SCHEMA DE FRACTIONNEMENT DE LA MATIERE ORGANIQUE



chromiques en excès par Fe^{++} . En pratique, cela se traduit par la détermination de la teneur en carbone :

- de l'extrait humique total : (AHP + AFP) et (AHS + AFS)
- des acides humiques : AHP et AHS.

La teneur en carbone des acides fulviques (AFP et AFS) est obtenue par différence.

3 - L'humine : à l'issue de l'extraction de ces produits solubles, il reste un résidu insoluble minéral renfermant une matière organique fort complexe et très fortement liée au sol. Elle est désignée sous le nom général "d'humine". Son fractionnement fait l'objet de techniques particulières (cf. Chap. II, § 2).

Le taux de carbone de l'humine (en %) est déterminé par coulométrie.

Cette méthode comporte les avantages suivants :

a). Le traitement à l'acide phosphorique permet la séparation des éléments minéraux tels que le calcium, l'aluminium et le fer susceptibles de fixer et d'insolubiliser les substances humiques. En outre, de par sa densité supérieure à 1, ce produit permet également la séparation de la matière organique légère (MOL) et la dissolution des petites molécules acides, évitant ainsi la formation ultérieure de produits de néo-synthèse sous l'action de la soude. Enfin, l'acide phosphorique ne gêne pas le dosage sulfochromique.

b). Bien que chimique au départ (les fractions portent le nom de réactifs utilisés), elle permet de caractériser sommairement un mode de comportement et d'évolution de la matière humique du sol (DABIN, 1976).

Les fractions ainsi séparées peuvent être caractérisées par d'autres méthodes, la plus simple étant le fractionnement par l'élec-

trophorèse qui est fonction du degré de condensation et d'oxydation des molécules humiques.

- *Le fractionnement des acides humiques par électrophorèse sur papier.* Il consiste à :

. déposer une solution concentrée d'acides humiques à l'aide d'une micropipette sur une bande de papier filtre (arche 302 ou whatman N° 1), imbibée de solution saline tamponnée (phosphate monopotassique pH 7).

. soumettre cette bande de papier à une différence de potentiel électrique (tension = 10 V cm).

La migration des acides humiques s'effectue de la cathode vers l'anode. Au bout de 2h30' environ, on observe deux taches principales :

- La première, grise et proche de la dépose, correspond aux acides humiques gris (AHG).

- La seconde, brune, se situe à environ 10 cm de la dépose : ce sont les acides humiques bruns (AHB).

Entre ces deux taches, s'étale une zone intermédiaire correspondant aux acides humiques intermédiaires (AHI).

La lecture de la bande de papier séchée et découpée selon la largeur correspondant exactement à celle de la dépose des acides humiques, est effectuée à l'aide d'un densitomètre optique en lumière blanche. Ce qui permet d'obtenir deux diagrammes :

- l'un représente la variation des D.O en fonction de la longueur de migration

- l'autre, la courbe d'intégration cumulative qui permet la mesure relative des surfaces c'est-à-dire des proportions des divers types d'acides humiques.

Deux autres lectures de la bande de papier sont effectuées à des longueurs d'onde égales respectivement à 512 m μ (lumière verte) et 625 m μ (lumière rouge). Elles sont appliquées uniquement aux pics

d'électrophorèse, c'est-à-dire aux acides humiques gris et bruns. Comme en lumière blanche, chacune de ces deux longueurs d'onde donne deux courbes : un diagramme d'électrophorèse et une courbe d'intégration.

L'obtention de ces diagrammes en lumière rouge et lumière verte permet de calculer le rapport d'extinction $\frac{625}{512}$ ou $\frac{6}{5}$ sur les pics d'électrophorèse. Il varie de 0 à 1 et reflète le degré de polymérisation des acides humiques en présence : les plus polymérisées ont le rapport le plus élevé et les moins polymérisés, le plus faible rapport.

- *Le fractionnement de l'humine.* La nature assez complexe et hétérogène de l'humine et les liens, très solides, qu'elle contracte avec les particules minérales du sol, imposent des techniques particulières pour son fractionnement.

Selon DUCHAUFOR (1977), l'humine serait constituée de quatre fractions :

- l'humine héritée (H.H.)
- l'humine d'insolubilisation (H.I.)
- l'humine évoluée (H.E.)
- l'humine microbienne (H.M.)

Seules les trois premières fractions ont été séparées de la façon suivante :

. l'humine d'insolubilisation est obtenue après déferrification par H_2SO_4 à chaud et destruction des particules d'argile par une solution mixte de (HF + Hcl) puis HF seul à chaud. Elle est donc constituée de deux parties : la première, liée aux hydroxydes de fer ou d'aluminium et la seconde, à l'argile. Ces fractions sont extraites par NaOH 0,1 N et leur teneur en carbone est dosée au mélange sulfochromique.

. l'humine héritée et l'humine évoluée sont séparées par densitométrie dans l'acide phosphorique ($d = 1,4$).

La teneur en carbone de l'humine héritée est déterminée par coulométrie et celle de l'humine évoluée, au "CHN" (analyseur élémentaire, modèle Carlo Erba, 1106).

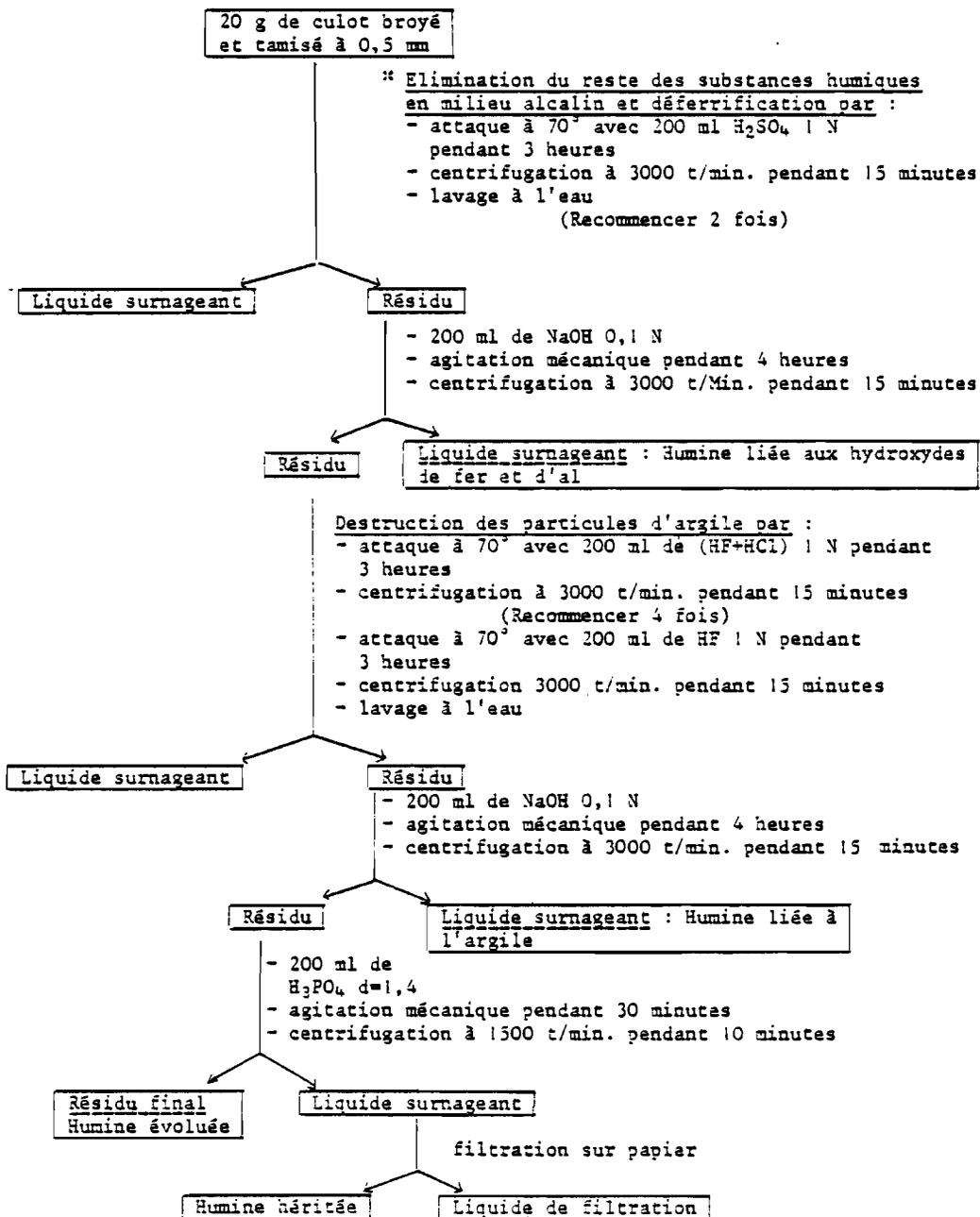
- *Le fractionnement de l'azote total.* L'azote organique total est constitué, d'une part, de l'azote non hydrolysable et d'autre part de l'azote hydrolysable. En outre, l'azote hydrolysable est composé de deux formes organiques principales : l'azote aminé et l'azote amidé.

La méthode de fractionnement de l'azote total utilisée est celle mise au point par BREMNER (1965). Elle consiste d'abord à hydrolyser par HCl 6 N pendant 12 heures l'azote total sur une prise (5g) de sol broyé et tamisé à 200 μ , puis à doser les différentes formes d'azote. La fraction hydrolysable comporte une fraction distillable qui est la somme de l'azote amidé et de l'azote ammoniacal et une fraction non distillable qui est assimilée à la somme des formes aminées.

Toutefois, la pauvreté en azote total des échantillons de sol analysés a eu pour conséquence :

- la détermination des différentes formes d'azote uniquement dans l'horizon supérieur de chaque profil.
- le non dosage séparé de l'azote ammoniacal.

SCHEMA DE FRACTIONNEMENT DE L'HUMINE



3 . METHODES D'ANALYSE STATISTIQUE ET DE TRAITEMENT INFORMATIQUE

L'analyse statistique a consisté principalement à déterminer par le test de SPEARMAN (1904) les coefficients de corrélation de rangs entre les différentes caractéristiques physico-chimiques prises deux à deux.

A titre illustratif, deux exemples de calcul du coefficient de corrélation de rangs sont joints en annexe. Au total $\binom{104}{2}$ coefficients de corrélation de rangs ont été calculés par ordinateur (CII-Honeywell-Bull) sur la base d'un programme non paramétrique et multivariable : le "BMDP 3 S" de l'université de Californie, Los Angeles. Toutefois, l'utilisation de ce programme révisé en 1979 exige que les variables aient un nombre égal d'effectifs.

Les coefficients ainsi obtenus sont comparés à une valeur critique prise sur des tables de valeurs BEYER (1966) au risque de 1% et 5%, pour des effectifs n correspondants ; ce qui permet de conclure que l'interdépendance entre deux variables est :

- significative, lorsque leur coefficient de corrélation de rangs, en valeur absolue, est supérieur à la valeur critique.

- non significative (absence de corrélation), lorsque leur coefficient de corrélation de rangs, en valeur absolue est inférieur à la valeur critique.

La corrélation significative est positive ou négative suivant le signe du coefficient.

Une autre méthode de traitement informatique a trait à la description des profils de manière détaillée et/ou synthétique. Les données de terrain sont, dans ce cas, reportées sur des cartes en langage

naturel et/ou sous forme de code chiffré. Il s'en suit que les sorties d'ordinateur (cf. 2ème partie, Chap. III) diffèrent dans leur forme des descriptions classiques de profils, rencontrées dans la littérature.

- DEUXIÈME PARTIE -

CHAPITRE III

DESCRIPTION DES PROFILS

L'informatique pédologique qui s'est surtout développée au cours de ces dernières années, offre désormais la possibilité de stocker, restituer et analyser les observations de terrain. Toutefois, elle entraîne pour les pédologues la nécessité de parler "un langage commun" en harmonisant un certain nombre de termes relatifs à la description des profils et de leur environnement. Pour cela, deux glossaires, l'un pour les éléments de l'environnement et l'autre pour la description des horizons, ont été mis au point en France. Les différentes variables ne sont pas toutes indispensables mais celles non retenues dans ces glossaires sont traitées séparément et correspondent aux "informations additionnelles".

Au total, la description d'un profil en vue d'un traitement informatique, est constituée de trois parties :

1). Les informations additionnelles qui comportent pour les profils étudiés ici :

- le numéro du profil.
- les coordonnées du profil exprimées en secondes.
- les conditions climatiques au moment de l'observation.
- la liste des espèces végétales.
- l'unité à laquelle appartient le profil selon la liste d'unités de sols de la carte du monde FAO-UNESCO.
- le nom de l'auteur.

2). Les données sur l'environnement retenues dans le glossaire.
A cet égard, l'expression : ET ROCHE : 2162 signifie ET MIGMATITE.

3). La description des horizons.

Pour ce qui est de la profondeur, limite inférieure de chaque horizon, seule la profondeur maximale est prise en compte.

1 - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS

PROFIL=2053.

PROF=40 PSC100, PALLO, UNITE FAC: QF SECHERESSE RELATIVE; SORGHUM VULGARE.

PROF=12, H'=14, E=0, E'=26. EN 1979. NOVEMBRE. ORSTOM. M=280. G=39. PENTE=0.
 PLUSIEURS ROCHES. ASSEZ RESISTANTE. HETEROGENE. NON POREUSE. GRANITE. ET ROCHE=2162.
 FORME ANGULEUSE. ANTECALBRIEN CULTIVE.
 CULTURE VIVRIERE. RECENTE MONOCULTURE. SANS IRRIGATION. MODELE NON MODIFIE. LABOUR.
 ANNUEL. SANS ORIENTATION. SOINS FREQUENTS. NON CLOTURE. AUCUN AMENDEMENT.

PROFIL=1.

PROF=50. SEC. 10YR-.6/- .4SEC. SANS TACHES.

MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELIABLE.

ELEMENTS GROSSIERS=0. TEXTURE SABLEUSE. A SABLE GROSSIER. QUARTZEUX.

STRUCTURE FRAGMENTAIRE. NETTE. ET GENERALISEE. POLYEDRIQUE. A

SOUS. STRUCTURE GRUMULEUSE FINE-.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE. PEU CIMENTE. PEU FRIABLE. PEU FRAGILE.

PEU RACINES. FINES ET MOYENNES. TRANSITION GRADUELLE. REGULIERE.

PROFIL=2.

PROF=85. LEGEREMENT HUMIDE. 7,5YR-.7/- .6SEC. SANS TACHES.

MATIERE ORGANIQUE NON ORGANIQUE.

ELEMENTS GROSSIERS=0. TEXTURE SABLO-ARGILEUSE. A SABLE GROSSIER QUARTZEUX.

STRUCTURE MASSIVE. NETTE. ET GENERALISEE. A ECLATS ANGULEUX. A SOUS. STRUCTURE

POLYEDRIQUE. MOYENNE-.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE. PEU CIMENTE. PEU FRIABLE. PEU FRAGILE.

PEU RACINES. TRANSITION DISTINCTE.

PROFIL=3.

PROF=140. LEGEREMENT HUMIDE. 7,5YR-.8/- .6SEC. SANS TACHES

MATIERE ORGANIQUE NON ORGANIQUE.

ELEMENTS GROSSIERS=0. TEXTURE SABLO-ARGILEUSE. A SABLE GROSSIER QUARTZEUX.

STRUCTURE MASSIVE. NETTE. ET GENERALISEE. A ECLATS ANGULEUX. A SOUS. STRUCTURE

POLYEDRIQUE. MOYENNE-.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE. PEU CIMENTE. PEU FRIABLE. PEU FRAGILE.

PROFIL=2055.

EW=20;N=14 FSCI20, PALIC, UNITE FAO:QF SECHERESSE RELATIVE;SORGHUM VULGARE.

N=12.N'=14.E=0.E'=26.EN 1979.NOVEMBRE.CRSTOM.M=280.G=39.PENTE=0.
 PLUSIEURS ROCHES.ASSEZ RESISTANTE.HETEROGENE.NON POREUSE.GRANITE.ET ROCHE=2162.
 SABLE.FORME ANGULEUSE.ANTECALBRIEN.CULTIVE.
 CULTURE VIVRIERE.RECENTE.MONOCULTURE.SANS IRRIGATION.MODELE NON MODIFIE.
 LABOUR MANUEL.SANS ORIENTATION.SCINS FREQUENTS.
 NON CLOTURE.AUCUN AMENDEMENT.

HORIZON=1.

CM=39.SECIOYR-.6/- .4SEC.SANS TACHES.
 A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.
 ELEMENTS GROSSIERS=0.TEXTURE SABLEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.
 STRUCTURE FRAGMENTAIRE.NETTE.ET GENERALISEE.POLYEDRIQUE.A
 SOUS.STRUCTURE GRUMELEUSE.FINE-.
 MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.
 RACINES.FINES ET MOYENNES.TRANSITION GRADUELLE.REGULIERE.

HORIZON=2.

CM=83.SEC.7,5YR-.7/- .6SEC.SANS TACHES.
 APPARELLENT NON ORGANIQUE.
 % ELEMENTS GROSSIERS=2.TEXTURE SABLO-ARGILEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.
 STRUCTURE MASSIVE.NETTE.ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.A SOUS.STRUCTURE
 POLYEDRIQUE.MOYENNE-.
 MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.
 RACINES.MOYENNES.TRANSITION GRADUELLE.REGULIERE.

HORIZON=3.

CM=130.LEGEREMENT HUMIDE.7,5YR-.7/- .6SEC.SANS TACHES.
 APPARELLENT NON ORGANIQUE.
 % ELEMENTS GROSSIERS=5.TEXTURE SABLO-ARGILEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.
 STRUCTURE MASSIVE.NETTE.ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.A SOUS.STRUCTURE
 POLYEDRIQUE.MOYENNE-.
 MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.

PROFIL=2056.

E"=14;N"=47 FSC040, PALLO, UNITE FAO: Q1 SECHERESSE RELATIVE; SCRGHUM VULGARE.

N=12. N'=7. E=OE'=52. EN 1979. NOVEMBRE. ORSTOM. M=280. G=39.
 VERSANT CONVEXE. PENTE=5. EXPOSITION W. AU BAS.
 PLUSIEURS ROCHES. ASSEZ RESISTANTE. HETEROGENE. NON POREUSE. GRANITE. ET ROCHE=2I62.
 SABLE. ANTECAMBRIEN. CULTIVE.
 CULTURE VIVRIERE. RECENTE. MONOCULTURE. SANS IRRIGATION. MODELE NON MODIFIE. LABOUR.
 MANUEL. SANS ORIENTATION. SOINS FREQUENTS. NON CLOTURE. AUCUN
 AMENDEMENT.

HORIZON=1.

CM=12. SEC 5YR-.5/- .6SEC. SANS TACHES
 A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.
 % ELEMENTS GROSSIERS=0. TEXTURE SABLO-ARGILEUSE. A SABLE GROSSIER. QUARTZEUX.
 STRUCTURE FRAGMENTAIRE. NETTE. ET GENERALISEE. POLYEDRIQUE. GROSSIERE.
 STRUCTURE. GRUMULEUSE. MOYENNE- .
 MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE. PEU CIMENTE. PEU FRIABLE. PEU FRAGILE.
 NOMBREUSES RACINES. FINES. TRANSITION DISTINCTE. REGULIERE.

HORIZON=2.

CM=57. LEGEREMENT HUMIDE. 10YR-.5/- .4SEC. QUELQUES TACHES. PEU ETENDUES. SANS
 RELATIONS VISIBLES AVEC LES AUTRES CARACTERES IRREGULIERES. A LIMITES PEU NETTES.
 PEU CONTRASTES. AUCUNE AUTRE TACHE.
 A DEBRIS ORGANIQUES.
 % ELEMENTS GROSSIERS=0. TEXTURE SABLO-ARGILEUSE. A SABLE GROSSIER. QUARTZEUX.
 STRUCTURE FRAGMENTAIRE. PEU NETTE ET GENERALISEE. POLYEDRIQUE. MOYENNE ET
 GROSSIERE. A SOUS. STRUCTURE. GRUMULEUSE. MOYENNE- .
 MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE. PEU CIMENTE. NON FRIABLE. NON FRAGILE.
 RACINES. FINES ET MOYENNES. TRANSITION DISTINCTE. REGULIERE.

HORIZON=3.

CM=90. HUMIDE. 7,5YR-.6/- .8SEC. TACHES. PEU ETENDUES. SANS RELATIONS VISIBLES AVEC
 LES AUTRES CARACTERES. IRREGULIERES. A LIMITES PEU NETTES. PEU CONTRASTES. AUCUNE
 AUTRE TACHE.
 APPAREMMENT NON ORGANIQUE.
 % ELEMENTS GROSSIERS=0. TEXTURE SABLEUSE. A SABLE GROSSIER. QUARTZEUX.
 STRUCTURE FRAGMENTAIRE. PEU NETTE. ET GENERALISEE. GRUMULEUSE. MOYENNE. A SOUS. STRUCTURE
 GRUMULEUSE. FINE- .
 MATERIAU A CONSISTANCE MALLEABLE. PEU CIMENTE. FRIABLE. FRAGILE.
 QUELQUES RACINES. GROSSES. TRANSITION DIFFUSE. REGULIERE.

HORIZON=4.

CM=135. HUMIDE. 7,5YR-.7/- .8SEC. SANS TACHES.
 APPAREMMENT NON ORGANIQUE.
 % ELEMENTS GROSSIERS=0. TEXTURE SABLEUSE. A SABLE GROSSIER. QUARTZEUX.
 STRUCTURE PARTICULAIRE. NETTE. ET GENERALISEE.
 MATERIAU A CONSISTANCE MALLEABLE. NON CIMENTE. FRIABLE. FRAGILE.

PROFIL=2054.

E'=27;N'=14 PSCIIIO,PALLO,UNITE FAO:QF SECHERESSE RELATIVE;BUTYROSPERMUM PARKII;
COLBRETUM GLUTINOSUM;COLBRETUM MICRANTHUM;HYPARREHNSIA SP;ANDROPOGON GAYANUS.

N=12.N'=14.E=0.E'=26.EM 1979 NOVEMBRE.OSTOM.M=280.G=39.PENTE=0.
PLUSIEURS ROCHES.ASSEZ RESISTANTE.HETEROGENE.NON POREUSE.GRANITE.ET ROCHE=2I62.
SABLE.FORLE ANGULEUSE.ANTECALERIEN.
HEREACE ET LIGNEUX HAUT ET BAS.NON CULTIVE.RECOUVREMENT 75-90%.STRUCTURES
IRREGULIERES.

HORIZON=1.

CM=45.SEC.10YR-.6/-4SEC.SANS TACHES.

A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.

% ELEMENTS GROSSIERS=0.TEXTURE SABLEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.

STRUCTURE FRAGMENTAIRE.NETTE.ET GENERALISEE.POLYEDRIQUE.A

SOUS.STRUCTURE.GRUMELEUSE.FINE-.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.

RACINES.FINES ET MOYENNES.TRANSITION GRADUELLE.REGULIERE.

HORIZON=2.

CM=80.SEC.7,5YR-.7/-4 SEC.SANS TACHES.

APPARELLEMENT NON ORGANIQUE.

% ELEMENTS GROSSIERS=0.TEXTURE SABLO-ARGILEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.

STRUCTURE MASSIVE.NETTE.ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.A SOUS.STRUCTURE

POLYEDRIQUE.MOYENNE-.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.

QUELQUES RACINES.FINES ET MOYENNES.TRANSITION GRADUELLE.REGULIERE.

HORIZON=3.

CM=140.SEC.7,5YR-7/-6 SEC.SANS TACHES.

APPARELLEMENT NON ORGANIQUE.

% ELEMENTS GROSSIERS=0.TEXTURE SABLO-ARGILEUSE.A SABLE FIN.

QUARTZEUX.

STRUCTURE MASSIVE.NETTE.ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.

SOUS.STRUCTURE POLYEDRIQUE.MOYENNE-.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU

FRAGILE.PAS DE RACINES.

2 - SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES

PROFIL=2051.
 N=20;E=44 FTG13C, PALLO, UNITE FAO: LF SECHERESSE RELATIVE; PENNISETUM TYPHOIDEUM.

N=12. N'=5. E=0. E'=21. EN 1979. NOVEMBRE. ORSTOM. M=350. G=38. GIACIS DE DENUDATION.
 PENTE=5. EXPOSITION W. AU CENTRE.
 PLUSIEURS ROCHES. ASSEZ RESISTANTE. HETEROGENE. NON POREUSE. GRANITE. ET ROCHE=2162.
 GRAVIER. NON CAJCAIRE. FORME ANGULEUSE. ANTECAMBRIEN. CULTIVE.
 CULTURE VIVRIERE. RECENTE. MONOCULTURE. SANS IRRIGATION. MODESTE NON MODIFIE. LABOUR.
 ANNUEL. SANS ORIENTATION. SOINS FREQUENTS. NON CLOTURE. AUCUN AMENDEMENT.

PROFIL=1.
 N=20. SEC. 5YR-.4/- .4SEC. SANS TACHES.
 MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECECTABLE. ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES. EN
 CONCRETIONS.

ELEMENTS GROSSIERS=40. GRAVIER ABONDANTS.
 TEXTURE SABLO-ARGILEUSE. A SABIE FIN. FERRUGINEUX.
 STRUCTURE FRAGMENTAIRE. NETTE. ET GENERALISEE. POLYEDRIQUE. MOYENNE. A
 PLUS. STRUCTURE GRUMULEUSE. FINE-.
 MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE. PEU CIMENTE. PEU FRIABLE. PEU FRAGILE.
 RACINES MOYENNES. TRANSITION DISTINCTE. REGULIERE.

PROFIL=2.
 N=70. SEC. 5YR-.4/- .6SEC. TACHES PEU ETENDUES. ASSOCIEES AUX VIDES. EN TRAINES
 VERTICALES. A LIMITES PEU NETTES. PEU CONTRASTEES. AUCUNE AUTRE TACHE.
 MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECECTABLE. ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES. EN
 CONCRETIONS. ET EN TACHES FERRUGINEUSES.

ELEMENTS GROSSIERS=90. GRAVIER TRES ABONDANTS.
 TEXTURE ARGILO-SABIEUSE. A SABIE GROSSIER. FERRUGINEUX.
 STRUCTURE FRAGMENTAIRE. NETTE. ET GENERALISEE. POLYEDRIQUE. MOYENNE ET GROSSIERE. A
 PLUS. STRUCTURE GRUMULEUSE. MOYENNE-.
 MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE. PEU CIMENTE. PEU FRIABLE. PEU FRAGILE.
 RACINES MOYENNES. TRANSITION NETTE. ONDULEE.

PROFIL=3.
 N=100. LEGEREMENT HUMIDE. 5YR-.4/- .6SEC. TACHES. PEU ETENDUES. ASSOCIEES AUX VIDES.
 TRAINES VERTICALES. A LIMITES PEU NETTES. PEU CONTRASTEES. AUCUNE AUTRE TACHE.
 PAREMENT NON ORGANIQUE. ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES. EN CONCRETIONS. ET EN
 TACHES FERRUGINEUSES.

ELEMENTS GROSSIERS=80. GRAVIER TRES ABONDANTS.
 TEXTURE SABIEUSE. A SABIE GROSSIER. FERRUGINEUX.
 STRUCTURE PARTICULAIRE. NETTE. ET GENERALISEE.
 MATERIAU A CONSISTANCE MAIEABLE. PEU CIMENTE. FRIABLE. FRAGILE.
 RACINES. TRANSITION NETTE. ONDULEE.

PROFIL=4.
 N=127. LEGEREMENT HUMIDE. 5YR-.4/- .6SEC. TACHES. PEU ETENDUES. ASSOCIEES AUX VIDES.
 TRAINES VERTICALES. A LIMITES PEU NETTES. PEU CONTRASTEES. AUCUNE AUTRE TACHE.
 PAREMENT NON ORGANIQUE. ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES. EN CONCRETIONS ET EN
 TACHES FERRUGINEUSES.

ELEMENTS GROSSIERS=90. GRAVIER TRES ABONDANTS.
 TEXTURE ARGILO-SABIEUSE. A SABIE GROSSIER. FERRUGINEUX.
 STRUCTURE FRAGMENTAIRE. NETTE. ET GENERALISEE. POLYEDRIQUE. MOYENNE. ET GROSSIERE. A
 PLUS. STRUCTURE GRUMULEUSE. MOYENNE-.
 MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE. PEU CIMENTE. PEU FRIABLE. PEU FRAGILE.
 RACINES.

PROFIL=2052.

MM=54 PPMI40, PALLO, UNITE FAO. LF SECHERESSE RELATIVE; BUTYROSPERMUM PARKII; PARKIA BIGLOBOSA, BALANITES AEGYPTIACA; LOUDETIA TCGOENSIS.

N=12. N'=6. E=0 E=2I EN 1979 NOVEMBRE ORSTOM M=350 G=38. GIACIS DE DENUDATION. PENTE=5. EXPOSITION W. AU CENTRE. PLUSIEURS ROCHES ASSEZ RESISTANTE. NON POREUSE. GRANITE. ET ROCHE=2I62. GRAVIER. NON CAUCAIRE. FORME ANGULEUSE. ANTECAMBRIEN. HERBACE ET VIGNEUX HAUT ET BAS NON CULTIVE. RECOUVREMENT 25-50%. STRUCTURES IRREGULIERES.

HORIZON=1.

CM=20. SEC. 5YR-.4/- .4SEC. SANS TACHES. A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECECTABLE. ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES. EN CONCRETIONS.

% ELEMENTS GROSSIERS=25. GRAVIERS
TEXTURE SABLEUSE. A SABIE FIN. FERRUGINEUX.
STRUCTURE FRAGMENTAIRE. NETTE. ET GENERALISEE. POLYEDRIQUE. MOYENNE. A SOUS. STRUCTURE GRUMULEUSE. FINE-.
MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE. PEU CIMENTE. PEU FRIABLE. PEU FRAGILE.
NOMBREUSES RACINES. FINES. TRANSITION DISTINCTE. REGULIERE.

HORIZON=2.

CM=80. SEC. 5YR-.4/- .8SEC. QUELQUES TACHES. PEU ETENDUES. ASSOCIEES AUX VIDES. EN TRAINES VERTICALES. A LIMITES PEU NETTES. PEU CONTRASTEES. AUCUNE AUTRE TACHE. A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECECTABLE. ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES. EN CONCRETIONS. ET EN TACHES FERRUGINEUSES.

% ELEMENTS GROSSIERS=80. GRAVIERS TRES ABONDANTS.
TEXTURE SABLO-ARGILEUSE. A SABIE FIN. FERRUGINEUX.
STRUCTURE FRAGMENTAIRE. NETTE. ET GENERALISEE. POLYEDRIQUE. MOYENNE ET GROSSIERE. A SOUS. STRUCTURE GRUMULEUSE. FINE-.
MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE. PEU CIMENTE. PEU FRIABLE. PEU FRAGILE.
QUELQUES RACINES. TRANSITION NETTE. REGULIERE.

HORIZON=3.

CM=92. LEGEREMENT HUMIDE. 5YR-.4/- .8SEC. QUELQUES TACHES. PEU ETENDUES. ASSOCIEES AUX VIDES. EN TRAINES VERTICALES. A LIMITES PEU NETTES. AUTRE TACHE.

APPARELLEMENT NON ORGANIQUE. ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES. EN CONCRETIONS. ET EN TACHES FERRUGINEUSES.

% ELEMENTS GROSSIERS=90. GRAVIERS TRES ABONDANTS.
TEXTURE SABLEUSE. A SABIE GROSSIER. FERRUGINEUX.
STRUCTURE PARTICULAIRE. NETTE. ET GENERALISEE.
MATERIAU A CONSISTANCE MALLEABLE. PEU CIMENTE. FRIABLE. FRAGILE.
PAS DE RACINES. TRANSITION DISTINCTE. REGULIERE.

HORIZON=4.

CM=140. LEGEREMENT HUMIDE. 5YR-.6/- .8SEC. QUELQUES TACHES. PEU ETENDUES. ASSOCIEES AUX VIDES. EN TRAINES VERTICALES. A LIMITES PEU NETTES. PEU CONTRASTEES. AUCUNE AUTRE TACHE.

APPARELLEMENT NON ORGANIQUE. ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES. EN CONCRETIONS. ET EN TACHES FERRUGINEUSES.

% ELEMENTS GROSSIERS=80. GRAVIERS TRES ABONDANTS.
TEXTURE ARGILLO-SABLEUSE. A SABIE GROSSIER. FERRUGINEUX.
STRUCTURE FRAGMENTAIRE. NETTE. ET GENERALISEE. POLYEDRIQUE. MOYENNE ET GROSSIERE. A SOUS. STRUCTURE GRUMULEUSE. MOYENNE-.
MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE. PEU CIMENTE. PEU FRIABLE. PEU FRAGILE. PAS DE RACINES.

ROFIL 2049.

N=40 PTGOTO, PAIVO, UNITE FAC:IF COMBRETUM GIUTINOSUM; BUTYROSPERMUM
 COGEISSUS LEICCARPUS; ADAMSONIA DIGITATA; ANDROPOGON GAYANUS; CYMBOPOGON SCHOENANTUS.

I2.N'=7.E=5I.EN 1979.NOVEMBRE.ORSTOM.M=280.G=38.GIACIS D'EPANDAGE.

INTE=0.

MUSIEURS ROCHES.ASSEZ RESISTANTE.HETEROGENE NON POREUSE.GRANITE.ET ROCHE=2I62.

SAVIER.NON CALCAIRE.FORME ANGULEUSE.ANTECALBRIEN.

IMPRESSION TEMPORAIRE.LA PLUIE.ENGORGEMENT TEMPORAIRE.NAPPE A ECLIPSE.

HERBACE ET LIGNEUX HAUT ET BAS.NON CULTIVE.RECOUVREMENT 75-90%.STRUCTURES IRREGULIERES.

ORIZON=1

N=40.SEC IOYR-.5/- .3SEC;SANS TACHES.

MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES.EN
 CONCRETIONS.

ELEMENTS GROSSIERS=5.GRAVIERS PEU ABONDANTS.

TEXTURE SABLO-ARGILEUSE.A SABIE GROSSIER.FERRUGINEUX.

STRUCTURE MASSIVE.NETTE.ET GENERALISEE.A ECIATS ANGULEUX.A SOUS.STRUCTURE

HYDRIQUE.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.NON FRIABLE.NON FRAGILE.

NOMBREUSES RACINES.MOYENNES ET GROSSES.TRANSITION NETTE.REGULIERE.

ORIZON=2

N=80.SEC IOYR-.6/- .3SEC.QUELQUES TACHES.PEU ETENDUES.SANS RELATIONS VISIBLES

AVEC LES AUTRES CARACTERES.IRREGULIERES.A LIMITES PEU NETTES.PEU CONTRASTES.

AUCUNE AUTRE TACHE.

MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES.EN
 CONCRETIONS.

ELEMENTS GROSSIERS=60.GRAVIERS TRES ABONDANTS.

TEXTURE SABLO-ARGILEUSE.A SABIE GROSSIER.FERRUGINEUX.

STRUCTURE MASSIVE.NETTE.ET GENERALISEE.A ECIATS EMOUSSES.A SOUS.STRUCTURE

HYDRIQUE.MOYENNE-.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.

TRANSITION DIFFUSE.IRREGULIERE.

ORIZON=3

N=140.PEGEUREMENT HUMIDE .5YR-.5/- .8SEC.TACHES.PEU ETENDUES.SANS RELATIONS

VISIBLES AVEC LES AUTRES CARACTERES.IRREGULIERES.A LIMITES PEU

NETTES.PEU CONTRASTES.AUCUNE AUTRE TACHE.

APPAREMMENT NON ORGANIQUE.ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES.EN CONCRETIONS.

ELEMENTS GROSSIERS=50.GRAVIERS ABONDANTS.

TEXTURE ARGILE-SABIEUSE.A SABIE GROSSIER.FERRUGINEUX.

STRUCTURE MASSIVE.NETTE ET GENERALISEE.A ECIATS EMOUSSES.A SOUS.STRUCTURE

HYDRIQUE.MOYENNE-.

MATERIAU A CONSISTANCE MALIEABLE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.

PROFIL-2050.

E"=7;N"=37 FTGO20, PATIO UNITE FAO:IF BUTYROSPERMUM PARKII;ANNONA SENEGALENSIS;
ACACIA GOURMAENSIS;BAUHINIA THOMNINGII;TAPIS A ANDROPOGON ET CYLBOPOGON.

N=12 N'=7 E=0 E'=5I EN 1979 NOVEMBRE ORSTOM M=280 G=38 GIACIS D'EPANDAGE.

PENTE=0.
PLUSIEURS ROCHES.ASSEZ RESISTANTE.HETEROGENE.NON POREUSE.GRANITE. ET ROCHE=2I62.
GRAVIER.NON CALCAIRE.FORME ANGULEUSE.ANTECALBRIEN.
SUBMERSION TEMPORAIRE.JA PUIE.ENGORGELEMENT TEMPORAIRE.NAPPE A ECLIPSE.
HERBACE ET VIGNEUX HAUT ET BAS.NON CULTIVE.RECOUVREMENT 75-90%.STRUCTURES
IRREGULIERES.

HORIZON=1.

CM=55.SEC.10YR-.4/- .ISEC.SANS TACHES.

A MATIERE ORGANIQUE DIRECTEMENT DECECTABLE.ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES EN
CONCRETIONS.

1 ELEMENTS GROSSIERS=5.TRES PEU DE GRAVIERS.

TEXTURE ARGILO-LEIMEUSE.A SABIE GROSSIER.FERRUGINEUX.

STRUCTURE FRAGMENTAIRE.NETTE.ET GENERALISEE.POLYEDRIQUE.MOYENNE ET GROSSIERE.A

SOUS.STRUCTURE GRUMULEUSE.MOYENNE-.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.CIMENTE.NON FRIABLE.NON FRAGILE.

RACINES.FINES ET GROSSES.TRANSITION DISTINCTE.REGULIERE.

HORIZON=2.

CM=90.VEGEREMENT HUMIDE.5YR-.7/- .6SEC.TACHES.PEU ETENDUES.SANS RELATIONS VISIBLES

AVEC LES AUTRES CARACTERES.IRREGULIERES.A LIMITES PEU

NETTES.PEU CONTRASTEES.AUCUNE TACHE.

A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECECTABLE.ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES EN
CONCRETIONS.

1 ELEMENTS GROSSIERS=60.GRAVIERS TRES ABONDANTS.

TEXTURE ARGILO-SABIEUSE.A SABIE GROSSIER.FERRUGINEUX.

STRUCTURE MASSIVE.NETTE ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.A SOUS.STRUCTURE

POLYEDRIQUE MOYENNE-.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.

PAS DE RACINES.TRANSITION DIFFUSE.IRREGULIERE.

HORIZON=3.

CM=138.HUMIDE.5YR-.7/- .6SEC.TACHES.PEU ETENDUES.SANS RELATIONS VISIBLES AVEC

LES AUTRES CARACTERES.IRREGULIERES.A LIMITES PEU NETTES.PEU CONTRASTEES.AUCUNE

AUTRE TACHE.

APPAREMMENT NON ORGANIQUE.ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES EN CONCRETIONS.

1 ELEMENTS GROSSIERS=40.GRAVIERS ABONDANTS.

TEXTURE ARGILO-SABIEUSE.A SABIE GROSSIER.FERRUGINEUX.

STRUCTURE MASSIVE.NETTE ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.A SOUS.STRUCTURE

POLYEDRIQUE.MOYENNE-.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.PAS DE RACINES.

3 - SOLS HYDROMORPHES

PROFIL=2057.

E'=27;N'=14 HMT60, PALLO, UNITE FAO:GE PENNISSETUL TYPHOIDEUM.

N=12.N'=1.E=0.E'=37.EN 1979.NOVEMBRE.ORSTOM.M=280.G=6I.PLAINE D'EPANDAGE DE DEBOULEMENT.PENTE=C.
 PLUSIEURS ROCHES.ASSEZ RESISTANTE.HETEROGENE.NON POREUSE.GRANITE.ET ROCHE=2162.
 ARGILE.ANTECALBRIEN.ENGORGELENT TEMPORAIRE.NAPPE A ECIPSE.CULTIVE.
 CULTURE VIVRIERE.RECENTE.MONOCULTURE.SANS IRRIGATION.MODELE NON MODIFIE.
 LABOUR.MANUEL.SANS ORIENTATION.SOINS FREQUENTS.NON CLOTURE.AUCUN AMENDEMENT.

HORIZON=1.

CM=25 SEC IOYR-./-.2SEC.SANS TACHES.

A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.

% ELEMENTS GROSSIERS=0.TEXTURE LIMONO-ARGILEUSE.A SABIE FIN.QUARTZEUX.

STRUCTURE FRAGMENTAIRE.NETTE ET GENERALISEE.POLYEDRIQUE.GROSSIERE.A SOUS.

STRUCTURE POLYEDRIQUE.MOYENNE-.

FENTES SANS ORIENTATION DOMINANTE.PAS DE FACES LUISANTES.

PAS DE FACES DE GLISSEMENT.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.

RACINES.FINES.TRANSITION DISTINCTE.REGULIERE.

HORIZON=2.

CM=64.LEGEREMENT HUMIDE.IOYR-.5/- .6SEC.QUELQUES TACHES.PEU ETENDUES.ASSOCIEES AUX ELEMENTS GROSSIERS.ARRONDIES.A LIMITES PEU NETTES.CONTRASTEES.AUCUNE AUTRE TACHE.

A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES.EN CONCRETIONS.

% ELEMENTS GROSSIERS=3.GRAVIERS PEU ABONDANTS.

TEXTURE SABLO-ARGILEUSE.A SABIE GROSSIER.QUARTZEUX.

STRUCTURE FRAGMENTAIRE.NETTE ET GENERALISEE.POLYEDRIQUE.GROSSIERE.A SOUS.

STRUCTURE POLYEDRIQUE.MOYENNE-.

PAS DE FENTES.PAS DE FACES LUISANTES.PAS DE FACES DE GLISSEMENT.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.

QUELQUES RACINES.FINES.TRANSITION DIFFUSE.REGULIERE.

HORIZON=3.

CM=84.HUMIDE.IOYR-.7/- .4SEC.TACHES.PEU ETENDUES.ASSOCIEES AUX ELEMENTS GROSSIERS.ARRONDIES.A LIMITES NETTES.CONTRASTEES.AUCUNE AUTRE TACHE.

A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.

ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES.EN CONCRETIONS.

% ELEMENTS GROSSIERS=3.GRAVIERS PEU ABONDANTS.

TEXTURE ARGILO-LIMONEUSE.A SABIE FIN.QUARTZEUX.

STRUCTURE MASSIVE.NETTE ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.A SOUS.

STRUCTURE POLYEDRIQUE.MOYENNE-.

PAS DE FENTES.PAS DE FACES DE GLISSEMENT.

MATERIAU ACONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.

PAS DE RACINES.TRANSITION DIFFUSE.

HORIZON=4.

CM=140.TRES HUMIDE.IOYR-.6/- .6SEC.TACHES.PEU ETENDUES.ASSOCIEES AUX ELEMENTS GROSSIERS.ARRONDIES.A LIMITES NETTES.CONTRASTEES.AUCUNE AUTRE TACHE.

APPARELLEMENT NON ORGANIQUE.ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES.EN CONCRETIONS.

% ELEMENTS GROSSIERS=60.GRAVIERS TRES ABONDANTS.

TEXTURE SABLO-ARGILEUSE.A SABIE GROSSIER.QUARTZEUX.

STRUCTURE FRAGMENTAIRE.PEU NETTE.ET GENERALISEE.POLYEDRIQUE.MOYENNE.A SOUS.

STRUCTURE POLYEDRIQUE.FINE-.PAS DE FENTES.PAS DE FACES DE GLISSEMENT.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.PAS DE RACINES.

PROFIL=2059.
E°=27;N°=7 HLN080, PALLO, UNITE FAC:GE PENNISETUM TYPHOIDEUM.

N=12.N'=1.E=0.E'=36.EN 1979.NOVEMBRE.ORSTOM.M=280.G=6I.PLAINE D'EPANDAGE DE
DEBORDEMENT.PENTE=0.
PLUSIEURS ROCHES.ASSEZ RESISTANTE.HETEROGENE.NON POREUSE.GRANITE.ET ROCHE=2162.
ARGILE.ANTECAMBRIEN.ENGORGEMENT TEMPORAIRE.NAPPE A ECLIPSE.CULTIVE.
CULTURE VIVIERE RECENTE.MONOCULTURE.SANS IRRIGATION.MODELE NON MODIFIE.
LABOUR.MANUEL.SANS ORIENTATION.SOINS FREQUENTS.NON CLOTURE.AUCUN
AMENDEMENT.

HORIZON=1.

CM=27.SEC.IOYR-.4/- .ISEC.SANS TACHES.
A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.
% ELEMENTS GROSSIERS=10.CAILLOUX PEU ABONDANTS.
TEXTURE ARGILO-LIMONEUSE.A SABLE FIN.QUARTZEUX.
STRUCTURE FRAGMENTAIRE.NETTE ET GENERALISEE.POLYEDRIQUE.GROSSIERE.A SOUS.
STRUCTURE POLYEDRIQUE MOYENNE-.
FENTES.SANS ORIENTATION DOMINANTE.PAS DE FACES LUISANTES.
PAS DE FACES DE GLISSEMENT.
MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.
RACINES.FINES ET GROSSES.TRANSITION DISTINCTE REGULIERE.

HORIZON=2.

CM=45.SEC.IOYR-.5/- .4SEC.SANS TACHES.
A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.
% ELEMENTS GROSSIERS=10.CAILLOUX PEU ABONDANTS.
STRUCTURE ARGILO-LIMONEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.
STRUCTURE FRAGMENTAIRE.NETTE.ET GENERALISEE.POLYEDRIQUE.MOYENNE ET GROSSIERE.A
SOUS.STRUCTURE POLYEDRIQUE.MOYENNE-.
FENTES.SANS ORIENTATION DOMINANTE.PAS DE FACES LUISANTES.
PAS DE FACES DE GLISSEMENT.
MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.
RACINES.MOYENNES ET GROSSES.TRANSITION GRADUELLE.REGULIERE.

HORIZON=3.

CM=80.LEGEREMENT HUMIDE.IOYR-.6/- .3SEC.SANS TACHES.
A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.
% ELEMENTS GROSSIERS=5.CAILLOUX PEU ABONDANTS.
TEXTURE ARGILO-LIMONEUSE.A SABLE FIN.QUARTZEUX.
STRUCTURE MASSIVE.NETTE ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.A SOUS.STRUCTURE
POLYEDRIQUE.GROSSIERE-.
PAS DE FENTES.PAS DE FACES LUISANTES.PAS DE FACES DE GLISSEMENT.
MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.
RACINES.MOYENNES ET GROSSES.TRANSITION DIFFUSE.REGULIERE.

HORIZON=4.

CM=130.LEGEREMENT HUMIDE.IOYR-.7/- .2SEC.SANS TACHES.
A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.
% ELEMENTS GROSSIERS=0.TEXTURE ARGILO-SABLEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.
STRUCTURE MASSIVE.NETTE ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.A SOUS.STRUCTURE
POLYEDRIQUE.GROSSIERE-.
PAS DE FENTES.PAS DE FACES LUISANTES.PAS DE FACES DE GLISSEMENT.
MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.QUELQUES
RACINES.GROSSES.

PROFIL=2060.

E''=54;N''=40 HEMIOCC, PALLO, UNITE FAC:GE PENNISETUM PEDICULATUM.

N=12.N'=0.E=0.E'=36.EM 1979.NOVEMBRE.ORSTOM.M=280.G=6I.PLAINE D'EPANDAGE DE
DEBORDEMENT.PENTE=0.
PLUSIEURS ROCHES.ASSEZ RESISTANTE.HETEROGENE.NON POREUSE.GRANITE.ET ROCHE=2162.
ARGILE.ANTECAMBRIEN.ENGORGEMENT TEMPORAIRE.NAPPE A ECIPSE.
HERPACE.NON CULTIVE.RECOUVREMENT 75-90%.STRUCTURES IRREGULIERES.

HORIZON=1.

CM=30.SEC.IOYR-.4/- .ISEC.SANS TACHES.

A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.

5 ELEMENTS GROSSIERS=0.TEXTURE ARGILO-LIMONEUSE.A SABLE FIN.QUARTZEUX.

STRUCTURE FRAGMENTAIRE.NETTE ET GENERALISEE.POLYEDRIQUE.GROSSIERE.A SOUS.

STRUCTURE POLYEDRIQUE.MOYENNE-.

FENTES.SANS ORIENTATION DOMINANTE.PAS DE FACES LUISANTES.

PAS DE FACES DE GLISSEMENT.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.

NOMBREUSES RACINES.FINES.TRANSITION NETTE.REGULIERE.

HORIZON=2.

CM=64.SEC.IOYR-.4/- .ISEC.SANS TACHES.

A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.

9 ELEMENTS GROSSIERS=10.CAILLOUX PEU ABONDANTS.

TEXTURE ARGILO-LIMONEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.

STRUCTURE FRAGMENTAIRE.NETTE ET GENERALISEE.POLYEDRIQUE.MOYENNE ET GROSSIERE.A SOUS.

STRUCTURE POLYEDRIQUE.MOYENNE-.

FENTES.SANS ORIENTATION DOMINANTE.PAS DE FACES LUISANTES.

PAS DE FACES DE GLISSEMENT.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.

QUELQUES RACINES.FINES ET GROSSES.TRANSITION GRADUELLE.REGULIERE.

HORIZON=3.

CM=98.LEGEREMENT HUMIDE.IOYR-.7/- .4SEC.SANS TACHES.

A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.

9 ELEMENTS GROSSIERS=10.CAILLOUX PEU ABONDANTS.

TEXTURE ARGILO-SABLEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.

STRUCTURE MASSIVE.NETTE ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.A SOUS.STRUCTURE

POLYEDRIQUE MOYENNE-.

PAS DE FENTES.PAS DE FACES LUISANTES.PAS DE FACES DE GLISSEMENT.

MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.

PAS DE RACINES.TRANSITION DIFFUSE.REGULIERE.

HORIZON=4.

CM=140.LEGEREMENT HUMIDE.IOYR-.8/- .4SEC.SANS TACHES.

A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.

7 ELEMENTS GROSSIERS=50.CAILLOUX ABCNDANTS.

TEXTURE SABLEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.

STRUCTURE PARTICULAIRE.PEU NETTE ET GENERALISEE.

MATERIAU A CONSISTANCE MALLEABLE.PEU CIMENTE.FRIABLE.FRAGILE.PAS DE RACINES.

PROFIL=2058.

E'=40;N'=14 HELMOTO, PALEO UNITE FAC:GE ANDROPOGON GAYANUS, HYPARRHENIA SP;
 PENNISETUM PEDICULATUM.

M=12.N'=1.E=0.E'=36.EN 1979.NOVEMBRE.ORSTOM.M=280.G=6I.PLAINE D'EPANDAGE DE
 DEBORDEMENT.PENTE=0.
 PLUSIEURS ROCHES.ASSEZ RESISTANTE.HETEROGENE.NON POREUSE.GRANITE.ET ROCHE=2I62.
 ARGILE.ANTECAMBRIEN.ENGORGEMENT TEMPORAIRE.NAPPE A ECLIPSE.
 HERBAGE.NON CULTIVE.RECOUVREMENT 75-90%.STRUCTURES IRREGULIERES.

HORIZON=1.

CM=50.SEC.IOYR-.4/-3SEC.SANS TACHES.
 A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.
 % ELEMENTS GROSSIERS=0.TEXTURE ARGILO-LIMONEUSE.A SABLE FIN.QUARTZEUX.
 STRUCTURE FRAGMENTAIRE.NETTE.ET GENERALISEE.POLYEDRIQUE.GROSSIERE.A SOUS.
 STRUCTURE POLYEDRIQUE MOYENNE-.
 FENTES.SANS ORIENTATION DOMINANTE.PAS DE FACES LUISANTES.
 PAS DE FACES DE GLISSEMENT.
 MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.
 NOMBREUSES RACINES.FINES.TRANSITION DIFFUSE.REGULIERE.

HORIZON=2.

CM=80.SEC.IOYR-.6/-6SEC.SANS TACHES.
 A MATIERE ORGANIQUE NON DIRECTEMENT DECELABLE.
 % ELEMENTS GROSSIERS=0.TEXTURE ARGILO-SABLEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.
 STRUCTURE MASSIVE.NETTE.ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.A SOUS.STRUCTURE
 POLYEDRIQUE.GROSSIERE-.
 PAS DE FENTES.PAS DE FACES LUISANTES.PAS DE FACES DE GLISSEMENT.
 MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.PEU FRAGILE.
 NOMBREUSES RACINES.FINES ET MOYENNES.TRANSITION DIFFUSE.IRREGULIERE.

HORIZON=3.

CM=130.LEGEREMENT HUMIDE.IOYR-.6/-6SEC.QUELQUES TACHES.PEU ETENDUES.ASSOCIEES
 AUX ELEMENTS GROSSIERS.ARRONDIES.A LIMITES PEU NETTES.CONTRASTEES.AUCUNE AUTRE
 TACHE.
 APPARELLEMENT NON ORGANIQUE.ELEMENTS FERRO-MANGANESIFERES.EN CONCRETIONS
 % ELEMENTS GROSSIERS=5.GRAVIERS PEU ABONDANTS.
 TEXTURE SABLE-ARGILEUSE.A SABLE GROSSIER.QUARTZEUX.
 STRUCTURE MASSIVE.PEU NETTE.ET GENERALISEE.A ECLATS ANGULEUX.A SOUS.STRUCTURE
 POLYEDRIQUE FINE-.
 PAS DE FENTES.PAS DE FACES LUISANTES.PAS DE FACES DE GLISSEMENT.
 MATERIAU A CONSISTANCE RIGIDE.PEU CIMENTE.PEU FRIABLE.
 PEU FRAGILE.PAS DE RACINES.

4 . COMPARAISON DES CARACTERES MORPHOLOGIQUES

4.1. ENTRE LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS ET LES SOLS HYDROMORPHES.

Les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions se distinguent des sols hydromorphes par les caractères morphologiques suivants :

4.1.1. LA COULEUR.

La couleur de l'horizon superficiel à l'état sec passe du gris-beige (10 YR \pm 6/ \pm 4) au gris foncé (10 YR \pm 4/ \pm 1) quand on passe des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions aux sols hydromorphes.

En profondeur par contre, elle devient :

- . gris-beige dans les sols hydromorphes, ce qui ne correspond qu'à un léger éclaircissement du profil.

- . brun-beige (7,5 YR \pm 7/ \pm 6) dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, ce qui entraîne un fort contraste avec la couleur de l'horizon supérieur.

Ces variations de couleur reflètent entre autre la teneur en matière organique et celles des différents composés humiques. En particulier, les coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN (r) indiquent qu'il y a interdépendance significative au risque de 1% entre la couleur à l'état sec et la teneur en acides humiques : plus cette teneur est élevée, plus les valeurs de la clarté et de la saturation ("value" et "chroma" du code Munsell) sont faibles.

Cette différence de couleur est liée également aux conditions de circulation de l'eau :

- plus rapide dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.
- plus lente dans les sols hydromorphes.

4.1.2. LA TEXTURE.

Pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, la texture est généralement sableuse dans l'horizon supérieur, puis sablo-argileuse dans l'horizon intermédiaire. En profondeur, elle est soit sablo-argileuse (profils FSC-100, FSC-110, FSC-120), soit sableuse (profil FSC-040).

Pour les sols hydromorphes, par contre, l'horizon superficiel est souvent argilo-limoneux ou limono-argileux (profil HMN-060), le caractère hydromorphe étant une conséquence. Pour certains profils (HMN-090), l'horizon le plus profond est sableux. En outre, la nappe phréatique temporaire lors de sa disparition peut provoquer dans certains de ces sols, la formation de taches et de concrétions ferromanganésifères en profondeur (profils HMN-070, HMN-060).

4.1.3. LA STRUCTURE.

Sa variation reflète celle de la texture. Elle est respectivement fragmentaire à sous structure polyédrique et fragmentaire dans l'horizon supérieur des sols hydromorphes et des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions. Pour ces derniers, en profondeur, à la texture sablo-argileuse correspond une structure massive à sous structure polyédrique.

4.2. CAS PARTICULIER DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES.

La caractéristique commune à tous les profils observés est l'abondance des éléments grossiers ($\phi > 2\text{mm}$) constitués principalement de concrétions ferromanganésifères.

Cependant, les différents caractères morphologiques varient en fonction de la position topographique.

Les profils FTG-130 et FTG-140 (à mi-pente) se distinguent des profils FTG-010 et FTG-020 (en bas de pente) par les caractères suivants :

. Pour les horizons supérieurs.

- une plus faible épaisseur, respectivement 20 cm dans les premiers et 40-50 cm dans les seconds.

- une teneur plus élevée en éléments grossiers : 25-40% à mi-pente et seulement 5% en bas de pente.

- une couleur rouge-ocre (5 YR = 4/- 4) pour les profils FTG-130 et FTG-140 et gris-beige (10 YR = 5/- 3) pour les profils FTG-010 et FTG-020.

- une texture sableuse et une structure fragmentaire à sous structure grumeleuse fine à mi-pente et une texture sablo-argileuse (profil FTG-010) voire argilo-limoneuse (profil FTG-020) et une structure massive à sous structure polyédrique en bas de pente.

. Pour les horizons profonds.

- une teneur en éléments grossiers ($\phi > 2$ mm) d'environ 90% et seulement 40-60% (bas de pente).

- un horizon gravillonnaire entre 70-100 cm de profondeur pour les profils situés à mi-pente sur le modelé.

Pour l'ensemble des profils, les horizons profonds ont une couleur rouge-ocre (5 YR = 4/-6 à 5 YR = 4/-6).

La plupart de ces variations est due au fait, d'une part que les profils à mi-pente (FTG-130 et FTG-140) sont érodés et d'autre part que les profils en bas de pente (FTG-010 et FTG-020) comportent des éléments colluvionnés ou déposés après érosion sur la pente ; ce qui modifie les caractères des différents profils par rapport à ce qu'ils auraient à partir de matériau formé en place.

4.3. INFLUENCE DE LA CULTURE.

Pour chaque type de sol, les caractères morphologiques des profils sous culture de mil ne diffèrent pas de ceux situés sous la végétation naturelle.

Cette absence de variation des caractères morphologiques paraît liée :

- au type de labour peu profond qui ne modifie pas l'organisation des différents profils.
- à la faible durée de mise en culture des sols (moins de trois ans).

CHAPITRE IV

LES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES

1 . LES CARACTERES PHYSIQUES

Ils regroupent les résultats de l'analyse granulométrique, l'indice d'instabilité structurale (Is) et les constantes hydriques, consignés dans les tableaux 4,5,6 .

1.1. GRANULOMETRIE (Fig. 5).

1.1.1. LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS.

A l'exception du profil FSC-040, l'analyse granulométrique des trois autres profils montre que :

- les teneurs en argile sont faibles en surface (6 à 12%). Elles augmentent en profondeur mais n'excèdent pas 30%. Le niveau d'enrichissement apparaît dès 40-60 cm.

- les teneurs en limon fin demeurent faibles dans l'ensemble (3,5 à 10%). Leurs variations en fonction de la profondeur dépendent des profils. Sous la végétation naturelle (profil FSC-110), elles augmentent de façon régulière de la surface (4%) vers la profondeur (10%). Sous culture de mil par contre (profils FSC-100 et FSC-120), elles augmentent surtout dans le dernier horizon (6 à 8%).

- les teneurs en limon grossier représentent 15 à 20% de la terre fine dans les horizons supérieurs (0-20 cm) et profonds (100-120 cm). Entre 40-60 cm, elles diminuent.

- les teneurs en sable fin sont en moyenne égales à 30% entre 0-20 cm et seulement 20 à 22% entre 100-120 cm. Il en est de même pour le pourcentage de sable grossier qui diminue de la surface (35-40%) vers la profondeur (20-30%).

CAS PARTICULIER DU PROFIL FSC-040.

Contrairement aux autres profils, le profil FSC-040 est en bas de pente. Par conséquent, il présente quelques particularités :

- le taux d'argile, de 11% en surface, 20% entre 30-40 cm n'est plus que de 8% au-delà de 1 m de profondeur.

- le taux de limon fin est égal respectivement à 7% (0-10 cm), 18% (30-40 cm) et 3,5% (100-120 cm).

- le taux de limon grossier diminue de façon régulière de l'horizon supérieur (19%) vers le dernier horizon (6%).

- la variation du pourcentage de sable fin en fonction de la profondeur est en "dents de scie" avec une forte baisse entre 30-40 cm (18%) et 100-120 cm (23,5%). Par contre entre 0-10 cm et 70-80 cm, ces particules représentent respectivement 27% et 34% de la terre fine.

- la teneur en sable grossier fléchit entre 30-40 cm (26%). En profondeur, elle dépasse 50%, contre 33% dans l'horizon supérieur.

ANALYSE DES COEFFICIENTS DE CORRELATION DES RANGS DE SPEARMAN (r) ENTRE LES DIFFERENTES FRACTIONS DE LA GRANULOMETRIE.

- la teneur en argile est en corrélation négative, significative au risque de 5% avec le pourcentage de sable fin et de sable grossier. Dans les deux cas, le coefficient de corrélation des rangs (r) est égal à -0,72. Par contre, elle n'est pas corrélée avec le pourcentage de limon fin et de limon grossier. Toutefois, dans les profils FSC-110 et FSC-040, la courbe de variation des particules d'argile en fonction de la profondeur est identique à celle des limons fins.

- la corrélation entre les pourcentages de limon fin et de sable grossier est négative et significative au risque de 1% ($r = -0,81$).
- le taux de sable fin présente une corrélation positive significative au risque de 1% ($r = 0,75$) avec le pourcentage de sable grossier.
- il n'existe aucune interdépendance :
 - . entre la teneur en limon fin et celle en limon grossier et sable fin.
 - . entre la teneur en limon grossier et le pourcentage de sable fin et sable grossier.

1.1.2. LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES.

- Comme les sols précédents, la teneur en argile augmente de la surface (10-17%) vers la profondeur (30-35%). Toutefois, dans certains profils (FTG-130 et FTG-140) situés à mi-pente sur le modelé, elle diminue entre 70-90cm sous l'effet des eaux de drainage (présence de concrétions lisses et brillantes). Ces particules argileuses transportées à travers les profils contribuent à l'enrichissement des horizons profonds de ceux situés en bas de pente.

- les teneurs en limon fin n'excèdent pas 10% dans ^{les} vingt premiers centimètres et sont de l'ordre de 15% dans le dernier horizon. Dans les profils FTG-130 et FTG-140 le pourcentage de limon fin diminue également entre 70-90 cm.

- les pourcentages de limon grossier sont compris entre 10 et 20% en surface et seulement 8% au-delà de 1 m de profondeur.

- les teneurs en sable présentent des variations en fonction de la profondeur identiques à celles observées dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions. Ainsi le pourcentage de sable fin diminue de la surface (24-34%) vers la profondeur (moins de 20%) et celui de sable grossier passe de 22-35% (0-20 cm) à 20-27% (100-120 cm). Néanmoins pour les profils FTG-130 et FTG-140, entre 70-90 cm, le pourcentage de sable grossier est compris entre 30-50%, ce qui est à relier avec la baisse des taux d'argile et de limon fin.

CAS PARTICULIER DU PROFIL FTG-020.

De par sa position, en bas de pente, le profil FTG-020 se distingue des autres par :

- des teneurs élevées en argile et limon fin entre 0-20 cm (respectivement 27 et 28%). Cet enrichissement qui ne se retrouve pas en profondeur est lié à des apports de particules argilo-limoneuses en provenance des sommets.

- des teneurs particulièrement faibles en sable fin (12%) et sable grossier (16%) dans les vingt premiers centimètres. En outre, le pourcentage de sable grossier augmente en fonction de la profondeur (34% entre 100-120 cm) tandis que la teneur en sable fin varie peu. Les taux de limon grossier ne présentent pas de différences essentielles avec ceux notés dans les autres profils.

ANALYSE DES COEFFICIENTS DE CORRELATION DES RANGS DE SPEARMAN (r) ENTRE LES DIFFERENTES FRACTIONS GRANULOMETRIQUES.

- les teneurs en argile sont en corrélation :
 - . positive, significative au risque de 1% avec les teneurs en limon fin ($r = 0,77$).
 - . négative, significative au risque de 5% avec les teneurs en sable fin ($r = -0,64$).
- les teneurs en limon fin présentent une corrélation négative significative au risque de 5% avec les teneurs en sable fin ($r = -0,54$) et en sable grossier ($r = -0,69$).
- les teneurs en limon grossier sont en corrélation positive au risque de 5% avec les teneurs en sable fin ($r = 0,64$).

Par contre, les corrélations ne sont pas significatives au risque de 1% et 5% :

- . entre les teneurs en argile et celles en limon grossier et sable grossier. Toutefois, pour les profils FTG-130 et FTG-140, la diminution des pourcentages d'argile entre 70-90 cm correspond à une augmentation des taux de sable grossier.

- . entre les teneurs en limon fin et limon grossier.
- . entre les teneurs en sable grossier et celles en limon grossier et sable fin.

1.1.3. LES SOLS HYDROMORPHES.

La caractéristique granulométrique essentielle et commune à tous les profils étudiés est la prédominance entre 0-20 cm des fractions argilo-limoneuses (70% en moyenne) sur les particules sableuses. Ainsi :

- les teneurs en argile sont comprises entre 25 et 35% dans les vingt premiers centimètres. Elles accusent une baisse entre 30-50 cm (20-25%), suivie d'une remontée entre 60-80 cm et d'une seconde diminution entre 100-120 cm. Par conséquent la variation de la fraction argileuse en fonction de la profondeur est en "dents de scie". Dans le dernier horizon, le taux d'argile peut être inférieur à 10% (profil HMN-090), suppléé par un fort pourcentage de sable grossier issu de la roche-mère.

- les teneurs en limon fin sont de l'ordre de 20 à 30% mais peuvent atteindre 40% (profil HMN-060, sous culture de mil) entre 0-20 cm. Elles diminuent en fonction de la profondeur (moins de 16% entre 100-120 cm) :

- . de façon régulière pour les profils HMN-070 ; HMN-080 ; HMN-090.
- . en dents de scie pour le profil HMN-060.

- les teneurs en limon grossier représentent 10 à 20% de la terre fine entre 0-20 cm et diminuent, à l'exception du profil HMN-060, de la surface vers la profondeur (moins de 10% entre 100-120 cm) avec parfois un enrichissement dans les horizons intermédiaires (15-20%).

Dans le cas particulier du profil HMN-060, le taux de limon grossier passe de 14% (0-20 cm) à 21% (100-120 cm) et correspond à une diminution de la teneur en sable fin.

- les teneurs en sable fin varient de 8-12% (0-20 cm) à 12-24% (100-120 cm). Toutefois, les horizons intermédiaires caractérisés par des teneurs élevées en argile, ont des pourcentages plus faibles en cette fraction sableuse et inversement.

- les teneurs en sable grossier sont inférieures à 20% dans l'horizon supérieur et augmentent avec la profondeur (40-50% entre 100-120cm) pour les profils situés sous la végétation naturelle (profils HMN-090 et HMN-070). Par contre pour les profils HMN-060 et HMN-080 (sous culture de mil), en fonction de la profondeur, elles varient dans le sens opposé à celui de la fraction argileuse.

Ces différentes remarques sur l'ensemble des fractions granulométriques sont confirmées par le test de SPEARMAN.

ANALYSE DES COEFFICIENTS DE CORRELATION DES RANGS DE SPEARMAN (r) ENTRE LES DIFFERENTES FRACTIONS GRANULOMETRIQUES.

- les teneurs en argile présentent une corrélation négative, significative au risque de 5% ($r = -0,58$) avec les teneurs en sable grossier.

- les teneurs en limon fin sont en corrélation négative significative :

. au risque de 5% avec les teneurs en sable fin ($r = -0,59$)

. au risque de 1% avec les teneurs en sable grossier ($r = -0,82$).

- les teneurs en sable fin et sable grossier sont en corrélation positive au risque de 1% ($r = 0,71$).

- cependant aucune interdépendance significative n'a été établie :

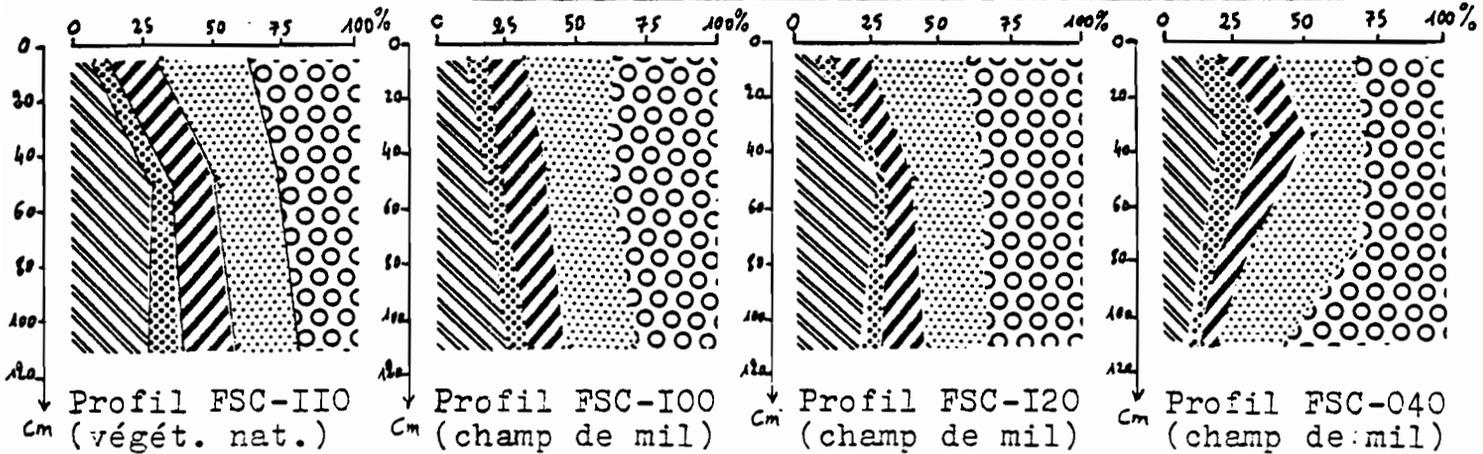
. entre les teneurs en argile et celles en limon fin. Mais dans le profil HMN-060, les pourcentages de ces deux fractions varient dans le même sens en fonction de la profondeur.

. entre les teneurs en limon fin et limon grossier

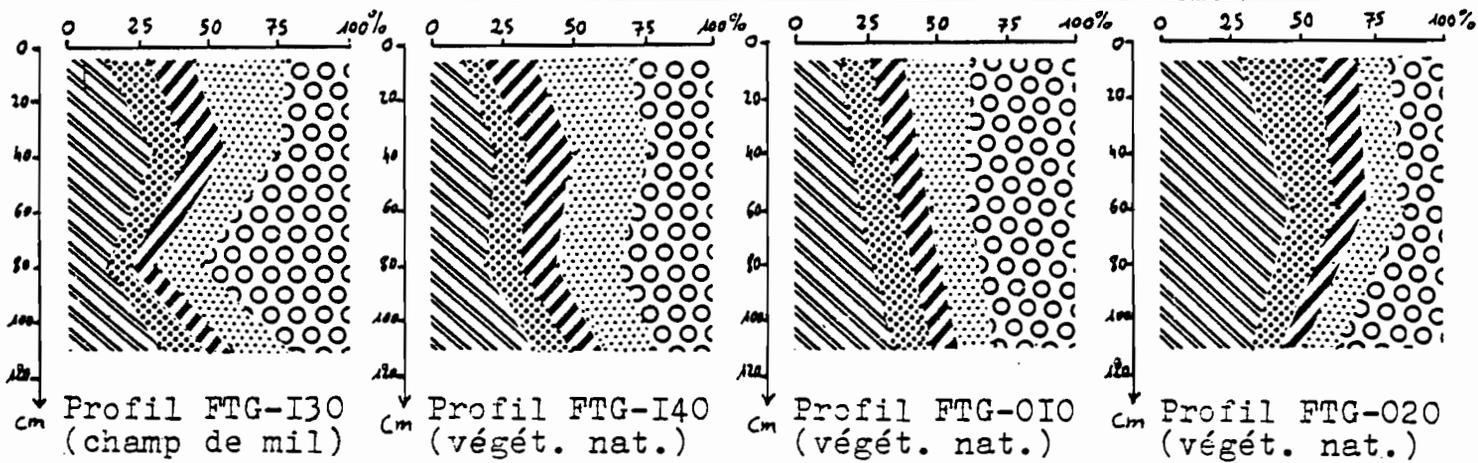
. entre les teneurs en limon grossier d'une part et celles en sable fin et sable grossier d'autre part.

Fig. 5 : Variations des fractions de la granulométrie en fonction de la profondeur.

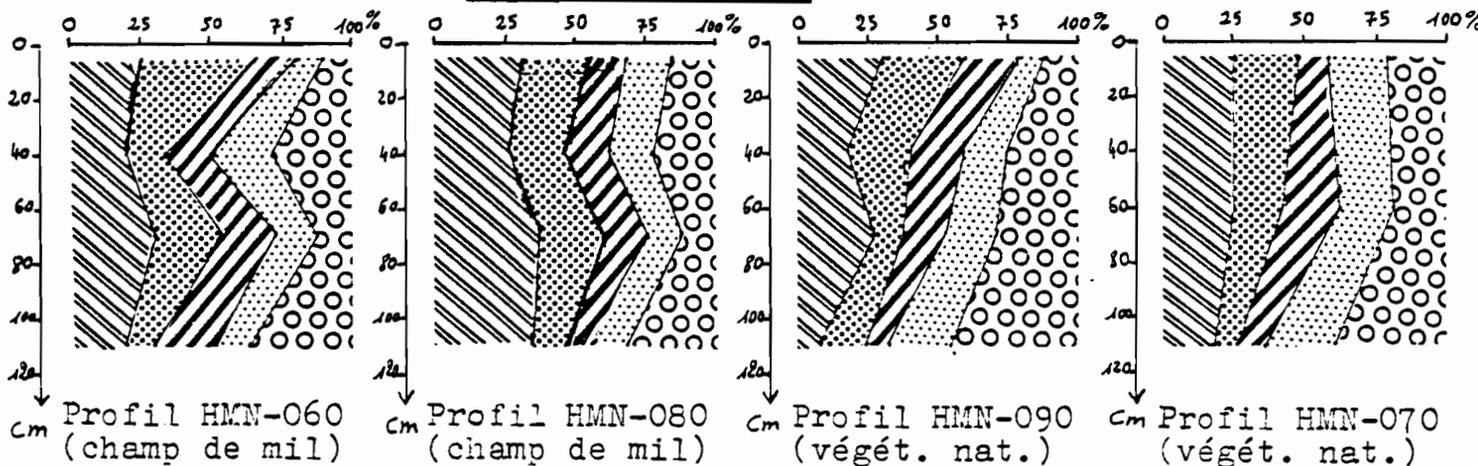
A- Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions



B- Sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires



C- Sols hydromorphes



Légende

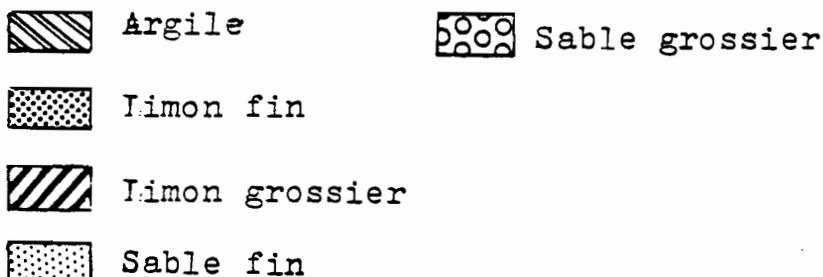


TABLEAU 4 : Caractéristiques physiques des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.

N° PROFIL		FSC - 110			FSC - 100			FSC - 120			FSC - 040			
Couverture végétale		Végétation naturelle			Champ de mil			Champ de mil			Champ de mil			
Niveau de prélèvement (cm)		0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-10	30-40	70-80	100-120
Refus en %		2,2	0,4	1,1	0,4	0,2	0,1	1,6	0,4	0,8	0,9	0,3	0,4	0,5
Granulométrie	Argile en %	6,4	27,2	27,8	9,1	18,3	26,2	6,1	27,7	22,5	11,3	20,6	12,0	8,0
	Limon fin en %	3,8	6,4	10,3	6,2	4,8	8,3	3,8	3,7	6,0	6,7	17,8	5,6	3,5
	Limon grossier en %	20,7	16,0	19,4	15,0	15,7	14,8	15,6	7,6	17,0	19,2	14,1	9,8	5,9
	Sable fin en %	31,7	21,9	27,7	31,3	24,2	22,2	32,8	22,9	20,8	27,3	18,3	33,9	23,5
	Sable grossier en %	36,4	27,1	19,6	37,6	36,1	27,3	41,1	36,7	32,7	33,4	26,2	37,5	58,4
Constantes hydr.	pF 2,5	7,3	16,0	17,3	8,7	12,5	16,6	5,8	14,4	13,8	12,3	21,9	11,0	7,1
	pF 3,0	4,6	12,4	13,6	5,8	9,2	12,4	3,7	10,7	10,5	8,3	16,9	7,9	5,8
	pF 4,2	3,1	9,6	11,0	3,8	7,1	10,0	2,6	9,6	8,6	6,3	12,0	6,0	4,5
	Eau utile	4,2	6,4	6,3	5,1	5,4	6,6	3,2	4,8	5,2	6,0	9,9	5,0	2,6
Instabilité structurale (Is)		1,3	3,1	1,9	1,9	2,9	2,1	1,1	1,8	2,1	2,7	2,4	1,7	0,9

TABLEAU 5 : Caractéristiques physiques des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

N° PROFIL		FTG -130				FTG - 140				FTG - 010			FTG - 020		
Couverture végétale		Champ de mil				Végétation naturelle				Végétation naturelle			Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement (cm)		0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
Refus en %		42	93	87	87	25	86	89	85	5	60	49	5	65	44
Granulométrie	Argile ne %	14,9	29,2	13,0	32,3	10,3	22,6	17,8	33,8	16,6	22,6	34,5	27,1	35,1	32,8
	Limon fin en %	10,6	13,2	9,8	16,8	6,0	12,0	11,4	16,0	10,5	13,0	14	27,7	16,6	10,7
	Limon grossier en %	16,6	14,1	8,0	8,3	19,8	16,7	14,9	8,8	11,3	11,8	8,2	11,6	9,5	8,5
	Sable fin en %	33,1	18,2	17,0	19,5	34,1	26,0	23,0	17,7	23,7	14,3	13,8	11,6	13,9	12,8
	Sable grossier en %	22,1	22,0	50,0	20,1	27,8	20,2	31,0	21,4	35,4	36,4	26,9	16,0	23,3	33,4
Constantes hydr.	pF 2,5	15,3	22,5	18,0	26,4	12,1	19,3	--	26,3	15,1	17,1	24,2	28,4	23,2	24,9
	pF 3,0	11,2	19,0	14,4	21,7	8,3	14,3	14,7	22,2	13,8	14,7	20,1	22,8	18,9	20,3
	pF 4,2	8,2	14,3	11,7	18,3	5,8	11,4	11,7	18,7	7,7	10,9	16,8	16,4	16,1	16,8
	en eau utile	7,1	8,2	6,3	8,1	6,3	7,9	-	7,6	7,4	6,2	7,4	12,0	7,1	8,1
Instabilité structurale (Is)		2,2	4,2	2,1	4,3	2,9	3,3	4,4	2,5	1,6	3,5	1,3	2,8	4,2	3,9

TABLEAU 6: CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES SOLS HYDROMORPHES

N° Profil		I M N - 060				I M N - 080				I M N - 090				I M N - 070		
Couverture végétale		Chap de mil				Champ de mil				Végétation naturelle				Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement (cm)		0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	50-70	100-120
Refus en %		0,2	2,4	2,9	62,3	10,3	14,0	4,0	0,9	0,5	9,1	11,8	53,8	1,0	2,5	4,0
Granulométrie	Argile en %	25,0	19,6	29,2	21,0	31,7	25,7	39,1	33,4	28,8	23,6	25,8	6,9	25,2	26,5	18,3
	limon fin en %	40,5	13,8	23,7	9,5	23,7	20,7	19,1	12,4	29,8	21,6	12,8	15,8	22,8	15,5	7,8
	limon grossier en %	13,8	16,8	19,0	21,1	11,2	15,7	15,4	6,4	18,7	17,3	13,8	7,5	9,0	20,1	9,0
	Sable fin en %	8,9	21,8	14,1	12,5	15,1	15,3	11,6	16,4	8,6	15,2	18,2	21,3	20,2	17,3	24,3
	Sable grossier en %	6,0	25,9	10,8	34,2	11,8	18,7	10,3	27,0	6,7	19,0	26,6	44,4	17,7	17,4	39,0
Constantes hydriques	pF 2,5	36,3	20,7	30,3	19,4	32,3	25,8	31,9	30,9	39,2	28,7	38,3	24,1	27,5	26,4	17,3
	pF 3,0	28,6	15,8	24,6	13,7	23,7	19,1	25,1	24,3	29,9	22,7	27,2	19,8	20,2	18,3	12,3
	pF 4,2	21,0	11,3	17,0	9,9	17,1	14,0	17,8	17,2	20,8	15,5	16,2	15,1	15,0	12,6	8,6
	Eau utile	15,3	9,4	13,3	9,5	15,2	11,8	14,1	13,7	18,4	13,2	22,1	9,0	12,5	13,8	8,7
Instabilité structurale (Is)		1,7	3,1	5,4	4,7	1,4	1,4	2,1	2,6	4,5	6,7	8,6	0,9	0,7	2,1	3,0

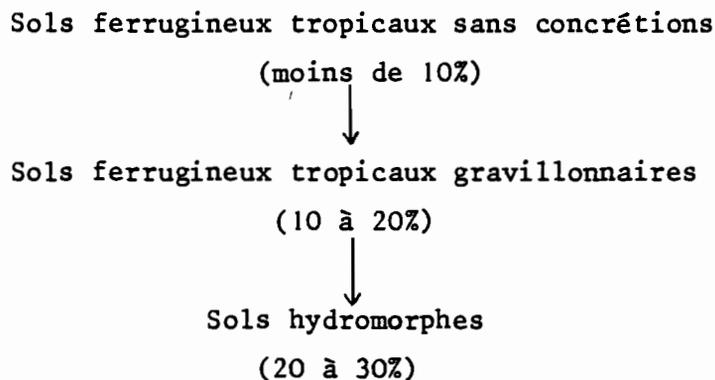
1.1.4. ETUDE COMPARATIVE DE LA COMPOSITION GRANULOMETRIQUE DES TROIS PEDONS.

1.1.4.1. AU NIVEAU DES HORIZONS SUPERIEURS (0-20 cm).

Cette étude a pour objectif de préciser leurs caractéristiques essentielles qui influent sur les propriétés hydriques, le mode et la vitesse de décomposition de la matière organique et l'évolution des composés humiques.

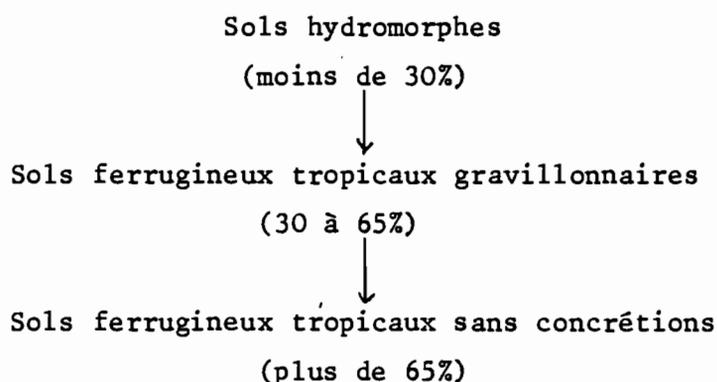
Il ressort du graphique 6 que les fractions granulométriques qui différencient les horizons supérieurs de trois pédons sont d'une part les fractions d'argile et de limon fin et d'autre part les fractions sableuses (sable fin et sable grossier). Ainsi :

. le pourcentage de la fraction d'argile augmente des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes suivant le schéma ci-après :



. Les teneurs en limon fin varient dans le même sens et dans des proportions assez semblables à celles des particules d'argile.

. Le pourcentage des fractions sableuses (sable fin et sable grossier) varie en sens inverse de celui des teneurs en argile et limon fin :



Sur ces deux schémas, on remarque surtout la position intermédiaire des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, localisés entre les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions et les sols hydromorphes.

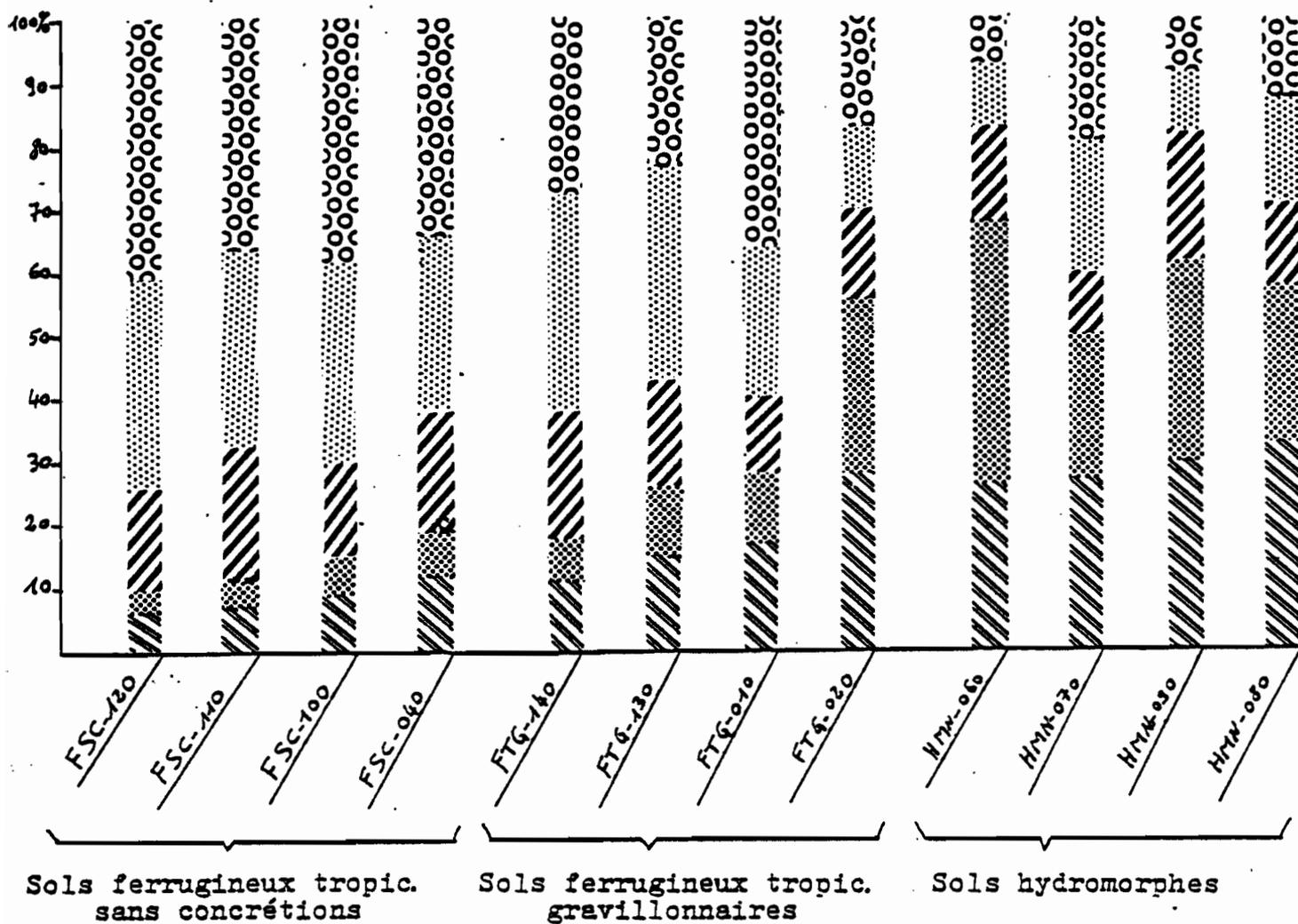
1.1.4.2. EN FONCTION DU TYPE DE COUVERTURE VEGETALE

La comparaison du pourcentage des différentes fractions de la granulométrie entre 0-20 cm montre pour :

- *Les sols hydromorphes.* Les profils sous culture de mil se distinguent de ceux situés sous la végétation naturelle soit par une teneur plus élevée en limon fin (profil HMN-060) soit par une teneur plus élevée en argile (profil HMN-080).

- *Les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.* Le pourcentage de limon grossier est beaucoup plus faible sous culture de mil.

- *Les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.* L'influence de la topographie et des éléments grossiers ($\phi > 2$ mm) masque les modifications de la composition granulométrique liées à leur mise en culture. Ainsi, quelque soit le type de couverture végétale, le pourcentage des fractions argilo-limoneuses augmente au fur et à mesure que la pente s'affaiblit. En bas de pente, ce pourcentage équivaut à celui des sols hydromorphes.



Légende

-  Argile
-  Limon fin
-  Limon grossier
-  Sable fin
-  Sable grossier

Fig. 6 : Variations de la composition granulométrique dans les horizons de surface (0-20 cm)

1.1.5. CONCLUSIONS.

L'analyse granulométrique fait ressortir les éléments suivants :

- pour les sols hydromorphes, entre 0-20 cm, les fractions d'argile (20 à 30%) et de limon fin (20 à 40%) prédominent (dépôts alluviaux). Toutefois, en fonction de la profondeur, elles varient en dents de scie ; ce qui traduit une certaine stratigraphie alluviale (absence d'homogénéisation) qui se manifeste par une abondance :

- . des fractions argilo-limoneuses entre 0-20 cm et 60-80 cm.
- . des fractions sableuses entre 30-50 cm et 100-120 cm.

Ce sont les profils situés sous culture de mil qui, au niveau des horizons supérieurs (0-20 cm), comportent les teneurs les plus élevées en argile (30%) ou en limon fin (40%).

- pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, de plateau, les fractions sableuses (sable fin + sable grossier) représentent plus de 65% de la terre fine dans les horizons supérieurs (0-20 cm) et diminuent en fonction de la profondeur. Parallèlement les teneurs en argile augmentent de la surface (moins de 10%) vers les horizons profonds (20 à 30%).

En bas de pente (profil FSC-040), les teneurs en argile présentent un "ventre" entre 30-40 cm (20,6%) puis décroissent au-delà. Les fractions sableuses constituent plus de 80% entre 100-120 cm.

Cependant, quelque soit la position topographique, entre 0-20 cm, les profils (FSC-100 ; FSC-120 ; FSC-040) sous culture de mil comportent des teneurs en limon grossier plus faibles (moins de 20%) que celle (21%) du profil (FSC-110) sous la végétation naturelle. Par contre, le pourcentage des autres fractions de la granulométrie ne varie pas en fonction du type de couverture végétale. Il s'en suit donc que le système traditionnel de mise en culture de ces sols pendant une durée relativement courte (inférieure à 3 ans)

n'entraîne pas en particulier un appauvrissement en particules fines (argile et limon fin) des horizons superficiels contrairement au système moderne (utilisation de bulldozer pour le défrichage et de tracteur pour les labours) comme l'a montré SOURABIE (1979).

- pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, le pourcentage des fractions d'argile et de limon fin des horizons supérieurs (0-20 cm) augmente au fur et à mesure que la pente s'affaiblit. En bas de pente ces fractions représentent respectivement 27% et 28% de la terre fine contre 10-15% d'argile et 5-10% de limon fin à mi-pente. En outre, pour les profils situés à mi-pente elles diminuent entre 70-90 cm, par lessivage oblique.

Comme les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, la mise en culture des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires par le système traditionnel n'entraîne pas de modification dans la composition granulométrique de leurs horizons supérieurs.

D'une manière générale, la prédominance des fractions de sable entre 0-20 cm et leur diminution avec la profondeur d'une part et l'augmentation des teneurs en argile des horizons supérieurs vers les horizons profonds d'autre part, constituent entre autres des caractéristiques essentielles des sols ferrugineux tropicaux. Elles ont été également observées par ROOSE (1979) sur des sols ferrugineux tropicaux sur carapace à 50 cm à Saria (Haute-Volta) et sur des sols ferrallitiques de basse Côte d'Ivoire. Pour expliquer ces phénomènes d'ordre pédogénétique, cet auteur a invoqué plusieurs mécanismes dont :

. l'érosion en nappe arrachant sélectivement les particules fines de la surface du sol.

. le lessivage oblique des colloïdes de l'horizon supérieur d'un profil situé vers le haut d'une toposéquence, leur transport à l'intérieur du sol et le colmatage des sols de bas de pente.

. le lessivage vertical avec dépôts diffus tout au long d'un profil.

. des sédimentations successives au cours de phases morphologiques différentes.

1.2. LES PROPRIETES HYDRIQUES.

Trois constantes hydriques ($pF_{2,5}$; $pF_{3,0}$; $pF_{4,2}$) ont été déterminées. Les teneurs en eau obtenues sont exprimées en % de terre séchée à 105°C. En outre, en relation avec la texture sablo-argileuse des sols étudiés, l'eau utile a été considérée comme étant la différence entre la teneur en eau à $pF_{2,5}$ et celle à $pF_{4,2}$.

Les résultats (tableaux 4, 5, 6 et fig.7) permettent de faire les remarques suivantes :

- les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions comportent les teneurs hydriques les plus faibles aux trois pF :

. de 6 à 12% entre 0-20 cm, les teneurs en eau à $pF_{2,5}$ augmentent avec la profondeur mais restent inférieures à 30%.

. les valeurs à $pF_{4,2}$ varient de 3-6% en surface à 8-12% dans les horizons sous-jacents.

. celles à $pF_{3,0}$ se situent entre les deux extrêmes. La valeur de l'eau utile augmente à partir de 40-60 cm de profondeur corrélativement au taux d'argile. Mais elle n'excède pas 10%.

- parallèlement les valeurs les plus élevées aux différents pF se rencontrent dans les sols hydromorphes. Pour $pF_{2,5}$, les teneurs en eau sont comprises entre 27-40% dans l'horizon superficiel et entre 17-30% au-delà de 1 m. Celles à $pF_{4,2}$ sont supérieures à 15% et 8% respectivement en surface et en profondeur. A $pF_{3,0}$ les teneurs en eau dans les différents horizons sont comprises entre celles à $pF_{2,5}$ et $pF_{4,2}$.

Les valeurs de l'eau utile varient de 12 à 18% dans les vingt premiers centimètres contre seulement 9-14% dans le dernier horizon.

- enfin, les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires possèdent aux trois potentiels capillaires, des teneurs en eau dont les valeurs s'intercalent entre celles des sols hydromorphes et celles des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions aux pF correspondants.

Il en est de même pour les valeurs de l'eau utile.

ANALYSE DES COEFFICIENTS DE CORRELATION DES RANGS DE SPEARMAN ENTRE LES CONSTANTES HYDRIQUES ET LES FRACTIONS DE LA GRANULOMETRIE (Tableau 7).

Elle confirme des résultats déjà connus. Ainsi, les pF sont en corrélation positive très étroite avec les pourcentages d'argile et de limon fin et en corrélation négative avec les pourcentages de sable fin et sable grossier. Il s'en suit également que l'eau utile (E.U.) est corrélée positivement avec le pourcentage des particules dont la taille est inférieure à 20μ et négativement avec le pourcentage des fractions sableuses.

Toutefois, pour les sols hydromorphes et les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, aucune corrélation au risque de 1% et de 5%, n'a été établie entre les teneurs en eau aux différents pF et les pourcentages de limon grossier. En outre, pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, les corrélations entre les teneurs en eau à pF_{3,0} et à pF_{4,0} et les pourcentages de sable grossier ne sont pas significatives au risque de 1% et 5%.

1.3. INDICE D'INSTABILITE STRUCTURALE (Is).

La valeur de Is permet d'apprécier la résistance du sol aux facteurs de dégradation (stabilité structurale) et il est généralement admis que plus Is est bas, plus cette résistance est bonne.

A l'examen de ces valeurs de Is regroupées dans les tableaux 4, 5, 6 et fig. 8, deux remarques préliminaires s'imposent :

- elles sont, d'un point de vue d'ensemble, supérieures à 1 et peuvent avoisiner 9 dans certains horizons des sols hydromorphes.
- elles ont une nette tendance à augmenter en fonction de la profondeur.

Tableau 7 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre les fractions de la granulométrie et les constantes hydriques.

A- Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions

	Argile	Limons fin	Limons grossier	Sable fin	Sable grossier
pF2,5	0,88	0,73	0,06	-0,81	-0,89
pF3,0	0,89	0,70	0,00	-0,85	-0,86
pF4,2	0,88	0,66	-0,05	-0,85	-0,84
Eau utile	0,67	0,89	0,20	-0,64	-0,50

B- Sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires

	Argile	Limons fin	Limons grossier	Sable fin	Sable grossier
pF2,5	-	-	-	-	-
pF3,0	0,76	0,82	-0,55	-0,74	-0,47
pF4,2	0,82	0,73	-0,67	-0,64	-0,44
Eau utile	-	-	-	-	-

(-) : non déterminé

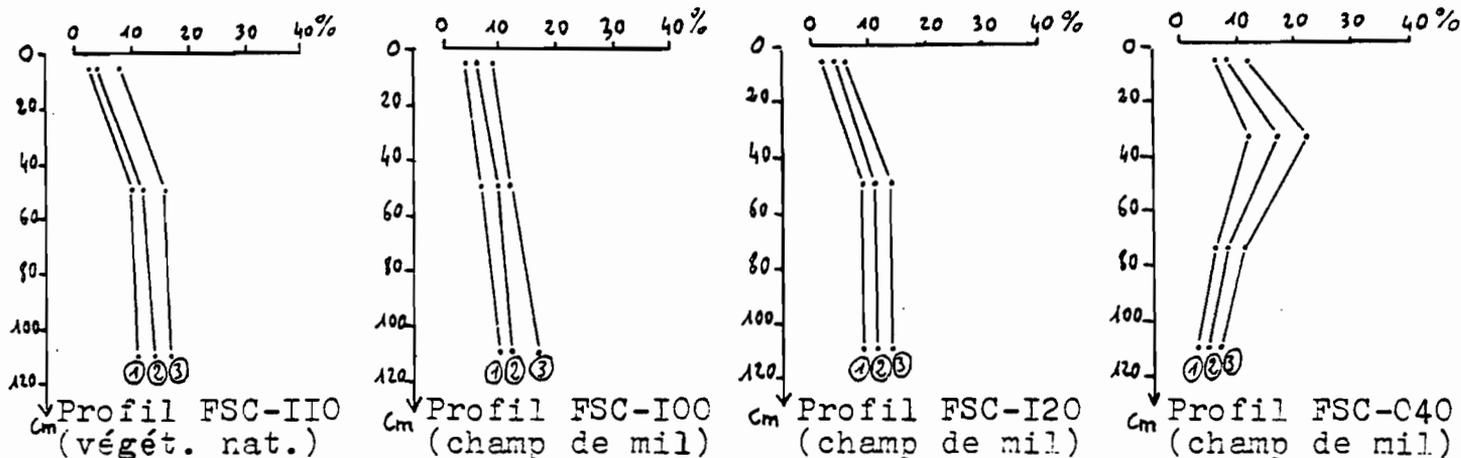
C- Sols hydromorphes

	Argile	Limons fin	Limons grossier	Sable fin	Sable grossier
pF2,5	0,67	0,59	-0,05	-0,60	-0,66
pF3,0	0,60	0,62	-0,07	-0,62	-0,65
pF4,2	0,63	0,65	-0,16	-0,67	-0,66
Eau utile	0,68	0,47	0,10	-0,60	-0,67

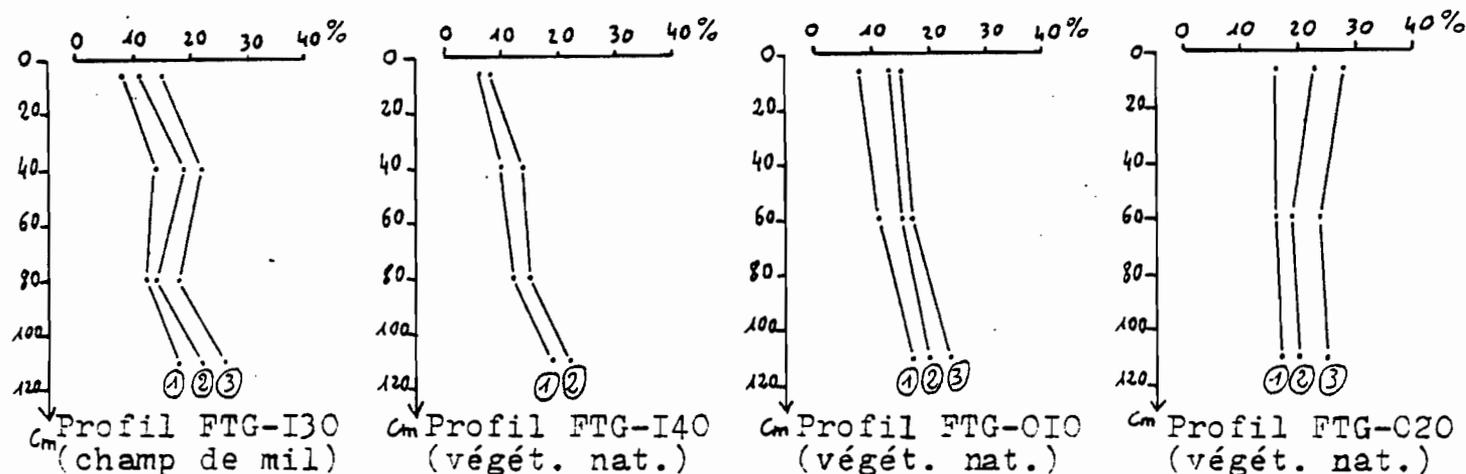
Fig. 7 : Variations des constantes hydriques en fonction de la profondeur

- ① pF 4,2
- ② pF 3,0
- ③ pF 2,5

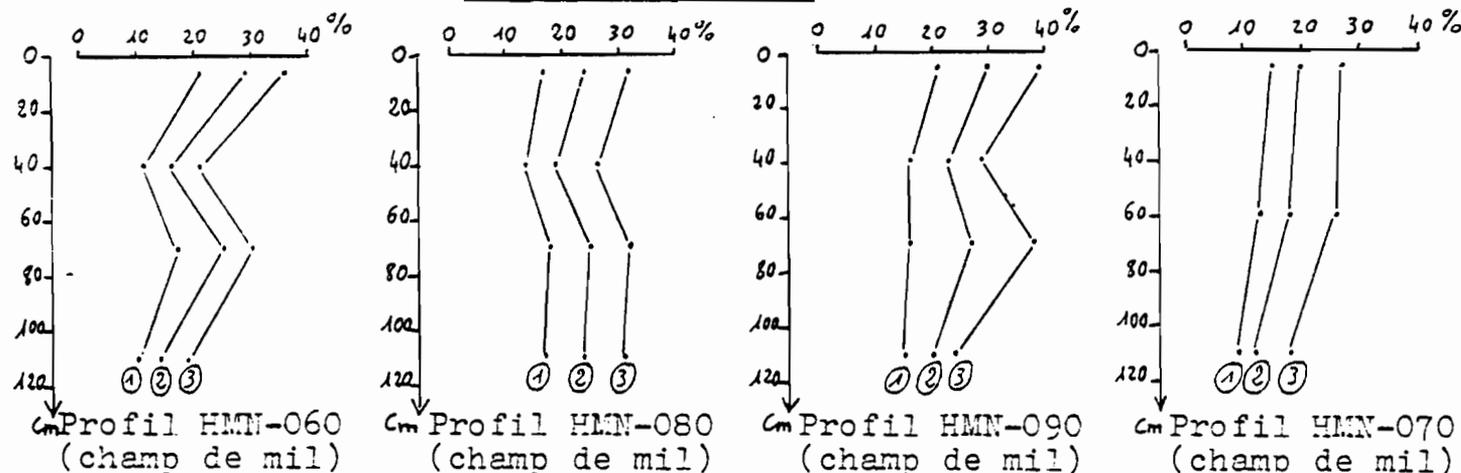
A- Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions



B- Sols ferrugineux tropicaux gravillonneux



C- Sols hydromorphes



1.3.1. DANS LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS.

Les valeurs de I_s des horizons superficiels (0-20cm) varient entre 1,1 et 2,7. A l'exception du profil FSC-040, elles atteignent 3 en profondeur. Toutefois, la valeur maximale de cet indice se situe surtout entre 40-60 cm (profils FSC-110, FSC-100). Au-delà de 1 m, I_s est égal à 2.

Dans le cas particulier du profil FSC-040, cette variable physique diminue des horizons supérieurs ($I_s = 2,7$ entre 0-10 cm) vers les horizons profonds ($I_s = 0,9$ entre 100-120 cm). Cette diminution de I_s correspond à une augmentation du pourcentage de sable grossier dans ce profil.

D'une manière générale, les variations de I_s reflètent celles de la texture et des propriétés hydriques qui lui sont liées. Cependant, les coefficients de corrélation des rangs de Spearman entre les résultats de l'analyse granulométrique et l'indice d'instabilité structurale (I_s) ne mettent pas en évidence des relations étroites entre ces caractéristiques physiques. Tout au plus :

- une augmentation du pourcentage de sable grossier se traduit par une diminution de I_s ($r = -0,70$ au risque de 5%).
- un taux élevé de limon fin s'accompagne généralement d'une valeur plus élevée de I_s ($r = 0,64$ au risque de 5%).

En fonction des constantes hydriques, I_s est en corrélation positive significative avec $pF_{2,5}$ ($r = 0,64$ au risque de 5%), avec $pF_{3,0}$ ($r = 0,62$ au risque de 5%), avec $pF_{4,2}$ ($r = 0,57$ au risque de 5%). La corrélation la plus étroite est obtenue entre I_s et l'eau utile ($r = 0,79$ au risque de 1%).

1.3.2. DANS LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES.

La stabilité structurale est largement influencée par le pourcentage élevé en éléments grossiers ($\phi > 2\text{mm}$) des différents horizons : plus ce pourcentage est élevé, plus il en est de même pour la valeur de I_s ($r = 0,56$ au risque de 5%).

Par ailleurs, les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires ont, en général, des Is supérieurs à ceux des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions : 1,6 à 3 contre 1,1 à 2,7 entre 0-20 cm. Mais dans les deux cas, l'augmentation de la valeur de cet indice en fonction de la profondeur suivie surtout d'une diminution dans le dernier horizon constitue une règle commune. Cette baisse de Is est corrélative à une augmentation de la fraction sableuse (sable grossier) et parallèlement à une diminution de la teneur en argile.

1.3.3. DANS LES SOLS HYDROMORPHES.

Les valeurs de Is sont en moyenne supérieures à celles des sols précédents et augmentent en fonction de la profondeur.

A l'exception du profil HMN-070, Is est compris entre 1,4 et 4,5 dans les horizons superficiels (0-20 cm) et atteint 8,6 entre 60-80 cm (profil HMN-090). C'est généralement dans cet horizon (60-80 cm) que l'indice d'instabilité structurale s'accroît, suivi d'une diminution au-delà.

Dans le cas particulier du profil HMN-090, la très faible valeur de Is (0,9) entre 100-120 cm correspond à une très forte teneur en sable grossier (45%).

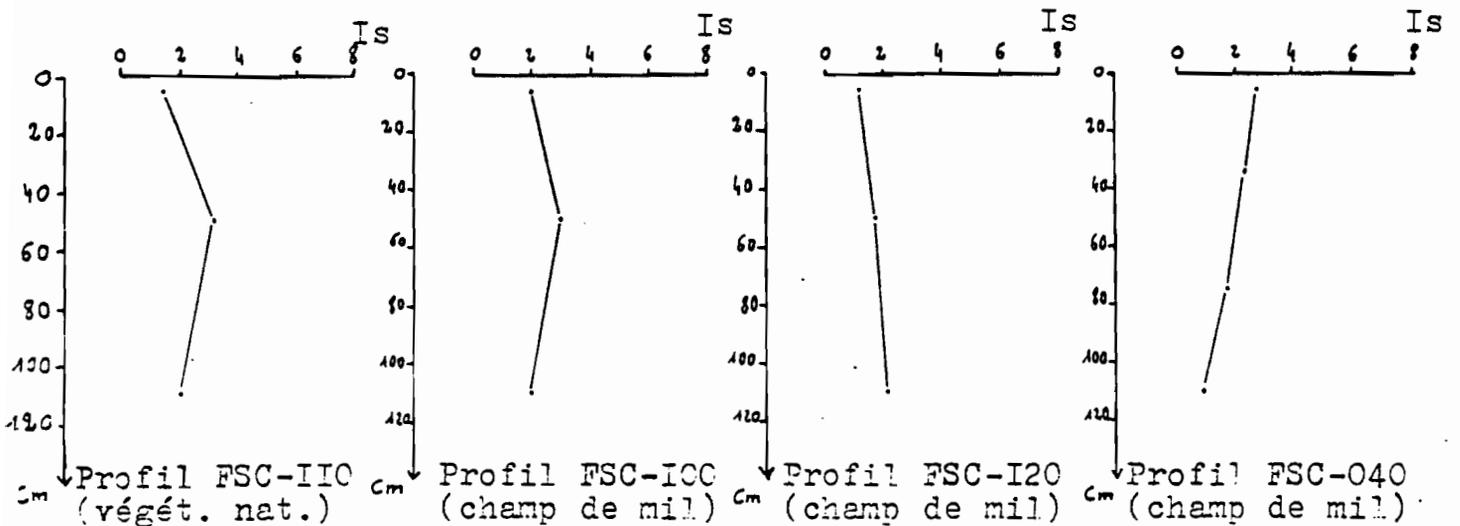
1.3.4. CONCLUSIONS.

Les valeurs de l'indice d'instabilité structurale (Is) augmentent généralement des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions aux sols hydromorphes, celles des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires étant intermédiaires.

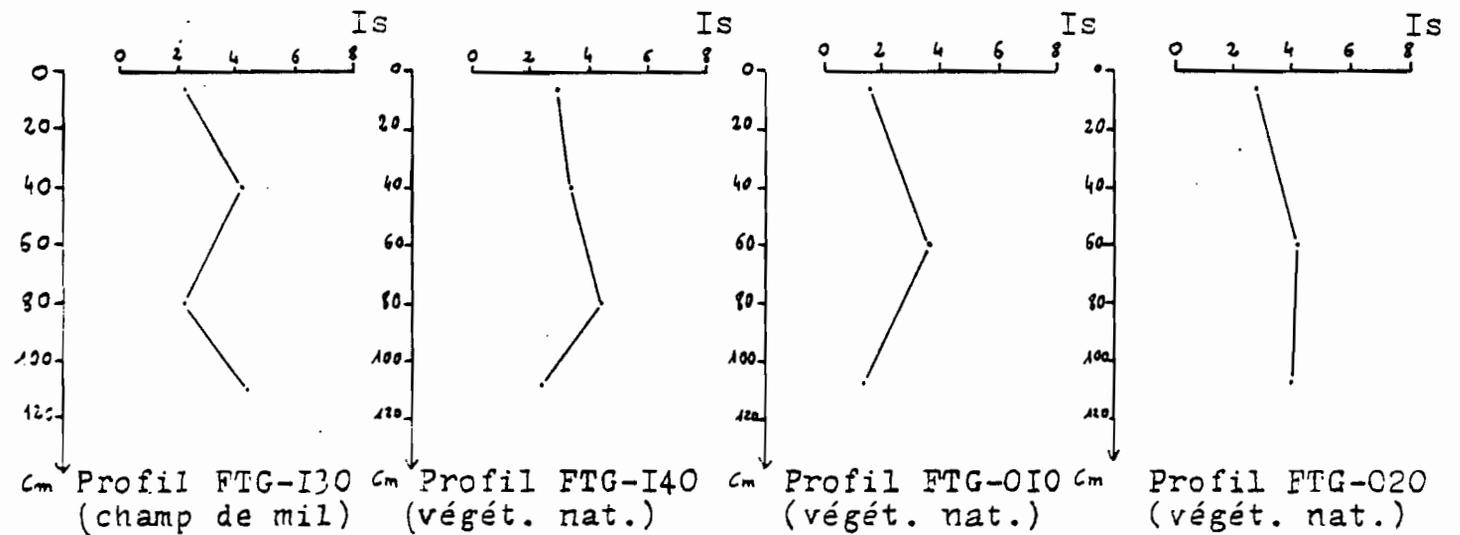
Cette augmentation des valeurs de l'indice d'instabilité structurale reflète celle des pourcentages des particules dont la taille est inférieure à 20 μ . Ainsi, pour les horizons superficiels (0-20 cm), la stabilité structurale, même médiocre des sols ferrugineux tropicaux paraît meilleure que celle des sols hydromorphes.

Fig. 8 : Variations de l'indice d'instabilité structurale (Is) en fonction de la profondeur.

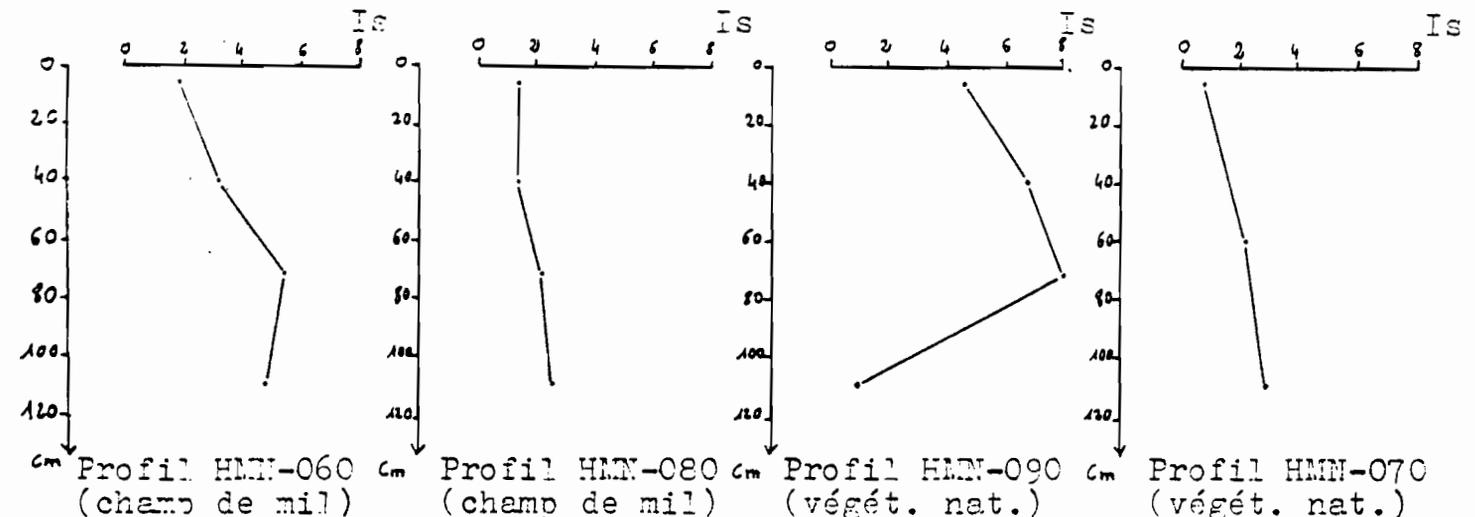
A- Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions



B- Sols ferrugineux tropicaux gravillonneux



C- Sols hydromorphes



- Pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, l'indice d'instabilité structurale atteint ses valeurs maximales (2 à 3) dans les horizons sablo-argileux de profondeur pour lesquels la teneur en argile excède généralement 20% contre 5-10% en surface. Par conséquent, la variation texturale s'accompagne d'une variation de l'indice d'instabilité dans le sens d'une dégradation de la structure.

- Pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, les horizons de profondeur (100-120 cm) ont un indice d'instabilité structurale faible correspondant le plus souvent à des teneurs en sables (sable fin + sable grossier) supérieures à 50%.

- En outre, aucune modification des valeurs de l'indice d'instabilité structurale des horizons supérieurs des trois sols n'a été établie en fonction du type de couverture végétale ; ce qui est en relation avec l'absence de variation du pourcentage des fractions granulométriques selon que le sol est cultivé ou sous la végétation naturelle. Toutefois, l'élément essentiel qui explique les valeurs de l'indice de stabilité structurale (I_s) est la période de prélèvement (fin de la saison des pluies). Il semble, en effet, que la stabilité structurale des sols subisse des variations saisonnières qui se traduisent pour les régions tropicales par des I_s maximums en période pluvieuse et minimums en saison sèche (COMBEAU, 1965). En outre, cet auteur a montré que les variations de l'indice d'instabilité structurale étaient comparables à celles de l'humidité du sol. Il précise surtout que lorsque la structure se dégrade (I_s élevé), on observe une tendance à l'engorgement du sol. Ces remarques qui corroborent nos observations expliquent également l'augmentation des valeurs de I_s en fonction de la profondeur (humidité croissante).

Mais les variations climatiques et les caractéristiques physiques du sol ne suffisent pas à elles seules pour induire le type de structure encore moins sa résistance aux facteurs de dégradation. D'où la nécessité pour l'interprétation des résultats de faire appel à d'autres paramètres tels que la teneur en matière organique et l'activité des micro-organismes et de la faune du sol.

2. LES CARACTERES CHIMIQUES

2.1. PH ET COMPLEXE ABSORBANT.

Les résultats sont consignés dans les tableaux 8, 9, 10 et fig. 9, 10, 11 et suscitent le commentaire suivant :

2.1.1. LE PH.

Pour les horizons supérieurs (0-20 cm) aucune distinction ne peut être faite entre les sols ferrugineux tropicaux et les sols hydromorphes. Le pH y est légèrement acide (6,5) à acide (5,8).

En profondeur, le pH est voisin de la neutralité (6,9) voire basique (8,9) dans les sols hydromorphes. Au-delà de 1 m, la différence de pH (pH eau - pH KCl) est en moyenne supérieure à 1,1. Par contre, dans les sols ferrugineux tropicaux, il reste légèrement acide à acide et la différence de pH n'excède pas 1,1.

2.1.2. LE COMPLEXE ABSORBANT.

La capacité totale d'échange (T) augmente sensiblement des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes. Les valeurs les plus faibles se localisent principalement dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions : 1,5 à 3,5 mé/100g en surface contre 4-5 mé/100g en profondeur. Pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, les valeurs de T sont de l'ordre de 6,0 à 9,5 mé/100g entre 0-20 cm, contre 22-30 mé/100 au même niveau pour les sols hydromorphes.

La capacité d'échange spécifique de l'argile granulométrique pour les horizons profonds augmente également des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes suivant le schéma ci-dessous :

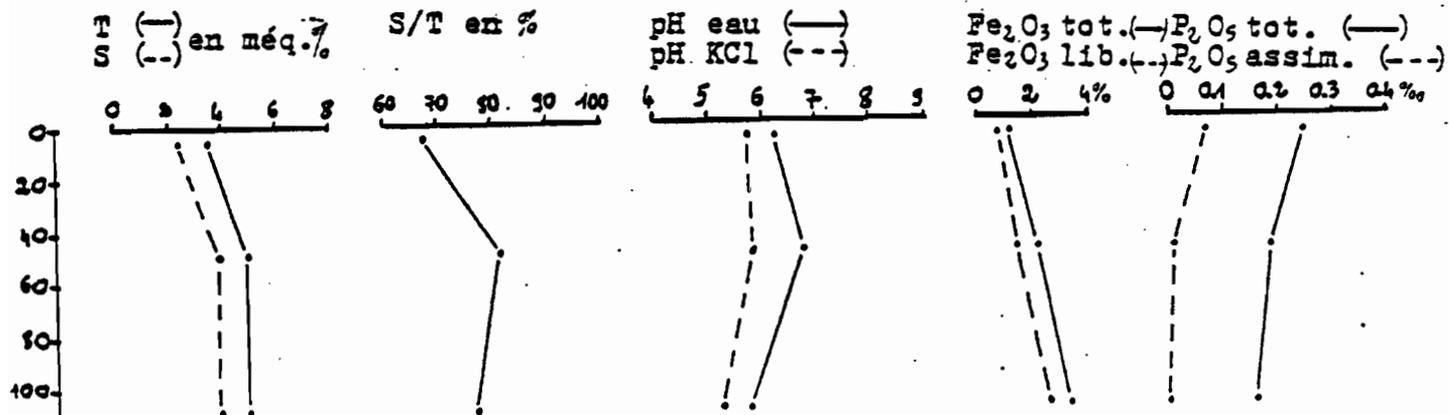
N° PROFIL.	FSC - 110			FSC - 100			FSC - 120			FSC - 040			
	Végétation naturelle			Champ de mil			Champ de mil			Champ de mil			
	Niveau de prélèvement (cm)	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-10	30-40	70-80
Capacité totale d'échange (T) en mé/100g.	3,5	5,0	5,0	2,5	3,0	4,5	1,5	4,5	4,0	10,5	19,0	6,0	4,0
Somme des bases échangeables (S) en mé/100 g	2,4	4,1	3,9	2,4	2,8	3,2	1,4	3,5	2,5	10,9	19,5	6,3	3,4
Taux de saturation (S/T) en %	68	82	78	96	93	70	93	78	62	sat.	sat.	sat.	85
pH eau	6,3	6,8	5,8	6,6	7,2	5,3	6,1	5,5	5,3	8,2	8,3	7,3	6,5
pH KCl	5,8	5,9	5,3	5,8	6,3	5,1	5,1	5,0	4,8	7,1	7,6	6,2	5,5
pH eau - pH KCl	0,5	0,9	0,5	0,8	0,9	0,2	1,0	0,5	0,5	1,1	0,7	1,1	1,0
Ca ⁺⁺ échangeables en mé/100 g	1,80	3,00	3,00	2,05	2,15	2,25	0,80	2,25	1,80	9,00	14,20	5,25	2,40
Ca ⁺⁺ de réserve en mé/100 g	6,4	3,9	3,2	6,4	3,9	3,2	2,5	3,6	2,5	10,7	16,4	6,1	5,0
Ca ⁺⁺ échang./Ca ⁺⁺ de réserve en %	28	77	94	32	55	70	32	62	72	84	86	86	48
Mg ⁺⁺ échangeables en mé/100 g	0,45	0,75	0,75	0,35	0,55	0,75	0,50	1,20	0,60	1,50	4,50	0,75	0,90
Mg ⁺⁺ de réserve en mé/100 g	2,5	5,0	5,5	3,5	4,0	5,0	2,0	4,5	3,0	7,4	14,9	7,9	5,9
Mg ⁺⁺ échang./Mg ⁺⁺ de réserve en %	18	15	14	10	14	15	25	26	20	20	30	9	15
Na ⁺ échangeables en mé/100 g	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,02	0,07	0,48	0,13	0,08
Na ⁺ de réserve en mé/100 g	4,2	2,6	2,3	1,9	1,6	1,9	2,6	2,7	2,3	2,0	2,9	2,3	2,3
Na ⁺ échang./Na ⁺ de réserve en %	0,4	0,7	1,3	1	1	2	0,8	0,8	0,9	3	16	5	3
K ⁺ échangeables en mé/100 g	0,10	0,34	0,12	0,08	0,06	0,12	0,05	0,06	0,08	0,30	0,33	0,16	0,09
K ⁺ de réserve en mé/100 g	1,1	3,0	3,6	1,3	1,9	2,8	0,6	2,6	2,3	2,3	5,1	2,5	1,7
K ⁺ échang./K ⁺ de réserve en %	9	11	3	6	3	4	8	2	3	13	6	6	5
Somme des cations de réserve (E) en mé/100 g	14,2	14,5	14,6	13,1	11,4	12,9	7,7	13,4	10,1	22,4	39,3	18,8	14,9

TABLEAU 8 : Caractères chimiques des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.

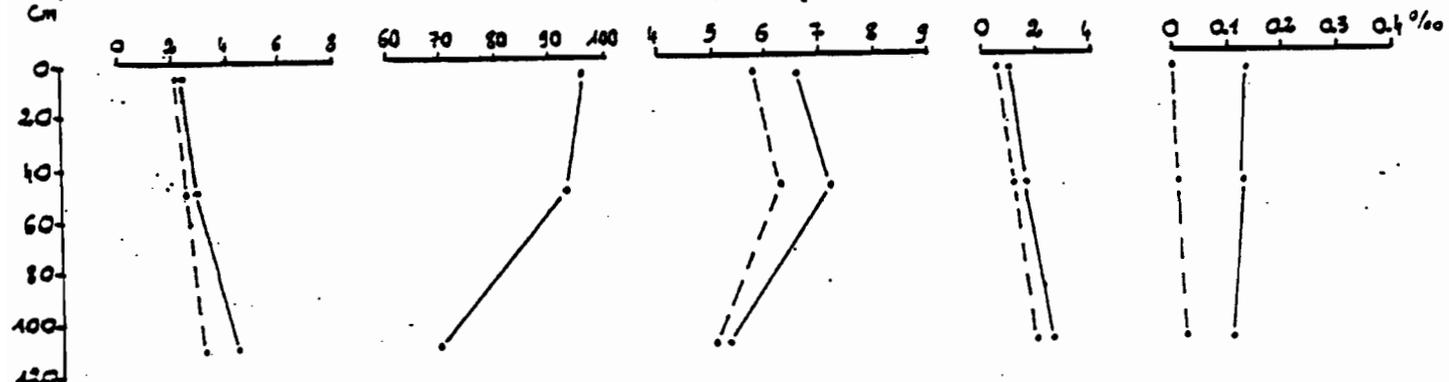
Fig. 9 : Variations de quelques caractéristiques chimiques en fonction de la profondeur;

Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.

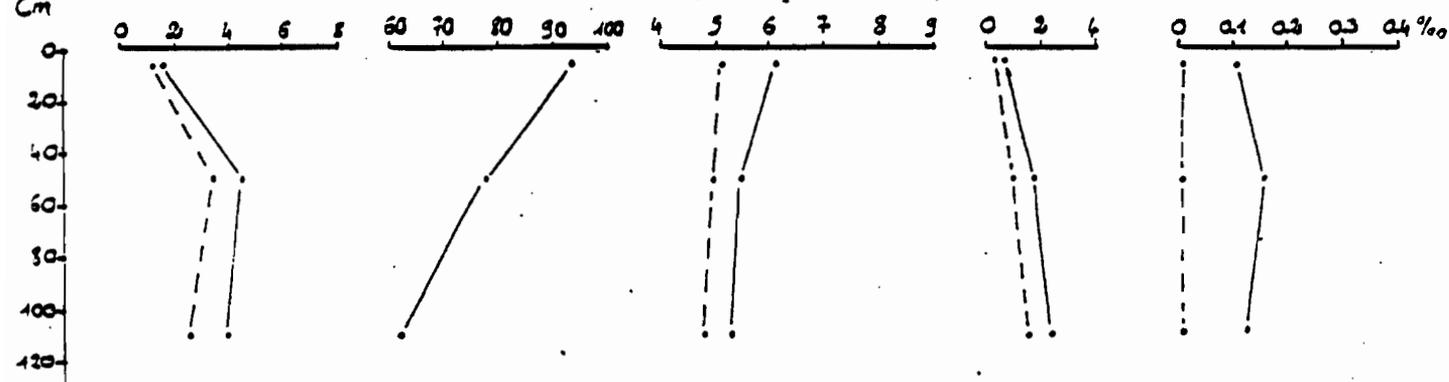
A- PROFIL FSC-IIO (végétation naturelle)



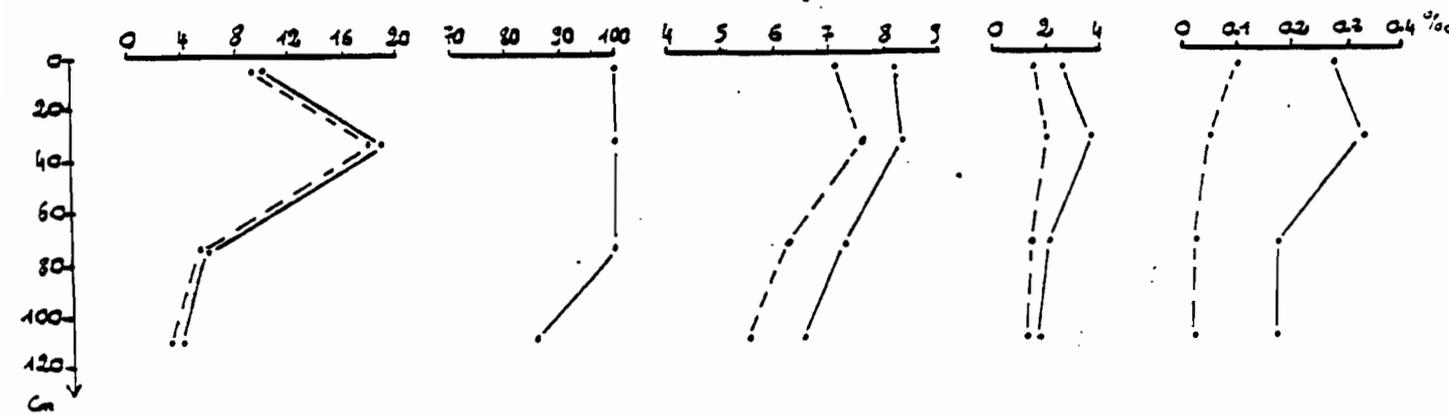
B- Profil FSC-ICO (champ de mil)



C- Profil FSC-I2C (champ de mil)



D- Profil FSC-O4C (champ de mil)



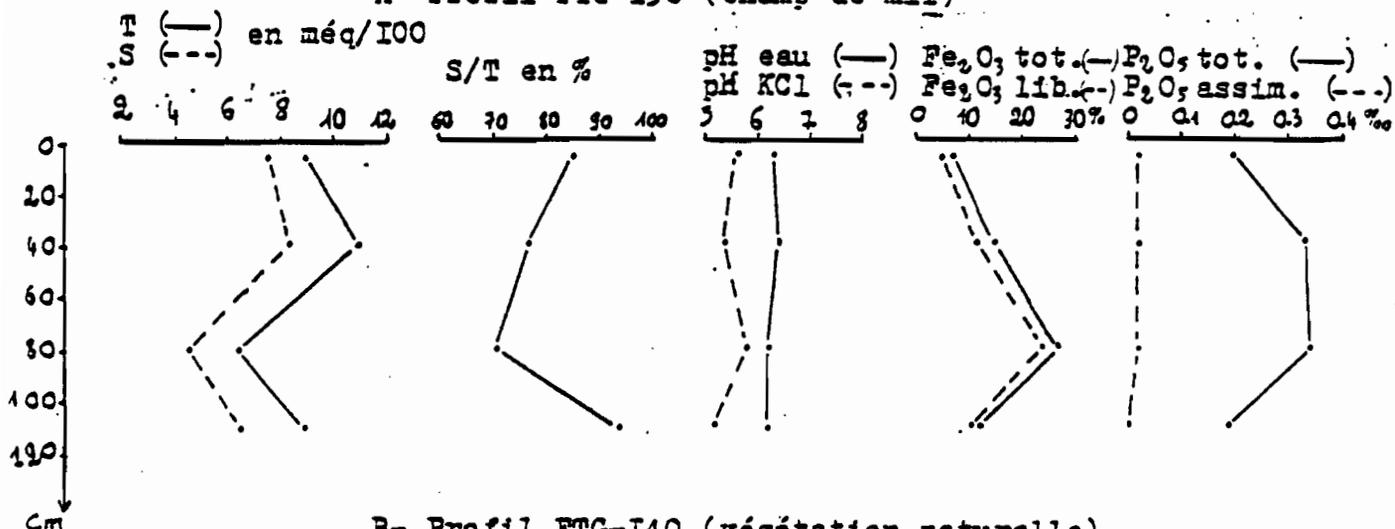
Couverture végétale	Champ de mil				Végétation naturelle			Végétation naturelle			Végétation naturelle			
	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
Niveau de prélèvement (cm)	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
Capacité totale d'échange (T) en mē/100 g	9,0	11,0	6,5	9,0	6,5	9,0	7,0	9,5	6,0	5,0	6,0	24	7,5	6,5
Somme des bases échangeables (S) en mē/100 g	7,6	8,4	4,6	6,5	4,6	6,9	5,4	7,7	4,6	3,9	4,8	14,4	5,5	5,0
Taux de saturation (S/T) en %	85	77	71	94	71	77	77	81	76	78	80	60	73	77
pH eau	6,3	6,4	6,2	6,2	5,8	5,9	6,2	5,9	6,2	6,1	6,0	5,7	5,9	6,4
pH KCl	5,6	5,4	5,8	5,2	5,2	5,3	5,5	5,4	5,6	5,6	5,7	5,2	5,4	5,7
pH eau - pH KCl	0,7	1,0	0,4	1,0	0,6	0,6	0,7	0,5	0,6	0,5	0,3	0,5	0,5	0,7
Ca ⁺⁺ échangeables en mē/100 g	5,2	6,4	3,0	5,7	3,4	5,2	3,7	5,2	3,0	2,2	2,5	11,2	3,8	3,0
Ca ⁺⁺ de réserve en mē/100 g	6,0	7,5	4,6	6,4	4,6	6,4	5,0	6,1	5,3	3,9	3,9	11,8	5,0	4,6
Ca ⁺⁺ échang./Ca ⁺⁺ de réserve en %	87	85	65	89	74	81	74	85	57	56	64	95	76	65
Mg ⁺⁺ échangeables en mē/100 g	2,2	1,8	1,5	2,5	1,0	1,5	1,5	2,2	1,5	1,5	2,0	3,0	1,5	1,8
Mg ⁺⁺ de réserve en mē/100 g	5,5	6,1	4,7	6,8	3,6	5,1	5,3	7,4	6,9	7,4	9,4	14,9	10,4	6,9
Mg ⁺⁺ échang./Mg ⁺⁺ de réserve en %	40	29	32	37	28	29	28	30	22	20	21	20	14	26
Na ⁺ échangeables en mē/100 g	0,04	0,05	0,05	0,08	0,04	0,04	0,07	0,09	0,02	0,04	0,06	0,07	0,05	0,05
Na ⁺ de réserve en mē/100 g	2,3	1,9	2,6	2,9	1,9	2,3	3,9	4,5	1,9	1,9	1,9	2,3	2,9	5,8
Na ⁺ échang./Na ⁺ de réserve en %	2	3	2	3	2	2	2	2	1	2	3	3	2	0,8
K ⁺ échangeables en mē/100 g	0,10	0,14	0,07	0,12	0,09	0,10	0,09	0,10	0,08	0,12	0,20	0,11	0,12	0,15
K ⁺ de réserve en mē/100 g	2,1	3,2	3,0	4,9	1,5	2,5	2,3	4,2	2,3	3,2	4,0	5,5	4,4	4,2
K ⁺ échang./K ⁺ de réserve en %	5	4	2	2	6	4	4	2	3	4	5	2	3	4
Somme des cations de réserve (Σ) en mē/100 g	15,9	18,7	14,9	21,0	11,6	16,3	16,5	22,2	16,4	16,4	19,2	34,5	22,7	21,5

TABLEAU 9 : Caractères chimiques des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires

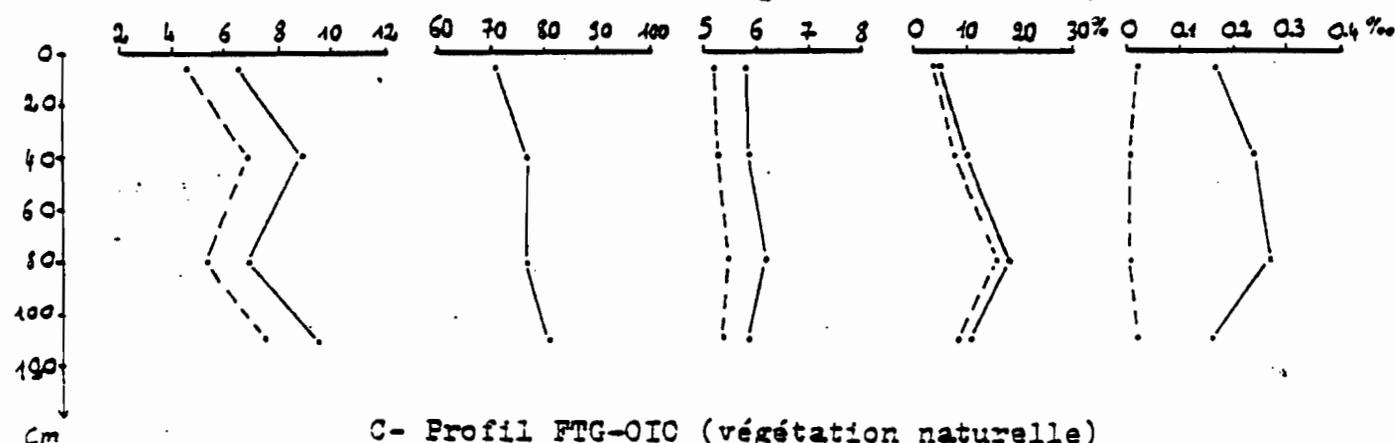
Fig.10: Variations de quelques caractéristiques chimiques en fonction de la profondeur.

Sols ferrugineux tropicaux gruvillonnaires

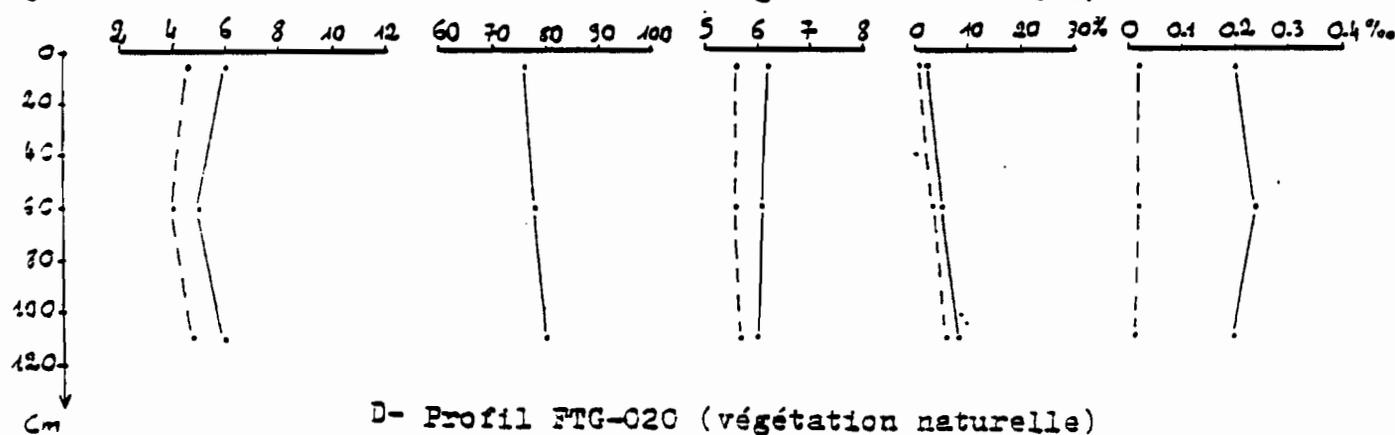
A- Profil FTG-I30 (champ de mil)



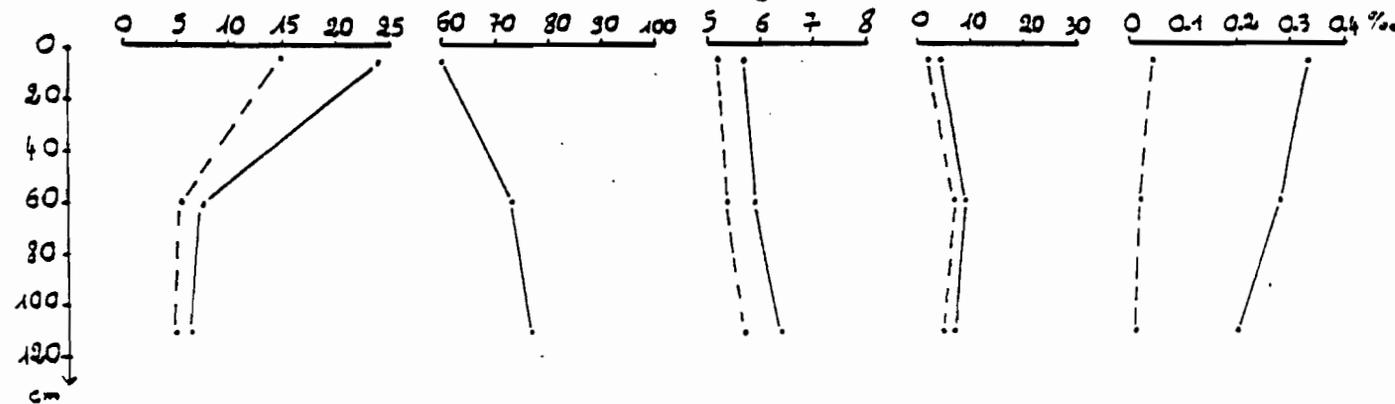
B- Profil FTG-I40 (végétation naturelle)



C- Profil FTG-O10 (végétation naturelle)



D- Profil FTG-O20 (végétation naturelle)



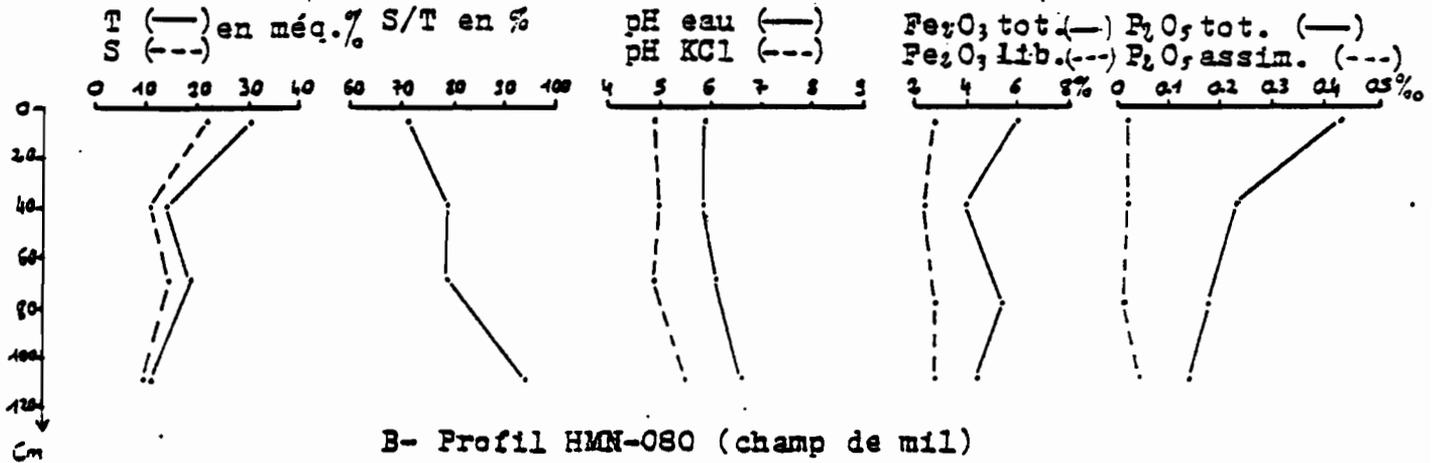
N° PROFIL.	HMN - 060				HMN - 080				HMN - 090				HMN - 070		
	Champ de mil				Champ de mil				Végétation naturelle				Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement (cm)	0-20	30-40	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	50-70	100-120
Capacité totale d'échange (T) en mē/100 g	30,0	14,5	19,5	11,4	27,0	18,0	22,5	27,8	30,5	17,0	19,0	31,6	22,0	16,0	9,5
Somme des bases échangeables (S) en mē/100 g	21,4	11,5	15,4	10,8	12,6	15,3	19,2	26,3	24,1	15,8	16,1	29,3	17,6	13,8	9,3
Taux de saturation (S/T) en %	71	79	79	94	87	85	85	94	79	93	84	93	80	86	98
pH eau	5,9	5,9	6,1	6,6	6,1	5,8	5,6	7,2	6,1	7,7	9,3	8,9	6,2	6,1	6,9
pH KCl	4,9	5,0	4,9	5,5	5,2	4,7	4,5	5,8	4,9	6,1	8,0	7,7	5,3	5,2	5,7
pH eau - pH KCl	1,0	0,9	1,2	1,1	0,9	1,1	1,1	1,4	1,2	1,6	1,3	1,2	0,9	0,9	1,2
Ca ⁺⁺ échangeables en mē/100 g	15,7	8,2	11,5	7,5	16,5	12,0	15,0	20,2	16,5	9,8	9,0	18,6	13,5	9,3	6,3
Ca ⁺⁺ de réserve en mē/100 g	17,1	13,6	15,0	12,1	21,4	15,0	17,8	24,3	20,7	13,6	24,3	55,3	19,3	16,1	12,8
Ca ⁺⁺ échang./Ca ⁺⁺ de réserve en %	92	60	77	62	77	80	84	83	80	72	37	34	70	58	49
Mg ⁺⁺ échangeables en mē/100 g	5,3	3,0	3,5	3,0	6,8	3,0	3,8	5,2	6,0	3,0	4,5	7,5	3,7	4,2	2,7
Mg ⁺⁺ de réserve en mē/100 g	24,3	17,4	24,3	19,3	29,3	21,8	26,8	23,8	29,3	23,3	27,3	23,8	24,3	23,8	16,4
Mg ⁺⁺ échang./Mg ⁺⁺ de réserve en %	22	17	14	23	23	14	14	22	20	13	16	31	15	17	16
Na ⁺ échangeables en mē/100 g	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,6	1,4	2,7	2,2	3,0	0,1	0,1	0,2
Na ⁺ de réserve en mē/100 g	2,3	1,6	1,9	2,3	1,6	2,0	2,2	2,3	3,5	5,2	8,7	6,8	1,9	2,3	2,2
Na ⁺ échang./Na ⁺ de réserve en %	4	6	10,5	9	6	5	9	26	40	52	25	44	5	4	9
K ⁺ échangeables en mē/100 g	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,1
K ⁺ de réserve en mē/100 g	6,6	3,9	4,9	3,0	4,5	4,0	4,5	4,2	5,3	4,0	3,6	3,6	4,7	4,7	3,0
K ⁺ échang./K ⁺ de réserve en %	4	5	4	3	4	5	4	7	4	7	11	5	6	4	3
Somme des cations de réserve (Σ) en mē/100 g	50,3	36,2	46,1	36,7	56,8	42,8	51,3	54,6	58,8	46,1	63,9	89,5	50,2	46,9	34,4

TABLEAU 40: Caractères chimiques des sols hydromorphes.

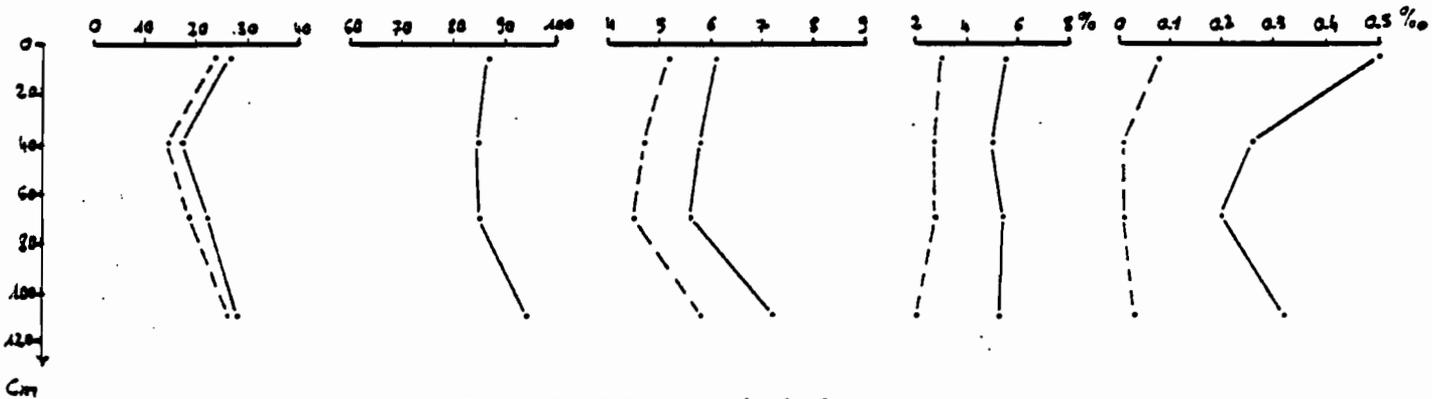
Fig. 11: Variations de quelques caractéristiques chimiques en fonction de la profondeur.

Sols hydromorphes

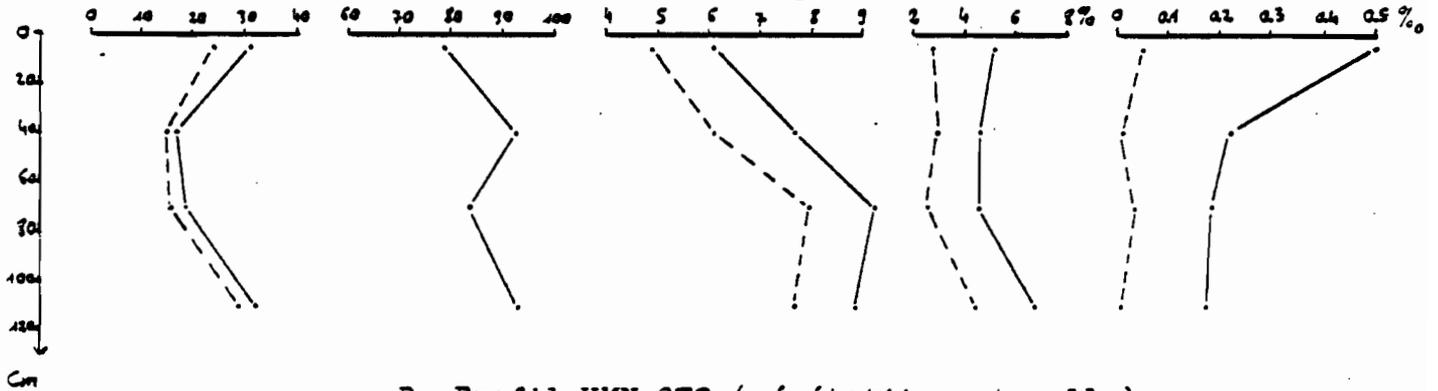
A- Profil HMN-060 (champ de mil)



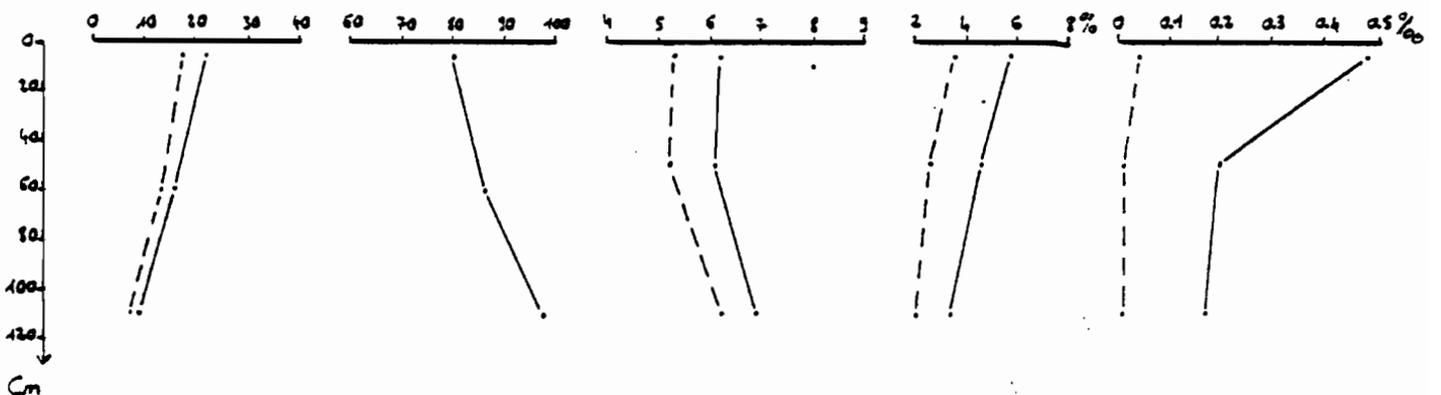
B- Profil HMN-080 (champ de mil)



C- Profil HMN-090 (végétation naturelle)



D- Profil HMN-070 (végétation naturelle)



Sols ferrugineux trop. sans concrétions	→	Sols ferrugineux trop. gravillonnaires	→	Sols hydromorphes
16-18 mé/100g d'argile		20-40 mé/100 g d'argile		60-80 mé/100 g. d'argile

Ces différentes valeurs indiquent :

- . la prédominance d'argile de type 1/1 dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.
- . la prédominance d'argile de type 2/1 dans les sols hydromorphes.
- . l'existence de deux types d'argile dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

Toutefois, ces chiffres sont certainement surestimés en particulier dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires et dans les sols hydromorphes en raison des teneurs en limon fin égales respectivement à 10-15% et 15-20%.

D'une manière générale, la capacité totale d'échange (T) est corrélée positivement avec le pourcentage des particules dont la taille est inférieure à 20 μ et négativement avec celui des fractions sableuses (sable grossier en particulier).

- La somme des cations échangeables (S) présente des variations identiques à celles de la capacité totale d'échange (T) en fonction de la profondeur. En outre, elle s'accroît des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes et ses valeurs les plus faibles se localisent dans les horizons supérieurs (0-20 cm) des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions : 1,4 à 2,4 mé/100 g.

Le taux de saturation (S/T en %) qui en résulte est en général supérieur à 60-70% entre 0-20 cm et augmente des horizons superficiels vers les horizons profonds. En profondeur, S/T qui excède rarement 85% dans les sols ferrugineux tropicaux, atteint 98% dans les sols hydromorphes.

Comme la capacité totale d'échange (T), la somme des cations échangeables (S) est en corrélation significative positive avec le taux de limon fin et négative avec celui de la fraction "sable grossier".

Au total, l'observation essentielle qui ressort de l'étude du complexe absorbant est la saturation de celui-ci ($S/T > 90\%$) dans les horizons de surface des profils sous culture de mil des sols ferrugineux tropicaux. Il semble ainsi que la mise en culture de ces sols par le système traditionnel, entraîne une augmentation du taux de saturation (en particulier S) dans les horizons supérieurs. Cette observation qui est en contradiction avec les résultats généralement obtenus (baisse de pH et du taux de saturation pour les parcelles cultivées) ne paraît pas liée au mode de préparation du sol (abattage et brûlis de la végétation naturelle) car la date de prélèvement des échantillons de sol (fin de la saison des pluies) rend cette explication moins certaine.

- A l'image de S et T, les différentes bases échangeables augmentent des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions aux sols hydromorphes, les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires étant intermédiaires.

D'une manière générale, l'ion calcium représente plus des 2/3 de S, tandis que les ions Na^+ et K^+ ont des valeurs extrêmement faibles (moins de 0,5 mé/100g). Toutefois, l'inégalité $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ qui ne varie pas en fonction de la profondeur dans les sols ferrugineux tropicaux, devient $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ pour les horizons profonds des sols hydromorphes.

2.1.3. LES COEFFICIENTS DE CORRELATION DES RANGS DE SPEARMAN.

Ils indiquent, pour l'ensemble des sols, une interdépendance positive significative au risque de 1% :

- . entre S et T.
- . entre les ions bivalents (Ca^{++} et Mg^{++}) et S.

En outre, Ca^{++} et Mg^{++} varient dans le même sens.

Pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions et les sols hydromorphes, le pH (eau et KCl) et S/T sont en corrélation positive significative.

2.1.4. CONCLUSIONS.

L'étude du pH et du complexe absorbant fait ressortir les éléments essentiels suivants :

- la capacité totale d'échange (T) et la somme des bases échangeables (S) augmentent des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes. Cette augmentation est liée entre autres, au pourcentage croissant des particules argilo-limoneuses et à la diminution de la teneur en sable grossier.

- le taux de saturation, supérieur 60-70%, avoisine 100% dans les horizons superficiels des profils sous culture de mil (sols ferrugineux tropicaux). La mise en culture de ces sols pour une période relativement courte (inférieure à 3 ans) ne provoque pas une désaturation du complexe absorbant entre 0-20 cm. Ce résultat est en contradiction avec ceux que SOURABIE (1979) a obtenu à propos des cultures de canne à sucre à Beregadougou (Haute-Volta). Cette différence s'explique par la nature des systèmes de mise en culture : traditionnel ici, moderne là. Elle souligne également le fait que le système traditionnel "n'abime" pas le sol au contraire du système moderne.

- les bases échangeables sont entièrement dominées par les cations divalents (Ca^{++} et Mg^{++}).

- le pH demeure légèrement acide à acide mais peut dépasser sensiblement 7 dans les horizons profonds des sols hydromorphes sous l'influence de la roche-mère (granites migmatitiques calco-alcalins à amphibole). Dans les sols ferrugineux tropicaux par contre, la nature du matériau originel (kaolinite) imprime au pH des valeurs inférieures à 7 et une faible capacité totale d'échange.

Toutefois, les profils FTG-020 et FSC-040, en relation avec leurs particularités granulométriques, possèdent dans l'ensemble des propriétés chimiques qui tranchent avec celles des autres profils de sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires pour le premier et de sols ferrugineux tropicaux sans concrétions pour le second. En particulier, T et S des horizons supérieurs (0-20 cm) de ces deux profils sont plus élevés.

2.2. LES CATIONS DE RESERVE.

Leurs valeurs varient comme suit :

2.2.1. POUR LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS (tableau 8)

La somme des cations de réserve (Σ) reste faible. Elle est inférieure à 15 mé/100 g entre 0-20 cm et varie peu en fonction de la profondeur. En outre, comme la somme des bases échangeables (S), Σ est largement dominée par les ions divalents (Ca^{++} de réserve et Mg^{++} de réserve). Ainsi :

- la teneur en Ca^{++} de réserve varie en moyenne de 2-6 mé/100 g en surface à 2-4 mé/100g au-delà de 1 m de profondeur. Cette diminution de la teneur en Ca^{++} de réserve s'accompagne d'une augmentation de la teneur en Ca^{++} échangeable : le rapport $\frac{\text{Ca}^{++}\text{échangeable}}{\text{Ca}^{++}\text{de réserve}}$ passe de 30% entre 0-20 cm à plus de 70% en profondeur.

- la teneur en Mg^{++} de réserve augmente des horizons superficiels (2-3,5 mé/100 g) vers les horizons profonds (3-5,5 mé/100 g). En profondeur, elle domine la teneur en Ca^{++} de réserve. Toutefois, le rapport $\frac{\text{Mg}^{++}\text{échangeable}}{\text{Mg}^{++}\text{de réserve}}$ (20% en moyenne) varie peu avec la profondeur.

- la teneur en Na^+ de réserve est de l'ordre de 2-3 mé/100g entre 0-20 cm et varie peu des horizons supérieurs vers les horizons profonds. Il en est de même pour le rapport $\frac{\text{Na}^+\text{échangeable}}{\text{Na}^+\text{de réserve}}$ qui demeure inférieur à 2%.

- la teneur en K^+ de réserve augmente en fonction de la profondeur : 1 mé/100g entre 0-20 cm et 2-4 méq/100 g entre 100-120 cm. Par contre, le rapport $\frac{\text{K}^+\text{échangeable}}{\text{K}^+\text{de réserve}}$ passe respectivement de 10% à 3%.

Au total, la comparaison de la teneur en ces cations de réserve permet d'établir les inégalités suivantes :

- . $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ pour les horizons supérieurs
- . $\text{Mg}^{++} > \text{Ca}^{++} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$ pour les horizons profonds.

En outre, l'ensemble des cations se trouve essentiellement sous forme de réserve, principalement Na^+ et K^+ .

2.2.2. POUR LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES (tableau 9)

Ces derniers présentent beaucoup d'analogie avec les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions : la somme des cations de réserve (Σ) d'une part et la quantité des différents cations d'autre part ont respectivement des valeurs d'un même ordre de grandeur. Dans ces sols :

- le calcium se trouve essentiellement sous forme échangeable
- Mg^{++} échangeable représente environ 20 à 40% de Mg^{++} de réserve.
- les ions Na^+ et K^+ sont surtout sous forme de réserve, leur forme échangeable n'excédant pas 6%.

2.2.3. POUR LES SOLS HYDROMORPHES (tableau 10).

Contrairement aux sols ferrugineux tropicaux, la somme des cations de réserve et leurs quantités respectives sont élevées, avec prédominance des ions magnésium sur le reste.

Dans les horizons supérieurs (0-20 cm) :

- la somme des cations de réserve est égale à 50-60 mé/100 g.
- les teneurs en Ca^{++} de réserve et Mg^{++} de réserve sont respectivement de l'ordre de 20 mé/100 g et 25-30 mé/100.
- la teneur en Na^+ de réserve est généralement inférieure à 3 mé/100 g, tandis que la teneur en K^+ de réserve est comprise entre 3 et 6 mé/100 g.

D'où l'inégalité : $Mg^{++} > Ca^{++} > K^+ > Na^+$.

En fonction de la profondeur, la quantité des différents cations varie de façon irrégulière.

Le rapport entre la forme échangeable et la forme de réserve des différents cations permet de faire les remarques suivantes :

- Ca^{++} échangeable constitue environ 70 à 90% de Ca^{++} de réserve dans les vingt premiers centimètres contre seulement 15-20% pour le rapport $\frac{Mg^{++} \text{ échangeable}}{Mg^{++} \text{ de réserve}}$.

- Par contre, les ions monovalents échangeables (Na^+ et K^+) représentent généralement moins de 10% de leur forme de réserve.

D'une manière générale, comme l'ensemble des éléments qui caractérisent le complexe absorbant, l'étude des cations de réserve pour les sols concernés entraîne les observations ci-après :

- leur teneur augmente globalement des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes

- la plupart de ces cations de réserve sont en corrélation significative positive avec le pourcentage des particules fines ($\emptyset < 20\mu$) et négative avec celui des fractions dont la taille est supérieure à 20μ

2.3. LE PHOSPHORE TOTAL ET ASSIMILABLE.

Les teneurs en phosphore (P_2O_5) total et assimilable sont portées sur les tableaux 11, 12, 13 et les figures 9, 10, 11 montrent leurs variations en fonction de la profondeur.

2.3.1. POUR LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES.

Le phosphore total dépasse rarement 0,30% et varie peu en fonction de la profondeur.

Il en est de même pour la teneur en phosphore assimilable qui reste inférieure à 0,02%.

TABLEAU 41 : Teneurs en phosphore (P₂O₅) dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions

N° PROFIL	FSC - 110			FSC - 100			FSC - 120			FSC - 040			
	Végétation naturelle			Champ de mil			Champ de mil			Champ de mil			
Niveau de prélèvement	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-10	30-40	70-80	100-120
P. total (%)	0,25	0,19	0,16	0,14	0,13	0,14	0,11	0,16	0,14	0,28	0,33	0,17	0,17
P. assimilable (%)	0,07	0,01	0	0	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,1	0,05	0,02	0,02
P. ass./P.tot. %	28,0	5,3	-	-	7,7	14,3	9,1	6,2	7,1	35,7	15,1	11,8	11,8

TABLEAU 42 : Teneurs en phosphore (P₂O₅) dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires

N° PROFIL	FTG - 130				FTG - 140				FTG - 010			FTG - 020		
	Champ de mil				Végétation naturelle				Végétation naturelle			Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
P. total (%)	0,20	0,33	0,34	0,19	0,17	0,24	0,27	0,16	0,20	0,24	0,19	0,33	0,28	0,19
P. assimilable (%)	0,01	0,01	0,01	0	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,04	0,02	0,01
P. ass./P.tot. %	5,0	3,3	3,3	-	11,8	4,2	3,7	12,5	10,0	8,3	5,3	12,1	7,1	5,3

TABLEAU 43 : Teneurs en phosphore (P₂O₅) dans les sols hydromorphes

N° PROFIL	HMN - 060				HMN - 080				HMN - 090				HMN - 070		
	Champ de mil				Champ de mil				Végétation naturelle				Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	50-70	100-120
P. total (%)	0,43	0,23	0,18	0,14	0,51	0,26	0,20	0,32	0,49	0,22	0,19	0,18	0,47	0,20	0,17
P. assimilable (%)	0,02	0,02	0,01	0,04	0,08	0,01	0,01	0,03	0,05	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01	0,01
P. ass./P.tot. %	4,6	8,7	5,5	28,6	15,7	3,8	5,0	9,4	10,2	4,5	21,0	5,5	8,5	5,0	5,9

Le rapport $\frac{P_2O_5 \text{ assimilable}}{P_2O_5 \text{ total}}$ dont la plus faible valeur (5%) entre 0-20 cm se situe sous culture de mil (profil FTG-130) est égal à 10-12% sous la végétation naturelle. En profondeur (100-120 cm), il est compris entre 5 et 12% pour les profils sous la végétation naturelle et s'annule pour celui situé sous culture de mil.

Pour ces sols, des corrélations négatives, significatives ont été établies :

. entre la teneur en phosphore assimilable et celles en fer total ($r = -0,71$ au risque de 1%) et fer libre ($r = -0,69$ au risque de 5%)

. entre le rapport $\frac{P_2O_5 \text{ assimilable}}{P_2O_5 \text{ total}}$ et les teneurs en fer total ($r = -0,71$ au risque de 1%) et fer libre ($r = -0,68$ au risque de 5%)

. entre la teneur en phosphore assimilable, les rapports $\frac{P_2O_5 \text{ assimilable}}{P_2O_5 \text{ total}}$ et le pourcentage d'éléments grossiers ($\emptyset > 2 \text{ mm}$) constitués principalement de concrétions ferro-manganésifères. Par contre, la teneur en phosphore total est indépendante de celles en fer total, en fer libre et en éléments grossiers. En outre, aucune corrélation significative au risque de 1% et 5% n'a été établie entre les teneurs en phosphore total et phosphore assimilable, le rapport $\frac{P_2O_5 \text{ assimilable}}{P_2O_5 \text{ total}}$ et les autres variables.

2.3.2. POUR LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS.

Les teneurs en phosphore total et phosphore assimilable sont d'un même ordre de grandeur que celles des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

Par contre, le rapport $\frac{P_2O_5 \text{ assimilable}}{P_2O_5 \text{ total}}$ y est généralement plus élevé. Il est égal à 28% dans l'horizon supérieur du profil FSC-110 situé sous la végétation naturelle. Mais comme les sols précédents, ce rapport peut s'annuler sous culture de mil (profil FSC-100) entre 0-20 cm en raison de la faible teneur en phosphore assimilable (traces). Toutefois pour le profil FSC-040 (sous culture de mil), entre 0-10 cm,

la teneur en phosphore assimilable atteint 0,1%, soit près de 36% de la teneur en phosphore total.

Le test statistique fait apparaître que la teneur en phosphore total est en corrélation positive significative :

- au risque de 1% avec la somme des cations de réserve ($r = 0,89$), en particulier avec la teneur en Ca^{++} de réserve ($r = 0,76$) et avec la teneur en K^+ échangeable ($r = 0,79$).

- au risque de 5% avec la capacité totale d'échange ($r = 0,73$), la somme des bases échangeables ($r = 0,69$), en particulier avec les teneurs en Ca^{++} échangeable ($r = 0,71$) et Mg^{++} échangeable ($r = 0,59$).

Par contre, aucune corrélation n'a été établie entre la teneur en phosphore assimilable, le rapport $\frac{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ assimilable}}{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ total}}$ et ces différentes variables. En particulier, ils ne sont pas corrélés avec les teneurs en fer total et fer libre.

2.3.3. POUR LES SOLS HYDROMORPHES.

Les résultats indiquent que la teneur en phosphore totale est égale à 0,4-0,5% entre 0-20 cm et diminue avec la profondeur (0,10-0,30%). Quant au phosphore assimilable, sa teneur est inférieure à 0,1% dans les vingt premiers centimètres et à 0,05% entre 100-120 cm.

Le rapport $\frac{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ assimilable}}{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ total}}$ diminue des horizons supérieurs (8-16% entre 0-20 cm) vers les horizons profonds (5-10% entre 100-120cm), à l'exception du profil HMN-060. Pour ce dernier, situé dans un champ de mil, il passe de 5% (la plus faible valeur) entre 0-20 cm à plus de 28% entre 100-120 cm.

Les coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN (r) permettent de déduire que :

- la teneur en phosphore total est en corrélation positive significative au risque de 5% avec la capacité totale d'échange ($r = 0,63$), les

teneurs en Ca^{++} échangeable ($r = 0,59$), K^+ échangeable ($r = 0,52$), K^+ de réserve ($r = 0,59$). En outre, elle est corrélée positivement avec le pourcentage de limon fin ($r = 0,63$) et négativement avec celui de sable grossier ($r = -0,56$), au risque de 5%.

- la teneur en phosphore assimilable et le rapport $\frac{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ assimilable}}{\text{P}_2\text{O}_5 \text{ total}}$ ne sont corrélés avec aucune des variables, y compris le fer (total et libre).

Au total, les teneurs en phosphore total et en phosphore assimilable augmentent quand on passe des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes. Mais dans un cas comme dans l'autre, leur mise en culture entraîne une diminution importante de la teneur en phosphore assimilable des horizons superficiels. Cette diminution qui est liée à l'absence de tout apport organique ou minéral au sol, traduit la difficulté de maintenir "la fertilité" du sol par le système traditionnel.

Pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, cultivés ou vierges, les teneurs en fer (total et libre) et en éléments grossiers ($\emptyset > 2 \text{ mm}$) constitués de concrétions ferro-mangnésifères, contribuent à abaisser également la teneur en phosphore assimilable, ce qui réduit davantage l'efficacité d'un éventuel apport d'engrais phosphaté.

2.4. LE FER TOTAL ET LE FER LIBRE.

La présence du fer dans le sol est une donnée pédologique très ancienne et de son importance dans les zones intertropicales en particulier résultent les appellations "sols ferrallitiques", "sols ferrugineux tropicaux" etc.

Pour mieux appréhender le comportement de ce métal dans le sol, les travaux des auteurs comme AUBERT (1949, 1950, 1963), D'HOORE (1954), MAIGNIEN (1954, 1958, 1961), SEGALEN (1964) entre autres, peuvent être

consultés avec profit.

Pour le cas présent, la forme de fer déterminée est Fe_2O_3 exprimée en %. Les résultats obtenus sont reportés sur les tableaux 14, 15, 16 et figures 9, 10, 11.

2.4.1. LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES.

Ils comportent les teneurs en fer total et fer libre les plus élevées, en raison du fort pourcentage d'éléments grossiers ($\emptyset > 2$ mm) formés de concrétions ferro-manganésifères :

- la teneur en fer total varie de 2-7% (0-20 cm) à 7-12% (100-120cm). Toutefois dans les horizons gravillonnaires (85-90% d'éléments grossiers), elle atteint 18-27%.

- la teneur en fer libre varie également dans le même sens. En profondeur, elle est de l'ordre de 5-12% contre 1,5-5% pour les horizons superficiels. En outre, ce sont les horizons gravillonnaires qui en comportent les teneurs les plus élevées (15-24%).

Pour les profils FTG-010 et FTG-020, les teneurs en fer total et fer libre augmentent d'une façon très importante de la surface vers la profondeur, liée pour le second profil à sa position en bas de pente. Cette augmentation ne semble pas traduire seulement une migration "per descensum" mais reflète probablement aussi un enrichissement absolu lié à des apports extérieurs (migration oblique).

- le rapport $\frac{\text{fer libre}}{\text{fer total}}$ en % qui traduit les mouvements du fer dans les profils est supérieur à 65% (à l'exception du profil FTG-020) et peut même atteindre 90%, entre 0-20 cm. Il varie d'une façon irrégulière en fonction de la profondeur et est égal en moyenne à 80-95% entre 100-120 cm.

Pour ces sols, les coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN (r) indiquent une interdépendance positive significative au risque de 1% entre les teneurs en fer total et fer libre et le

TABLEAU 14 : Teneurs en fer dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires

N° PROFIL	FTG - 130				FTG - 140				FTG - 010			FTG - 020		
Couverture végétale	Champ de mil				Végétation naturelle				Végétation naturelle			Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
Fer total (%)	7,1	15,0	27,0	12,0	5,3	9,7	18,0	10,5	2,3	5,0	7,8	3,8	8,5	6,8
Fer libre (%)	4,9	11,5	24,0	11,5	4,9	8,0	15,5	9,0	1,5	4,1	6,5	2,2	7,5	5,4
Fer libre/Fer tot. %	69,0	76,5	88,9	95,8	92,4	82,5	86,1	85,7	65,2	82,0	83,3	57,9	88,2	79,4

TABLEAU 15 : Teneurs en fer dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.

N° PROFIL	FSC - 110			FSC - 100			FSC-120			FSC - 040			
Couverture végétale	Végétation naturelle			Champ de mil			Champ de mil			Champ de mil			
Niveau de prélèvement	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-10	30-40	70-90	100-120
Fer total (%)	1,1	2,1	3,4	1,0	1,6	2,5	0,8	1,8	2,3	2,6	3,5	2,1	1,6
Fer libre (%)	0,8	1,4	2,5	0,6	1,2	1,9	0,5	1,1	1,7	1,6	1,9	1,3	1,2
Fer libre/Fer tot. %	72,7	66,7	73,5	60,0	75,0	76,0	62,5	61,1	73,9	61,5	54,3	61,9	75

TABLEAU 16 : Teneurs en fer dans les sols hydromorphes.

N° PROFIL	HMN - 060				HMN - 080				HMN - 090				HMN - P70		
Couverture végétale	Champ de mil				Champ de mil				Végétation naturelle				Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	50-70	100-120
Fer total (%)	6,0	3,9	5,4	4,4	5,5	5,0	5,4	5,2	5,2	4,6	4,6	6,8	5,9	4,5	3,3
Fer libre (%)	2,8	2,3	2,7	2,8	3,1	2,8	2,8	2,0	2,8	3,0	2,6	4,3	3,5	2,5	2,0
Fer libre/Fer tot. %	46,7	59,0	50,0	63,6	56,4	56,0	51,8	38,5	53,8	65,2	56,5	63,2	59,3	55,5	60,6

pourcentage d'éléments grossiers ($r = 0,91$). En outre, il a été établi (cf. § 2.3.1.) des corrélations négatives entre ces deux variables et la teneur en phosphore assimilable.

Le rapport $\frac{\text{fer libre}}{\text{fer total}}$ n'est corrélé avec aucune variable, au risque de 1% et 5%.

2.4.2. LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS.

Les teneurs en fer total et fer libre sont plus faibles que celles des sols précédents.

A l'exception du profil FSC-040, entre 0-20 cm, la teneur en fer total est de l'ordre de 1% et augmentent avec la profondeur (2-3% entre 100-120 cm). Il en est de même pour la teneur en fer libre : moins de 1% (0-20 cm) à environ 2% (100-120 cm).

Pour le profil FSC-040, les teneurs en fer total et fer libre présentent "un ventre" entre 30-40 cm puis diminuent au-delà.

En profondeur, le rapport $\frac{\text{fer libre}}{\text{fer total}}$ est égal en moyenne à 75%. Par contre, en surface, sa valeur est fonction du type de couverture végétale :

- . 60% pour les profils sous culture de mil
- . 73% pour le profil sous la végétation naturelle.

Les coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN montrent que les teneurs en fer total et fer libre sont en corrélation étroite positive avec le pourcentage d'argile, de limon fin (par conséquent avec les constantes hydriques) et négative avec le pourcentage de sable grossier et de sable fin.

Quant aux corrélations positives établies entre les teneurs en fer total, fer libre et les bases échangeables, les cations de réserve, S et T, elles résultent plutôt du fait que ces derniers sont surtout liés au pourcentage des particules argilo-limoneuses.

Le rapport $\frac{\text{fer libre}}{\text{fer total}}$ est indépendant des autres variables.

2.4.3. LES SOLS HYDROMORPHES.

Leurs teneurs en fer (total et libre) sont comprises entre celles des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions et celles des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires. Le fer total qui varie peu en fonction de la profondeur, est de l'ordre de 4-6% dont 50 à 65% se trouvent sous forme libre.

Des corrélations positives au risque de 1% existent entre la teneur en fer total d'une part et le pourcentage de limon fin, les constantes hydriques et les cations (échangeables et de réserve) d'autre part.

Par contre, le rapport $\frac{\text{fer libre}}{\text{fer total}}$ est en corrélation, négative au risque de 1% avec le taux d'argile, pF 4,2 et positive avec la teneur en sable grossier.

Pour ces sols, la teneur en fer libre, n'est corrélée avec aucune variable.

3 . CONCLUSIONS PARTIELLES

La comparaison des caractères physiques (texture, indice d'instabilité structurale) des sols en fonction du type de couverture végétale montre que le système traditionnel de mise en culture n'entraîne pas une modification de ces caractères. En particulier, pour les horizons supérieurs, il n'y a ni appauvrissement en éléments fins ni accroissement de la dégradation de la structure. Cette absence de modification paraît liée :

- au type de labour (peu profond) qui ne ramène pas à la surface du sol les horizons intermédiaires généralement plus riches en éléments fins mais dont la stabilité structurale est assez médiocre (Is plus élevé).

- au nombre réduit de labours (en moyenne 2) ce qui évite un ameublissement poussé (désagrégation) des horizons supérieurs.

Par conséquent, un tel système présente des avantages sur le système moderne qui préconise l'emploi de charrue et/ou de tracteur pour les labours mais aussi de pulvérisateur lors de la préparation des sols. Diverses observations, entre autres celles de ROOSE (1979) sur des sols ferrugineux tropicaux indurés sous sorgho et de SOURABIE (1979) sur des sols ferrugineux tropicaux et des sols peu évolués sous canne à sucre, ont en effet montré que ces engins mécaniques accentuaient l'appauvrissement en éléments fins des horizons supérieurs et favorisaient leur approfondissement. En outre, l'analyse microscopique des lames minces-ROOSE (l.c.)-montre que "l'horizon appauvri a l'allure d'un horizon dégradé, vidé de sa substance fine, à porosité décapée". Dans ces conditions les labours mécanisés tout en favorisant l'infiltration des premières pluies doivent s'accompagner d'aménagements anti-érosifs.

Au niveau des caractères chimiques certaines modifications apparaissent sous culture de mil :

- le phosphore assimilable se trouve souvent sous forme de traces. Cette carence est corrélative à l'absence de tout apport organique et/ou minéral en vue de compenser l'exportation de cet élément par des plantes cultivées. Toutefois, l'usage d'engrais phosphaté pour supprimer les effets de carence en phosphore assimilable peut se heurter à la forte teneur en fer (total et libre) des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, en particulier.

- le taux de saturation est plus élevé dans les horizons supérieurs. Cette observation, inhabituelle, paraît liée à l'absence de modification des caractères physiques. En effet, à chaque fois qu'il a été observé une diminution du taux de saturation et du pH sur des parcelles cultivées, elle était consécutive à une lixiviation des bases échangeables, à un appauvrissement en éléments fins et à une dégradation de la structure.

Cependant, toutes ces observations résultent également du fait que les profils sous culture de mil ne le sont que depuis peu (moins de 3 ans). Par conséquent, la différence essentielle entre le système moderne et le système traditionnel de mise en culture réside surtout dans la vitesse de dégradation des caractères physiques des sols : rapide (dès la première année) pour le premier, plus lente (au-delà de 3 ans) pour le second.

Mais l'interprétation des résultats portant sur les caractères physiques et chimiques de sols cultivés ou vierges fait appel également à d'autres paramètres tels que leur teneur en matière organique et celles des différents composés humiques.

CHAPITRE V

ETUDE DE LA MATIERE ORGANIQUE
ET DES COMPOSES HUMIQUES

La matière organique totale d'un sol désigne l'ensemble des débris végétaux (principalement) et animaux présents dans ce sol. Elle est de nature hétérogène et pour mieux cerner son influence sur les caractères physiques et chimiques, il est apparu indispensable d'étudier assez en détail sa composition.

Pour mémoire, rappelons que la matière végétale au cours de sa décomposition dans le sol donne naissance d'une part à des éléments minéraux solubles ou gazeux, tels que NH_3 , CO_2 , nitrates, sulfates etc...(minéralisation) et d'autre part à des composés organiques qui contractent des liens avec les éléments minéraux (argile, fer notamment). Ces composés constituent l'humus, au sens strict et le terme "humification" désigne l'ensemble des processus aboutissant à sa formation.

Par souci de clarté, il a été distingué :

- . une étude bibliographique qui porte sur la nature et les propriétés des différentes fractions de la matière organique.

- . une étude quantitative qui présente les résultats.

- . une étude qualitative qui, à partir d'un certain nombre de critères, permet de mieux caractériser les processus d'humification dans les sols étudiés. Cependant le fractionnement de la matière organique en constitue déjà une approche qualitative.

1 . NATURE ET PROPRIETES DES DIFFERENTES
FRACTIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE.
(Etude bibliographique)

Au cours de ces dernières années, de nombreux travaux ont précisé la nature et les propriétés des composés humiques. Ils montrent que la matière organique du sol est en fait une substance complexe qui, pour la méthode de fractionnement utilisée (chapitre II, page 50) comprend :

1.1. LES MATIERES VEGETALES PEU OU PAS DECOMPOSEES
ET NON LIEES A LA MATIERE MINERALE.

Elles sont désignées par "MATIERES ORGANIQUES LEGERES" (MOL). Finement divisées, elles sont particulièrement vulnérables aux attaques microbiennes et bactériennes et servent de point de départ aux processus d'humification. En outre la quantité de cette fraction organique dépend du type de végétation mais sa conservation semble difficile, notamment dans les sols où règne une activité biologique intense.

1.2. LES PRODUITS TRANSFORMES OU ENCORE "HUMIFIES",
SOLUBLES SOIT EN MILIEU ACIDE, SOIT EN MILIEU
ALCALIN.

Ce sont les acides fulviques (AF) et les acides humiques (AH).

1.2.1. LES ACIDES FULVIQUES.

Acides organiques de poids moléculaire relativement faible, les acides fulviques se maintiennent en solution aux pH inférieurs à 2,5.

Selon ALEKSANDROVA (1949), ils peuvent se transformer en polycondensats présentant les propriétés des acides humiques. Inversement,

ils peuvent être des produits de décondensation (dépolymérisation) de ces mêmes acides humiques (DOMMERGUES et MANGENOT, 1970). Du reste AF et AH ont des compositions élémentaires très voisines avec, cependant, 10% de carbone en moins et 10% d'oxygène en plus pour les AF (SCHNITZER d'après LEROUX, 1980).

1.2.1.1. LES ACIDES FULVIQUES LIBRES (AFL).

Ce sont des substances organiques riches en groupements fonctionnels -COOH et -OH.

Dans les sols tropicaux, mis en culture, les AFL sont issus d'une dépolymérisation croissante et d'une biodégradation principalement de l'humine (DABIN, 1976). Mais pour d'autres sols comme les RANKERS pyrénéens, ils peuvent provenir également d'une oxydation des produits de décomposition des matières végétales (NEGRE, communication personnelle).

Ils migrent en profondeur grâce surtout aux eaux de drainage et s'accumulent au niveau des discontinuités argileuses. En outre, ils complexent le fer et les argiles, ce qui facilite leur entraînement (FAUCK, 1971).

Selon DUCHAUFOUR, 1960 cit. par THOMANN, 1963, les AFL sont "agressifs" vis-à-vis des colloïdes minéraux, ce qui accroît l'indice d'instabilité structurale (IS) du sol (COMBEAU, 1963).

1.2.1.2. LES ACIDES FULVIQUES EXTRAITS AU PYROPHOSPHATE DE SOUDE (AFP).

Polymères de produits phénoliques et de chaînes aliphatiques, les AFP sont liés aux acides humiques-Pyro (AHP) par des liaisons H lâches (SOURABIE, 1979).

Comme les acides fulviques libres (AFL), les AFP sont issus, sur sol appauvri sous l'action de la culture, d'une biodégradation et d'une dépolymérisation de l'humine mais aussi des acides humiques-Pyro (DABIN, 1976). Selon cet auteur, leur formation est postérieure à celle des AFL et des acides fulviques-soude (AFS).

1.2.1.3. LES ACIDES FULVIQUES EXTRAITS A LA SOUDE (AFS).

Les AFS sont des produits peu transformés (lignine oxydée) et surtout peu polymérisés. Ils apparaissent précocement lors d'un apport végétal au sol et disparaissent peu à peu avec le temps (DABIN, 1976). Dans le processus de décomposition de la matière organique, les AFS constituent les produits "précurseurs" des acides humiques.

1.2.2. LES ACIDES HUMIQUES (AH).

Ils se distinguent des acides fulviques par les caractères suivants :

- ce sont des grosses molécules dont le poids moléculaire peut atteindre 100.000 pour certains types d'acides humiques.
- ils précipitent en présence d'un acide fort
- leur degré de polycondensation est plus élevé que celui des acides fulviques (FLAIG, 1974).

1.2.2.1. LES ACIDES HUMIQUES EXTRAITS AU PYROPHOSPHATE DE SOUDE (AHP).

Le pyrophosphate de Na dissout les composés ayant un certain degré de maturation et d'oxydation, riches en fonction carboxyles et pouvant former des complexes avec les métaux. Les AHP contiennent également des composés azotés, amidés, α -aminés ou hétérocycliques.

A titre indicatif, la composition en amino-acides de cette fraction, pour des RANKERS pyrénéens, NEGRE et al. (1976) montrent que si l'acide aspartique et la glycine y sont présents dans des proportions assez importantes, la tyrosine semble par contre absente (détruite par le pyrophosphate de Na).

1.2.2.2. LES ACIDES HUMIQUES EXTRAITS A LA SOUDE (AHS).

Ce sont des produits humiques à poids moléculaire élevé, souvent riches en azote total et α -aminé. Ils possèdent un degré d'oxydation plus faible que les acides humiques-pyro (AHP) et surtout plus riches en chaînes aliphatiques. La proportion d'arginine y est supérieure à celle des AHP. En outre, on y note la présence de la tyrosine (NEGRE et al. 1976).

Selon MOUCAWI (1981) qui a étudié la nature des AHS des sols de la Vendée méridionale, ces substances peuvent en se condensant davantage ou par décarboxylation donner l'humine d'insolubilisation, ou en s'oxydant donner les acides humiques-pyro (diminution du poids moléculaire et augmentation des fonctions carboxyles).

La séparation électrophorétique des AHP et des AHS montre qu'ils sont composés de trois catégories d'acides humiques (cf. Chap. II, page 52) :

- *Les acides humiques bruns* (AHB). Ils sont peu condensés et migrent vers l'anode à une dizaine de centimètres de la dépose. Sous la lumière ultra-violette, les AHB donnent une vive fluorescence jaune (BACHELIER, 1980).

Selon des auteurs cités par LEROUX (1980) et aussi de nombreuses analyses faites aux S.S.C.-BONDY, les acides humiques bruns sont issus, soit directement de la transformation des tissus lignifiés (très abondants dans les litières en décomposition), soit de la biodégradation d'acides humiques plus polymérisés (en particulier augmentation en profondeur dans les sols tropicaux).

- *Les acides humiques gris* (AHG). Ils diffèrent des précédents par :

- . leur couleur
- . leur faible migration vers l'anode, liée à leur poids moléculaire plus élevé (KONONOVA, 1961), à leur charge relativement faible et à leur pouvoir de fixation sur les fibres du papier.

En outre, ils se séparent rapidement par filtration sur gel séphadex G-25 (BACHELIER, 1980).

Certaines formes d'acides humiques gris restent immobiles et d'autres peuvent migrer légèrement (phénomènes du double pic). Selon leurs conditions de formation, les AHG se répartissent en divers types :

- . les acides humiques gris dits de condensation primaire résultent de l'oxydation incomplète de la lignine et de sa combinaison avec les amino-acides (complexes ligno-protéiques).

- . les acides humiques gris de maturation et d'oxydation à fort pouvoir complexant, sont issus d'une polymérisation par oxydation ménagée, des noyaux aromatiques de base et des acides organiques pré-curseurs. Il s'en suit une augmentation de l'acidité carboxylique et de la richesse en azote.

- . la poursuite de l'oxydation a pour conséquence une diminution des noyaux aromatiques, du poids moléculaire, de l'azote aminé et une augmentation de l'acidité. On aboutit à des acides humiques gris d'oxydation qui peuvent migrer légèrement à l'électrophorèse (AHG peu mobiles). Si l'oxydation se poursuit, on peut aboutir par découpage aux acides humiques bruns (AHB).

- entre les acides humiques bruns (AHB) et les acides humiques gris (AHG), se situent les acides humiques intermédiaires (AHI). Ils ont surtout une influence sur la stabilité structurale des sols (cf. Chap. VI, page 147).

1.3. LES PRODUITS TRANSFORMES, INSOLUBLES, FORTEMENT LIÉS A LA MATIÈRE MINÉRALE : HUMINE TOTALE.

La technique de fractionnement de l'humine totale (cf. Chap. II, page 53) a permis de mettre en évidence les fractions suivantes :

1.3.1. L'HUMINE HERITEE.

Elle est appelée aussi "humine jeune" et constitue la fraction la plus proche de la matière organique fraîche. Pour DUCHAUF-
FOUR (1977), l'humine héritée est composée de lignine transformée par
déméthoxylation et oxydation avec augmentation des groupements -COOH.

Généralement, c'est la forme d'humine la plus importante dans
les sols à ligninolyse ralentie. Dans les sols ferrugineux tropicaux,
l'hydromorphie temporaire observée fréquemment dans les horizons supé-
rieurs pendant la saison des pluies et résultant à la fois d'une dis-
continuité texturale et structurale des profils, constitue un facteur
favorable au maintien de ce type d'humine. En outre, la longueur de
la saison sèche par rapport à la période humide ralentit les phénomènes
de décomposition biologique de l'humine héritée. Au contraire, sous
l'effet d'une forte activité biologique, la dégradation de cette humine
produit surtout des composés phénoliques qui participent soit à la for-
mation des composés humiques extractibles par les réactifs alcalins
(AF et AH), soit à la formation de l'humine d'insolubilisation.

1.3.2. L'HUMINE LIEE AU FER ET A L'ARGILE.

Les récents travaux de MOUCAWI (l.c.) indiquent que la
fraction d'humine liée au fer et celle qui est liée à l'argile sont
riches en produits aliphatiques et plus pauvres en acides carboxyliques
que les AH directement solubilisables. Dans certains cas des électropho-
rèses montrent que ces deux fractions d'humine renferment des acides
humiques gris (AHG) très condensés. Mais, selon cet auteur, elles ont
des poids moléculaires d'un même ordre de grandeur et parfois plus fai-
bles que ceux des AH directement solubilisables.

1.3.3. L'HUMINE EVOLUEE.

La nature de cette forme d'humine reste encore peu connue.
Toutefois, selon DUCHAUF-FOUR (1977), l'humine évoluée est constituée de
noyaux aromatiques très fortement polycondensés, pauvre en groupements
fonctionnels.

2 . ETUDE QUANTITATIVE

La teneur en carbone organique total d'une part et celle des différents composés humiques d'autre part, sont consignées sur les tableaux 17, 18, 19. Les figures 12, 13, 14 montrent leurs variations en fonction de la profondeur.

2.1. LE CARBONE ORGANIQUE TOTAL (C.TOTAL)

Les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions comportent les teneurs en carbone organique total les plus faibles : 2 à 4% en surface, et en moyenne 1% au-delà de 1 m de profondeur. Mais dans le profil FSC-040 dont les caractéristiques granulométriques particulières ont été soulignées dans le chapitre IV, elles atteignent 6,7% (0-10 cm) et 8% (30-50 cm).

Dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, les valeurs observées, à l'exception du profil FTG-020, sont comprises entre 5-7% en surface et inférieures à 2,5% dans le dernier horizon. Dans le cas particulier du profil FTG-020, la teneur en carbone organique total est égale à 23% entre 0-20 cm.

Quant aux sols hydromorphes, leurs teneurs en carbone organique total varient de 12-20% dans les vingt premiers centimètres à moins de 2% entre 100-120 cm.

Ainsi, le taux de carbone organique total augmente des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions aux sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires et aux sols hydromorphes suivant la séquence établie pour l'horizon de surface :

$$5\% < 5-7\% < 12-20\%$$

Cette séquence rappelle le schéma établi pour illustrer la variation du taux des particules dont la taille est inférieure à 20 μ (voir granulométrie). Leur analogie permet de penser qu'une interdépendance positive existe entre le taux de carbone organique total et les teneurs des fractions argilo-limoneuses. En outre, il est important de souligner également la position intermédiaire des sols ferrugineux gravillonnaires dont les teneurs en carbone organique total, entre 0-20 cm, sont comprises entre celles des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions et celles des sols hydromorphes.

2.2. LES FRACTIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE TOTALE.

2.2.1. LA MATIERE ORGANIQUE LEGERE (MOL).

Sur l'ensemble des profils, la teneur en carbone de la matière organique légère, exprimée en %, reste faible : moins de 0,05 % et s'annule en profondeur. Par contre, lorsqu'elle est exprimée en % du carbone organique total, elle augmente des sols hydromorphes aux sols ferrugineux tropicaux suivant la séquence établie pour les horizons de surface :

Sols hydromorphes	<	Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions	<	Sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires
moins de 2%		2-4%		3-5%

Cependant à l'intérieur de chaque type de sol, le rapport MOL/C.TOTAL en % varie souvent d'une façon importante. Par exemple, pour le profil FTG-020 (sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires), il n'est égal qu'à 1,1% et peut même atteindre 8% dans certains profils de sols hydromorphes (profil HMN-070).

A l'exception du profil HMN-090, ce rapport diminue des horizons supérieurs vers les horizons profonds.

NO PROFIL	FSC - 110			FSC - 100			FSC - 120			FSC - 040			
Couverture végétale	végétation naturelle			Champ de mil			Champ de mil			Champ de mil			
Niveau de prélèvement cm	0-20	40-60	00-120	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-10	30-40	70-90	100-120
Matière organique totale %	0,7	0,4	0,2	0,5	0,3	0,2	0,4	0,4	0,2	1,2	1,4	0,4	0,2
Carbone organique total ‰	4,3	2,5	1,2	3,0	1,7	1,0	2,4	2,1	1,3	6,7	8,0	2,4	1,0
MAT. ORG. LEGERE (M.O.L) ‰	0,12	0,01	0	0,08	0,03	0	0,07	0,01	0	0,24	0,19	0,09	0,03
MAT. ORG. LEGERE C. TOTAL %	2,8	0,4	0	2,7	1,8	0	2,9	0,5	0	3,6	2,4	3,8	3,0
ACIDES FULV. LIVRES (AFL) ‰	0,14	0,19	0,12	0,02	0,15	0,10	0,07	0,22	0,15	0,21	0,31	0,12	0,06
ACIDES FULV. LIBRES/ C. TOTAL %	3,2	7,6	10,0	0,7	8,8	10,0	2,9	10,5	11,5	3,1	3,9	5,0	6,0
ACIDES FULV. PYRO.(AFP) ‰	0,47	0,08	0,04	0,40	0,10	0,04	0,22	0,18	0,08	0,32	0,81	0,07	0,09
ACIDES FULV.PYRO./ C. TOTAL %	10,9	3,2	3,4	13,4	5,9	4,0	9,2	8,5	6,2	4,8	10,1	2,9	9,0
ACIDES FULV. SOUDE(AFS) ‰	0,20	0,09	0,03	0,21	0,03	0,05	0,16	0,10	0,06	0,34	0,25	0,08	0,02
ACIDES FULV. SOUDE / C. TOTAL %	4,6	3,6	2,5	7,0	1,8	5	6,7	4,8	4,6	5,1	3,1	3,4	2,0
ACIDES HUM.PYRO (AHP) ‰	0,65	0,21	0,01	0,22	0,06	0,01	0,41	0,08	0,01	0,63	0,54	0,19	0
ACIDES HUM. PYRO/ C. TOTAL %	15,1	8,4	0,8	7,4	3,5	1,0	17,1	3,8	0,8	9,4	6,8	7,9	
ACIDES HUM. SOUDE (AHS) ‰	0,23	0,02	0	0,06	0,02	0	0,07	0,01	0	0,16	0,20	0,05	0
ACIDES HUM.SOUDE / C. TOTAL %	5,3	0,8	0	2,0	1,2	0	2,9	0,5	0	2,4	2,5	2,0	0

TABLEAU 17: FRACTIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE EXTRACTIBLE
- SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS

N° PROFIL	FTG - 130				FTG - 140				FTG - 010			FTG - 020		
COUVERTURE VEGETALE	CHAMP DEMIL				VEGETATION naturelle				végétation naturelle			végétation naturelle		
NIVEAU DE PRELEVEMENT (cm)	0 - 20	30-50	70-90	100-120	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
MATIERE ORGANIQUE TOTALE %	1,2	0,8	0,2	0,5	1,0	0,9	0,5	0,3	1,2	0,7	0,3	3,9	0,6	0,3
CARBONE ORGANIQUE TOTAL (‰)	6,8	4,9	1,4	2,6	5,6	5,1	2,7	1,6	7,1	4,2	1,8	22,7	3,4	2,0
MAT. ORG. LEGERE (MOL) %	0,36	0,04	0,01	0,02	0,30	0,08	0,05	0,01	0,22	0,12	0,04	0,25	0,09	0,02
MAT ORG. LEGERE / C. TOTAL %	5,3	0,8	0,7	0,8	5,3	1,6	1,9	0,6	3,1	2,9	2,2	1,1	2,6	1,0
ACIDES FULV. LIBRES (AFL) en ‰	0,29	0,30	0,15	0,19	0,23	0,31	0,21	0,13	0,27	0,32	0,15	0,25	0,24	0,18
ACIDES FULV. LIBRES / C. TOTAL %	4,3	6,0	10,7	7,3	4,1	6,1	7,8	8,1	3,8	7,6	8,3	1,1	7,1	9,0
ACIDES FULV. PYRO (AFP) en ‰	0,20	0,32	0,06	0,11	0,38	0,18	0,05	0,10	0,40	0,13	0,05	1,77	0,21	0,08
ACIDES FULV. PYRO / C. TOTAL %	2,9	6,5	4,3	4,2	6,8	3,5	1,9	6,2	5,6	3,1	2,8	7,8	6,2	4,0
ACIDES FULV. SOUDE (AFS) en ‰	0,30	0,35	0,08	0,13	0,27	0,30	0,11	0,13	0,30	0,15	0,08	0,79	0,11	0,10
ACIDES FULV. SOUDE / C. TOTAL %	4,4	7,1	5,7	5,0	4,8	5,9	4,1	8,1	4,2	3,6	4,4	3,5	3,2	5,0
ACIDES HUM. PYRO (AHP) en ‰	1,06	0,96	0,1	0,16	0,95	0,62	0,24	0,03	1,11	0,47	0,08	6,61	0,14	0,08
ACIDES HUM. PYRO / C. TOTAL %	15,6	19,6	7,1	6,2	17,0	12,1	8,9	1,9	15,6	11,2	4,4	29,1	4,1	4,0
ACIDES HUM. SOUDE (AHS) en ‰	0,11	0,03	0,01	0	0,12	0,08	0,03	0	0,18	0,07	0,01	1,66	0,04	0
ACIDES HUM. SOUDE / C. TOTAL %	1,61	0,6	0,7	0	2,1	1,6	1,1	0	2,5	1,7	0,6	7,3	1,2	0

TABLEAU 18:

FRACTION DE LA MATIERE ORGANIQUES EXTRACTIBLE
SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES

N° PROFIL	H M N - 0 6 0				H M N - 0 8 0				H M N - 0 9 0				H M N - 0 7 0		
COUVERTURE VEGETALE	CHAMP DE NIL				CHAMP de mil				végétation naturelle				végétation naturelle		
Niveau de prélèvement	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	50-70	100-120
MATIERES ORGANIQUE TOTALE %	2,1	0,6	0,5	0,2	3,3	1,3	1,0	0,4	3,4	0,9	0,2	0,1	2,8	0,7	0,3
CARBONE ORGANIQUE TOTAL %	11,9	3,4	2,9	1,3	18,9	7,5	5,9	2,2	19,8	5,3	1,4	0,3	16,3	4,1	1,9
MAT. ORG. LEGERE (MOL) %	0,14	0,01	0,02	0	0,39	0,09	0,04	0,03	0,14	0,03	0,01	0,02	1,38	0,12	0,03
MAT. ORG. LEGERE/ C. TOTAL %	1,2	0,3	0,7	0	2,1	1,2	0,7	1,4	0,7	0,6	0,7	6,7	8,5	2,9	1,6
ACIDES FULV. LIBRES (AFL) %	0,48	0,29	0,17	0,06	0,51	0,33	0,34	0,09	0,39	0,18	0,05	0,06	0,60	0,25	0,11
ACIDES FULV. LIBRES/ C. TOTAL %	4,0	8,5	5,9	4,6	2,7	4,4	5,8	4,1	2,0	3,4	3,6	20,0	3,7	6,1	5,8
ACIDES FULV. PYRO (AFP) %	0,49	0,23	0,28	0,07	0,84	0,50	0,42	0,07	1,00	0,21	0,04	-	0,66	0,16	0,06
ACIDES FULV. PYRO/ C. TOTAL %	4,1	6,9	9,7	5,4	4,4	6,6	7,1	3,2	5,0	4,0	2,8	-	4,0	3,9	3,2
ACIDES FULV. SOUDE (AFS) %	0,49	0,07	0,20	0,06	0,72	0,39	0,12	0,08	1,88	0,09	0,05	-	0,58	0,12	0,05
ACIDES FULV. SOUDE/ C. TOTAL %	4,1	2,0	6,9	4,6	3,8	5,2	3,4	3,6	9,5	1,7	3,6	-	3,6	2,9	2,6
ACIDES HUM. PYRO (AHP) %	2,01	0,49	0,31	0,21	4,35	1,10	0,75	0,20	4,75	1,10	0,20	-	2,90	0,50	0,30
ACIDES HUM. PYRO/ C. TOTAL %	16,9	14,4	10,7	16,2	23,0	14,7	12,7	9,0	24,0	21,8	14,3	-	17,8	12,2	15,8
ACIDES HUM. SOUDE (AHS) %	0,59	0,11	0,12	0	2,1	0,29	0,35	0,13	1,55	0,33	0,05	-	1,37	0,15	0,05
ACIDES HUM. SOUDE/ C. TOTAL %	5,0	3,2	4,0	0	11,1	3,9	5,9	6,0	7,8	6,2	3,6	-	8,4	3,7	2,6

TABLEAU 19 :

FRACTIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE EXTRACTIBLE

SOLS HYDROMORPHES

2.2.2. LA MATIERE ORGANIQUE "HUMIFIEE" SOLUBLE SOIT EN MILIEU ACIDE SOIT EN MILIEU ALCALIN.

2.2.2.1 LES ACIDES FULVIQUES.

a). *Les acides fulviques (extraits à l'acide phosphorique): AFL.*

Les résultats indiquent les faits suivants :

- Pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, le taux de carbone des AFL est inférieur à 0,14% entre 0-20 cm et augmente en fonction de la profondeur. Sa valeur maximale se situe vers 40-60 cm (0,15 - 0,20%) suivie d'une diminution au-delà. Toutefois, la teneur en cette fraction atteint 0,22% (0-10 cm) et 0,31% (30-50 cm) dans le profil FSC-040.

Par delà ces résultats, l'élément essentiel est donc l'existence "d'un ventre" de teneur en ces acides dans les horizons intermédiaires.

En outre, le rapport AFL/C.TOTAL en % augmente d'une façon régulière des horizons supérieurs (moins de 3,5%) vers les horizons profonds (7-12%).

- Au niveau des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, quel que soit l'horizon considéré, la teneur en AFL est supérieure à 0,14% (0,20 à 0,30% entre 0-20 cm). Elle est donc plus élevée que celle des sols précédents. Mais comme dans ces derniers :

- ce sont les horizons intermédiaires qui en renferment les teneurs les plus élevées.

- le rapport AFL/C.TOTAL en % augmente également en fonction de la profondeur : 4% en moyenne entre 0-20 cm et 7-9% entre 100-120 cm. Toutefois, dans le profil FTG-020, il n'est égal qu'à 1,1% en surface.

- Enfin dans les sols hydromorphes, les teneurs en AFL diminuent au fur et à mesure que l'on descend dans les profils : 0,40-0,60% (0-20 cm) et moins de 0,1% (100-120 cm).

Le rapport AFL/C.TOTAL par contre augmente en fonction de la profondeur. Sa valeur la plus élevée se situe le plus souvent dans les horizons intermédiaires.

Au total, pour les horizons supérieurs, les teneurs en acides fulviques libres (AFL), en valeur absolue, augmentent quand on passe des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes :

Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions	→	Sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires	→	Sols hydromorphes
moins de 0,14%		0-20 -0,30%		0,40-0,60%

En outre, pour les sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non), ces substances organiques s'accumulent en valeur absolue et relative en profondeur. Pour les sols hydromorphes, seule l'accumulation en valeur relative dans les horizons intermédiaires peut être mise en évidence.

b). *Les acides fulviques liés aux acides humiques.*

→ *Les acides fulviques extraits au pyrophosphate de soude (AFP)*

Les teneurs en ces substances humiques permettent de faire les observations ci-après :

- Les sols hydromorphes ont les teneurs les plus élevées, notamment en surface : 0,5 à 1% contre 0,2 à 0,5% pour les sols ferrugineux tropicaux.

- Sur l'ensemble des profils, y compris hydromorphes, les teneurs en AFP diminuent en fonction de la profondeur.

- En valeur relative, cette fraction organique est généralement supérieure à 5% dans l'horizon supérieur des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions et diminuent au fur et à mesure que l'on descend en profondeur. Par contre, pour les sols hydromorphes et les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, elle est inférieure à 5% (0-20 cm) et varie peu en fonction de la profondeur.

→ *Les acides fulviques extraits à la soude (AFS).*

Les AFS sont plus abondants dans les sols hydromorphes (0,5 à 2%), et les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions en comportent les teneurs les plus faibles (0,20-0,35%) ; les "gravillonnaires" étant intermédiaires entre eux et les "hydromorphes".

Par contre, au niveau du rapport AFS/C.TOTAL en %, les valeurs les plus élevées (5-7%) se situent plutôt dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, les deux autres types de sols étant caractérisés par des teneurs en AFS représentant moins de 5% du carbone organique total.

2.2.2.2. LES ACIDES HUMIQUES.

a). *Les acides humiques extraits au pyrophosphate de soude (AHP).*

Dans les sols étudiés ici, les AHP constituent la fraction la plus importante. Les teneurs varient, entre 0-20 cm, de moins de 1% dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions à 1% dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires et de 2 à 5% dans les sols hydromorphes.

En valeur relative, les AHP représentent 7 à 17% du carbone organique total pour les deux premiers et 17 à 24% pour le troisième.

En valeur absolue comme en valeur relative, le taux d'AHP diminue des horizons supérieurs vers les horizons profonds. Cependant dans l'horizon le plus profond des sols hydromorphes, il est en moyenne 10 fois supérieur (en valeur absolue) à ce qu'il est dans les sols ferrugineux tropicaux, au même niveau.

En valeur relative, entre 100-120 cm, AHP qui est supérieur à 8% dans les "hydromorphes", est compris entre 2-6% et 0-2,5% respectivement dans les "gravillonnaires" et les "sans concrétions".

b). *Les acides humiques extraits à la soude (AHS).*

Les acides humiques-soude se rencontrent essentiellement dans les horizons de surface. Pour les sols ferrugineux tropicaux, ils n'existent pratiquement pas au-delà de 50 cm de profondeur. En outre, pour ces derniers, le taux de carbone des AHS n'excède pas 0,25% (à l'exception du profil FTG-020) alors que dans les sols hydromorphes, il est de l'ordre de 0,5 à 2% dans les vingt premiers centimètres.

Cette augmentation des AHS quand on passe des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes, se retrouve également au niveau du rapport AHS/C.TOTAL en % qui varie de 2-5% à 5-11% (0-20 cm). Dans tous les cas, ce rapport diminue de haut en bas et s'annule généralement en profondeur.

2.2.3. LA MATIERE ORGANIQUE NON EXTRACTIBLE : HUMINE.

2.2.3.1. L'HUMINE TOTALE.

Dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, le taux de carbone de l'humine totale, exprimé en %; est très faible, à l'image de celui du carbone organique total. A l'exception du profil FSC-040, il varie de 1,4-2,5% entre 0-20 cm à environ 1% entre 100-120 cm. Par contre, son pourcentage par rapport au carbone organique total augmente des horizons supérieurs (58-67%) vers les horizons profonds (77-83%).

Dans le cas particulier du profil FSC-040, les teneurs en humine totale sont plus élevées et reflètent plutôt celles du carbone organique total (cf. §2.4, chap.V). En effet, elles n'impriment aucune modification importante au niveau du rapport $\frac{\text{Humine totale}}{\text{C. total}}$.

Dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, les teneurs en humine totale demeurent toujours faibles. Mais comparées à celles des sols précédents, elles sont légèrement les plus importantes : 3 à 5% en surface et 1-2% en profondeur (à l'exception du profil FTG-020).

Toutefois, comme dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, le rapport $\frac{\text{Humine totale}}{\text{C. total}}$ augmente également d'une façon régulière en fonction de la profondeur : 60-65% entre 0-20 cm et un peu moins de 80% entre 100-120 cm.

Dans l'horizon de surface du profil FTG-020 dont les teneurs en particules argilo-limoneuses avoisinent 60%, l'humine totale atteint 11,4%. Mais elle ne constitue que la moitié du carbone organique total.

Ce sont les horizons de surface des sols hydromorphes qui renferment les teneurs en humine totale les plus élevées. Elles sont de l'ordre de 7 à 10% et diminuent au fur et à mesure que l'on descend dans les profils, à l'inverse du rapport $\frac{\text{Humine totale}}{\text{C. total}}$: 51-65% (0-20 cm) et plus de 68% (100-120 cm).

Au vu de ces résultats on peut faire trois observations :

1°) En valeur absolue, la quantité d'humine totale augmente des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes suivant la séquence ci-dessous (0-20 cm) :

Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions	<	Sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires	<	Sols hydromorphes
≤ 2,5%		3-5%		7-10%

2°) Dans les trois cas, cette quantité d'humine totale (en valeur absolue) diminue en fonction de la profondeur.

Ces deux types de variations reflètent celles du carbone organique total.

3°) En valeur relative, l'humine totale ne permet pas de distinguer les sols étudiés. Les différentes valeurs du rapport $\frac{\text{Humine totale}}{\text{C. total}}$ sont de l'ordre de 50 à 65% en surface et généralement supérieures à 70% en profondeur.

2.2.3.2. LES DIFFERENTES FRACTIONS DE L'HUMINE TOTALE.

Les résultats ont été regroupés dans les tableaux 20, 21, 22 et Fig. 12, 13, 14.

a). *L'humine héritée.*

- Dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, l'humine héritée diminue d'une façon régulière en fonction de la profondeur : 1-4% (0-20 cm) à moins de 0,6% (100-120 cm). Cette fraction représente le plus souvent près de 80% de l'humine totale en surface.

- Pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, les remarques ci-dessus restent valables. Cependant, les teneurs y sont généralement plus importantes en relation avec celles du carbone organique total. En outre, le rapport $\frac{\text{Humine héritée}}{\text{Humine totale}}$ peut atteindre 90% en surface contre 75% environ en profondeur avec surtout une diminution importante dans les horizons intermédiaires : moins de 65%.

- Les sols hydromorphes renferment les teneurs en humine héritée (valeur absolue) les plus élevées comparativement aux autres sols. Cependant, exprimée en % de l'humine totale, les valeurs y sont beaucoup plus faibles : moins de 60% (0-20 cm) et de l'ordre de 50% au-delà de 1 m de profondeur.

A l'inverse des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, la valeur maximale de cette fraction se localise le plus souvent entre 30-50 cm.

Au total, la teneur en humine héritée (en valeur absolue) augmente des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes. Par contre, en valeur relative, c'est plutôt le phénomène inverse.

b). *L'humine liée au fer.*

Les résultats obtenus suscitent les observations suivantes :

- En valeur absolue, la teneur en humine liée au fer augmente des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes. Entre 0-20 cm, elle

N° PROFIL	FSC - 110			FSC - 100			FSC - 100			FSC - 040			
	végétation naturelle			Champ de mil			Champ de mil			Champ de mil			
Niveau de prélèvement cm	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-10	30-40	70-80	100-120
HUMINE TOTALE en %	2,5	1,9	1,0	2,0	1,3	0,8	1,4	1,5	1,0	4,8	5,7	1,8	0,8
HUMINE TOTALE/C. TOTAL %	58,1	76,0	83,3	66,7	76,5	80,0	58,3	71,4	76,9	71,6	71,2	75,0	80,0
HUMINE HERITEE %	2,02	1,09	0,58	1,63	0,74	0,26	1,19	0,57	0,47	4,20	3,80	1,17	0,11
HUMINE HERITEE/ H. TOTALE %	80,8	57,4	58,0	81,5	56,9	32,5	85,0	38,0	47,0	87,5	66,7	65,0	13,7
HUMINE LIEE AU FER %	0,18	0,19	0,04	0,09	0,13	0,04	0,06	0,15	0,07	0,22	0,76	0,18	0,05
HUMINE LIEE AU FER/ H. TOTALE %	7,2	10,0	4,0	4,5	10,0	5,0	4,3	10,0	7,0	4,6	13,3	10,0	6,2
HUMINE LIEE A L'ARGILE %	0,05	0,12	0,02	0,03	0,06	0,01	0,02	0,06	0,02	0,09	0,26	0,02	0,02
HUMINE LIEE A L'ARGILE/ H. TOTALE %	2,0	6,3	2,0	1,5	4,6	1,3	1,4	4,0	2,0	1,9	4,6	1,1	2,6
HUMINE LIEE AU FER(H.I.F) + HUMINE LIEE A L'ARGILE (H.I.A.) %	0,23	0,31	0,06	0,12	0,19	0,05	0,08	0,21	0,09	0,31	1,02	0,20	0,07
H.I.F. + H.I.A/ H. TOTALE %	9,2	16,3	6,0	6,0	14,6	6,3	5,7	14,0	9,0	6,5	17,9	11,1	8,8
HUMINE EVOLUEE %	0,25	0,50	0,36	0,25	0,37	0,49	0,13	0,72	0,44	0,29	0,88	0,43	0,62
HUMINE EVOLUEE/ H. TOTALE %	10,0	26,3	36,0	12,5	28,5	61,2	9,3	48,0	44,0	6,0	15,4	23,9	77,5

TABLEAU 20: FRACTIONS DE L'HUMINE TOTALE

- SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS

N° PROFIL	FTG - 130				FTG - 140				FTG - 010			FTG - 020		
COUVERTURE VEGETALE	Champ de mil				végétation naturelle				végétation naturelle			végétation naturelle		
NIVEAU DE PRELEVEMENT cm	0,20	30 - 50	70 - 90	100-120	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
HUMINE TOTALE en ‰	4,48	2,91	0,99	1,99	3,35	3,53	2,00	1,20	4,64	2,93	1,39	11,37	2,57	1,54
HUMINE TOTALE/C.TOTALE ‰	65,9	59,4	70,7	76,5	59,8	69,2	74,1	75,0	65,2	69,8	77,2	50,1	75,6	77,0
HUMINE HERITEE en ‰	3,90	1,89	0,64	1,53	2,79	2,20	1,56	0,89	4,20	1,70	1,05	10,31	1,69	1,18
HUMINE HERITEE/H.TOTALE ‰	87,0	64,9	64,6	76,8	83,3	62,3	78,0	74,2	90,5	58,0	75,5	90,7	65,7	76,6
HUMINE LIEE AU FER ‰	0,23	0,29	0,07	0,09	0,13	0,30	0,10	0,05	0,16	0,20	0,04	0,57	0,10	0,05
HUMINE LIEE AU FER/H. TOTALE ‰	5,1	10,0	7,1	4,5	3,9	8,5	5,0	4,2	3,4	6,8	2,9	5,0	3,9	3,2
HUMINE LIEE A L'ARGILE ‰	0,07	0,25	0,02	0,04	0,05	0,22	0,06	0,03	0,11	0,25	0,03	0,35	0,24	0,09
HUMINE LIEE A L'ARGILE/H. TOTALE ‰	1,6	8,5	2,0	2,0	1,5	6,2	3,0	2,5	2,4	8,6	2,1	3,1	9,3	5,9
HUMINE LIEE AU FER(H.F) ‰ (HUMINE LIEE A L'ARGILE(H.A)) H.F.F. + H.F.A/ H. TOTALE ‰	0,30	0,54	0,09	0,13	0,18	0,52	0,16	0,08	0,27	0,45	0,07	0,92	0,34	0,14
HUMINE EVOLUEE en ‰	0,28	0,48	0,26	0,33	0,38	0,81	0,28	0,23	0,17	0,78	0,27	0,14	0,54	0,22
HUMINE EVOLUEE/H. TOTALE ‰	6,3	16,6	26,3	16,7	11,3	23,0	14,0	19,1	3,7	26,6	19,5	1,2	21,1	14,3

TABLEAU 21 FRACTIONS DE L'HUMINE TOTALE
- SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES

N° PROFIL.	I M N - 060				I M N 080				I M N - 090				I M N - 070		
COUVERTURE VEGETALE	Champ de mil				champ de mil				végétation naturelle				végétation naturelle		
NIVEAU DE PRELEVEMENT (cm)	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60 - 80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	50-70	100-120
Humine TOTALE en %	7,7	2,2	1,8	0,9	10,1	4,8	3,8	1,6	10,1	3,3	1,0	0,22	8,8	2,8	1,3
Humine TOTALE/ C. TOTAL en %	64,7	64,7	62,1	69,2	52,9	64,0	64,4	72,7	51,0	62,3	71,4	73,3	54,0	68,3	68,4
Humine LIBRE en %	4,57	1,28	1,04	0,45	5,49	3,06	2,06	0,87	4,28	1,72	0,27	-	4,89	1,58	0,62
Humine LIBRE/H. TOTALE %	59,3	58,2	57,8	50,0	54,3	63,7	54,2	54,4	42,4	52,1	27,0	-	55,6	56,4	47,7
Humine LIEE AU FER en %	0,80	0,33	0,22	0,11	0,81	0,52	0,65	0,24	0,99	0,51	0,11	0,06	0,65	0,40	0,13
Humine LIEE AU FER/ H. TOTALE %	10,4	15,0	12,2	12,2	8,0	10,8	17,1	15,0	9,8	15,4	11,0	20,0	7,4	14,3	10,0
Humine LIEE A L'ARGILE %	0,93	0,20	0,19	0,01	0,97	0,45	0,34	0,10	1,30	0,39	0,09	0,04	1,09	0,20	0,04
Humine LIEE A L'ARGILE/ H. TOTALE %	12,1	9,1	10,6	1,1	9,6	9,4	8,9	6,2	12,9	11,9	9,0	13,3	12,4	7,1	3,1
Humine LIEE AU FER (H.L.F.) Humine LIEE A L'ARGILE (H.L.A)	1,73	0,53	0,41	0,12	1,78	0,97	0,99	0,34	2,29	0,90	0,20	0,10	1,74	0,60	0,17
H.L.F. + H.L.A/H. TOTALE %	22,5	24,1	22,8	13,3	17,6	20,2	26,0	21,2	22,7	27,3	20,0	53,3	19,8	21,4	13,1
Humine EVOLUEE en %	1,4	0,39	0,35	0,33	2,83	0,77	0,75	0,39	3,53	0,68	0,53	-	2,17	0,62	0,51
Humine EVOLUEE/H. TOTALE %	18,2	17,7	19,4	36,7	28,3	16,1	19,8	24,4	34,9	20,6	53,0	-	24,6	22,2	39,2

TABLEAU 22: FRACTIONS DE L'HUMINE TOTALE

- SOLS HYDROMORPHES

est généralement inférieure à 0,6% dans les premiers et supérieure à cette valeur dans les seconds. Toutefois, dans les sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non), ce sont les horizons intermédiaires qui en comportent les teneurs les plus élevées, d'où la présence d'un "ventre" aux environs de 50 cm de profondeur.

- En valeur relative, cette forme d'humine est plus abondante également dans les sols hydromorphes et augmente de la surface (7-10%) vers la profondeur (10-20%). Dans les sols ferrugineux tropicaux par contre, la variation est peu importante. Mais le pourcentage maximal (10%) se situe le plus souvent entre 40-60 cm.

- Enfin, les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, malgré leur forte teneur en fer (total et libre) ne comportent pas les teneurs en humine liée au fer les plus élevées. Néanmoins, le pourcentage maximum, en valeur relative, se trouve entre 30-50 cm.

c). *L'humine liée à l'argile.*

- Pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, les teneurs en humine liée à l'argile, exprimées en % de l'humine totale, sont comprises entre 1 et 2% en surface. Ces valeurs restent identiques au-delà de 1 m de profondeur mais augmentent entre 40-60 cm (4 à 6%). En outre, pour ces sols, la proportion d'humine liée à l'argile est inférieure à celle de l'humine liée au fer.

- Les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires ne présentent pas de différences fondamentales avec les sols ci-dessus. Du reste, les horizons intermédiaires comportent les teneurs en humine liée à l'argile (6 à 9% de l'humine totale) les plus élevées. Là également, la proportion d'humine liée à l'argile est inférieure à celle de l'humine liée au fer.

- Dans les sols hydromorphes, les teneurs en humine liée à l'argile qui constituent 9 à 12% de l'humine totale dans les vingt premiers centimètres, diminuent d'une façon régulière en fonction de la profon-

deur. Et contrairement aux sols précédents, la fraction d'humine liée à l'argile prédomine sur celle qui est liée au fer.

d). *L'humine évoluée.*

Elle représente généralement moins de 12% de l'humine totale dans les horizons superficiels des sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non) contre 18-35% au même niveau pour les sols hydromorphes. Dans tous les profils étudiés, son pourcentage augmente au fur et à mesure que l'on descend en profondeur. Toutefois :

- pour les sols hydromorphes, les horizons intermédiaires comportent les teneurs en humine évoluée les plus faibles (profil HMN-090).
- pour les sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non), les teneurs en humine évoluée présentent leurs valeurs les plus élevées dans les horizons intermédiaires.

Ainsi, l'analyse des résultats du fractionnement de l'humine totale montre que :

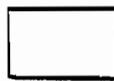
- En valeur absolue, les différentes fractions de l'humine sont plus abondantes dans les sols hydromorphes, en raison de leurs teneurs plus élevées en humine totale.

- L'humine héritée prédomine sur les autres fractions, en valeur absolue comme en valeur relative. Toutefois, en valeur relative, elle est plus importante dans les sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non) que dans les sols hydromorphes.

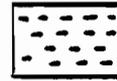
- Pour les sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non) la fraction d'humine liée au fer est plus importante que celle qui est liée à l'argile. Dans les sols hydromorphes par contre, c'est plutôt le phénomène inverse en raison de leurs teneurs plus élevées en particules argileuses.

- En fonction de la profondeur, le pourcentage d'humine évoluée augmente dans les horizons intermédiaires des sols ferrugineux tropi-

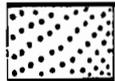
Légende des figures 12, 13, 14.



Matières organiques
légères (MOL)



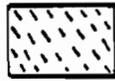
Humine héritée



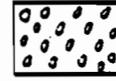
Acides fulviques-soude
(AFS)



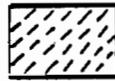
Humine liée au fer



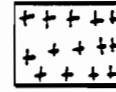
Acides fulviques libres
(AFL)



Humine liée à l'argile



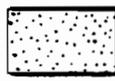
Acides fulviques-pyro
(AFP)



Humine évoluée



Acides humiques-pyro
(AHP)



Acides humiques-soude
(AHS)

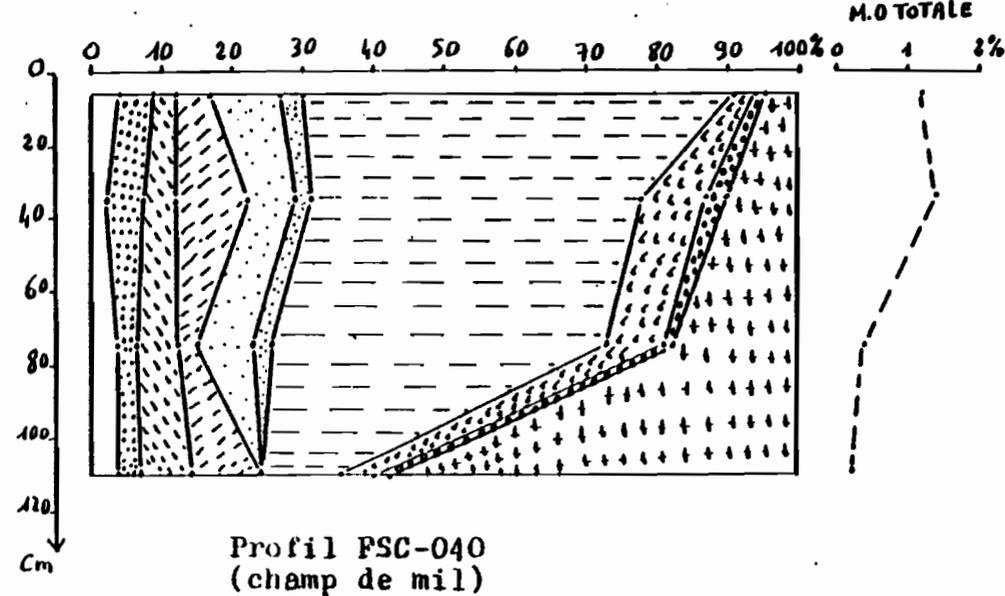
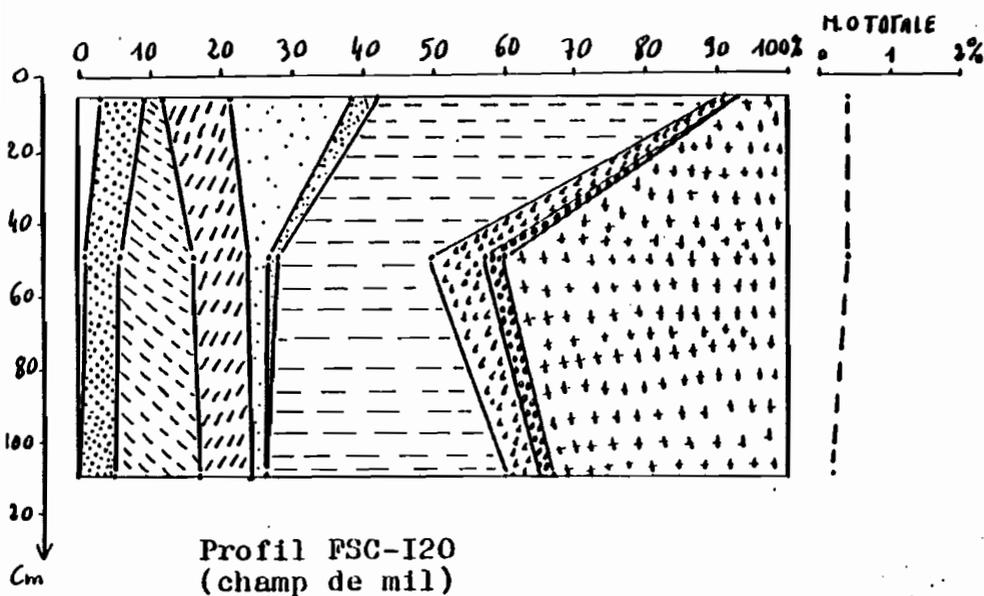
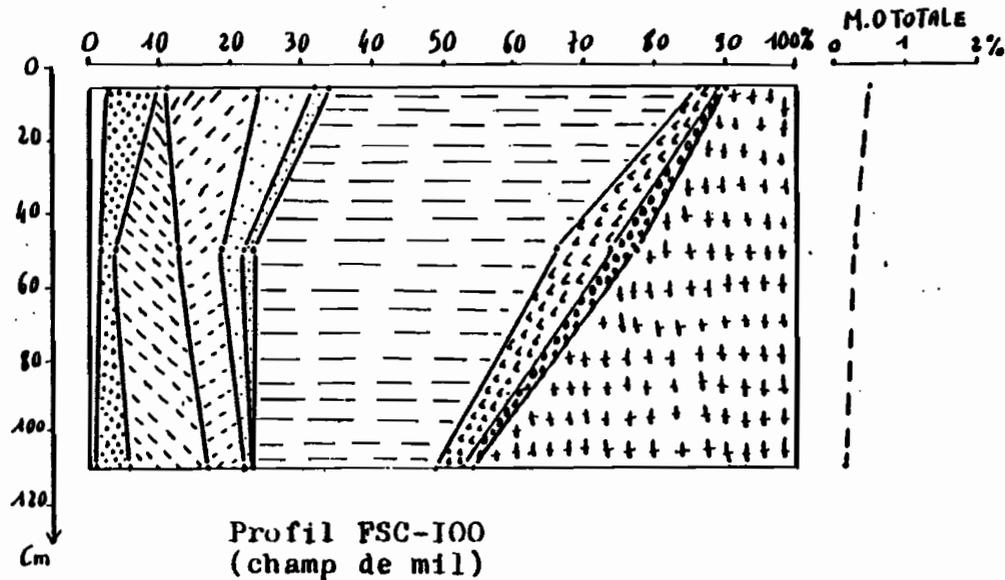
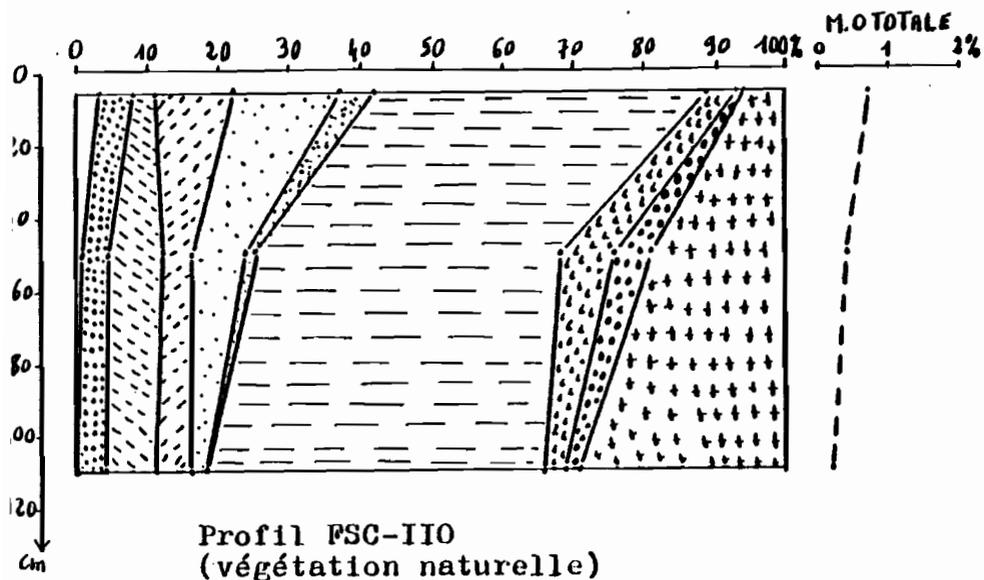


Fig. 12 : Variations des fractions organiques en fonction de la profondeur
Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions

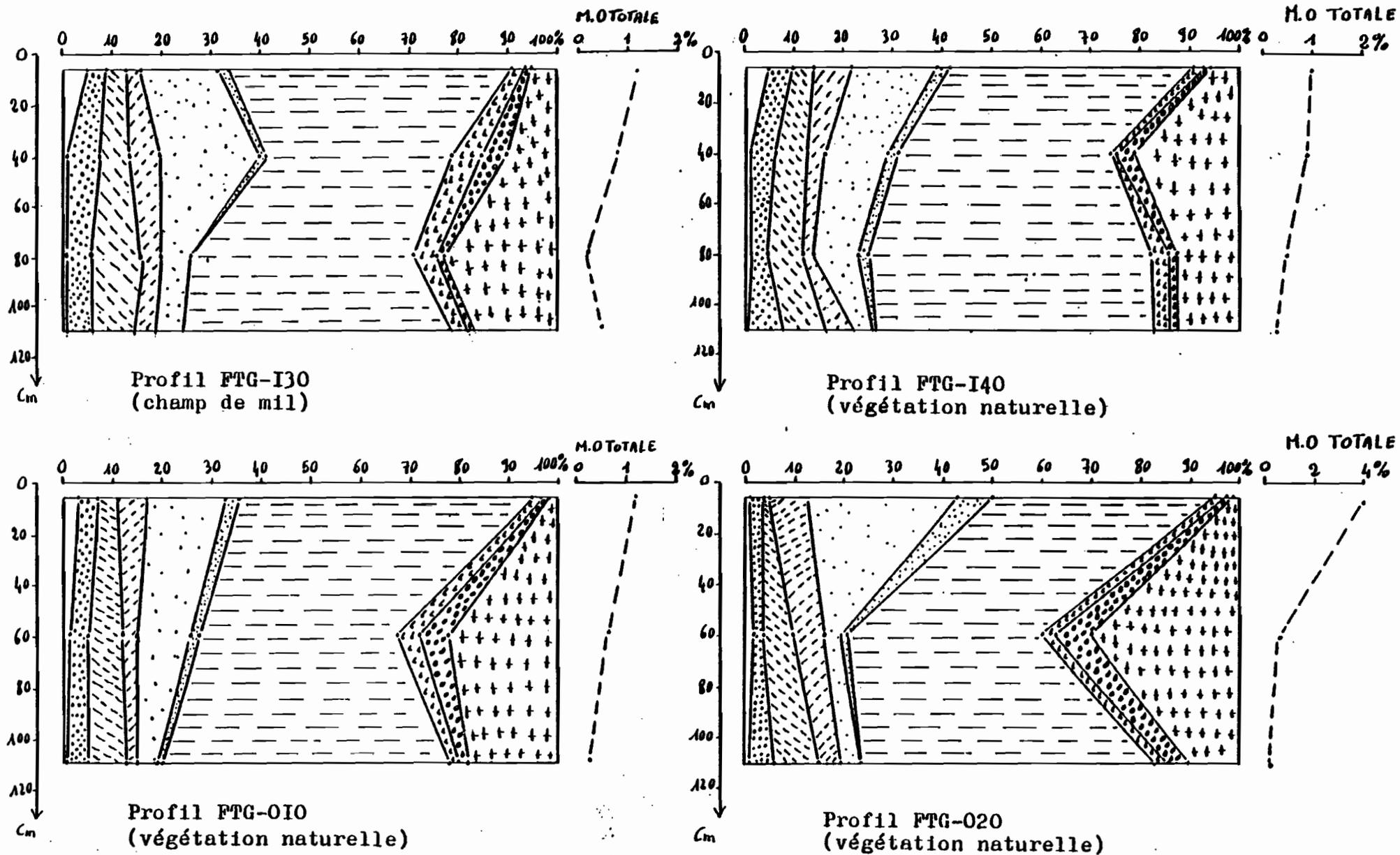


Fig. 13 : Variations des fractions organiques en fonction de la profondeur
Sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires

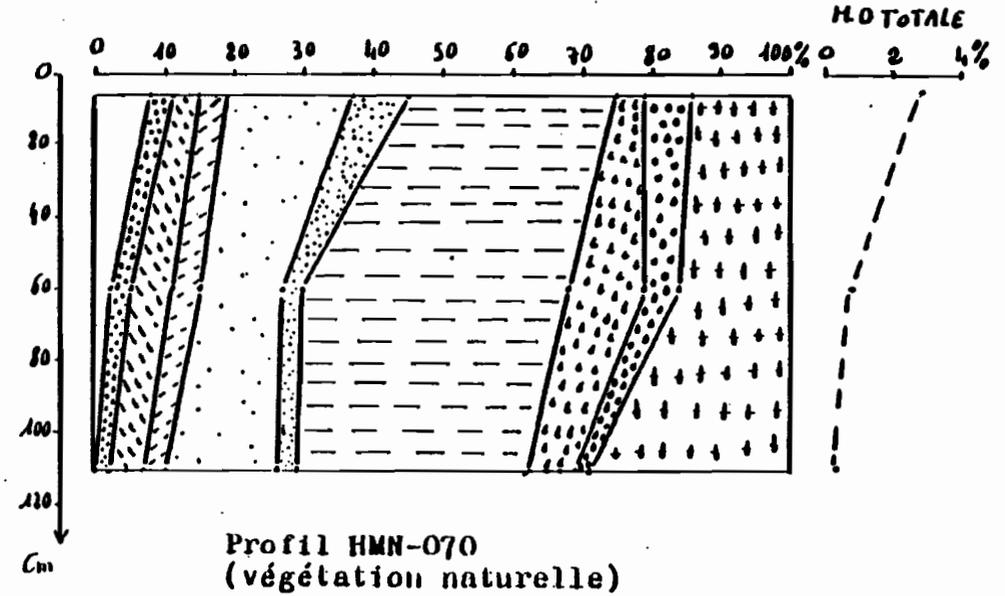
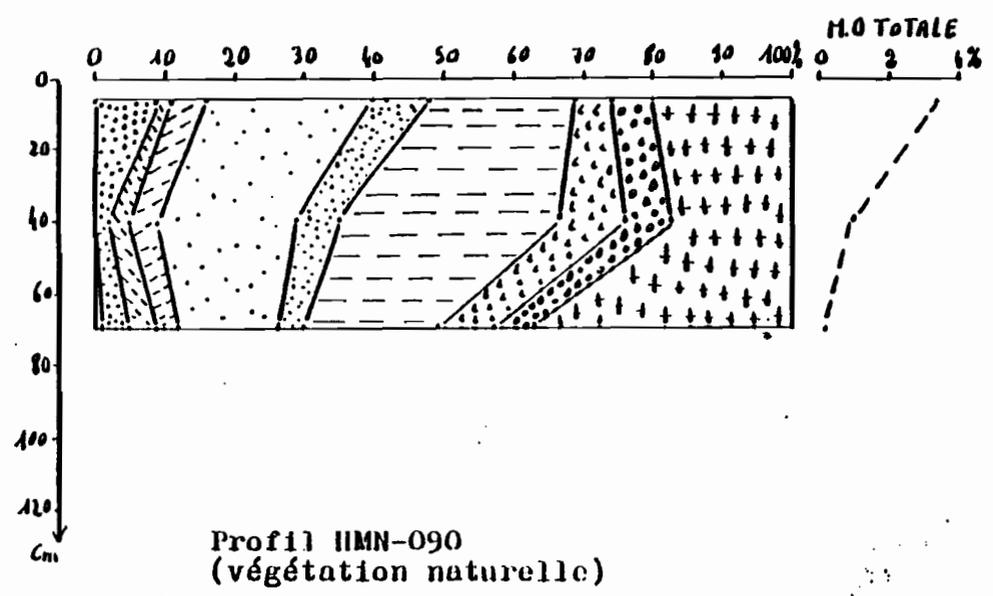
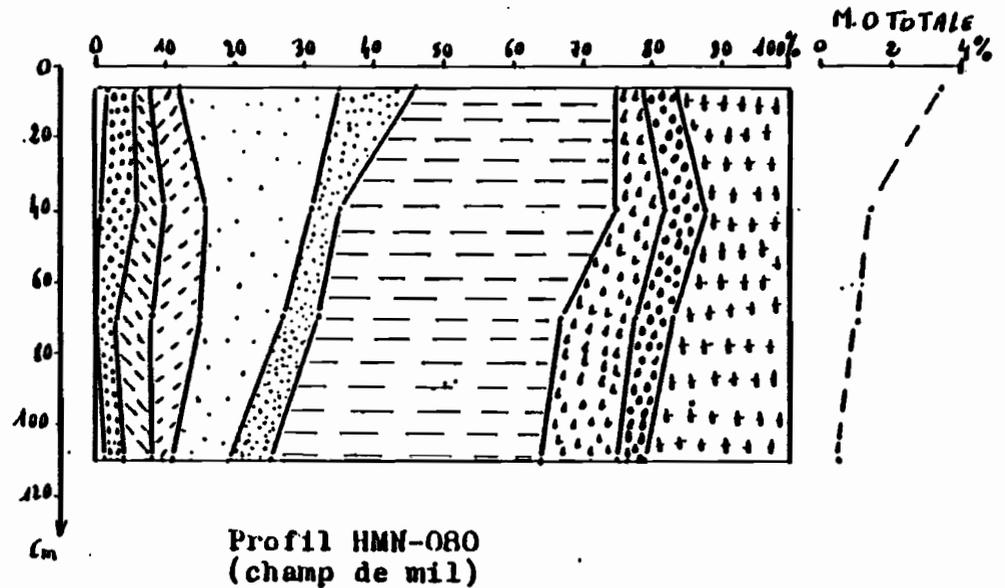
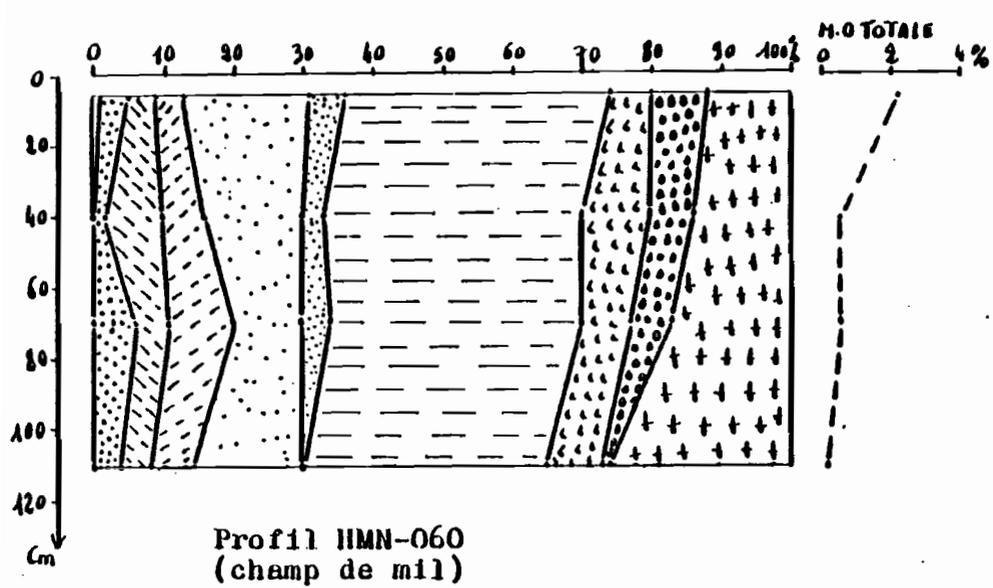


Fig. 14 : Variations des fractions organiques en fonction de la profondeur
Sols hydromorphes

caux (gravillonnaires ou non). Cette augmentation correspond à une dégradation de l'humine héritée avec formation des fractions d'humine liée au fer, de celle liée à l'argile et d'humine évoluée. Par contre elle diminue dans les horizons intermédiaires des sols hydromorphes, ce qui correspond à une teneur plus élevée en humine héritée.

2.2.4. INFLUENCE DE LA MISE EN CULTURE SUR LE POURCENTAGE DES DIFFÉRENTES FRACTIONS DE LA MATIÈRE ORGANIQUE.

Pour chaque type de sol, le pourcentage des différentes fractions de la matière organique des profils sous culture de mil est comparé à celui des profils sous la végétation naturelle. Cependant, seuls l'horizon supérieur et l'horizon sous-jacent de chaque profil, sont pris en compte.

2.2.4.1. LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES.

Leur mise en culture entraîne :

a). Dans l'horizon supérieur (tableau 23) :

- une diminution des teneurs en AHP, AHS et AFP
- une augmentation du pourcentage d'humine totale, d'humine liée au fer, de MCL et AFL. Toutefois pour ces deux dernières fractions, les variations ne sont pas très significatives sauf pour le profil FTG-020 (teneurs en MOL et AFL particulièrement faibles).

L'humine héritée, l'humine évoluée, l'humine liée à l'argile et les AFS ne présentent pas de variations selon que le sol est cultivé ou vierge.

b). Dans l'horizon sous-jacent (tableau 24) :

- une augmentation des AHP, AFP et AFS
- une diminution de la proportion d'humine totale, d'humine évoluée, d'humine héritée et dans une moindre mesure de MOL.

Par contre, l'humine liée à l'argile, l'humine liée au fer et les AFL ne varient pas selon que le profil est situé dans un champ de mil ou sous la végétation naturelle.

2.2.4.2. LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS.

a). Dans l'horizon supérieur, sous culture de mil, les teneurs en AFS, en humine totale et en humine héritée sont plus élevées, et celles en AHS, en humine liée au fer moins importantes que sous la végétation naturelle (tableau 25).

Les autres fractions de la matière organique ne présentent pas de variations dans cet horizon, liées à la mise en culture de ces sols.

b). Dans l'horizon sous-jacent (tableau 26), les AHP, l'humine liée à l'argile ont des proportions plus faibles tandis que celles des AFP et des AFL (à l'exception du profil FSC-040) sont plus élevées, sous culture de mil.

Le pourcentage des autres fractions organiques n'est pas lié au fait que le profil porte une culture de mil ou une végétation naturelle. Toutefois, pour le profil FSC-120 sous culture de mil (voir fig. 12), la teneur en humine héritée accuse une diminution importante dans l'horizon intermédiaire, suivie d'une légère remontée dans l'horizon le plus profond. Parallèlement, l'humine évoluée d'une part et l'humine liée au fer d'autre part, présentent leurs valeurs maximales dans cet horizon intermédiaire. Par conséquent, ce profil FSC-120 présente beaucoup d'analogie avec les profils des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires situés sous la végétation naturelle (voir fig. 13).

2.2.4.3. LES SOLS HYDROMORPHES.

Contrairement au sols précédents, les différences entre profils sous culture de mil et ceux sous la végétation naturelle (tableaux 27, 28) n'apparaissent pas très nettement. Toutefois :

- Dans l'horizon supérieur, la valeur la plus élevée du rapport $\frac{\text{humine totale}}{\text{C. total}}$, corrélative à une teneur plus importante en humine héritée, est celle du profil HMN-060, situé sous culture de mil.

- Dans l'horizon sous-jacent, le pourcentage d'humine évoluée est plus faible et celui des AFP plus élevé sous culture de mil.

		Profil FTG-130	Profil FTG-140	Profil FTG-010	Profil FTG-020
		Sous culture de mil	Sous végétation naturelle	Sous végétation naturelle	Sous végétation naturelle
Carbone organique total (C. total) en %		6,8	5,6	7,1	22,7
Fractions de la matière organique en % de C. total	Matière organique légère (MOL)	5,5	5,0	3,0	1
	Acides fulviques-soude (AFS)	4,0	5,0	4,5	3,5
	Acides fulviques libres (AFL)	4,5	4,0	4,0	1
	Acides fulviques-pyro (AFP)	3,0	7,0	5,5	8,0
	Acides humiques-soude (AHS)	1,5	2,0	2,5	7,5
	Acides humiques-pyro (AHP)	15,5	17,0	15,5	29,0
	Humine totale	66,0	60,0	65,0	50,0
	Humine héritée	57,5	49,5	59,0	45,5
	Humine évoluée	4,0	7,0	2,5	0,5
	Humine liée au fer	3,5	2,5	2,0	2,5
Humine liée à l'argile	1,0	1,0	1,5	1,5	

TABLEAU 23 : Pourcentage des fractions de la matière organique totale dans l'horizon supérieur.
- Sols ferrugineux tropicaux, gravillonnaires -

		Profil FTG-130	Profil FTG-140	Profil FTG-010	Profil FTG-020
		sous culture de mil	sous végétation naturelle	sous végétation naturelle	sous végétation naturelle
Carbone organique total (C. total) en %		4,9	5,1	4,2	3,4
Fractions de la matière organique en % de C. total	Matière organique légère (MOL)	1,0	1,5	3,0	3,0
	Acides fulviques-soude (AFS)	7,0	6,0	3,5	3,5
	Acides fulviques libres (AFL)	6,0	6,0	7,5	7,0
	Acides fulviques-pyro. (AFP)	6,5	3,5	3,0	6,0
	Acides humiques-soude (AHS)	0,5	1,5	1,5	1,0
	Acides humiques-pyro. (AHP)	19,5	12,0	11,5	4,0
	Humine totale	59,5	69,5	70,0	75,5
	Humine héritée	38,5	43,0	40,5	49,5
	Humine évoluée	10,0	16,0	18,5	16,0
	Humine liée au fer	6,0	6,0	5,0	3,0
Humine liée à l'argile	5,0	4,5	6,0	7,0	

TABLEAU 24 : Pourcentage des fractions de la matière organique totale dans l'horizon sous-jacent.
- Sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires -

		Profil FSC-110	Profil FSC-100	Profil FSC-120	Profil FSC-040
		Sous végétation naturelle	Sous culture de mil	Sous culture de mil	Sous culture de mil
Carbone organique total (C. total) en %		4,3	3,0	2,4	6,7
Fractions de la matière organique en % de C. total	Matière organique légère (MOL)	2,5	2,5	3,0	3,5
	Acides fulviques-soude (AFS)	4,5	7,0	6,5	5,0
	Acides fulviques libres (AFL)	3,0	0,5	3,0	3,0
	Acides fulviques-pyro (AFP)	11,0	13,5	9,0	5,0
	Acides humiques-soude (AES)	5,5	2,0	3,0	2,5
	Acides humiques-pyro (AHP)	15,5	7,5	17,0	9,5
	Humine totale	58,0	67,0	58,5	71,5
	Humine héritée	47,0	54,5	49,5	62,5
	Humine évoluée	6,0	8,5	5,5	4,5
	Humine liée au fer	4,0	3,0	2,5	3,0
Humine liée à l'argile	1,0	1,0	1,0	1,5	

TABLEAU 25 : Pourcentage des fractions de la matière organique totale dans l'horizon supérieur.
- Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions -

		Profil FSC-110	Profil FSC-100	Profil FSC-120	Profil FSC-040
		Sous végétation naturelle	Sous culture de mil	Sous culture de mil	Sous culture de mil
Carbone organique total (C. total) en %		2,5	1,7	2,1	8,0
Fractions de la matière organique en % de C. total	Matière organique légère (MOL)	0,5	2,0	0,5	2,5
	Acides fulviques-soude (AFS)	3,5	2,0	5,0	3,0
	Acides fulviques libres (AFL)	7,5	9,0	10,0	4,0
	Acides fulviques-pyro (AFP)	3,0	6,0	8,5	10,0
	Acides humiques-soude (AHS)	1,0	1,0	0,5	2,5
	Acides humiques-pyro (AHP)	8,5	3,5	4,0	7,0
	Humine totale	76,0	76,5	71,5	71,0
	Humine héritée	43,5	43,5	27,0	47,5
	Humine évoluée	20,0	22,0	34,5	11,0
	Humine liée au fer	7,5	7,5	7,0	9,5
Humine liée à l'argile	5,0	3,5	3,0	3,0	

TABLEAU 26 : Pourcentage des fractions de la matière organique totale dans l'horizon sous-jacent.
- Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions -

		Profil HMN-060	Profil HMN-080	Profil HMN-090	Profil HMN-070
		Sous culture de mil	Sous culture de mil	Sous végétation naturelle	Sous végétation naturelle
Carbone organique total (C. total) en %		11,9	18,9	19,8	16,3
Fractions de la matière organique en % de C. total	Matière organique légère (MOL)	1,0	2,0	0,5	8,3
	Acides fulviques-soude (AFS)	4,0	4,0	9,5	3,5
	Acides fulviques-libres (AFL)	4,0	2,5	2,0	3,5
	Acides fulviques-pyro (AFP)	4,0	4,5	5,0	4,0
	Acides humiques-soude (AHS)	5,0	11,0	8,0	8,5
	Acides humiques-pyro (AHP)	17,0	23,0	24,0	18,0
	Humine totale	65,0	53,0	51,0	54,0
	Humine héritée	38,0	29,0	21,5	30,0
	Humine évoluée	12,0	15,0	18,0	13,5
	Humine liée au fer	7,0	4,0	5,0	4,0
Humine liée à l'argile	8,0	5,0	6,5	6,5	

Tableau 27 : Pourcentage des fractions de la matière organique totale dans l'horizon supérieur.
- Sols hydromorphes -

		Profil HMN-060	Profil HMN-080	Profil HMN-090	Profil HMN-070
		Sous culture de mil	Sous culture de mil	Sous végétation naturelle	Sous végétation naturelle
Carbone organique total (C. total) en %		3,4	7,5	5,3	4,1
Fractions de la matière organique en % de C. total	Matière organique légère (MOL)	0,5	1,0	0,5	3,0
	Acides fulviques-soude (AFS)	2,0	5,0	2,0	3,0
	Acides fulviques-libres (AFL)	8,5	4,5	3,5	6,0
	Acides fulviques-pyro (AFP)	6,5	6,5	4,0	4,0
	Acides humiques-soude (AHS)	3,5	4,0	6,5	3,5
	Acides humiques-pyro (AHP)	14,0	15,0	21,0	12,0
	Humine totale	65,0	64,0	62,5	68,5
	Humine héritée	37,5	41,0	32,5	38,5
	Humine évoluée	11,5	10,0	13,0	15,0
	Humine liée au fer	10,0	7,0	9,5	10,0
Humine liée à l'argile	6,0	6,0	7,5	5,0	

TABLEAU 28 : Pourcentage des fractions de la matière organique totale dans l'horizon sous-jacent.
- Sols hydromorphes -

- Dans le cas du profil HMN-090, non cultivé (fig. 14), le taux d'humine évoluée (en % du carbone organique total) est élevé (18%) entre 0-20 cm, consécutif à une teneur moins importante de la fraction d'humine héritée, diminue entre 30-50 cm (13%) et atteint 38% entre 60-80 cm. Toutes ces variations le distinguent ainsi des autres profils de sols hydromorphes étudiés ici.

2.2.5. CONCLUSIONS SUR LE FRACTIONNEMENT DE LA MATIERE ORGANIQUE TOTALE.

a). La teneur en carbone organique total est plus élevée dans les sols hydromorphes en raison de la luxuriance de la végétation que supportent ces sols. Par conséquent, les différentes fractions organiques (en valeur absolue) y sont plus abondantes.

b). Au niveau de l'humine :

- Pour tous les sols, dans l'horizon superficiel, la fraction "humine totale" (plus de 60%) prédomine sur les matières "humifiées" solubles soit en milieu acide, soit en milieu alcalin.

Ce résultat qui est en accord avec ceux obtenus par de nombreux auteurs (DABIN, 1979 ; SOURABIE, 1979) est caractéristique de la composition de la matière organique totale des sols sous climat à saisons contrastées.

Toutefois, le pourcentage élevé de l'humine totale est dû essentiellement à l'abondance de sa fraction désignée par humine héritée. Celle-ci représente environ 80 à 90% de l'humine totale dans les sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non). Cette observation permet de faire deux remarques :

. L'accumulation de matières végétales peu transformées (humine héritée) est liée aux conditions de drainage (rapide) qui accélèrent les phénomènes de dessiccation des horizons supérieurs.

Il s'en suit un ralentissement de la décomposition biologique de cette fraction d'humine.

. La non-extraction directe de l'humine totale par les réactifs alcalins a été souvent attribuée à sa très forte polymérisation et au fait qu'elle soit intimement liée à la matière minérale (fer et argile). En raison de la nature de ses différentes formes, c'est plutôt le volet "intimement liée à la matière minérale" qui paraît constituer le facteur prépondérant.

Dans les sols hydromorphes, la lente dessiccation de l'horizon supérieur permet un maintien plus prolongé de l'activité biologique, ce qui favorise la biodégradation de l'humine héritée et la formation de l'humine évoluée en particulier.

- Les variations en fonction de la profondeur des différentes fractions de l'humine totale (exprimées en % de l'humine totale) montrent que l'humine héritée (50-65%) et l'humine liée à l'argile (7-12%) augmentent tandis que l'humine évoluée (15-20%) diminue dans les horizons intermédiaires des sols hydromorphes.

Ces variations traduisent les effets du taux d'humidité élevé qui freinent les phénomènes de biodégradation des matières végétales peu transformées (humine héritée) et des substances humiques (humine liée au fer).

Par contre, les sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non) qui ont un taux d'humidité beaucoup moins élevé que les sols précédents, ont des "ventres" de teneurs en humine liée à l'argile (6 à 9%) et en humine évoluée (15-30%). Inversement l'humine héritée (moins de 65%) accuse dans les horizons intermédiaires, une diminution plus importante en particulier dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

c). Au niveau des autres fractions de la matière organique :

- Dans l'horizon supérieur, le taux de matière organique légère (MOL) des sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non) est plus abondant (2 à 5%) que celui des sols hydromorphes (moins de 2%). Les remarques faites pour l'humine héritée restent alors valables pour la matière organique légère (accumulation).

- Les acides fulviques libres (AFL) s'accumulent en valeur relative et en valeur absolue dans les horizons profonds des sols ferrugineux tropicaux. Cette observation qui est à rattacher également aux conditions de drainage plus rapide constitue un des phénomènes caractéristiques des sols ferrugineux tropicaux.

Par contre, le ralentissement du drainage dans les sols hydromorphes, diminue le lessivage des AFL et seule une accumulation relative dans les horizons intermédiaires, est mise en évidence.

- Les acides humiques-Pyro (AHP) prédominent sur les autres substances dans l'horizon supérieur de tous les sols :

. 7-17% du carbone organique total pour les sols ferrugineux tropicaux.

. 17-24% du carbone organique total pour les sols hydromorphes.

Cette observation corroborent celles faites par PERRAUD (1969, 1971) ; LEROUX (1969, 1980) ; DUCHAUFOR et DOMMARGUES (1963). Selon ces auteurs, un climat caractérisé par une saison sèche assez longue et intense, mais aussi par l'alternance répétée de périodes sèches et humides même pendant la saison des pluies, entraînerait une augmentation des acides humiques (AH).

TURENNE (1975) précise qu'en région tropicale, les périodes de dessiccation sont "polymérisantes" (passage des AF aux AH) alors que les périodes d'humectation sont au contraire "dépolymérisantes".

Toutefois, pour les sols ferrugineux tropicaux, si les périodes de dessiccation sont polymérisantes, elles entraînent également un arrêt de la décomposition biologique des matières végétales peu (humine héritée) ou non (matière organique légère) transformées. En outre, pour ces sols la prépondérance de ces acides humiques est liée aussi à des phénomènes importants d'oxydation et également de lessivage des AFL. Pour les sols hydromorphes s'ajoutent également d'autres phénomènes qui sont :

- . Une réduction de l'activité biologique liée au pédoclimat (ralentissement de la minéralisation), en profondeur.

- . Une humification directe très poussée avec formation de produits stables (AHP, AHS) qui fixent les cations, en surface.

- Les acides humiques-soude (AHS) sont surtout concentrés dans l'horizon supérieur des différents sols. Les sols hydromorphes en comportent les teneurs les plus élevées (5-11%). Celles-ci correspondent à des pourcentages en humine héritée plus faibles (dégradation).

d). La mise en culture, même pour une période assez courte (moins de 3 ans) entraîne dans l'horizon supérieur :

- une accumulation de l'humine héritée pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions et pour les sols hydromorphes (profil HMN-060).

- un accroissement du taux d'humine liée au fer, pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

Dans un cas comme dans l'autre, il s'en suit une augmentation de l'humine totale. Cette observation n'est pas en accord avec les résultats de SOURABIE (l.c.). Toutefois, la différence peut s'expliquer par le fait que les sols étudiés par cet auteur, étaient irrigués contrairement aux nôtres. Elle montre que dans les sols plus secs, ce sont les fractions fines qui se décomposent plus vite que les fractions grossières (humine héritée). Pour les sols ferrugineux tropicaux gra-

villonnaires, l'abondance de l'humine liée au fer peut être rattachée à la diminution des taux d'acides humiques-pyro (AHP), d'acides humiques-soude (AHS) et d'acides fulviques-pyro. (AFP). En effet, il n'est pas exclu que la dégradation de ces fractions organiques puisse donner naissance à des substances qui, en raison du taux élevé en fer (total et libre), entraînent la formation de l'humine liée au fer (insolubilisation). Ce processus est confirmé par les teneurs légèrement plus élevées en acides fulviques libres (produits de dégradation). Par contre, pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, on observe plutôt une dégradation de cette humine liée au fer (considérée ici comme "ancienne") et les acides fulviques libres (AFL) qui en sont issus s'accumulent dans l'horizon sous-jacent.

Dans l'horizon sous-jacent, pour tous les profils sous culture de mil (y compris hydromorphes), le taux d'acides fulviques-pyro (AFP) augmente. Cette augmentation correspond surtout à une dégradation :

- . de l'humine totale, en particulier de l'humine héritée et de l'humine évoluée pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

- . de l'humine liée à l'argile et des acides humiques-pyro (AHP) pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.

- . de l'humine évoluée pour les sols hydromorphes.

Au total, le pourcentage des différentes fractions de la matière organique totale reflète les conditions climatiques générales, les conditions pédoclimatiques (drainage) propres à chaque sol et les effets de la mise en culture.

2.3. L'AZOTE.

C'est un des éléments fondamentaux pour la croissance des végétaux. Il intervient notamment dans la formation des protéines, des acides nucléiques et des acides aminés. Généralement, l'azote du sol provient en grande partie de la décomposition de la matière organique, en dehors de tout apport d'engrais chimique (nitrique ou ammoniacal) ou de la fixation biologique de l'azote atmosphérique par les micro-organismes spécialisés.

Dans ce travail, il a été procédé :

- à la détermination de la teneur en azote total du sol et du culot d'humine.

- à la séparation des différentes formes de cet azote dans l'horizon supérieur de chaque profil. L'incidence des résultats obtenus du point de vue agronomique (3ème partie) complète cette étude.

2.3.1. AZOTE TOTAL DU SOL.

Entre 0-20 cm, les teneurs en azote total du sol augmentent quand on passe des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes selon la séquence suivante :

Sols ferrugineux trop. sans concrétions	Sols ferrugineux trop. gravillonnaires	Sols hydromorphes
< 0,4%	0,4-0,5%	# 1%

Ces différentes teneurs diminuent des horizons supérieurs vers les horizons profonds (0,1 à 0,2%), comme celles du carbone organique total.

Sur le tableau 29 ont été regroupés les coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre la teneur en azote total du sol et le pourcentage des différentes fractions de la matière organique. Ils

Tableau 29: Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre N. Total du sol et les différentes fractions de la matière organique.

	Acides humiques totaux (AHT)	Acides fulviques totaux (AFT)	Acides fulviques-soude (AFS)	Acides fulviques libres (AFL)	Acides fulviques-pyro (AFP)	Acides humiques-pyro (AHP)	Acides humiques-soude (AHS)	Humine totale	Humine héritée	Humine liée au fer (HIF)	Humine liée à l'argile (HIA)	Humine évoluée
N. Total du sol (sols ferrugineux trop. sans concrétions)	0,65	0,68	0,62	0,64	0,68	0,70	0,64	0,81	0,68	0,78	0,73	0
N. Total du sol (sols ferrugineux trop. gravillonneux)	0,93	0,89	0,75	0,77	0,83	0,93	0,89	0,98	0,98	0,86	0,75	0,03
N. Total du sol (sols hydromorphes)	0,97	0,95	0,92	0,84	0,93	0,95	0,96	0,99	0,98	0,97	0,96	0,92

montrent que :

- Les fractions d'humine (humine héritée, humine liée au fer et celle liée à l'argile) présentent les corrélations positives les plus étroites avec la teneur en azote total du sol. Dans le cas des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, les corrélations avec les composés humiques extractibles ne sont significatives qu'au risque de 5%.

- Parmi les composés humiques, l'interdépendance entre la teneur en azote total du sol et le pourcentage des acides humiques totaux (AHT) est généralement plus étroite que celle qui la lie aux acides fulviques totaux (AFT).

2.3.2. AZOTE TOTAL DU CULOT D'HUMINE.

Les résultats conduisent aux remarques suivantes :

a). L'extraction des composés humiques par les réactifs alcalins (pyro et soude) entraîne en même temps une diminution de la teneur en azote total du sol dans des proportions qui varient suivant le type de sol et l'horizon considéré.

Dans l'horizon supérieur, cette diminution est de l'ordre de 50% pour les sols hydromorphes contre respectivement 60% et 25-50% pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions et pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

Toutefois, seuls les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires ont des rapports $\frac{N.\text{humine}}{N.\text{du sol}}$ qui augmentent en fonction de la profondeur à l'image des rapports $\frac{C.\text{humine totale}}{C.\text{total}}$. Dans les sols hydromorphes et dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, la variation de la teneur en azote total du culot d'humine (en valeur relative), en fonction de la profondeur, se fait de façon irrégulière et ne reflète pas celle de C.humine totale (en valeur relative).

Par contre, en valeur absolue, la teneur en azote total du culot d'humine diminue généralement des horizons supérieurs vers les

horizons profonds. Pour les horizons de surface, elle augmente des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes, tout comme la teneur en carbone de l'humine totale.

Comme le montre le tableau 30, des corrélations significatives positives très étroites, au risque de 1% ont été établies entre d'une part, N. de l'humine et d'autre part, C. de l'humine totale et ses différentes fractions. Cependant, dans les sols ferrugineux tropicaux, il n'existe aucune interdépendance entre la fraction d'humine évoluée et N. de l'humine totale. Dans les sols hydromorphes, cette interdépendance existe mais le coefficient obtenu est le plus faible. Pour les autres fractions, la nature et la proportion respectives de chacune d'elles dans les sols étudiés permettent d'expliquer leurs corrélations avec la teneur en azote de l'humine totale. Ainsi l'humine héritée, composé peu transformé assez proche de la matière végétale, abondante dans les sols ferrugineux gravillonnaires notamment, est étroitement corrélée à l'azote. Par contre, les fractions d'humine liées au fer et à l'argile le sont beaucoup moins.

Pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, le coefficient de corrélation entre N. de l'humine totale et l'humine héritée est au contraire le plus faible.

b). La teneur en N. de "l'humus" appréciée globalement (N. total du sol - N. total du culot d'humine) montre aussi des variations liées à la nature des différents composés humiques et à leurs proportions respectives. En valeur absolue, elle augmente également des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes et diminue généralement en fonction de la profondeur comme le montre les tableaux 31, 32, 33).

	Humine totale	Humine héritée	Humine liée au fer (H1F)	Humine liée à l'argile (H1A)	H1F + H1A	Humine évoluée
N. Humine totale (SFT sans concrétions)	0,93	0,84	0,87	0,88	0,91	-
N. Humine totale (SFT gravillonnaire)	0,94	0,93	0,83	0,68**	0,76	-
N. Humine totale (Sols hydromorphe)	0,97	0,96	0,99	0,96	0,97	0,93

SFT : Sols ferrugineux tropicaux

-

** : au risque de 5%

TABLEAU 30 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre la teneur en azote total du culot d'humine (N.humine totale) et le pourcentage des différentes fractions d'humine.

TABEAU 31 : Teneurs en azote (N) total :
 - du sol
 - du culot d'humine
 - de l'humus
 - Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions -

N° PROFIL	FSC - 110			FSC - 100			FSC - 120			FSC - 040						
	Couverture végétale				Végétation naturelle			Champ de mil			Champ de mil			Champ de mil		
Niveau de prélèvement (cm)	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-10	30-40	70-80	100-120			
N. total du sol en %	0,33	0,22	0,14	0,24	0,18	0,14	0,15	0,25	0,30	0,57	1,0	0,21	0,10			
N. humine totale en %	0,14	0,13	0,07	0,10	0,08	0,05	0,07	0,10	0,06	0,31	0,40	0,08	0,05			
N. humine tot/N.tot. en %	42,4	59,1	50,0	41,7	44,4	35,7	46,7	40,0	20,0	54,4	40,0	38,1	50,0			
N. humus en %	0,19	0,09	0,07	0,14	0,10	0,09	0,08	0,15	0,24	0,26	0,60	0,13	0,05			
N. humus/N.tot. en %	57,6	40,9	50,0	58,3	55,6	64,3	53,3	60,0	80,0	45,6	60,0	61,9	50,0			

TABEAU 32 : Teneurs en azote (N) total :
 - du sol
 - du culot d'humine
 - de l'humus
 - Sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires -

N° PROFIL	FTG - 130				FTG - 140				FTG - 010			FTG - 020		
	Couverture végétale				Végétation naturelle				Végétation naturelle			Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement (cm)	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
N. total du sol en %	0,5	0,4	0,1	0,2	0,4	0,4	0,2	0,1	0,5	0,3	0,2	1,2	0,2	0,2
N. humine totale en %	0,37	0,21	0,07	0,17	0,31	0,31	0,14	0,10	0,25	0,21	0,14	0,51	0,20	0,14
N. humine tot/N.tot. en %	74,0	52,5	70,0	85,0	77,5	77,5	70,0	100	50,0	70,0	70,0	42,5	100	70,0
N. humus en %	0,13	0,19	0,03	0,03	0,09	0,09	0,06	0	0,25	0,09	0,06	0,69	0	0,06
N. humus/N.tot. en %	26,0	47,5	30,0	15,0	22,5	22,5	30,0	0	50,0	30,0	30,0	57,5	0	30,0

TABEAU 33 : Teneurs en azote (N) total :
 - du sol
 - du culot d'humine
 - de l'humus
 - Sols hydromorphes -

N° PROFIL	HMN - 060				HMN - 080				HMN - 090				HMN - 070		
	Couverture végétale				Végétation naturelle				Végétation naturelle				Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement (cm)	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	50-70	100-120
N. total du sol en %	0,9	0,3	0,2	0,1	1,1	0,5	0,4	0,2	1,1	0,3	0,1	0,05	1,0	0,3	0,1
N. humine totale en %	0,54	0,12	0,09	0,04	0,53	0,35	0,20	0,12	0,54	0,17	0,04	0,02	0,52	0,14	0,07
N. humine tot/N.tot. en %	60,0	40,0	45,0	40,0	48,2	70,0	50,0	60,0	49,1	56,6	40,0	40,0	52,0	46,7	70,0
N. humus en %	0,36	0,18	0,11	0,06	0,57	0,15	0,20	0,08	0,56	0,13	0,06	0,03	0,48	0,16	0,03
N. humus/N.tot. en %	40,0	60,0	55,0	60,0	51,8	30,0	50,0	40,0	50,9	43,4	60,0	60,0	48,0	53,3	30,0

2.3.3. LES DIFFERENTES FORMES ORGANIQUES DE L'AZOTE TOTAL DU SOL (Tableau 34).

L'étude des différentes formes organiques de l'azote total du sol complète celle du fractionnement de la matière organique. En effet, comme le souligne SOURABIE (l.c.), l'azote de la matière végétale fraîche est en grande partie hydrolysable (N.α-aminé) alors que dans les produits humifiés c'est la forme non hydrolysable qui prédomine.

Pour l'ensemble des sols étudiés ici, 60 à 85% de l'azote se trouve sous forme hydrolysable en particulier N.amidé dont les teneurs constituent en moyenne 70% de l'azote hydrolysable et plus de 40% de N.total du sol.

Les différents rapports $\frac{\text{N.non hydrolysable}}{\text{N.hydrolysable}}$ ne montrent pas de variations importantes en fonction du type de sol.

Les coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre les formes organiques de l'azote total du sol et les fractions de la matière organique, en particulier pour les horizons supérieurs (0-20 cm), ont été portés sur le tableau 35. Ils suscitent les observations suivantes :

a). Les fractions de l'humine présentent les corrélations positives les plus étroites avec chacune des formes d'azote, puis viennent les acides humiques totaux (AHT) et les acides fulviques totaux (AFT).

b). Selon la valeur de leurs coefficients de corrélations, les différentes fractions de l'humine se répartissent en deux groupes :

. Le premier groupe est représenté par *l'humine héritée*. Sa corrélation est plus étroite avec *N. non hydrolysable* et parmi les formes hydrolysables, le coefficient le plus élevé est obtenu avec *N. amidé*.

. Le second groupe comporte *l'humine liée au fer*, *l'humine liée à l'argile* et *l'humine évoluée*. Ces trois fractions, contrairement à l'humine héritée, sont plus étroitement corrélées avec *N. hydrolysable*, en particulier avec *ll.aminé*.

c). Les substances humiques directement extractibles par les réactifs alcalins ou solubilisées par l'acide phosphorique (AFL) se répartissent également en deux groupes :

. L'un formé par AHP, AFL et dans une moindre mesure AFS dont les coefficients de corrélation sont plus élevés avec *N. hydrolysable*, en particulier avec *N. aminé* pour AFL et *N. amidé* pour AHP et AFS.

. L'autre formé par AHS et AFP dont les corrélations sont plutôt plus étroites avec *N. non hydrolysable*. Pour les formes hydrolysables, il existe une interdépendance plus étroite également entre AHS et *N. aminé* d'une part et entre AFP et *N. amidé* d'autre part.

d). Les coefficients de corrélation montrent également qu'il existe une interdépendance plus étroite entre *N. non hydrolysable* et *N. total* du sol : $r = 0,99$ contre $r = 0,94$ pour *N. hydrolysable*. Pour les zones tempérées MOUCAWI (l.c.) observe le phénomène inverse.

Au total, l'étude de l'azote fait ressortir les éléments essentiels suivants :

1. Les teneurs en azote total du sol, entre 0-20 cm, sont plus élevées (≠ 1%) dans les sols hydromorphes que dans les sols ferrugineux tropicaux (moins de 1%). En outre, elles diminuent au fur et à mesure que l'on descend en profondeur.

Toutes ces variations sont analogues à celles du carbone organique total.

2. L'azote total du culot d'humine représente, entre 0-20 cm :

- 40% environ de l'azote total du sol pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.

- 50% environ de l'azote total du sol pour les sols hydromorphes.

- plus de 50% pour les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

Ces variations reflètent les différences de pourcentage des fractions de l'humine totale.

Sols		Sols ferrugineux trop. sans concrét.				Sols ferrug. trop. gravillonnaires				'Sols hydromorphes'			
N° Profil		FSC-110	FSC-100	FSC-120	FSC-040	FTG-130	FTG-140	FTG-P10	FTG-020	IIMN-060	IIMN-080	IIMN-090	IIMN-070
Azote total (%)		0,33	0,24	0,15	0,57	0,5	0,4	0,5	1,2	0,9	1,1	1,1	1,0
N. non hydrolys. (%)		0,08	0,06	0,06	0,18	0,12	0,10	0,14	0,48	0,18	0,34	0,29	0,33
$\frac{\text{N. non hydrolys.}}{\text{N. total}}$ (%)		24,2	25,0	40,0	31,6	24	25	28	40	20,0	30,9	26,4	33,0
N. hydrolys. (%)		0,25	0,18	0,09	0,39	0,38	0,30	0,36	0,72	0,72	0,76	0,81	0,67
$\frac{\text{N. hydrolys.}}{\text{N. total}}$ (%)		75,8	75,0	60,0	68,4	76	75	72	60	80,0	69,1	73,6	67,0
$\frac{\text{N. non hydrolys.}}{\text{N. hydrolys.}}$ (%)		32,0	33,3	66,7	46,1	31,6	33,3	38,9	66,7	25,0	44,7	35,8	49,2
Fractions de N. hydrolysable	N. aminé (%)	0,08	0,02	0,02	0,13	0,17	0,10	0,13	0,18	0,22	0,27	0,22	0,23
	$\frac{\text{N. aminé}}{\text{N. total}}$ (%)	24,2	8,3	13,3	22,8	34	25	26	15	24,4	24,5	20,0	23,0
	$\frac{\text{N. aminé}}{\text{N. hydr.}}$ (%)	32,0	11,1	22,2	33,3	44,7	33,3	36,1	25	30,5	35,5	27,2	34,3
	N. amidé (%)	0,17	0,16	0,07	0,26	0,21	0,20	0,23	0,54	0,50	0,49	0,59	0,44
	$\frac{\text{N. amidé}}{\text{N. total}}$ (%)	51,6	66,7	46,7	45,6	42	50	46	45	55,6	44,6	53,6	44,0
	$\frac{\text{N. amidé}}{\text{N. hydr.}}$ (%)	68,0	88,9	77,8	66,7	55,3	66,7	63,9	75	69,5	64,5	72,8	65,7

TABLEAU 34 : Formes organiques de l'azote total du sol (0-20 cm).

Tableau 35. Coefficients de corrélations des rangs de SPEARMAN entre les formes de N. Total et les fractions de la matière organique.

	N. Total	Matière organique légère (MOL)	Acides humiques totaux (AHT)	Acides fulviques totaux (APT)	Acides fulviques libres (AFL)	Acides fulviques -soude (AFS)	Acides fulviques -pyro (AFP)	Acides humiques -pyro (AHP)	Acides humiques -soude (AHS)	Humine totale	Humine héritée	Humine liée au fer (HIF)	Humine liée à l'argile (HIA)	HIF + HIA	Humine évoluée
N. Non hydrolysable	0,99	0,51	0,90	0,70	0,76	0,54	0,71	0,88	0,88	0,99	0,97	0,83	0,88	0,88	0,35
N. hydrolysable	0,94	0,39	0,93	0,72	0,85	0,57	0,70	0,94	0,86	0,94	0,90	0,93	0,94	0,95	0,54
N. α aminé	0,88	0,53	0,88	0,67	0,96	0,53	0,59	0,87	0,83	0,88	0,90	0,91	0,93	0,93	0,62
N. amidé	0,94	0,27	0,88	0,71	0,74	0,57	0,71	0,90	0,80	0,94	0,92	0,82	0,91	0,86	0,33

3. Pour tous les sols, la forme d'azote qui prédomine dans l'horizon superficiel est l'azote hydrolysable (70% de N. total du sol) ; en particulier l'azote amidé (40% de N. total du sol).

4. D'un point de vue statistique :

- l'humine héritée et les acides humiques-soude (AHS) sont de nature assez voisine, en raison de leurs corrélations positives avec N. non hydrolysable.

- l'humine liée à l'argile, l'humine liée au fer, l'humine évoluée, les acides humiques-pyro sont, par contre, mieux corrélés positivement avec N. hydrolysable.

- l'azote total du sol est surtout en corrélation positive, plus étroite avec N. non hydrolysable.

Toutes ces corrélations sont curieuses et suscitent des questions qui ne peuvent avoir de réponses dans le présent travail. En effet, on constate que les fractions de la matière organique totale considérées comme peu évoluées (humine héritée, AHS) sont mieux corrélées positivement avec la forme d'azote (N. non hydrolysable) majoritaire dans les fractions organiques les plus évoluées. Inversement, les composés humiques les plus évolués ont plutôt une meilleure corrélation positive avec N. hydrolysable. On a noté précédemment que c'étaient ces composés qui diminuaient de préférence dans l'horizon supérieur, sous l'action de la culture.

Par conséquent, il serait intéressant pour un travail futur de vérifier l'ensemble de ces corrélations par la détermination effective de la composition des fractions de la matière organique totale du sol en relation avec la nature des végétaux (teneur en azote, formes d'azote) incorporés dans le sol. Toutefois, le ralentissement de la biodégradation des fractions grossières (humine héritée) dans les régions sèches joue peut être un rôle dans ces corrélations.

2.4. LES SUCRES LIBRES.

En milieu aéré, l'hydrolyse des celluloses et hémicelluloses conduit à la formation des sucres libres solubles qui, par décomposition par les microorganismes du sol, produisent des acides organiques dont certains influencent le métabolisme et la fertilité des sols (BACHELIER, 1968).

Inversement, ces sucres associés à d'autres produits organiques (acides aminés, composés phénoliques), ou bien sous forme de polysaccharides, peuvent former des unités structurales de composés humiques (BERTHELIN et TOUTAIN, 1977).

En outre, GRUCKERT (1973) a montré également l'importance de ces substances dans la formation de l'humine microbienne qui peut constituer, dans certains sols, près de 10% de l'humine totale.

Enfin, en tant que source énergétique, les teneurs en sucres libres renseignent sur le niveau de minéralisation du carbone total et par conséquent sur l'activité biologique, tout en s'affirmant d'actifs agents de la structure (rôle des polysaccharides dans l'agrégation).

Tous ces éléments montrent ainsi l'importance des sucres libres du sol.

Pour les sols étudiés, les résultats obtenus (tableau 36) suscitent les remarques suivantes :

a) Comme la plupart des fractions organiques, les teneurs en sucres libres, exprimées en mg de C/100 g, dans les vingt premiers centimètres, augmentent quand on passe des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes suivant la séquence ci-dessous :

Sols ferrugineux trop. sans concrétions	<	Sols ferrugineux trop. gravillonnaires	<	Sols hydromorphes
moins de 5mg de C/100g		6-5 mg de C/100g		plus de 6 mg de C/100g

TABLEAU 36 : Teneurs en glucides libres.

a). Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions

N° PROFIL	FSC - 110			FSC - 100			FSC - 120			FSC - 140			
Couverture végétale	Végétation naturelle			Champ de mil			Champ de mil			Champ de mil			
Niveau de prélèvement (cm)	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-10	30-40	70-80	100-120
Glucides libres en mg C/100	2,74	0,97	0,73	2,91	1,45	0,56	1,61	1,05	0,73	4,44	5,57	1,86	1,05
Glucides libres/C.tot.(%)	0,63	0,39	0,61	0,97	0,85	0,56	0,67	0,50	0,56	0,66	0,69	0,77	1,05

b). Sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

N° PROFIL	FSC - 130				FTG - 140				FTG - 010			FTG - 020		
Couverture végétale	Champ de mil				Végétation naturelle				Végétation naturelle			Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement (cm)	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
Glucides libres en mg C/100	5,41	1,45	/	0,97	5,41	4,60	/	0,64	5,73	2,10	1,05	6,22	1,61	0,72
Glucides libres/C.tot. (%)	0,8	0,3	/	0,4	1,0	0,9	/	0,4	0,8	0,5	0,6	0,3	0,5	0,4

c). Sols hydromorphes.

N° PROFIL	HMN - 060				HMN - 080				HMN - 090				HMN - 070		
Couverture végétale	Champ de mil				Champ de mil				Végétation naturelle				Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement (cm)	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	50-70	100-120
Glucides libres en mg c/100	6,62	0,73	2,26	0,48	12,28	4,04	3,64	2,99	7,99	5,74	1,86	0,97	15,84	2,10	0,48
Glucides libres/tot.(%)	0,5	0,2	0,8	0,4	0,6	0,5	0,6	1,4	0,4	1,1	1,3	3,1	0,9	0,5	0,2

Ces différentes valeurs diminuent au fur et à mesure que l'on descend en profondeur. Toutefois, cette diminution apparaît plus importante dans les sols hydromorphes, les teneurs en sucres libres étant généralement inférieures à 1 mg de C/100 g au-delà de 1 m de profondeur.

b) Les rapports $\frac{C. \text{ glucides}}{C. \text{ total}}$ sont compris entre 0,6 et 1% dans les horizons supérieurs des sols ferrugineux tropicaux (relative abondance de MOL et de l'humine héritée) contre 0,4 - 0,6% dans les sols hydromorphes.

c) L'analyse des coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre la teneur en sucres libres et les différentes fractions de la matière organique (tableau 37) montre les faits ci-après :

- pour les sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non), les corrélations entre la teneur en sucres et AHS, MOL, humine héritée sont positives et significatives au risque de 1%.

- pour les sols hydromorphes, le coefficient de corrélation le plus élevé est obtenu avec AHS.

- pour l'ensemble des sols, la corrélation est lâche (au risque de 5%) voire absente avec les AFL (%). Toutefois, lorsque cette fraction organique est exprimée en % de C. total, sa corrélation avec la teneur en sucres libres devient négative au risque de 1%.

Ces différentes corrélations permettent de préciser la nature des sucres extraits :

Selon BACHELIER (communication personnelle), il s'agit de glucides de nature essentiellement cellulosique, liés aux celluloses et hémicelluloses et non des sucres simples (pentoses ou hexoses). Ce point de vue est basé en particulier sur l'absence de corrélation avec les AFL (en valeur absolue) et sur les coefficients de corrélation plus élevés avec AHS qu'avec AHP. En effet, il est généralement admis que les coefficients de corrélation obtenus entre les sucres simples et les fractions de la matière organique diminuent des AF à l'humine totale en passant par les AH.

Dans ces conditions et pour les sols ferrugineux tropicaux, les corrélations établies entre la teneur en sucres libres d'une part, MOL et humine héritée d'autre part, tout en confirmant la nature assez voisine de ces deux dernières fractions organiques, suggèrent l'hypothèse selon laquelle, les débris végétaux incorporés au sol proviendraient principalement de parties déjà lignifiées et non pas de jeunes repousses riches en sucres solubles.

En définitive, par-delà les teneurs globales en sucres (voir ci-dessus), permettant de distinguer les trois types de sols, une autre différenciation peut être faite en liaison avec l'origine de ces substances énergétiques, établie à partir des coefficients de corrélation :

	Sols ferrugineux trop. gravillonnaires	→	Sols ferrugineux trop. sans concrétions	→	Sols hydromorphes
Origine	MOL : Humine héritée		MOL : AHS : Humine héritée		AHS

Ceci montre en fait que les acides humiques extraits à la soude (AHS) sont des substances proches de la matière organique légère (MOL) et de l'humine héritée. Nous avons déjà abouti à cette conclusion en étudiant les différentes formes d'azote.

	Carbone organique total	Matière organique légère (MOL)	Acides fulviques-soude (AFS)	Acides fulviques libres (AFL)	Acides fulviques-pyro (AFP)	Acides humiques-pyro (AHP)	Acides humiques-soude (AHS)	Humine totale (HT)	Humine héritée (HH)	Humine liée au fer (HLF)	Humine liée à l'argile (HLA)	Humine évoluée (HE)
C. Glucides libres (Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions)	0,86	0,93	0,67	/	0,79	0,80	0,88	0,86	0,87	0,68	/	/
C. Glucides libres (Sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires)	0,91	0,88	0,73	0,68	0,85	0,81	0,84	0,92	0,91	0,71	0,64	/
C. Glucides libres (Sols hydromorphes)	0,88	0,81	0,89	0,61	0,83	0,81	0,93	0,89	0,88	0,86	0,90	/

TABLEAU 37 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre la teneur en carbone des glucides libres et les fractions organiques.

/ : non significatif.

3. ETUDE QUALITATIVE

Le but recherché dans l'étude qualitative de la matière organique est de préciser le type d'humus. Pour cela deux critères de caractérisation de cet humus ont été étudiés :

- le rapport C/N du sol et de l'humine totale
- le pourcentage de chacune des trois catégories d'acides humiques séparées par électrophorèse sur papier.

3.1. LE CRITERE C/N (Tableau 38)

3.1.1. LE RAPPORT C/N DU SOL.

Il s'agit du rapport entre le carbone organique total déterminé par voie sèche et l'azote total déterminé par la méthode de Kjeldahl modifiée pour l'utilisation du technicon.

Les résultats obtenus indiquent que :

a). Pour les horizons de surface (0-20 cm), C/N du sol augmente d'une manière générale des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes de la façon suivante :

Sols ferrugineux trop. sans concrétions	→	Sols ferrugineux trop. gravillonnaires	→	Sols hydromorphes
11 < C/N < 13		C/N # 13-14		16 < C/N < 18

Cependant :

- Dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, C/N du profil FSC-120 atteint 16 et reflète sa faible teneur en N.
- Dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, C/N du profil FTG-020 avoisine 19 et est imputable à sa très forte teneur en C. total.

- Dans les sols hydromorphes, ce rapport qui est de l'ordre de 13 pour le profil HMN-060, correspond à une faible teneur en C. total.

b). Ces différentes valeurs diminuent le plus souvent au fur et à mesure que l'on descend en profondeur.

c). Sur les tableaux 39 et 40 ont été consignés les coefficients de corrélation entre les différentes fractions de la matière organique et le rapport C/N du sol. Ils mettent en évidence l'existence d'une interdépendance positive entre ce rapport et les acides humiques et d'une interdépendance négative entre celui-ci et les acides fulviques. En outre, toutes les fractions d'humine sont corrélées positivement avec C/N du sol : le coefficient le plus élevé est obtenu avec l'humine héritée et le plus faible avec l'humine évoluée.

3.1.2. LE RAPPORT C/N DE L'HUMINE TOTALE.

Les valeurs du rapport C/N de l'humine totale, en surface, sont généralement plus élevées (2 à 3 unités de plus) que celles du rapport C/N du sol (avant extraction des composés humiques). Elles varient d'une façon irrégulière en fonction de la profondeur (voir Fig.45).

Par ailleurs, entre 0-20 cm, C/N de l'humine totale est très peu corrélé avec les différentes fractions de l'humine totale (tableau 41).

3.1.3. RELATIONS FORMES DE L'AZOTE TOTAL - C/N DU SOL.

Les coefficients de corrélation entre le C/N du sol et les formes de l'azote (tableau 42) sont :

- positifs avec N. non hydrolysable
- négatifs avec N. hydrolysable, en particulier avec N.amidé.

TABLEAU 38 : C/N du sol et du culot l'humine.

a). Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.

N° PROFIL	FSC - 110			FSC - 100			FSC - 120			FSC - 040			
Couverture végétale	Végétation naturelle			Champ de mil			Champ de mil			Champ de mil			
Niveau de prélèvement (cm)	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-20	40-60	100-120	0-10	30-40	70-80	100-120
C/N du sol	13,0	11,4	8,7	12,5	9,4	7,1	16,0	8,4	4,3	11,7	8,0	11,4	10,0
C/N de l'humine totale	17,8	14,6	14,3	20,0	16,2	16,0	20,0	15,0	16,7	15,5	14,2	22,5	16,0

b). Sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.

N° PROFIL	FTG - 130				FTG - 140				FTG - 010			FTG - 020		
Couverture végétale	Champ de mil				Végétation naturelle				Végétation naturelle			Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement (cm)	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	30-50	70-90	100-120	0-20	50-70	100-120	0-20	50-70	100-120
C/N du sol	13,6	12,3	14,0	13,0	14,0	12,8	13,5	16,0	14,2	14,0	9,0	18,9	17,0	10,0
C/N de l'humine totale	12,1	13,8	14,1	11,7	10,7	11,4	14,3	10,0	18,5	13,9	9,9	22,3	12,8	11,0

c). Sols hydromorphes.

N° PROFIL	HMN - 060				HMN - 080				HMN - 090				HMN - 070		
Couverture végétale	Champ de mil				Champ de mil				Végétation naturelle				Végétation naturelle		
Niveau de prélèvement (cm)	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	30-50	60-80	100-120	0-20	50-70	100-120
C/N du sol	13,2	11,3	14,5	13,0	17,2	15,0	14,7	11,0	18,0	17,7	14,0	6,0	16,3	13,7	19,0
C/N de l'humine totale	14,2	18,3	20,0	22,5	19,0	13,7	19,0	13,3	18,7	19,4	25,0	15,0	16,9	20,0	18,6

Tableaux 39;40 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre C/N du sol et les différentes fractions de la matière organique.

	Carbone organique total	Azote total	Acides humiques totaux (AHT)	Acides fulviques totaux (AFT)	Acides fulviques soude (AFS)	Acides fulviques libres (AFL)	Acides fulviques - pyro (AFP)	Acides humiques - pyro (AHP)	Acides humiques soude (AHS)
C/N du sol	0,67	0,61	0,85	-0,16	-0,33	-0,32	-0,03	0,88	0,75

(39)

	Humine totale	Humine héritée	Humine liée au fer	Humine liée à l'argile	Humine évoluée
C/N du sol	0,61	0,59	0,44	0,55	0,13

(40)

Tableau 41 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre C/N de l'humine totale et les différentes fractions d'humine totale.

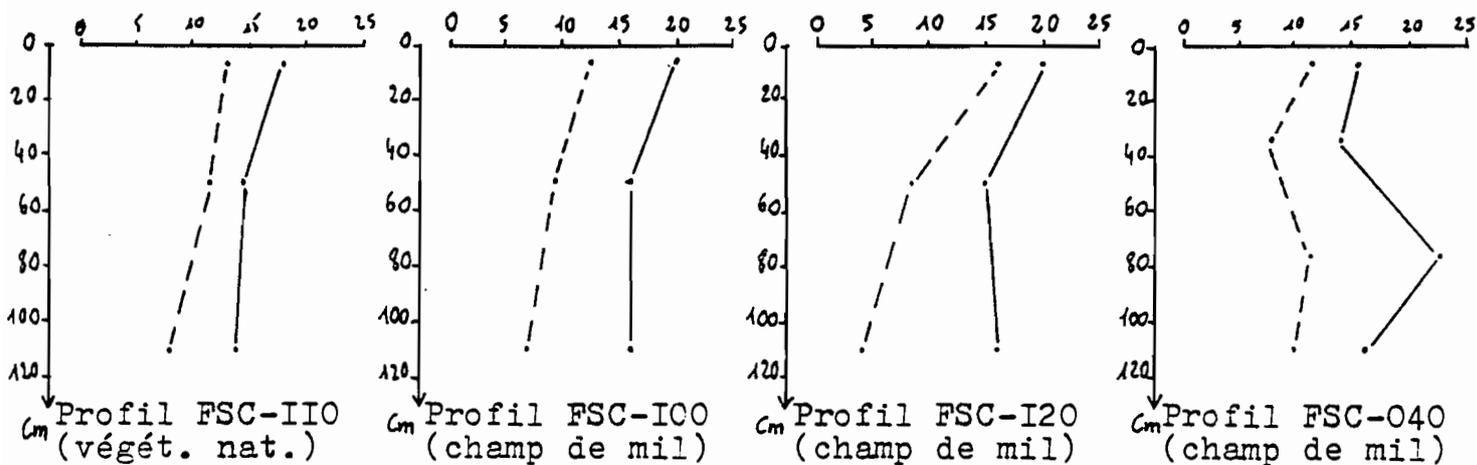
	N.Humine totale	C.Humine totale	Humine héritée	Humine liée au fer	Humine liée à l'argile	Humine évoluée
C/N Humine totale	-0,20	0,12	0,09	-0,07	-0,04	-0,39

Tableau 42 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre C/N du sol et les formes d'azote.

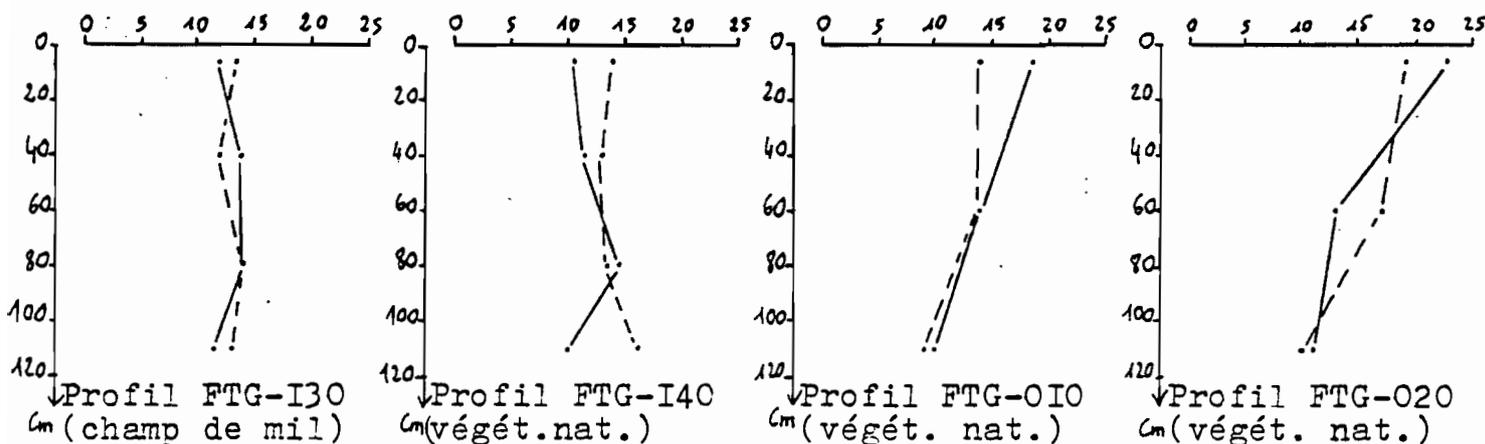
	N. non hydrolysable	N. hydrolysable	N. α aminé	N amidé
C/N du sol	0,55	-0,55	-0,21	-0,33

Fig. 15: Variations des rapports C/N du sol (—) et C/N de l'humine totale (---) en fonction de la profondeur.

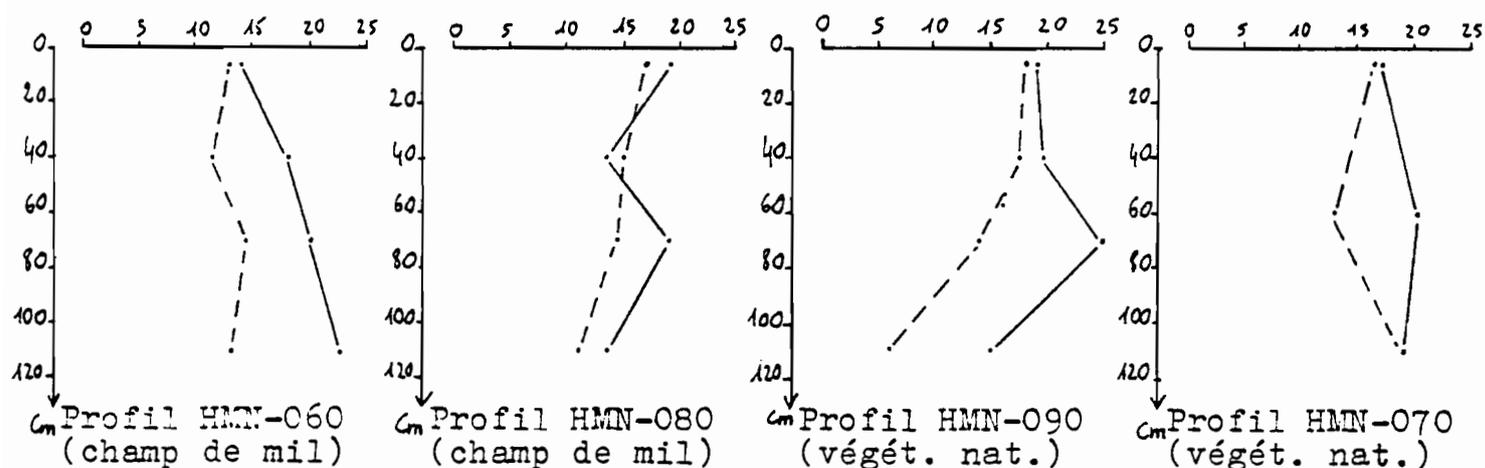
A- Sols ferrugineux tropicaux sans concrétions



B- Sols ferrugineux tropicaux gravillonneux



C- Sols hydromorphes



Au total, le C/N du sol reflète assez bien le degré d'humification des différents composés organiques. En particulier sa corrélation est positive et étroite avec les acides humiques mais négative avec les acides fulviques. Son coefficient de corrélation est également positif avec N. non hydrolysable et par conséquent avec l'humine héritée puisque ces deux derniers sont corrélés entre eux.

L'humine héritée des sols des régions sèches semble donc présenter un degré de décomposition relativement faible.

3.2. FRACTIONNEMENT DES ACIDES HUMIQUES PAR ELECTROPHORESE SUR PAPIER.

3.2.1. LES ELECTROPHOREGRAMMES.

Sur l'ensemble des profils étudiés (tableau 43), ils montrent une prédominance des acides humiques gris (AHG) sur les deux autres groupes d'A.H.

Cette prédominance est généralement plus élevée lorsque le réactif d'extraction utilisé est la soude. Ainsi, pour les horizons de surface, les AHG qui constituent 60 à 70%, représentent le plus souvent 70 à 75% des AHS. Cette augmentation s'opère au détriment des acides humiques intermédiaires (AHI) en particulier. En effet, ces derniers sont généralement compris entre 8-15% dans les AHP contre 6-12% dans les AHS. Les acides humiques bruns (AHB) par contre varient peu : 19% et 17% respectivement dans les AHP et AHS.

Le rapport des densités optiques (D.O.), $E = \frac{625}{512}$, augmente des AHB aux AHG. Il passe de 0,4-0,6 à 0,6-0,7.

Dans les sols hydromorphes, le fractionnement des acides humiques en profondeur indique une augmentation sensible du pourcentage des AHB au-delà de 50-70 cm, liée à des taux d'humidité plus élevés qu'en surface. Cette augmentation s'opère au détriment surtout des AHG (dépolymérisation de ces substances). En outre, dans ces sols hydromorphes, les AHG présentent souvent une modification dans la forme de

leurs pics qui se manifeste par l'ébauche d'un "double pic" (voir Fig.16). Cette observation illustre une variation qualitative des AHG qui se traduit par la présence d'AHG peu mobiles. Ces derniers, très faibles et difficiles à chiffrer, ont des rapports de D.O. ($E = \frac{625}{512}$) assez voisins de ceux des AHG immobiles. Il subsiste donc dans ces sols, une forme d'acide humique immobile, moins oxydée et une forme d'acide humique peu mobile et plus oxydée, dues à l'alternance d'hydromorphie et de dessiccation.

Dans les sols ferrugineux tropicaux, les AHG paraissent plus homogènes, ne formant qu'un pic plus ou moins aigu, dû à une évolution de courte durée dans des conditions de drainage homogène.

Au total, l'analyse des électrophorégrammes apporte des précisions sur la nature des AHP et AHS. Ainsi la différence entre les sols hydromorphes et les sols ferrugineux tropicaux ne réside pas seulement dans leur teneur respective en acides humiques (AH) mais aussi dans la forme des pics des AHG qui, pour les sols hydromorphes, traduit une certaine hétérogénéité de ce groupe d'AH avec l'évolution d'une fraction dans le sens d'une mobilité croissante. Cette différence, en relation avec la texture et l'hydromorphie, peut être interprétée comme suit :

- Pour les sols hydromorphes, l'alternance d'engorgement et la dessiccation plus lente des différents horizons, favorise la formation de deux types d'AHG :

- . l'un formé par condensation, pendant la période humide
- . l'autre formé par maturation pendant la période de dessiccation lente (double pic).

- Pour les sols ferrugineux tropicaux, la texture sableuse des horizons de surface provoque une dessiccation plus rapide entraînant la formation presque exclusive des AHG de condensation pendant une courte période.

Fig.I6 : Electrophorégrammes

- Sols hydromorphes : profil HLN-080 ; cultivé-extrait pyro-

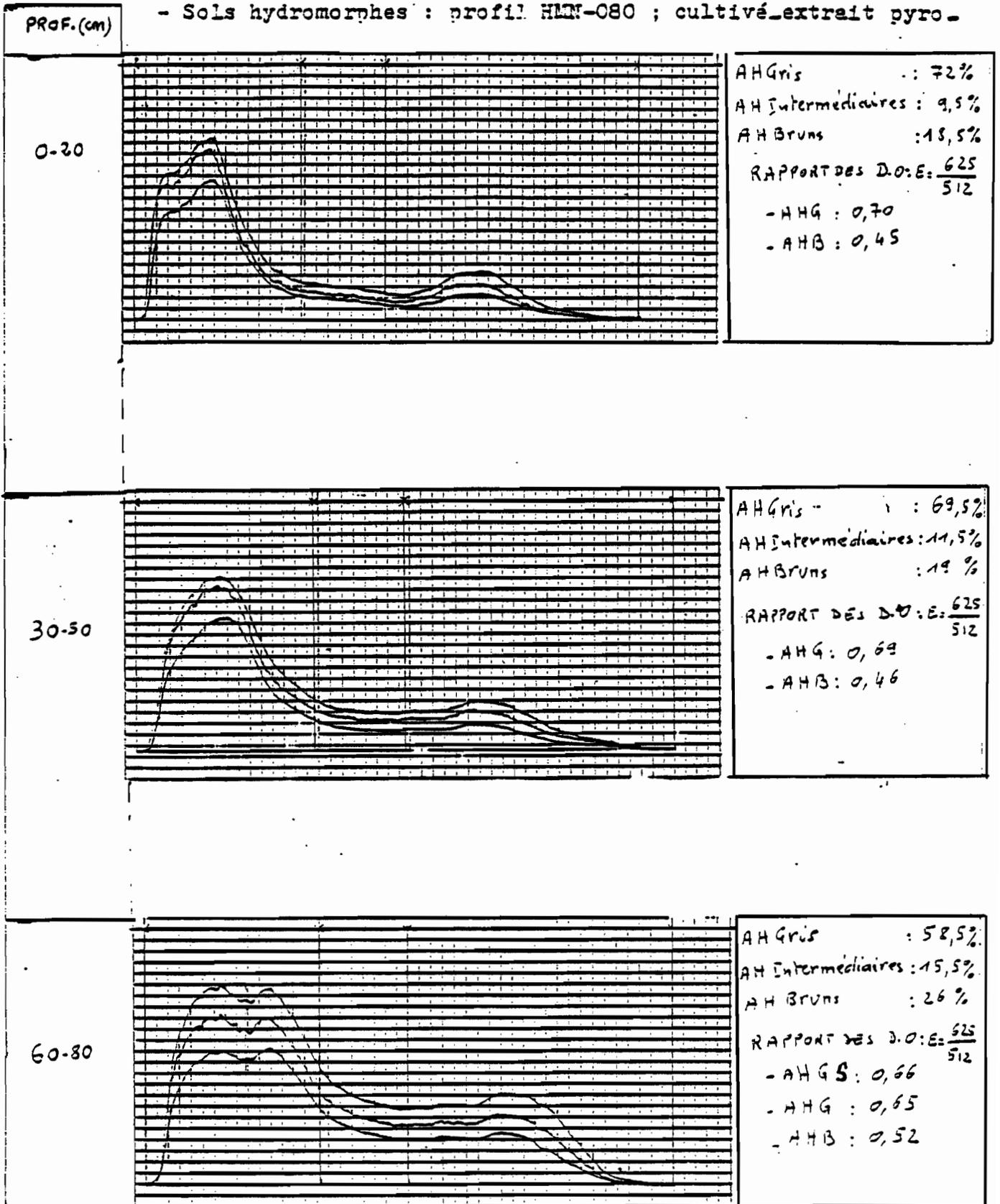


Tableau 43: Résultats de la séparation des acides humiques par électrophorèse sur papier.

Remarques : - les faibles teneurs d'acides humiques-soude ne permettent pas souvent leur fractionnement (-).
 - AHG.S représente les acides humiques gris immobiles.

	Profil	Prof. (cm)	% Acides humiques-pyro (AHP)			% Acides humiques-soude (AHS)			Rapport des D.O : E = $\frac{625}{512}$					
			A.H.Gris (AHG)	A.H. Interm. (AHI)	A.H. Bruns (AHB)	A.H.Gris (AHG)	A.H. Interm. (AHI)	A.H. Bruns (AHB)	AHP			AHS		
			AHG.S	AHG	AHB	AHG.S	AHG	AHB	AHG.S	AHG	AHB	AHG.S	AHG	AHB
Sols ferrug. trop. sans concrétions	FSC-I10 (végét. naturelle)	0-20	69	19,5	11,5	75	9	16		0,69	0,50		0,68	0,50
	FSC-I00 (champ de mil)	0-20	65	13	22	-	-	-		0,66	0,57		-	-
	FSC-I20 (champ de mil)	0-20	70	11	19	-	-	-		0,70	0,63		-	-
	FSC-040 (champ de mil)	0-20	66	10,5	23,5	65	10	25		0,66	0,43		0,68	0,53
Sols ferrug. trop. gravillonnaires	FTG-I30 (champ de mil)	0-20	60,5	15,5	24	-	-	-		0,71	0,50		-	-
	FTG-I40 (végét. naturelle)	0-20	65,5	13	21,5	74	10	16		0,67	0,50		0,68	0,54
	FTG-010 (végét. naturelle)	0-20	69	12	19	75	9,5	15,5		0,67	0,62		0,70	0,61
	FTG-020 (végét. naturelle)	0-20	73	10	17	77,5	4,5	18		0,70	0,50		0,72	0,45
Sols hydromorphes	HMN-060 (champ de mil)	0-20	70	11	19	75	6	19		0,69	0,53		0,67	0,44
		30-50	67	13	20	-	-	-	0,61	0,68	0,57		-	-
	HMN-080 (champ de mil)	0-20	72	9,5	18,5	75	9	16		0,70	0,45		0,70	0,54
		30-50	69,5	11,5	19	69	12	19		0,69	0,46	0,70	0,71	0,53
		60-80	58,5	15,5	26	75	10,5	14,5	0,66	0,65	0,52	0,61	0,68	0,57
		100-120	-	-	-	78	8,5	13,5		-	-	0,61	0,68	0,62
	HMN-090 (végét. naturelle)	0-20	71	11	18	76	8	16		0,71	0,46	0,71	0,72	0,57
		30-50	74,5	12,5	13	77	10	13	0,70	0,65	0,40		0,69	0,44
HMN-070 (végét. naturelle)	0-20	68	9	23	75	8	17		0,70	0,50		0,68	0,50	
	50-70	64,5	10,5	25	70	11	19		0,65	0,53		0,68	0,55	
	100-120	69	8	23	-	-	-	0,64	0,65	0,46		-	-	

3.2.2. CAS DES PROFILS SOUS CULTURE.

En fonction du couvert végétal (champ de mil ou végétation naturelle), la variation des pourcentages des trois catégories d'acides humiques présents dans les AHP est surtout notable dans les sols ferrugineux tropicaux.

Dans ces sols, entre 0-20 cm, les AHB sont plus élevés sous culture de mil (effets probables des labours) que sous la végétation naturelle. Toutefois, dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires, cette augmentation des AHB s'accompagne d'un accroissement du taux d'AHI et d'une diminution des AHG. Par contre, dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, le pourcentage des AHI diminue. Dans ces conditions et toute proportion gardée, nous pouvons émettre l'hypothèse selon laquelle sous l'effet des labours, la dépolymérisation des AHG dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires dont les humus paraissent plus stables, produit d'abord des AHI puis secondairement des AHB, alors que dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, on a un passage direct des AHG aux AHB. Du reste pour les "sans concrétions", les taux d'AHB pour la végétation naturelle ne représentent que la moitié de ce qu'ils sont sous culture de mil.

Dans les sols hydromorphes, par contre, aucune des trois catégories d'AH ne présente de variations importantes en fonction du couvert végétal.

3.2.3. ANALYSE DES COEFFICIENTS DE CORRELATION.

Sur le tableau 44 ont été reportés les coefficients de corrélation obtenus entre les trois catégories d'AH, exprimées en % d'AHP, d'une part, C, C/N et les formes d'azote d'autre part. Ils montrent que :

- Le pourcentage d'AHG varie dans le même sens que la quantité des AHP (exprimée en % de C. total). Par contre, les AHB et les AHI diminuent lorsque les AHP augmentent.

- Le rapport C/N du sol est en corrélation positive très étroite

avec le pourcentage d'AHG et en corrélation négative avec celui d'AHB. Ces corrélations apportent des précisions sur l'interdépendance positive qui lie le rapport C/N du sol aux acides humiques totaux (cf. tableau 39) et sur celle, négative, qui le lie aux acides fulviques totaux (cf. tableau 39). Elles montrent notamment qu'une valeur élevée du rapport C/N du sol correspond plutôt à un pourcentage important d'AHG et/ou d'azote non hydrolysable (cf. tableau 42). Inversement, une faible valeur du rapport C/N du sol est liée à une plus forte teneur en AHB et/ou en N. hydrolysable (cf. tableau 42).

- La corrélation entre AHG et N. non hydrolysable est positive. Par conséquent, celle entre AHG et N. hydrolysable est négative, surtout avec N. amidé.

Inversement, les AHB et les AHI sont corrélés positivement avec N. hydrolysable. Cependant si le coefficient de corrélation le plus élevé est obtenu entre AHI et N. amidé, aucune interdépendance n'existe entre AHB et N. amidé.

- Le rapport des densités optiques ($E = \frac{625}{512}$) des AHG est en corrélation positive avec le pourcentage de ces AHG. Par contre, il n'en est pas de même pour les AHB.

	C. Total	C/N	$\frac{\text{AHP}}{\text{C.total}}$	$\frac{\text{AFP}}{\text{C.total}}$	N.non hydrolysable (% N.total)	N.hydrolysable (% N.total)	Formes hydrolysables		E = $\frac{625}{512}$	
							N.α-aminé (% N.total)	N.amidé (%N.total)	AHG	AHB
AHG	0,60	0,78	0,78	0,05	0,48	-0,48	-0,16	-0,24	0,39	-0,18
AHI	-0,61	-0,55	-0,58	-0,33	-0,68	-0,68	0,20	0,70		
AHB	-0,53	-0,80	-0,73	-0,22	-0,32	0,32	0,20	0	-0,30	0,04

TABLEAU 44 : Coefficients de corrélation des rangs entre les trois fractions d'AH, C. total, C/N et les formes d'azote.

- TROISIÈME PARTIE -

CHAPITRE VI

ETUDES STATISTIQUES GENERALES

Elles comportent l'étude des coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN des composés humiques avec les propriétés chimiques et celle des relations d'interdépendance entre les fractions de la matière organique, prises deux à deux.

1. CORRELATIONS ENTRE LES COMPOSES HUMIQUES ET LES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES.

1.1. RELATIONS COMPOSES HUMIQUES-PROPRIETES PHYSIQUES.

Les coefficients de corrélation sont portés sur le tableau 45.

1.1.1. RELATIONS AVEC LA GRANULOMETRIE.

a). En fonction de leur influence sur la teneur respective de chacune des fractions de la matière organique, les particules granulométriques se répartissent en trois groupes :

- Le premier groupe est constitué par les fractions Argile et Limon fin. Leurs corrélations sont positives et étroites (au risque de 1%) avec l'ensemble des fractions organiques.

- Le deuxième groupe comporte les fractions sableuses (sable fin et sable grossier) qui, elles, sont corrélées négativement (au risque de 1%) avec ces fractions organiques.

- Le troisième groupe est formé par les particules de limon grossier pour lesquelles, les corrélations sont lâches et les coefficients de signe négatif.

La fraction de limon grossier constitue ainsi la fraction granulométrique "intermédiaire" dont l'influence sur la teneur des différents composés humiques se situe entre celle des particules d'argile et de limon fin et celle des sables.

b). L'humine totale est la fraction de la matière organique qui présente la corrélation positive la plus étroite ($r = 0,95$) avec les particules fines ($\phi < 20\mu$), les coefficients de corrélation les plus élevées étant obtenus avec l'humine héritée ($r = 0,93$) et l'humine liée à l'argile ($r = 0,93$) et le plus faible avec l'humine évoluée ($r = 0,51$).

c). Les AFL d'une part et les AHP d'autre part sont, parmi les composés directement solubilisés par les réactifs alcalins ou l'acide phosphorique, les plus étroitement liés à la teneur en argile et en limon fin.

d). Les AFS par contre ne sont corrélés avec aucune des fractions de la granulométrie.

Tous ces éléments montrent l'importance de la granulométrie dans la formation des composés humiques. L'influence de la fraction argile sur les teneurs en matière organique se trouve confirmée (cf. Chapitre V, page 114). Elle contracte des liaisons avec l'humine héritée et rend insoluble dans les réactifs alcalins certains composés humiques désignés par "humine liée à l'argile". La fraction de limon fin agit dans le même sens que les particules argileuses, d'où une analogie de comportement de ces deux fractions vis-à-vis des substances humiques.

L'existence des corrélations étroites entre les particules fines ($\phi < 20\mu$) et les constantes hydriques (voir Chapitre IV) entraînent celles obtenues entre ces constantes hydriques et les fractions de la matière organique. Toutefois, elles montrent bien que la

matière organique intervient efficacement sur la teneur en eau du sol en augmentant les valeurs des différents pF. En l'occurrence, ce sont surtout les formes d'humine liées à l'argile et au fer, les acides humiques extraits au pyrophosphate de soude (AHP) et les acides fulviques libres (AFL) qui agissent plus efficacement, l'action des acides fulviques extraits à la soude (AFS) et de l'humine évoluée étant plus réduite.

Au total, les corrélations sont positives et significatives au risque de 1% entre les particules argilo-limoneuses, les différents pF et la plupart des fractions de la matière organique. De tels résultats ont été déjà obtenus par THOMANN (1964) sur les sols ferrallitiques de la République Centrafricaine.

1.1.2. RELATIONS AVEC L'INDICE D'INSTABILITE STRUCTURALE (Is).

De nombreux travaux consacrés à l'étude des relations entre Is et la matière organique aboutissent à la conclusion selon laquelle la matière organique a un effet favorable sur la stabilité structurale, en particulier sur le taux d'agrégats obtenu sans prétraitement (tamisage à l'eau).

Cependant, pour des sols ferrallitiques de la République Centrafricaine, COMBEAU et QUANTIN (1964) observent que la fraction humifiée extraite au pyrophosphate de Na à pH 10 n'est pas responsable de cet effet favorable. Par contre, Is est corrélé négativement avec la fraction organique non humifiée, alors que les acides fulviques sont associés à une certaine dégradation de cette stabilité. Sur ces mêmes sols, DABIN (1971) met en évidence l'action de l'humine sur Is. Selon TURENNE (1966), dans ces sols également, la variation de Is est en liaison avec la quantité d'acides humiques migrant facilement à l'électrophorèse (AHI + AHB).

En outre, dans une collection de sols du nord de la Haute-Volta (lithosols, sols ferrugineux, sols bruns subarides, vertisols) BACHELIER (1981) montre aussi que la stabilité structurale dépend du degré de condensation des acides humiques.

Aux Antilles, TURENNE* indique que I_s est surtout en relation avec les acides humiques jeunes riches en N α -aminé.

D'autres auteurs tels que BRUCKERT (1979) soulignent l'importance des polysaccharides dans la microagrégation des particules, tandis que les acides humiques et les substances de type humine maintiennent et même renforcent les vieux agrégats (BACHELIER, 1968).

Par contre, pour les sols étudiés ici, aucune corrélation n'a été établie entre I_s et les différents composés humiques. Les coefficients de corrélation sont, du reste, inférieurs à ceux obtenus entre cette variable et les fractions de la granulométrie. Cette absence de corrélation est probablement liée à leur faible teneur en matière organique. Dans ces conditions, l'action des particules fines ($\emptyset < 20\mu$) sur les différentes valeurs de I_s apparaît prépondérante. Toutefois, cette action est fonction de la quantité de ces particules et de l'humidité du sol.

REMARQUES.

a). Pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, en profondeur, les valeurs élevées de I_s correspondent à des teneurs plus élevées en acides fulviques libres (AFL) et en argile. L'humidité du sol y est également plus élevée. Par conséquent, il apparaît difficile de dissocier l'action de ces trois facteurs (AFL, argile, humidité) pour ne considérer que "l'agressivité des AFL" sur la stabilité structurale.

b). Par ailleurs, on ne peut juger de la valeur de MO sur I_s que pour texture équivalente. En effet, plus le sol est argileux, plus I_s a tendance à augmenter même si MO croît. Par conséquent, une corrélation entre I_s et la matière organique (MO) ne peut valablement être

* 1977

Tableau 45 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre les fractions de la matière organique et les propriétés physiques.

		Carbone organique total	Matière organique légère (MOY)	Acides humiques totaux (AHT)	Acides fulviques totaux (AFT)	Acides fulviques -soude (AFS)	Acides fulviques libres (AFP)	Acides fulviques -pyro (APP)
Granulométrie	Argile	0,96	0,41	0,93	0,72	0,56	0,84	0,70
	Limons fin	0,88	0,17	0,81	0,60	0,53	0,78	0,59
	Limons grossier	-0,51	-0,30	-0,53	-0,44	-0,39	-0,57	-0,30
	Sable fin	-0,80	0,09	-0,72	-0,71	-0,61	-0,59	-0,73
	Sable grossier	-0,86	-0,32	-0,83	-0,60	-0,46	-0,83	-0,64
Constantes hydriques	pF4,2	0,89	0,26	0,84	0,60	0,50	0,65	0,60
	pF3,0	0,92	0,23	0,87	0,67	0,53	0,83	0,65
	pF2,5	0,91	0,25	0,86	0,64	0,53	0,84	0,62
	pF2,5 - pF4,2	0,87	0,26	0,86	0,66	0,51	0,87	0,64
Indice d'instabilité structurale (Is)		0,27	0,08	0,15	0,04	0,04	-0,09	0,15

(suite).

		Acides humiques -pyro (AHP)	Acides humiques -soude (AHS)	Humine totale	Humine héritée	Humine liée au fer	Humine liée à l'argile	Humine évoluée
Granulométrie	Argile	0,92	0,85	0,95	0,93	0,88	0,93	0,51
	Limons fin	0,83	0,70	0,85	0,84	0,87	0,86	0,47
	Limons grossier	-0,48	-0,41	-0,49	-0,62	-0,32	-0,49	-0,06
	Sable fin	-0,74	-0,78	-0,80	-0,77	-0,78	-0,82	-0,32
	Sable grossier	-0,94	-0,76	-0,84	-0,82	-0,92	-0,86	-0,64
Constantes hydriques	pF4,2	0,85	0,74	0,86	0,86	0,91	0,90	0,56
	pF3,0	0,88	0,78	0,87	0,86	0,90	0,93	0,56
	pF2,5	0,87	0,76	0,86	0,85	0,93	0,92	0,58
	pF2,5 - pF4,2	0,87	0,76	0,84	0,83	0,89	0,94	0,62
Indice d'instabilité structurale (Is)		0,20	0,02	0,25	0,10	0,16	0,13	0,11

étudiée que pour un type de sol donné et une granulométrie peu variable.

Par conséquent, l'absence de corrélation entre I_s et MO peut s'expliquer aussi par la variation de texture dans les sols étudiés ici.

1.2. RELATIONS COMPOSES HUMIQUES-PROPRIETES CHIMIQUES.

1.2.1 RELATIONS AVEC LE COMPLEXE ABSORBANT ET LE PH.

. *La capacité totale d'échange (T).*

D'une manière générale, la capacité totale d'échange est fonction de la teneur en matière organique du sol. Toutefois (tableau 46) :

- L'humine totale est la fraction organique la mieux corrélée avec la capacité totale d'échange, les coefficients de corrélation les plus élevés étant obtenus avec l'humine liée au fer et celle liée à l'argile et les plus faibles avec l'humine héritée et l'humine évoluée.

- Les acides humiques totaux (AHT) ont des coefficients de corrélation plus élevés avec (T) que les acides fulviques totaux (AFT). Pour les premiers, ce sont les acides humiques extraits au pyrophosphate de soude (AHP) qui interviennent et pour les seconds les acides fulviques libres (AFL).

- De toutes les substances humiques, les acides fulviques extraits à la soude (AFS) sont celles qui influent le moins sur la capacité totale d'échange (T).

. *Les bases échangeables.*

Les remarques faites pour (T) sont valables pour la somme des bases échangeables (S) et pour chaque cation. Les observations portent surtout sur :

- la décroissance des coefficients de corrélation des cations divalents vers les cations monovalents.

- l'interdépendance étroite, au risque de 1% entre les acides fulviques libres (AFL) et tous les cations.

- l'absence de corrélation entre K^+ échangeable et les différents composés humiques solubilisés par les réactifs alcalins, à l'exception des acides humiques extraits à la soude-AHS- (corrélation significative au risque de 5%).

. *Le taux de saturation (S/T) et le pH.*

Ces variables présentent des corrélations non significatives avec les fractions de la matière organique. Par contre, le signe négatif des coefficients obtenus traduit le caractère "acide" des différents composés humiques.

1.2.2. RELATIONS AVEC LES CATIONS DE RESERVE (Tableau 47).

Là également, les corrélations les plus étroites sont obtenues avec l'humine totale et aussi avec l'humine liée au fer et celle liée à l'argile. En outre, ce sont les acides fulviques libres (AFL) et les acides humiques-pyro. (AHP) qui ont une action prépondérante sur la teneur des différents cations de réserve, à l'exception des ions Ca^{++} pour lesquels ce sont les acides fulviques-pyro. (AFP) et les acides humiques-soude (AHS) qui interviennent.

Il apparaît aussi que la teneur en Na^+ de réserve est indépendante de la teneur en matière organique et qu'à l'exception de K^+ , pour chaque type de cation, la forme échangeable est généralement mieux corrélée avec la matière organique que la forme de réserve.

1.2.3. RELATIONS AVEC LE FER (Tableau 47).

Ce sont les acides fulviques libres (AFL) qui ont des coefficients les plus significatifs (au risque de 1%) et dans une moindre mesure les acides humiques-pyro. (au risque de 5%).

En outre, les composés humiques directement solubilisés par les réactifs alcalins (pyrophosphate de Na et soude) sont bien moins corrélés avec le fer que les différentes formes d'humine, en particulier l'humine liée au fer.

1.2.4. RELATIONS AVEC LE PHOSPHORE (Tableau 47).

Les acides humiques-soude (AHS) et les formes d'humine liées au fer et à l'argile constituent les fractions de la matière organique les mieux corrélées avec le phosphore total, en raison des liaisons Humus-Fer-Phosphore. Par contre, les acides fulviques-soude (AFS) et l'humine évoluée n'ont pas d'influence sur la teneur en cet élément.

Quant au phosphore assimilable, il est surtout corrélé (au risque de 5%) avec les AHS.

Au total, les calculs statistiques mettent en évidence les faits suivants :

a). L'importance des fractions d'humine liées au fer et à l'argile et des acides humiques extraits au pyrophosphate de Na (AHP) sur la teneur en bases échangeables du sol. Cette capacité à contracter des liaisons avec les ions, indique que ces substances sont de nature assez voisine et ont des fonctions absorbantes.

b). Les acides fulviques libres (AFL), produits organiques riches en groupements $-COOH$ et $-OH$ contractent des liaisons autant avec le fer qu'avec les cations bivalents échangeables. Du reste, les coefficients de corrélation sont d'un même ordre de grandeur.

c). L'absence de corrélation des acides fulviques-soude (AFS) et de l'humine évoluée avec les principales caractéristiques chimiques est significative. Elle est liée au fait que ces substances qui constituent les deux pôles extrêmes de l'évolution de la matière organique du sol, ont peu de propriétés absorbantes :

- Les AFS sont des précurseurs des autres composés humiques et disparaissent assez rapidement.

- L'humine évoluée constitue par contre une substance organique pauvre en groupements susceptibles de fixer des ions (décarboxylation).

	(C)	(AHT)	(AFT)	(AFS)	(AFL)	(AFP)	(AHP)	(AHS)	(HT)	(HH)	(HLF)	(HLA)	(HE)
	Carbone organique total	Acides humiques totaux	Acides fulviques totaux	Acides fulviques soude	Acides fulviques libres	Acides fulviques pyro	Acides humiques pyro	Acides humiques soude	Humine totale	Humine héritée	Humine liée au fer	Humine liée à l'argile	Humine évoluée
Capacité totale d'échange (T)	0,88	0,81	0,66	0,53	0,79	0,66	0,83	0,79	0,89	0,83	0,95	0,90	0,64
Somme des bases échangeables (S)	0,86	0,79	0,64	0,54	0,83	0,64	0,80	0,76	0,88	0,83	0,94	0,93	0,72
Ca ⁺⁺ échangeable	0,86	0,80	0,63	0,53	0,84	0,64	0,80	0,77	0,89	0,84	0,94	0,92	0,72
Mg ⁺⁺ échangeable	0,88	0,86	0,72	0,64	0,91	0,57	0,86	0,80	0,87	0,85	0,93	0,92	0,64
Na ⁺ échangeable	0,82	0,75	0,66	0,58	0,82	0,59	0,77	0,73	0,84	0,79	0,91	0,91	0,72
K ⁺ échangeable	0,65	0,58	0,39	0,30	0,76	0,48	0,57	0,68	0,74	0,74	0,82	0,79	0,57
Taux de saturation S/T	-0,36	-0,48	-0,25	0,08	-0,17	-0,51	-0,50	-0,44	-0,27	-0,34	-0,19	-0,20	0,18
pH eau	-0,46	-0,59	-0,67	-0,50	-0,28	-0,53	-0,59	-0,46	-0,41	-0,44	-0,26	-0,31	-0,08

TABLEAU 46 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre les fractions organiques et le complexe absorbant.

	(C)	(AHT)	(AFT)	(AFS)	(AFL)	(AFP)	(AHP)	(AIS)	(HT)	(HII)	(HLF)	(HIA)	(HE)
	Carbone organique total	Acides humiques totaux	Acides fulviques totaux	Acides fulviques-soude	Acides fulviques libres	Acides fulviques-pyro	Acides humiques-pyro	Acides humiques-soude	Humine totale	Humine héritée	Humine liée au fer	Humine liée à l'argile	Humine évoluée
Somme des cations de réserve	0,88	0,80	0,65	0,53	0,82	0,67	0,81	0,84	0,89	0,85	0,95	0,95	0,59
Ca ⁺⁺ de réserve	0,76	0,69	0,56	0,43	0,69	0,75	0,68	0,81	0,81	0,76	0,90	0,83	0,63
Mg ⁺⁺ de réserve	0,89	0,82	0,68	0,56	0,86	0,65	0,82	0,81	0,91	0,88	0,92	0,96	0,65
Na ⁺ de réserve	-0,12	-0,07	-0,07	0,11	-0,26	0,05	0	-0,05	-0,22	-0,30	-0,01	-0,20	-0,15
K ⁺ de réserve	0,90	0,82	0,63	0,51	0,76	0,64	0,84	0,76	0,90	0,90	0,83	0,88	0,38
Fer total	0,56	0,58	0,18	0,10	0,81	0,21	0,58	0,39	0,53	0,58	0,68	0,61	0,64
Fer libre	0,49	0,52	0,19	0,05	0,68	0,22	0,52	0,33	0,46	0,46	0,53	0,52	0,64
Phosphore total	0,84	0,81	0,66	0,48	0,81	0,75	0,80	0,92	0,88	0,85	0,94	0,92	0,60
Phosphore assimilable	0,39	0,36	0,38	0,20	0,29	0,47	0,34	0,65	0,52	0,43	0,48	0,46	0,30

TABLEAU 47 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre les fractions organiques et quelques caractéristiques chimiques.

2. CORRELATIONS ENTRE LES FRACTIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE.

2.1. RELATIONS COMPOSES HUMIQUES-CARBONE ORGANIQUE TOTAL.

L'analyse des coefficients de corrélation (tableau 48) permet de faire les remarques suivantes :

1). En valeur absolue, toutes les fractions de la matière organique sont corrélées positivement avec la teneur en carbone organique total. Cependant, les meilleures corrélations sont obtenues avec la fraction "humine totale", les acides humiques-pyro. (fractions stables) et les plus faibles avec la matière organique légère et les acides fulviques-soude (fractions fluctuantes).

2). En valeur relative, ces fractions de la matière organique varient comme suit :

- Les acides humiques possèdent des coefficients de corrélation positifs avec le carbone organique total. Ces coefficients sont significatifs au risque de 1% (acides humiques-pyro.) et au risque de 5% (acides humiques-soude).

- Les acides fulviques-soude, par contre diminuent lorsque la teneur en carbone organique total augmente (au risque de 5%), tandis que les acides fulviques libres en sont indépendants.

Le tableau 49 montre que l'humine héritée est la seule forme de l'humine qui diminue lorsque le taux de carbone organique total augmente, à l'inverse de l'humine liée à l'argile qui, elle, est en corrélation positive étroite avec cette variable.

Ainsi, en fonction de leur coefficient de corrélation avec la teneur en carbone organique total, les composés humiques se répartissent en trois groupes :

a). Le premier groupe comporte ceux dont le taux d'extraction est lié à la richesse en carbone organique total du sol :

- au risque de 1% : Acides humiques-pyro. (AHP) et Humine liée à l'argile.
- au risque de 5% : Acides humiques-soude (AHS).

b). Le second groupe renferme les acides fulviques-soude (AFS) et l'humine héritée qui ont un taux d'extraction corrélé négativement au risque de 5% avec la teneur en carbone organique total du sol.

c). Le troisième groupe est constitué par les substances organiques pour lesquelles le coefficient de corrélation entre leur taux d'extraction et la teneur en carbone organique total est assez faible mais de signe :

- positif : Humine évoluée, humine liée au fer.
- négatif : Acides fulviques-pyro. (AFP), matière organique légère (MOL) et acides fulviques libres (AFL).

Ces observations indiquent que l'évolution des substances humiques d'une forme peu humifiée (AFS et humine héritée) à une forme plus transformée et polymérisée (AHP et humine liée à l'argile) entraîne un enrichissement en carbone organique total dans ces sols.

2.2. RELATIONS ENTRE LES DIFFERENTES FRACTIONS DE LA MATIERE ORGANIQUE.

Sur le tableau 50 figurent les coefficients de corrélation entre les différentes fractions de la matière organique, exprimées en % du carbone organique total. Ils montrent que :

Tableau 48 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre les fractions organiques et la teneur en carbone.

	Matière organique légère (MOL)	$\frac{MOL}{C.Total}$	Acides humiques totaux (AHT)	$\frac{AHT}{C.Total}$	Acides fulviques totaux (AFT)	$\frac{AFT}{C.Total}$	Acides fulviques -soude (AFS)	$\frac{AFS}{C.Total}$	Acides fulviques libres (AFL)	$\frac{AFL}{C.Total}$
Carbone organique total (C.Total)	0,37	-0,36	0,96	0,74	0,74	-0,64	0,58	-0,58	0,78	-0,07

(suite)

	Acides fulviques -pyro (AFP)	$\frac{AFP}{C.Total}$	Acides humiques -pyro (AHP)	$\frac{AHP}{C.Total}$	Acides humiques -soude (AHS)	$\frac{AHS}{C.Total}$	Humine totale (H)	$\frac{H}{C.Total}$
Carbone organique total (C.Total)	0,74	-0,49	0,97	0,78	0,88	0,64	0,97	-0,60

TABLEAU 49 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre les formes d'humine et le carbone organique total.

	Humine héritée (%)	Humine héritée (% C.total)	Humine liée à l'argile (%)	Humine liée à l'argile (% C.total)	Humine liée au fer (%)	Humine liée au fer (% C.total)	Humine évoluée (%)	Humine évoluée (% C.total)
Carbone organique total (C.total) en %	0,95	-0,61	0,91	0,78	0,86	0,36	0,36	0,46

	Matière organique légère (MOL)	Acides fulviques- soude (AFS)	Acides fulviques- libres (AFL)	Acides fulviques- pyro (AFP)	Acides humiques- pyro (AHP)	Acides humiques- soude (AHS)	(III)	(IIIF)	(HIA)	(IIE)
	Matière organique légère (MOL)	Acides fulviques- soude (AFS)	Acides fulviques- libres (AFL)	Acides fulviques- pyro (AFP)	Acides humiques- pyro (AHP)	Acides humiques- soude (AHS)	Humine héritée	Humine liée au fer	Humine liée à l'argile	Humine évoluée
Matière organique légère (MOL)										
Acides fulviques-soude (AFS)	-0,18									
Acides fulviques-libres (AFL)	0,56	-0,27								
Acides fulviques-pyro (AFP)	-0,18	0,45	-0,62							
Acides humiques-pyro (AHP)	-0,56	-0,44	-0,17	-0,31						
Acides humiques-soude (AHS)	-0,46	-0,41	-0,32	-0,11	-0,73					
Humine héritée	0,53	0,27	0,28	0,18	0,79	-0,86				
Humine liée au fer	-0,42	-0,09	-0,05	-0,47	-0,33	0,47	0,64			
Humine liée à l'argile	-0,35	-0,46	-0,001	-0,54	0,53	0,65	0,61	0,62		
Humine évoluée	-0,43	-0,04	-0,37	-0,12	0,56	0,67	-0,88	0,63	0,55	

TABEAU 50 : Coefficients de corrélation des rangs de SPEARMAN entre fractions de la matière organique.

- L'humine héritée est en corrélation négative, significative :

- . au risque de 1% avec les acides humiques-soude (AHS), l'humine évoluée et les acides humiques-pyro. (AHP).

- . au risque de 5% avec l'humine liée au fer et l'humine liée à l'argile.

- Les acides humiques-soude (AHS) sont corrélés positivement au risque de 5% avec les fractions suivantes :

- . Les acides humiques-pyro.

- . l'humine liée à l'argile.

- . l'humine évoluée.

Il existe une interdépendance positive au risque de 5% entre l'humine liée au fer et les autres formes d'humine, exception faite de l'humine héritée.

- Les acides fulviques-pyro (AFP) sont en corrélation négative significative au risque de 5% avec les acides fulviques libres (AFL).

- Les corrélations :

- . entre AFP et humine liée au fer

- . entre AFP et humine liée à l'argile

- . entre AFP et AHP

- . entre AFS et AHS

- . entre AFS et AFL

sont non significatives au risque de 1% et 5% mais les coefficients sont négatifs.

Il se dégage de l'analyse de toutes ces corrélations que l'humine évoluée provient principalement de l'humine héritée. Mais la dégradation de cette humine héritée produit également des acides humiques-soude (AHS) qui conduisent aux acides humiques-pyro (AHP) et aux fractions d'humine liées au fer et à l'argile. Par contre, la biodégradation et la dépolymérisation de ces deux types d'humine entraînent la formation des acides fulviques-pyro. (AFP) qui secondairement

donnent les acides fulviques libres (AFL) lesquels migrent en profondeur et/ou se minéralisent.

Au total, le processus de décomposition de la matière organique dans les sols étudiés emprunte deux voies principales (voir schéma):

- la voie de l'humification directe ou résiduelle qui conduit aux formes d'humine liées au fer et à l'argile mais également à l'humine évoluée. Si l'on compare le pourcentage respectif de ces fractions organiques (voir ETUDE QUANTITATIVE, page 113), cette voie prédomine dans les sols hydromorphes dans lesquels l'activité biologique est réduite avec comme conséquence un ralentissement de la biodégradation.

- la voie qui conduit à la formation de produits solubles (acides fulviques-pyro. ; acides fulviques libres). Elle est liée à la biodégradation des acides humiques-pyro., des fractions d'humine liées au fer et à l'argile et se manifeste d'une façon plus importante dans les sols ferrugineux tropicaux.

Il s'en suit que la différence essentielle qui existe entre les sols hydromorphes et les sols ferrugineux tropicaux réside dans l'importance de la voie de biodégradation dans les seconds.

REMARQUE.

Il n'a pas été établi de corrélation étroite entre les acides fulviques-soude (AFS) et la matière organique légère (MOL). Toutefois, sur le schéma simplifié de la décomposition de la matière organique dans les sols étudiés, la voie dite soluble ou humification indirecte a été représentée par le chiffre 2. Cette voie permet, à partir de la MOL ou de l'humine héritée d'obtenir des AFS (produits précurseurs) qui, à travers plusieurs processus, donnent l'humine dite de précipitation. Elle se manifeste surtout lors d'un apport de matières végétales fraîches.

CHAPITRE VII

APPRECIATION DES RESULTATS
D'UN POINT DE VUE AGRONOMIQUE

1. SUR LA FERTILITE CHIMIQUE

L'appréciation de la fertilité chimique est faite à partir des valeurs caractéristiques retenues par DABIN (1956) pour les sols tropicaux.

D'une manière générale, dans l'horizon supérieur, la teneur en éléments de fertilité chimique (bases échangeables, azote total, phosphore) augmente quand on passe des sols ferrugineux tropicaux aux sols hydromorphes (cf. Chapitre IV, page 90 et Chapitre V, page 130).

Toutefois :

- Dans les sols ferrugineux tropicaux, il n'existe pas de déséquilibre entre les différents cations. Le rapport $K^+/Ca^{++} + Mg^{++}$ reste supérieur ou égal à 2%, tandis que Ca^{++}/Mg^{++} varie de 1 à 6. En outre bien que la quantité en phosphore (P_2O_5) total en % y soit très faible, elle est toujours supérieure à 1/2 de l'azote total en %.

- Dans les sols hydromorphes, par contre, malgré l'abondance en ces éléments, le rapport $K^+/Ca^{++} + Mg^{++}$ est inférieur à 2%, ce qui traduit une carence possible en K^+ échangeable. Du reste certains profils (HMN-080 et HMN-090) ont un rapport Mg^{++}/K^+ de l'ordre de 30.

- Pour tous les sols (y compris hydromorphes), il y a déficience en phosphore (P_2O_5) assimilable (cf. Chapitre IV, page 96). Le rapport

P_2O_5 assimilable/azote total est inférieur à 5% dans les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires et dans les sols hydromorphes quelque soit le couvert végétal. Par contre, dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, ce rapport atteint 20% sous la végétation naturelle (profil FSC-110) contre seulement 6 à 8% (profils FSC-120 et FSC-040) et peut même s'annuler (profil FSC-100) sous culture de mil. Il s'en suit :

a). la nécessité d'apport d'engrais dès le défrichement des sols hydromorphes et des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires. Mais pour ces derniers, leur teneur élevée en fer (total et libre) peut réduire l'efficacité des engrais chimiques.

b). la nécessité d'apport d'engrais dit d'entretien dans les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.

Mais en raison du prix des engrais, il est primordial de déterminer les différentes quantités à apporter sur la base d'essai probant. En outre, les calculs statistiques (Chapitre VI, page 151) montrent qu'il existe une interdépendance positive très étroite (au risque de 1%) entre la teneur en phosphore total et les teneurs en acide humique-soude (AHS), en humine liée au fer et à l'argile, en acide fulvique libre. Par contre la teneur en phosphore assimilable est surtout corrélée avec AHS (au risque de 5%).

2. SUR LA FERTILITE LIEE A LA MATIERE ORGANIQUE

Nous avons souligné déjà (cf. Chapitre I, page 31) que les soins particuliers apportés aux champs de case (apport de déjections animales et d'ordures ménagères) avaient comme conséquence un meilleur rendement en moyenne que les champs de brousse, ce qui permettait dans une certaine mesure de surmonter les difficultés pendant les périodes de soudure.

C'est dire toute l'importance que revêt la teneur en matière organique totale du sol. Par conséquent, il est regrettable que cette caractéristique ne soit pas mieux prise en compte dans la détermination des quantités d'engrais, plus souvent établies en fonction de la superficie des parcelles. Toutefois, d'un point de vue statistique, ce sont les fractions humiques les plus stables (acide humique-pyro., humine liée au fer, humine liée à l'argile) qui accroissent la teneur en éléments de fertilité chimique des sols étudiés ici. Dans ces conditions, le maintien voire l'accroissement de cette fertilité est surtout fonction du degré d'évolution des substances humiques : plus celles-ci sont polymérisées, plus la capacité totale d'échange et par conséquent l'adsorption potentielle des éléments fertilisants est élevée. Cette observation suscite les remarques suivantes :

a). Dans le cadre d'un apport de matières végétales fraîches, il est nécessaire de veiller à ce que les processus d'humification l'emportent sur la biodégradation tout en évitant une accumulation excessive des matières organiques non ou peu transformées (matière organique légère, humine héritée notamment) qui seraient perdues au cours de la saison sèche.

b). Pour les sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non), en raison de la longueur de la saison sèche, tout apport de matières végétales fraîches ne peut donner toute son efficacité qu'à travers

un système d'irrigation approprié qui tient compte également des caractéristiques physiques de ces sols, afin de permettre une meilleure humification des produits végétaux.

Toutefois, le manque d'eau dans la région limite la mise en oeuvre des systèmes d'irrigation. Aussi, la pratique de l'assolement d'une part et l'enfouissement d'autre part :

- de résidus végétaux tels que les tiges de mil dès la récolte afin de permettre leur décomposition⁽¹⁾

- de compost (matières végétales plus ou moins décomposées) ou de fumier

constituent des mesures susceptibles de relever le taux de substances humiques stables dans ces sols.

(1). Les horizons intermédiaires et profonds des profils sont encore légèrement humides au moment des récoltes (octobre-novembre).

3 . SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

L'appréciation des caractéristiques physiques d'un point de vue agronomique montre que les sols étudiés ici présentent chacun des avantages et des inconvénients :

- Les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, de par leur texture sableuse à sablo-argileuse, sont faciles à travailler. Cependant ils drainent rapidement ; ce qui entraîne une baisse rapide du taux d'humidité des horizons de surface. Cependant l'absence d'obstacle physique en profondeur permet d'envisager des labours profonds, si la topographie s'y prête.

- Les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires ont des caractéristiques physiques qui varient en fonction de la topographie.

. A mi-pente (profils FTG-130 et FTG-140), la texture sableuse et l'abondance des éléments grossiers ($\phi > 2$ mm) accentuent le drainage.

. En bas de pente (profil FTG-020), les teneurs en particules fines ($\phi < 20\mu$) deviennent par contre plus importantes (près de 60% de la terre fine), ce qui accroît le taux d'humidité des horizons supérieurs.

Toutefois, dans un cas comme dans l'autre, les caractéristiques physiques de ces sols sont dans l'ensemble assez médiocres.

- Les sols hydromorphes sont difficiles à travailler pour des taux d'humidité excessifs. Il en est de même lorsque ces taux deviennent très bas (forte cohésion des agrégats). Toutefois, leur texture argilo-limoneuse permet un maintien prolongé de la teneur en eau du sol.

Au total, ces quelques considérations d'ordre agronomique indiquent finalement qu'on ne peut parler de "fertilité d'un sol" en

terme absolu car elle fait intervenir à la fois :

- les caractères physiques
- les caractères chimiques
- l'état et le degré d'évolution de la matière organique du sol.

La méconnaissance d'un seul de ces facteurs dans le cadre d'un aménagement peut entraîner des dépenses exorbitantes sans commune mesure avec les résultats escomptés.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Ce travail a eu pour but essentiel l'étude des caractères physico-chimiques et de la matière organique des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, des sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires et des sols hydromorphes, et l'influence de la culture de mil sur ces sols.

Toutefois, pour mieux préciser cette influence, il est apparu intéressant de comparer d'abord ces sols entre eux.

1. COMPARAISON DES CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES ET DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DES TROIS SOLS.

1.1. Du point de vue des caractères physico-chimiques.

a) *Les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions.*

Dans leurs traits essentiels, les caractères physiques de ces sols ne diffèrent pas de ceux reconnus déjà pour ce type de sol. Il s'agit entre autre de l'appauvrissement en argile (moins de 10%) de l'horizon supérieur et de l'augmentation du pourcentage de ces particules argileuses au fur et à mesure que l'on descend en profondeur. En revanche, cette variation texturale s'accompagne d'une diminution de la stabilité structurale surtout dans l'horizon intermédiaire (Is plus élevé).

Par ailleurs, le pH légèrement acide à acide, les faibles valeurs de la capacité totale d'échange et de la somme des bases échangeables, constituent également des caractéristiques chimiques propres aux sols ferrugineux tropicaux.

b) *Les sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires.*

Leurs caractères physiques sont plutôt liés à leur position topographique. A mi-pente, ces sols sont souvent érodés; ce qui réduit d'une part l'épaisseur de l'horizon supérieur (20 cm d'épaisseur) et

entraîne d'autre part son appauvrissement en argile(10-15%). En bas de pente, les apports d'éléments colluvionnés ou déposés après érosion sur la pente, accroissent l'épaisseur (40-50 cm) et la teneur en argile (plus de 25%) de cet horizon supérieur.

Cependant quelle que soit la position des profils sur le modelé, le taux d'éléments grossiers ($\phi > 2\text{mm.}$) constitués de concrétions ferro-manganésifères, est très important dans l'horizon le plus profond (90% à mi pente et 40-60% en bas de pente).

Leurs caractères chimiques sont proches de ceux des sols ferrugineux tropicaux sans concrétions. Mais en raison de leur teneur élevée en concrétions, ils ont une plus forte teneur en fer total et fer libre; ce qui contribue à baisser la quantité de phosphore assimilable dans ces sols.

c) *Les sols hydromorphes.*

Formés sur des dépôts colluvio-alluvionnaires le long des rivières, les sols hydromorphes sont plus riches en particules d'argile et de limon fin (près de 70% entre 0-20cm); ce qui ralentit le drainage des eaux de pluie et provoque une hydromorphie temporaire en surface. En outre les phénomènes de lessivage sont également réduits.

Au niveau des caractères chimiques, ces sols ont une capacité totale d'échange et une somme des bases échangeables plus élevées que celles des sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non).

Ils se distinguent aussi des sols ferrugineux tropicaux par des taux d'humidité plus élevés en profondeur.

Toutes ces différences ont des répercussions sur l'état et le degré d'évolution de la matière organique et des composés humiques.

1.2. Du point de vue de la matière organique et des composés chimiques.

a) En surface, tous les profils(y compris hydromorphes) ont en commun:

1 - Une prédominance de la fraction humine totale(plus de 70%) sur les matières humifiées totales directement extractibles par les réactifs alcalins (Pyro et soude).

2 - Une prédominance des acides humiques sur les acides fulviques. En outre ces acides humiques sont très polymérisés (plus de 60% d'acides humiques gris).

Ces résultats qui sont en accord avec ceux obtenus par de nombreux auteurs dans les régions à saisons contrastées, revêtent une importance d'ordre écologique.

Ils paraissent en effet liés à la longueur de la saison sèche (8 mois) au cours de laquelle l'activité biologique est ralentie en raison du faible taux d'humidité (6 mois sont écologiquement secs), entraînant ainsi une abondance de l'humine héritée (plus de 60% de l'humine totale). Cette dernière semble présenter un faible degré de décomposition.

Rappelons qu'en régions tropicales humides, PERRAUD (1971) observe aussi une prédominance⁽¹⁾ de la fraction humine totale mais celle-ci est surtout imputable aux fortes teneurs en humine évoluée.

3 - Une prédominance de l'azote hydrolysable (N amidé) sur l'azote non hydrolysable. Toutefois c'est cette seconde forme d'azote qui est à la base d'un enrichissement en Azote total du sol.

b) En revanche les différences de texture et de perméabilité des sols étudiés ici induisent des variations quantitatives et qualitatives:

- Pour les sols ferrugineux tropicaux, la texture sableuse a pour conséquence:

- . une relative abondance de débris végétaux non ou peu transformés (Matière organique légère et humine héritée).

- . une teneur plus élevée en acides fulviques (Acides fulviques de l'extrait soude et de l'extrait pyro).

- Pour les sols hydromorphes, en raison de leur texture argilo-limoneuse à limono-argileuse, les phénomènes ci-dessus s'inversent:

- . faible teneur en débris végétaux non ou peu transformés.

- . teneur plus élevée en acides humiques (Acides humiques-Pyro et Acides humiques-soude) et en humine évoluée.

(1) Inversement la teneur en humine totale diminue dans les zones les plus humides.

A ces différences quantitatives s'ajoutent les variations qualitatives suivantes:

. formation presque exclusive d'un seul type d'acides humiques gris (acides humiques gris de condensation), pour les sols ferrugineux tropicaux.

. formation de deux types d'acides humiques gris (l'un de condensation pendant la période humide, l'autre de maturation pendant la période de dessiccation lente) pour les sols hydromorphes.

c) En profondeur, le taux d'humidité excessif (sols hydromorphes) ralentit les phénomènes de biodégradation mais également la polymérisation des substances humiques (augmentation du pourcentage des acides humiques bruns).

Ainsi les facteurs climatiques orientent les différents processus de décomposition et d'évolution de la matière organique des sols étudiés ici et leur confèrent des traits communs. Par contre des conditions particulières telles que la texture et la perméabilité influant sur le taux d'humidité et par conséquent sur l'intensité de ces processus, leur confèrent des caractères propres.

2. INFLUENCE DE LA CULTURE DE MIL.

2.1. Sur les caractères physiques.

Pour l'ensemble des sols, le système traditionnel de mise en culture n'a pas modifié leurs caractéristiques physiques et morphologiques, en raison :

- du type de labour peu profond.
- de la faible pente.
- de la courte durée d'exploitation des sols (moins de 3 ans).

Des résultats analogues ont été obtenus par FELLER et MILLEVILLE (1977) au Sénégal oriental sur des sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions, de défriche récente.

Néanmoins pour les sols ferrugineux tropicaux sans concrétions en particulier, des labours plus profonds pourraient favoriser des phénomènes analogues à ceux soulignés par SOURABIE (appauvrissement

en argile, formation de profils agropédiques) car les horizons intermédiaires ont une faible stabilité structurale.

2.2. Sur les caractères chimiques.

Au départ, les sols ferrugineux tropicaux sont pauvres en éléments de fertilisant chimiques mais ils ne sont pas déséquilibrés. Par contre les sols hydromorphes en sont plus riches mais présentent une carence en potassium ($\frac{\text{Mg}}{\text{K}} > 30$)

Dans un cas comme dans l'autre, leur mise en culture a entraîné surtout :

- Un appauvrissement en phosphore assimilable; cet élément n'existant souvent qu'à l'état de traces dans l'horizon supérieur de certains profils de sols ferrugineux tropicaux sans concrétions, cultivés.

- Une augmentation du taux de saturation ($S/T > 90\%$) du complexe absorbant de l'horizon supérieur des sols ferrugineux tropicaux (gravillonnaires ou non) sous culture de mil. Cette observation rejoint celle de FELLER et MILLEVILLE (l.c.)

Une telle augmentation semble être la conséquence de l'absence de modification des caractères physiques et morphologiques. En effet le plus souvent l'abaissement du pH et la diminution du taux de saturation résultent à la fois d'une dégradation de la structure, d'un appauvrissement en argile et d'une lixiviation des bases échangeables; ce qui n'est pas le cas pour les sols étudiés ici.

2.3. Sur le pourcentage des fractions de la matière organique.

Dans les sols ferrugineux tropicaux, la mise en culture accentue en surface l'accumulation des produits organiques non ou peu transformés (matière organique légère et humine héritée). En revanche, ce sont les substances humiques tels que les acides humiques-soude, l'humine liée au fer, pour les "sans concrétions", les acides humiques-Pyro, les acides humiques-soude, les acides fulviques-Pyro, pour "les gravillonnaires" qui sont davantage biodégradés. En outre, les phénomènes d'oxydation sont accrus, ce qui provoque une augmentation du taux

d'acides humiques bruns. La proportion d'acides humiques bruns passe du simple (11,5%) sous la végétation naturelle au double (24%) sous culture de mil.

De tels résultats diffèrent de ceux obtenus sur sols irrigués. Pour ces derniers toutes les fractions organiques (acides humiques et humine) sont le plus souvent décomposées grâce au maintien du taux d'humidité qui favorise l'activité biologique et la biodégradation des matières végétales.

- Dans les sols hydromorphes: les modifications de la composition de la matière organique totale, liées à leur mise en culture sont moins importantes et traduisent ainsi la prédominance du pédoclimat sur l'état et le degré d'évolution de la matière organique dans ces sols.

En définitive, ce travail a surtout permis de montrer que le système traditionnel de mise en culture ne modifie pas les caractères physiques du sol, tout au moins durant les premières années de culture. Par contre comme le système moderne, il modifie d'emblée la composition de la matière organique totale, en accentuant l'accumulation des produits non ou peu décomposés et les phénomènes d'oxydation des produits évolués. En outre, il y a tout lieu de penser qu'en favorisant préférentiellement la décomposition des fractions fines (Acides humiques-Pyro, Acides humiques-soude, humine liée au fer et à l'argile) le système traditionnel de mise en culture contribue à abaisser la fertilité chimique. En effet ce sont ces fractions qui jouent un rôle important dans l'adsorption et la rétention des éléments de fertilité chimique du sol. Par conséquent avant tout apport d'engrais chimique aux sols étudiés ici, il serait préférable d'envisager d'abord un amendement de type organique.

Cet amendement peut être un fumier ou un compost prédécomposé amenant des produits humifiés. S'il s'agit d'un enfouissement direct il faut que la matière végétale puisse se décomposer. Pour cela, elle doit être enfouie à un moment où le sol reste encore suffisamment humide pendant plusieurs semaines; ce qui est très difficile sous ces climats.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEKSANDROVA(L.N),1949- Humus as a system of polymers.
Izd.Akad.Nauk.SSSR.
- AUBERT(G),1949- Observations sur le rôle de l'érosion dans la formation de la cuirasse latéritique.*Bull.Agric.Congo* Belge XL,2.
- AUBERT(G),1950- Observations sur la dégradation des sols et la formation de cuirasse latéritique dans le nord-ouest du Dahomey.*C.R. 4^e Conf.Intern.Sci.Soil.*3.
- AUBERT(G),1963- Soils with ferrugineous or ferrallitic crusts of tropical regions.*Soil.Sc.*95, 4.
- AUBERT(G),1965- Classification des sols-Tableaux des classes,sous-classes,groupes et sous-groupes de sols utilisés par la section de pédologie de l'ORSTOM.*Cahier ORSTOM, Sér.Pédol.*Vol.III,fasc.3.
- AUBREVILLE(A),1949- Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. *Soc.d'édit.Géogr.maritimes et coloniales.*
- BACHELIER(G),1966- Les sucres dans le sol et leur dosage global.
*Cahier ORSTOM;sér.Pédol.*Vol.IV,n°1.
- BACHELIER(G),1968- Contribution à l'étude de la minéralisation du carbone dans les sols.*Mémoires ORSTOM n°30-Paris.*
- BACHELIER(G),1980- Etude spectrographique de la fluorescence des acides humiques et des acides fulviques des divers sols.
*Cahier ORSTOM;sér.Pédol.*Vol.XVIII n°2.
- BACHELIER(G),1981- Degré de condensation des acides humiques et stabilité structurale.*ORSTOM-Labo.Pédobiologie.Doc. inédit.*
- BERGER(J.M),1964-Profils culturaux dans le centre de la Côte d'Ivoire.
*Cahier ORSTOM-Sér.Pédol.*Vol.II.Fasc.1.
- BERTHELIN(J);TOUTAIN(F),1979-Biologie des sols in:Pédologie t.2.
Masson et Cie.édit.Paris.
- BEYER(W.H.),1966- Handbook of tables for probability and statistics.
Chemical Rubber,claveland.
- BOS(P),1967- Notice explicative de la carte géologique au 1/200 000^e
(Feuille Fada N'Gourma).

- BOULET(R);FAUCK(R);KALOGA(B);LEPRUN(J.C.),1969- La pédogenèse et la géomorphogenèse en relation avec la cartographie des sols. *ORSTOM.Centre de Dakar-Hann.*
- BOULET(R);LEPRUN(J.C.),1969- Rapport pédologique de la Haute-Volta-Région Est.*ORSTOM Centre de Dakar-Hann.*
- BOULET(R)1971- Mise en évidence de deux types fondamentaux de toposéquences développées sur matériaux riches en minéraux altérables issus de granites ou de migmatites en Haute-Volta Orientale. *in:Bull.Liais.Thème B n°2.*
- BOULET(R), 1972- Modalités du lessivage dans les sols tropicaux développés sur granites-Haute-Volta.Etude micromorphologique. *Cahier ORSTOM,sér.Pédol.Vol.X n°4.*
- BOULET(R);PAQUET(H),1972- Deux voies différentes de la pédogenèse en Haute-Volta.Convergence finale vers la montmorillonite.*CR.Acad.Sci.Paris t.275.*
- BOULET(R),1975- Toposéquence de sols tropicaux en Haute-Volta-Equilibres dynamiques et Bioclimats.*Cahier ORSTOM.Sér.Pédol.Vol.XIII n°1.*
- BOULVERT(Y),1968- Comparaison entre les grands types de sols de la région de Bossoanga.Leur répartition en fonction de l'influence des divers facteurs de pédogenèse. Rapport annexe à la notice de la carte pédologique. *ORSTOM.Centre de Bangui.*
- BRABANT(P),1968- Sols ferrugineux tropicaux et sols apparentés du Nord Cameroun.Aspect de leur pédogenèse. *Centre ORSTOM de Yaoundé.*
- BREMNER(J.M.),1965- Organic forms of nitrogen. Methods of soil analysis,Ed.C.A.part.2.*Am.Soc.of Agron.Inc.,Publish. Madison Wisconsin,USA.*
- BRUCKERT(S),1979-Analyse des complexes organo-minéraux des sols. *in:Pédologie t.2.Masson et Cie édit.Paris.*
- BRUNET-MORET(Y)1963- Etude générale des averses exceptionnelles en Afrique Occidentale:république de Haute-Volta. *Rapport CIEH-ORSTOM.*
- COCHEME(J);FRANQUIN(P),1967- Projet conjoint d'agro-climatologie FAO/UNESCO/OMN-Rapport technique sur une étude d'agro-climatologie de l'Afrique sèche au nord du Sahara en Afrique Occidentale.ROME-FAO.
- COMBEAU(A);QUANTIN(P),1964-Observations sur les relations entre stabilité structurale et matière organique dans quelques sols d'Afrique centrale.*Cahier ORSTOM.Sér.Pédol. Vol.II,fasc.1.*

- COMBEAU(A), 1965-Variations saisonnières de la stabilité structurale du sol en région tempérée (comparaisons avec la zone tropicale). *Cahier ORSTOM. Sér. pédol.* Vol. III. Fasc. 2.
- DABIN(B), 1956-Interprétation agronomique des analyses du sol. *C.R. 6^e Congrès Intern. Sc. sol.*
- DABIN(B), 1965- Application des dosages automatiques à l'analyse des sols. 1^{ère} partie: dosage de l'azote total Kjeldahl et du phosphore sous différentes formes. *Cahier ORSTOM, sér. Pédol.* Vol. III n°4.
- DABIN(B), 1966- Application des dosages automatiques à l'analyse des sols. 2^{ème} partie: dosage du fer total et du fer libre. *Cahier ORSTOM, sér. Pédol.* Vol. IV. n°1.
- DABIN(B) 1967- Application des dosages automatiques à l'analyse des sols. 3^{ème} partie : dosage du carbone organique dans les sols tropicaux. *Cahier ORSTOM. Sér. Pédol.* Vol. V. n°3.
- DABIN(B), 1971- Etude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. *Sci. du Sol.* n°1.
- DABIN(B), 1976- Méthode d'extraction et de fractionnement des matières humiques du sol. Application à quelques études pédologiques et agronomiques dans les sols tropicaux. *Cahier. ORSTOM. Sér. Pédol.* Vol. XIV n°4.
- DABIN(B), 1979- Extraction et dosage de la matière humique dans les sols. *S. S. C. Bondy.*
- D'HOORE(J) 1954- L'accumulation des sesquioxides libres dans les sols tropicaux. *Publ. INEAC* n°62.
- DOMMARGUES(Y); MANGENOT(F), 1970- Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie éd. Paris.
- DUCHAUFOR(Ph); DOMMARGUES(Y), 1963- Etude des composés humiques de quelques sols tropicaux et subtropicaux. *Sols africains* Vol. VIII n°1.
- DUCHAUFOR(Ph), 1977- Pédogenèse et classification. *Pédol.* t. 1. Masson et Cie éd. Paris.
- FAUCK(R), 1963- Le sous-groupe des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions. *Sols africains* Vol. VIII n°3.
- FAUCK(R), 1971- Contribution à l'étude des sols des régions tropicales. Les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique Occidentale. *Thèse d'Etat. Fac. Sci.* Strasbourg.
- FELLER(C); MILLEVILLE(P), 1977- Evolution des sols de défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal Oriental). 1^{ère} Partie. *Cahier ORSTOM. Sér. Biologie.* Vol. XII. n°3.

- FLAIG(W)1974- Proc.Intern.Meet."Humic substances".PROVELEDO(D) et GOLTERMAN(HL) éd.1972.
- FOURNIER(F),1958- Contribution à l'étude de la conservation du sol en Afrique Occidentale Française.*Doctorat d'Etat-Thèse secondaire(Thèse-Lettre-Paris-Juin 1958)* AOF.conserva- tion du sol.
- GALLABERT(J); MILLOGO(E)1972: Indice d'érosion pour la pluie en Haute- Volta.*C.T.F.T/Min.Agric.HV*.Ouagadougou.
- GAVAUD(M); PEREIRA-BARRETO(S),1961- La vallée de Dakiri.*ORSTOM*; Centre de Dakar-Hann.
- GLOSSAIRE de pédologie-Description des horizons en vue du traitement informatique.*IDT n°13*.*ORSTOM*-1969.
- GLOSSAIRE de pédologie- Description de l'environnement en vue du trai- tement informatique.*Informat.et biosphère(Association)* Paris 1971.
- GRUCKERT(A),1973- Contribution à l'étude des polysaccharides dans les sols et de leur rôle dans les mécanismes d'agrégation. *Thèse d'Etat.Univ.Nancy I*.
- HENIN(S); GRAS(R); MONNIER(G),1969- Le profil cultural.*2^e édit.Masson*, Paris.
- HOTTIN(G); OUEDRAOGO(F.O.),1976- Notice explicative de la carte géolo- gique à 1/1000000 de la république de Haute-Volta. DGM.Haute-Volta.
- KALOGA(B),1963-Reconnaissance pédologique des bassins versants des vol- tas blanche et rouge. *I.Etudes pédologiques. ORSTOM*, Centre Dakar-Hann.
- KALOGA(B),1965- Sols et pédogenèse dans les bassins versants des voltas blanche et rouge(cours moyens). *ORSTOM*.Centre de Dakar-Hann.
- KALOGA(B),1966- Etude pédologique des bassins versants des Voltas blanche et rouge en Haute-Volta. Ière partie: Le milieu naturel. *Cahier ORSTOM.sér.Péd.* Vol.IV.n°1.
- KALOGA(B),1969- Etude de la pédogenèse sur les glacis soudaniens de Haute-Volta.*Bull.Assoc.Sénégal ET.Quatern.Ouest Afric.* Dakar n° 22.
- KALOGA(B),1970-Etude pédologique des bassins versants des Voltas blanche et rouge. 3ème Partie: Sols associés aux verti- sols:Sols bruns eutrophes et sols halomorphes. *Cahier ORSTOM sér.Pédol.VIII, n° 2*.

- KALOGA(B),1972-Premiers résultats d'une étude morphologique et dynamique détaillée des sols cuirassés du centre Sud de la Haute-Volta: horizons ferrugineux et les horizons d'altération sous-jacents. *in: Bull.Liais*.Thème n°3.
- KONONOVA(MM),1961- Soil organic matter.Its nature,its role in soil formation.*Pergamon Press.Ltd.*
- LENEUF(N); TOURANCHEAU,1953- Possibilités de la production cotonnière en Haute-Volta.CFDT-Paris.
- LENEUF(N),1954- Les sols du secteur cotonnier de Haute-Volta.IDERT-Adiopodoumé.
- LENEUF(N),1955- Carte pédologique de la vallée du Sourou au 1/100 000. IDERT.Adiopodoumé.
- LEPRUN(J.C),1972- Premières observations sur des toposéquences à amont cuirassé en Haute-Volta Orientale: rôle de la pédogenèse dans la destruction des cuirasses et le façonnement du modelé. *in:Bull.liais*.Thème B n°2.
- LEPRUN(JC)1972- Cuirasses ferrugineuses autochtones et modelé des bas-reliefs des pays cristallins de Haute-Volta orientale.*CR.Acad.Sci*.Paris t.275.
- LEROUX(H),1969- Les sols de la région granitique de Nassian(Côte d'Ivoire). Etude particulière de leur matière organique.*Thèse 3ème cycle.Univ.d'Abidjan*.
- LEROUX(H),1980- Contribution à l'étude de la matière organique des sols sous forêts claires(savanes) de Côte d'Ivoire en fonction des principaux facteurs de pédogenèse.*Thèse d'Etat.Univ.d'Abidjan*.
- MAIGNIEN(R),1954- La formation de cuirasse de plateau, région de Labé (Guinée Française).*C.R.5ème Conf.Intern.Sc.Sol*;4;13-18.
- MAIGNIEN(R),1958- Le cuirassement des sols en Guinée.*Thèse d'Etat. Mém.Serv.carte Géol.Lorraine n° 16.*
- MAIGNIEN(R); GAVAUD(M); GOFFRE(P); DUVERGER(E),1960- Etude pédologique de diverses vallées et cuvettes de la Haute-Volta. *ORSTOM-Centre de Dakar-Hann.*
- MAIGNIEN(R),1961- Le passage des sols ferrugineux tropicaux aux sols ferrallitiques dans les régions Sud-Ouest du Sénégal. Sols africains VI; 2-3.
- MOUCAWI(J),1981- Recherches sur l'évolution de la matière organique dans les sols des plaines atlantiques. -Plaine calcaire et Bas-Bocage Vendéens,France. *Thèse d'Etat.Univ.de Poitiers.*

- NEGRE(R); GHIGLIONE(CI); PUGNET(T); GIRAUD(M),1976-Influence des méthodes d'extraction et de purification sur la nature des acides humiques de la cédraie au Petit Lubéron.
Cahier ORSTOM.Sér.Pédol.Vol.XIV n°4.
- NYE(P.H); GREENLAND(D.J),1960- Increases in the carbone and nitrogen contents of tropical soil under naturel fallows.
*I.Soil Sci.*10,2.
- PELLOUX(P);DABIN(B);FILLMANN(G); GOMEZ(P),1971- Méthode de détermination des cations échangeables et de la capacité d'échange dans les sols.*ORSTOM.IDT n°17.*
- PERRAUD(A),1969- Contribution à l'étude des composés humiques de la matière organique des sols forestiers de Côte d'Ivoire.
ORSTOM.Adiopodoumé.
- PERRAUD(A),1971- La matière organique des sols forestiers de la Côte d'Ivoire.Relations: Sol- végétation- climat.
Thèse d'Etat.Univ.Nancy I.
- ROOSE(E.J),1974- Contribution à l'étude de l'influence de la sècheresse sur l'évolution actuelle de certains sols ferrugineux tropicaux en zone sahélienne.*Rapport ORSTOM-*
- ROOSE(E.J),1976- Contribution à l'étude de l'influence de la mésofaune sur la pédogenèse actuelle en milieu tropical.
Rapport ORSTOM.Abidjan.
- ROOSE(E.J.),1978- Pédogenèse actuelle d'un sol ferrugineux complexe issu de granite sous une savane arborescente du centre Haute-Volta.
- ROOSE(E.J),1979-Dynamique actuelle de deux sols ferrugineux tropicaux indurés sous sorgho et sous végétation soudano-sahélienne.-Saria(Haute-Volta):*Synthèse des campagnes 1971-1974.*
- SEGALEN(P),1964-Le fer dans le sol.*IDT ORSTOM Paris.*
- SEGALEN(P),1967- Les facteurs de formation des sols ferrugineux tropicaux. Réunion annuelle des pédologues.*ORSTOM.*
- SERVICE METEOROLOGIQUE-Ouagadougou,1966- Aperçu sur le climat de la Haute-Volta. 2ème édit.révisée et complétée.
- SOURABIE(N),1979- Influence de la culture de canne à sucre sur les sols de Berekadougou(Haute-Volta).
- cas particulier des facteurs de fertilité liés à la matière organique.
Thèse 3è Cycle.Univ.Aix-Marseille III.

- SPEARMAN(C),1904- The proof and measurement of association between two things.*Am.J.Psych.*15.
- THOMANN(C),1963- Quelques observations sur l'extraction de l'humus dans les sols. Méthode au pyrophosphate de sodium. *Cahier ORSTOM.Pédol.*n° 3.
- THOMANN(C), 1964- Les différentes fractions humiques de quelques sols tropicaux de l'ouest africain.*Cahier ORSTOM.Sér. Pédol.*Vol.II.fasc.3.
- TURENNE(JF),1966- Comportement à l'électrophorèse de quelques acides humiques extraits de sols ferrallitiques.*ORSTOM-Cayenne.*
- TURENNE(JF),1975- Mode d'humification et différenciation podzolique de deux toposéquences Guyanaises.*Thèse d'Etat,Univ. Nancy I.*
- TURENNE(J.F.),1977- Matière organique et stabilité structurale en vertisols irrigués.Organisation du système humique. Soc.Inter.Caraïbe pour les plantes alimentaires. *XIVè Congrès.*Guadeloupe Martinique- 27 Juin- 2 Juillet 1977.
- WISCHMEIER(W.H.); SMITH(DD);1960- A universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. *7 th.Intern.Congres Soil .Sci.Soc.t.1.*

- ANNEXES -

ANNEXE I : METHODES D'ANALYSES ET DE
CALCULS STATISTIQUES.

I . METHODES D'ANALYSES AU LABORATOIRE

1. GRANULOMETRIE.

La méthode internationale, modifiée par l'emploi de la pipette Robinson consiste, sur un échantillon (20 g) de terre fine ($\phi < 2 \text{ mm}$), à :

- détruire la matière organique par une attaque à l'eau oxygénée (à froid, puis à chaud).

- disperser les particules par un dispersant énergétique (hexamétophosphate de sodium) et par agitation mécanique.

Les fractions "argile" et "argile + limon fin" sont prélevées par la pipette Robinson. La teneur en limon fin résulte de la différence entre ces fractions.

Sur la fraction grossière ($\phi > 20\mu$) obtenue après siphonnage des argile et limon fin, on procède à la séparation des sable grossier, sable fin et limon grossier par tamisage.

2. INDICE D'INSTABILITE STRUCTURALE (I_s) : HENIN et al, 1969.

Cette variable est déterminée grâce à un test spécifique du nom de "test de HENIN". Selon HENIN et al, 1969 :

$$I_s = \frac{\% (\text{particules} < 20\mu) \text{ max}}{\% \frac{(Aga+Age+Agb)}{3} - 0,9 Sg}$$

avec Aga = agrégats stables à l'alcool
Age = agrégats stables à l'eau
Agb = agrégats stables au benzène
Sg = sable grossier (%)
0,9 = facteur de correction
particules < 20 μ = argile+limon fin, en suspension.

Le test consiste à déterminer les différents facteurs du rapport ci-dessus. La taille des agrégats est compris entre 0,2 et 2 mm.

3. CONSTANTES HYDRIQUES (pF).

Dans la méthode utilisée, des échantillons de sol sont préalablement saturés d'eau puis soumis à une pression déterminée qui est égale :

16.000 g/cm² pour pF 4,2

1.000 g/cm² pour pF 3,0

320 g/cm² pour pF 2,5

Le taux d'humidité est exprimé en % de terre séchée à 105°C.

4. PH. Méthode électrométrique ; pH mètre "électrode de verre".

Pour chaque échantillon (20 g) de terre fine séchée à l'air, deux mesures sont effectuées :

- l'une en présence d'eau distillée et rebouillie (50 ml)
- l'autre en présence de KCl en solution normale (50 ml).

5. CAPACITE TOTALE D'ECHANGE (T). Méthode adaptée à l'autoanalyseur (DABIN, 1967).

La détermination de la capacité totale d'échange (T) comporte deux phases essentielles : l'extraction et le dosage.

- l'extraction consiste d'abord à saturer 20 g de sol tamisé ($\phi < 2\text{mm}$) par une solution de chlorure de calcium (Cl_2Ca) normal tamponné à pH 7, puis à déplacer le calcium fixé et l'excès de chlorure par une solution de nitrate de potassium (NO_3K) normal.

- le dosage s'effectue à l'aide de l'autoanalyseur.

Dans l'extrait ci-dessus, on dose le calcium total, puis le chlore par colorimétrie.

+ *dosage du calcium* : le calcium, en présence de la crésolphtaléine complexon en solution chlorhydrique, donne un complexe coloré bleu violet que l'on colorimètre à 590 m μ .

+ *dosage du chlore* : le chlore, en présence de thiocyanate mercurique, donne d'une part un complexe de chlore mercurique et d'autre part du thiocyanate.

La libération du thiocyanate s'accompagne, en présence d'alun de fer, de la formation d'un complexe rouge-orange de thiocyanate ferrique. L'intensité de la coloration est fonction de la quantité de chlore à doser et la colorimétrie s'effectue à 480 m μ .

La capacité totale d'échange (T), exprimée en m \acute{e} /100 g de sol s'obtient par différence Ca-Cl.

6. BASES ECHANGEABLES : PELLOUX et al. 1971.

L'extraction des bases échangeables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) est obtenue par percolation de 20 g de sol avec 150 ml d'acétate d'ammonium normal, pH 7.

Le dosage des différents cations échangeables s'effectue de la façon suivante :

- K^+ et Na^+ sont dosés par photométrie d'émission.
- Ca^{++} et Mg^{++} sont dosés par complexométrie semi-automatique.

* Ca^{++} échangeable : sur une aliquote (1 à 5 cc) on élimine au préalable l'influence des ions Fe^{3+} et Al^{3+} en^{les} bloquant par un agent complexant, le cyanure de potassium. Puis on rajoute :

- . de la soude N/20 jusqu'à l'obtention d'un pH : 12,5
- . un colorant spécifique du calcium, le calcon ; obtention d'une coloration rose-violacé et complexation des ions Ca^{++} et Mg^{++} par un sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétra-acétique (EDTA) du nom de complexon III.

* ($Ca^{++} + Mg^{++}$) : après élimination des ions Fe^{3+} et Al^{3+} , on rajoute un tampon pH 10,5, un colorant noir ériochrome T et EDTA.

Dans les deux cas, la titration est faite par un titrimètre automatique Metrohm couplé à un colorimètre.

Les ions Mg^{++} sont obtenus par différence : $(Ca^{++} + Mg^{++}) - Ca^{++}$.

Les différents cations échangeables sont exprimés en $me/100$ g de sol.

7. CATIONS DE RESERVE.

Sur un échantillon de sol broyé et tamisé à 200μ , les cations de réserve (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+) sont extraits par une attaque avec NO_3H concentré, bouillant pendant cinq heures.

Afin d'éviter des interférences à l'analyse spectrophotométrique, les sesquioxydes et le phosphore sont éliminés par adjonction de NH_4OH au 1/2.

Puis l'extrait est amené à sec, suivi d'une destruction, à l'aurégale, des sels ammoniacaux qui s'avèrent gênants pour l'analyse.

Par absorption atomique, on détermine Ca^{++} et Mg^{++} tandis que pour K^+ et Na^+ , on fait appel à la photométrie d'émission.

8. PHOSPHORE TOTAL : DABIN, 1965.

L'attaque d'un échantillon de sol broyé et tamisé à 200μ avec NO_3H concentré et bouillant (cf. cations de réserve) s'accompagne d'une libération de sesquioxydes mais aussi de phosphore. Cet acide orthophosphorique, en présence de l'acide molybdique, donne un complexe phospho-molybdate. La réduction de ce complexe, par un excès d'acide ascorbique, confère au milieu réactionnel une coloration bleue dont l'intensité est fonction de la quantité de phospho-molybdate réduit, par conséquent de la quantité de phosphore. Colorimétrie automatique à $660 m\mu$ à l'autoanalyseur.

9. PHOSPHORE ASSIMILABLE : DABIN, 1967.

Les très faibles quantités de phosphore assimilable extraites dans les sols tropicaux imposent l'usage de réactifs à fort pouvoir de dissolution.

Pour ce faire, la méthode appliquée est la méthode Olsen modifiée par l'utilisation d'un réactif combiné : fluorure d'ammonium (FNH_4), 0,5 N + bicarbonate de soude (CO_3NaH), 0,5 N à pH 8,5.

Les différentes phases qui précèdent le dosage du phosphore assimilable par colorimétrie à l'autoanalyseur sont identiques à celles qui permettent de doser le phosphore total.

10. FER TOTAL : DABIN, 1966.

Attaque du sol broyé et tamisé à 0,2 mm par HCl concentré à chaud.

Le dosage est effectué avec l'autoanalyseur (480 m μ), en utilisant comme réactif l'orthophénantroline. Ce réactif, en présence de Fer ferreux (Fe^{2+}) donne un complexe rouge contenant trois molécules de réactif pour 1 Fe^{2+} . La réduction de Fe^{3+} en Fe^{2+} est assurée par le chlorhydrate d'hydroxylamine.

11. FER LIBRE.

La technique utilisée est connue sous le nom de "méthode DEB", modifiée pour l'emploi du technicon. Sur 1 g de sol broyé et tamisé à 200 μ , le réactif d'extraction du fer libre est l'hydrosulfite de sodium en présence d'acétate de sodium N et de tartrate de sodium 0,2 N.

L'extraction est suivie d'un dosage direct à l'autoanalyseur, par colorimétrie à 625 m μ .

Le colorant utilisé est le TPTZ (2-4-6 tripyridyl-5-triazine) à 0,5 % dans HCl à 1 %.

12. CARBONE ORGANIQUE TOTAL (C).

La détermination du carbone organique total est faite par colorimétrie, sur une prise de terre broyée et tamisée à 200 μ .

Elle consiste à doser l'anhydride carbonique obtenu par oxydation de la matière organique par voie sèche ou combustion. Pour ce faire on utilise un coulomètre.

Toutefois cette technique n'est applicable que pour les sols qui ne contiennent pas du carbonate de calcium.

Le taux de matière organique total est obtenu en multipliant (C) par un coefficient égal à 1,72.

13. AZOTE TOTAL : DABIN, 1965.

La minéralisation de l'azote total sur 1 à 2 g de sol broyé et tamisé à 200 μ est effectuée par la méthode Kjeldahl qui entraîne la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammoniaque.

Les ions NH_4^+ sont ensuite dosés par colorimétrie automatique à l'autoanalyseur grâce à la réaction de Berthelot. Rappelons que la réaction de Berthelot est la réaction produite par le mélange "Phénate de soude + Hypochlorite de soude" en milieu alcalin sur l'ammonium. Elle confère au milieu réactionnel une coloration bleue, dite "bleu d'indophénol" dont l'intensité est en relation directe avec la quantité d'azote de la solution. C'est cette réaction qui est colorimétrée à 627 m μ .

14. GLUCIDES DU SOL : BACHELIER, 1966.

La détermination globale des sucres réducteurs solubles du sol se fait généralement par des méthodes colorimétriques, soit à l'anthrone, soit à l'orcinol.

Pour sa sensibilité et sa rapidité, la méthode à l'anthrone a été préférée à celle à l'orcinol.

Elle comporte deux phases :

- extraction des glucides par attaque à chaud (70°) pendant 3 heures et demie de 50 g de sol tamisé à 2 mm avec 300 ml d'eau distillée.

- dosage par photolorimétrie à 580 mμ des sucres contenus dans la fraction liquide.

L'anthrone ou "OxO-9 dihydro-10 anthracène", forme tautomère de l'anthrone, apparaît de couleur jaune clair en milieu sulfurique concentré (95 %). Cette coloration se transforme en bleue en présence de solutions de glucides, d'où l'obtention, selon la concentration de ces solutions, d'une gamme assez lumineuse allant du vert au bleu-vert.

Le dosage des glucides du sol est effectué comparativement à des solutions étalons de glucose.

II. METHODE DE CALCUL DU COEFFICIENT DE CORRELATION DES RANGS DE SPEARMAN (rs)

Basé sur les rangs, le test de la corrélation (Spearman, 1904) entre 2 variables i et j d'effectif commun n suit les étapes que voici :

1er cas : toutes les valeurs de i sont différentes les unes des autres et il en est de même pour j.

. Etape 1 : les n valeurs de i et j sont remplacées séparément par les rangs de 1 à n. Le rang de 1 est attribué à la valeur minimale, le rang 2 à la valeur immédiatement supérieure, etc... et le rang n à la valeur maximale de i et de j.

. Etape 2 : le coefficient de corrélation (rs) s'écrit :

$$rs = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d^2}{n^3 - n}$$

d étant la différence, en valeur absolue, entre rangs homologues.

Exemple de calcul de rs :

soient i = argile en %

et j = carbone organique total en %

Les teneurs en argile :

16,6 - 27,1 - 14,9 - 10,3 - 6,1 - 6,4 - 9,1 - 11,3 - 25,0 31,7 -
28,8 - 25,2 sont remplacées par les rangs suivants :

7 - 10 - 6 - 4 - 1 - 2 - 3 - 5 - 8 - 12 - 11 - 9. Les teneurs en
carbone organique total :

7,1 - 22,7 - 6,8 - 5,6 - 2,4 - 4,3 - 3,0 - 6,7 - 11,9 - 18,9 - 19,8 -
16,3 sont également remplacées par les rangs :

7 - 12 - 6 - 4 - 1 - 3 - 2 - 5 - 8 - 10 - 11 - 9. La différence (d) des rangs homologues, en valeur absolue, donne :

0 - 2 - 0 - 0 - 0 - 1 - 1 - 0 - 0 - 2 - 0 - 0. Le coefficient de corrélation des rangs de Spearman (r_s) entre la teneur en argile et celle en carbone est égal :

$$r_s = 1 - \frac{6(2^2 + 1^2 + 1^2 + 2^2)}{12^3 - 12} = \underline{0,96}$$

2ème cas : la variable i et/ou j présentent des valeurs exaequo.

. Etape 1 : On procède de la même manière que précédemment mais on attribue aux valeurs exaequo d'une même variable un rang équivalent à la moyenne des rangs.

. Etape 2 : Après avoir calculé les expressions :

$$I = \frac{n^3 - n}{12} - \sum_{q=1}^{q_i} \frac{t_{q_i}^3 - t_{q_i}}{12}$$

$$J = \frac{n^3 - n}{12} - \sum_{q=1}^{q_j} \frac{t_{q_j}^3 - t_{q_j}}{12}$$

q_i = nombre de lots d'exaequo de la variable i, dans lesquelles :

t_{q_i} = nombre de valeurs identiques dans q_e lot d'exaequo de j.

q_j = nombre de lots d'exaequo de la variable j.

t_{q_j} = nombre de valeurs identiques dans le q_e lot d'exaequo de j.

Le coefficient de corrélation (r_s) s'écrit :

$$r_s = \frac{1 + j - \sum_{i=1}^n d^2}{2\sqrt{1j}} \quad (1)$$

Exemple de calcul de r_s :

soient $i = \text{pH eau}$ et $j = \text{pH KCl}$

Les valeurs du pH eau sont :

6,2 - 5,7 - 6,3 - 5,8 - 6,1 - 6,3 - 6,6 - 8,2 - 5,9 - 6,1 - 6,1 - 6,2 -
soient 3 lots d'exaequo : (6,2 - 6,2) (6,3 - 6,3) (6,1 - 6,1 - 6,1)
comportant respectivement 2, 2, 3 valeurs.

Les différentes valeurs du pH eau sont remplacées par les
rangs suivants :

7,5 - 1 - 9,5 - 2 - 5 - 9,5 - 11 - 12 - 3 - 5 - 5 - 7,5.

Les valeurs du pH KCl sont :

5,6 - 5,2 - 5,6 - 5,1 - 5,8 - 5,8 - 7,1 - 4,9 - 5,2 - 4,9 - 5,3.
Elles présentent 4 lots d'exaequo : (5,6 - 5,6) (5,2 - 5,2 - 5,2)
(4,9 - 4,9) (5,8 - 5,8), ayant respectivement 2, 3, 2, 2 valeurs.

Les rangs du pH KCl sont :

8,5 - 5 - 8,5 - 5 - 3 - 10,5 - 10,5 - 12 - 1,5 - 5 - 1,5 - 7

$$\text{et } i = \frac{12^3 - 12}{12} - \left(\frac{2^3 - 2}{12} + \frac{2^3 - 2}{12} + \frac{3^3 - 3}{12} \right) = 143 - (0,5+0,5+2) = 140$$

$$j = \frac{12^3 - 12}{12} - \left(\frac{2^3 - 2}{12} + \frac{3^3 - 3}{12} + \frac{2^3 - 2}{12} + \frac{2^3 - 2}{12} \right) = 143 - (0,5+2+0,5+0,5) = 139,5$$

La différence (d) en valeur absolue des rangs homologues
est égale :

1 - 4 - 1 - 3 - 2 - 1 - 0,5 - 0 - 1,5 - 0 - 3,5 - 0,5.

Le coefficient de corrélation est obtenu en remplaçant les

termes de l'expression (1) par leurs valeurs :

$$rs = \frac{140 + 139,5 - (1^2 + 4^2 + 1^2 + 3^2 + \dots + 0,5^2)}{2 \sqrt{140 \times 139,5}} = \frac{233,5}{279,5} = \underline{\underline{0,83}}$$

ANNEXE II : FICHE DE DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT.
DESCRIPTION SYNTHETIQUE DES PROFITS.

IMPRIME POUR LA DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT

	plaine d'épand. débris N1208	profil au bas forme N1701	délimitaire cadastre N2201	drainage < 1 m N2301	drainage droit enterré N5203
	couvert débris débris N1209	centre forme N1702	conglomérat N2202	> 1 m N2302	traces d'interception N5204
	débris débris N1210	sommet forme N1703	brèche N2203	eau non colorée N2303	écarts de 5-10 m N5205
	levés large N1211	pré bas forme N1704	gaule N2204	colorée N2304	10-20 m N5206
	débris débris N1212		gaule N2205	non trouble N2305	20-40 m N5207
	débris débris N1213		gaule N2206	trouble N2306	40-60 m N5208
	débris débris N1214		gaule N2207	sans odeur N2307	60-80 m N5209
	débris débris N1215		gaule N2208	avec odeur N2308	90-100 m N5210
	débris débris N1216		gaule N2209	absence gas N2309	proton de < 0,5 m N5211
	débris débris N1217		gaule N2210	présence gas N2310	0,5-1m N5212
	débris débris N1218		gaule N2211	CO2 N2311	1-1,5 m N5213
	débris débris N1219		gaule N2212	SH2 N2312	1,5-2 m N5214
	débris débris N1220		gaule N2213	CH4 N2313	> 2 m N5215
	débris débris N1221		gaule N2214		
	débris débris N1222		gaule N2215		
	débris débris N1223		gaule N2216		
	débris débris N1224		gaule N2217		
	débris débris N1225		gaule N2218		
	débris débris N1226		gaule N2219		
	débris débris N1227		gaule N2220		
	débris débris N1228		gaule N2221		
	débris débris N1229		gaule N2222		
	débris débris N1230		gaule N2223		
	débris débris N1231		gaule N2224		
	débris débris N1232		gaule N2225		
	débris débris N1233		gaule N2226		
	débris débris N1234		gaule N2227		
	débris débris N1235		gaule N2228		
	débris débris N1236		gaule N2229		
	débris débris N1237		gaule N2230		
	débris débris N1238		gaule N2231		
	débris débris N1239		gaule N2232		
	débris débris N1240		gaule N2233		
	débris débris N1241		gaule N2234		
	débris débris N1242		gaule N2235		
	débris débris N1243		gaule N2236		
	débris débris N1244		gaule N2237		
	débris débris N1245		gaule N2238		
	débris débris N1246		gaule N2239		
	débris débris N1247		gaule N2240		
	débris débris N1248		gaule N2241		
	débris débris N1249		gaule N2242		
	débris débris N1250		gaule N2243		
	débris débris N1251		gaule N2244		
	débris débris N1252		gaule N2245		
	débris débris N1253		gaule N2246		
	débris débris N1254		gaule N2247		
	débris débris N1255		gaule N2248		
	débris débris N1256		gaule N2249		
	débris débris N1257		gaule N2250		
	débris débris N1258		gaule N2251		
	débris débris N1259		gaule N2252		
	débris débris N1260		gaule N2253		
	débris débris N1261		gaule N2254		
	débris débris N1262		gaule N2255		
	débris débris N1263		gaule N2256		
	débris débris N1264		gaule N2257		
	débris débris N1265		gaule N2258		
	débris débris N1266		gaule N2259		
	débris débris N1267		gaule N2260		
	débris débris N1268		gaule N2261		
	débris débris N1269		gaule N2262		
	débris débris N1270		gaule N2263		
	débris débris N1271		gaule N2264		
	débris débris N1272		gaule N2265		
	débris débris N1273		gaule N2266		
	débris débris N1274		gaule N2267		
	débris débris N1275		gaule N2268		
	débris débris N1276		gaule N2269		
	débris débris N1277		gaule N2270		
	débris débris N1278		gaule N2271		
	débris débris N1279		gaule N2272		
	débris débris N1280		gaule N2273		
	débris débris N1281		gaule N2274		
	débris débris N1282		gaule N2275		
	débris débris N1283		gaule N2276		
	débris débris N1284		gaule N2277		
	débris débris N1285		gaule N2278		
	débris débris N1286		gaule N2279		
	débris débris N1287		gaule N2280		
	débris débris N1288		gaule N2281		
	débris débris N1289		gaule N2282		
	débris débris N1290		gaule N2283		
	débris débris N1291		gaule N2284		
	débris débris N1292		gaule N2285		
	débris débris N1293		gaule N2286		
	débris débris N1294		gaule N2287		
	débris débris N1295		gaule N2288		
	débris débris N1296		gaule N2289		
	débris débris N1297		gaule N2290		
	débris débris N1298		gaule N2291		
	débris débris N1299		gaule N2292		
	débris débris N1300		gaule N2293		
	débris débris N1301		gaule N2294		
	débris débris N1302		gaule N2295		
	débris débris N1303		gaule N2296		
	débris débris N1304		gaule N2297		
	débris débris N1305		gaule N2298		
	débris débris N1306		gaule N2299		
	débris débris N1307		gaule N2300		
	débris débris N1308		gaule N2301		
	débris débris N1309		gaule N2302		
	débris débris N1310		gaule N2303		
	débris débris N1311		gaule N2304		
	débris débris N1312		gaule N2305		
	débris débris N1313		gaule N2306		
	débris débris N1314		gaule N2307		
	débris débris N1315		gaule N2308		
	débris débris N1316		gaule N2309		
	débris débris N1317		gaule N2310		
	débris débris N1318		gaule N2311		
	débris débris N1319		gaule N2312		
	débris débris N1320		gaule N2313		
	débris débris N1321		gaule N2314		
	débris débris N1322		gaule N2315		
	débris débris N1323		gaule N2316		
	débris débris N1324		gaule N2317		
	débris débris N1325		gaule N2318		
	débris débris N1326		gaule N2319		
	débris débris N1327		gaule N2320		
	débris débris N1328		gaule N2321		
	débris débris N1329		gaule N2322		
	débris débris N1330		gaule N2323		
	débris débris N1331		gaule N2324		
	débris débris N1332		gaule N2325		
	débris débris N1333		gaule N2326		
	débris débris N1334		gaule N2327		
	débris débris N1335		gaule N2328		
	débris débris N1336		gaule N2329		
	débris débris N1337		gaule N2330		
	débris débris N1338		gaule N2331		
	débris débris N1339		gaule N2332		
	débris débris N1340		gaule N2333		
	débris débris N1341		gaule N2334		
	débris débris N1342		gaule N2335		
	débris débris N1343		gaule N2336		
	débris débris N1344		gaule N2337		
	débris débris N1345		gaule N2338		
	débris débris N1346		gaule N2339		
	débris débris N1347		gaule N2340		
	débris débris N1348		gaule N2341		
	débris débris N1349		gaule N2342		
	débris débris N1350		gaule N2343		
	débris débris N1351		gaule N2344		
	débris débris N1352		gaule N2345		
	débris débris N1353		gaule N2346		
	débris débris N1354		gaule N2347		
	débris débris N1355		gaule N2348		
	débris débris N1356		gaule N2349		
	débris débris N1357		gaule N2350		
	débris débris N1358		gaule N2351		
	débris débris N1359		gaule N2352		
	débris débris N1360		gaule N2353		
	débris débris N1361		gaule N2354		
	débris débris N1362		gaule N2355		
	débris débris N1363		gaule N2356		
	débris débris N1364		gaule N2357		
	débris débris N1365		gaule N2358		
	débris débris N1366		gaule N2359		
	débris débris N1367		gaule N2360		
	débris débris N1368		gaule N2361		
	débris débris N1369		gaule N2362		
	débris débris N1370		gaule N2363		
	débris débris N1371		gaule N2364		
	débris débris N1372		gaule N2365		
	débris débris N1373		gaule N2366		
	débris débris N1374		gaule N2367		
	débris débris N1375		gaule N2368		
	débris débris N1376		gaule N2369		
	débris débris N1377		gaule N2370		
	débris débris N1378		gaule N2371		
	débris débris N1379		gaule N2372		
	débris débris N1380		gaule N2373		
	débris débris N1381		gaule N2374		
	débris débris N1382		gaule N2375		
	débris débris N1383		gaule N2376		
	débris débris N1384		gaule N2377		
	débris débris N1385		gaule N2378		
	débris débris N1386		gaule N2379		
	débris débris N1387		gaule N2380		
	débris débris N1388		gaule N2381		
	débris débris N1389		gaule N2382		
	débris débris N1390		gaule N2383		
	débris débris N1391		gaule N2384		
	débris débris N1392		gaule N2385		
	débris débris N1393		gaule N2386		
	débris débris N1394		gaule N2387		
	débris débris N1395		gaule N2388		
	débris débris N1396		gaule N2389		
	débris débris N1397		gaule N2390		
	débris débris N1398		gaule N2391		
	débris débris N1399		gaule N2392		
	débris débris N1400		gaule N2393		
	débris débris N1401		gaule N2394		
	débris débris N1402		gaule N2395		
	débris débris N1403		gaule N2396		
	débris débris N1404		gaule N2397		
	débris débris N1405		gaule N2398		
	débris débris N1406		gaule N2399		
	débris débris N1407		gaule N2400		
	débris débris N1408		gaule N2401		
	débris débris N1409		gaule N2402		
	débris débris N1410		gaule N2403		
	débris débris N1411		gaule N2404		
	débris débris N1412		gaule N2405		
	débris débris N1413		gaule N2406		
	débris débris N1414		gaule N2407		
	débris débris N1415		gaule N2408		
	débris débris N1416		gaule N2409		
	débris débris N1417		gaule N2410		
	débris débris N1418		gaule N2411		
	débris débris N1419		gaule N2412		
	débris débris N1420		gaule N2413		
	débris débris N1421		gaule N2414		
	débris débris N1422		gaule N2415		
	débris débris N1423		gaule N2416		
	débris débris N1424		gaule N2417		
	débris débris N1425				

I- SOIS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS

PROFIL=2053.

NUMERO FSC100 A BOUGUE; PAS D'OBSTACLES; FERRUGINEUX TROPICAUX; PAS D'ACCUMULATION⁺
S; GRANITES MIGMATITIQUES CALCOALCALINS A AMPHIBOLES

OCCUPATION DES TERRES=11. SEQ:ABC.MULL.
DRAINAGE NORMAL.
GRANITE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=140.
DIFFERENCIE PAR LA COULEUR.A CM=50.
BRUN-JAUNE.MOYEN.
SABLE SUR ARGILE.SANS CHARGE.
STRUCTURE NETTE.MOYENNE.PEU COMPACT.PERMEABLE.
PEU DE RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.
LONGITUDE(E+,W-)=27.LATITUDE(N+,S-)=1204.

S=1.

PALLO.

PROFIL=2054.

NUMERO FSC110 A BOUGUE; FERRUGINEUX TROPICAUX; PAS D'OBSTACLES; PAS D'ACCUMULATION⁺
S; IL S'AGIT DE GRANITES MIGMATITIQUES HOMOGENES CALCOALCALINS A AMPHIBOLES

OCCUPATION, DES TERRES=22. SEQ:ABC.MULL.
DRAINAGE NORMAL.
GRANITE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=140.
DIFFERENCIE PAR LA COULEUR.A CM=45.
BRUN-JAUNE.MOYEN.
SABLE SUR ARGILE.SANS CHARGE.
STRUCTURE NETTE.MOYENNE.PEU COMPACT.PERMEABLE.
NOMBREUSES RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.
LONGITUDE(E+,W-)=26.LATITUDE(N+,S-)=1204.

S=1.

PALLO.

PROFIL=2055.

NUMERO FSC120 A BOUGUE; FERRUGINEUX TROPICAUX; PAS D'OBSTACLES; PAS D'ACCUMULATION
S; GRANITES MIGMATITIQUES HOMOGENES CALCOALCALINS A AMPHIBOLES

OCCUPATION DES TERRES=11.SEG:ABC.MULL.

DRAINAGE NORMAL.

GRANITE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=130.

DIFFERENCIE PAR LA COULEUR.A CM=39.

BRUN-JAUNE.MOYEN.

SABLE SUR ARGILE.SANS CHARGE.

STRUCTURE NETTE.MOYENNE.PEU COMPACT.PERMEABLE.

PEU DE RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.

LONGITUDE(E+,W-)=26.LATITUDE(N+,S-)=1203.

S=1.

PALLO.

PROFIL=2056.

NUMERO FSC040 A PIEGA; FERRUGINEUX TROPICAUX; PAS D'OBSTACLES; PAS D'ACCUMULATIONS
S; GRANITES MIGMATITIQUES HOMOGENES CALCOALCALINS A AMPHIBOLES

OCCUPATION DES TERRES=11.SEG:ABC.MULL.

DRAINAGE NORMAL.

GRANITE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=135.

DIFFERENCIE PAR LA COULEUR.A CM=57.

BRUN-JAUNE.CLAIR.

SABLE SUR ARGILE.SANS CHARGE.

STRUCTURE NETTE.MOYENNE.PEU COMPACT.PERMEABLE.

PEU DE RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.

LONGITUDE(E+,W-)=52.LATITUDE(N+,S-)=1208.

S=1.

PALLO.

II- SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES

PROFIL=2049.
NUMERO FTG010 A PIEGA; LIT DE GRAVILLONS; FERRUGINEUX TROPICAUX; IL S'AGIT EN FA
IT DE GRANITES MIGMATITIQUES HOMOGENES CALCOALCALINS A AMPHIBOLES

OCCUPATION DES TERRES=22.SEG:ABC.MULL.
DRAINAGE IMPARFAIT.
GRANITE.
PROFONDEUR UTILE=40.OBSTACLE PHYSIQUE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=140.
DIFFERENCIE PAR LA COULEUR.A CM=80.
BRUN-JAUNE.FONCE.
ARGILEUX.CHARGE GROSSIERE.
STRUCTURE NETTE.MOYENNE.COMPACT.PEU PERMEABLE.
NOMBREUSES RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.
CONCRETIONS.
LONGITUDE(E+,W-)=52.LATITUDE(N+,S-)=1207.

S=1.
PALLO.

PROFIL=2050.
NUMERO FTG020 A PIEGA; ; LIT DE GRAVILLONS; FERRUGINEUX TROPICAUX; IL S'AGIT EN F
AIT DE GRANITES MIGMATITIQUES HOMOGENES CALCOALCALINS A AMPHIBOLES

OCCUPATION DES TERRES=22.SEG:ABC.MULL.
DRAINAGE IMPARFAIT.
GRANITE.
PROFONDEUR UTILE=55.OBSTACLE PHYSIQUE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=138.
DIFFERENCIE PAR LA COULEUR.A CM=55.
BRUN-JAUNE.FONCE.
ARGILEUX.CHARGE GROSSIERE.
STRUCTURE NETTE.MOYENNE.COMPACT.PEU PERMEABLE.
NOMBREUSES RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.
CONCRETIONS.
LONGITUDE(E+,W-)=51.LATITUDE(N+,S-)=1208.

S=1.
PALLO.

PROFIL=2051.

NUMERO FTG130 A NALEMBOU; LIT DE GRAVILLONS; FERRUGINEUX TROPICAUX; IL S'AGIT D
E GRANITES MIGHATITTIQUES HOMOGENES CALCOALCALINS A AMPHIBOLES

OCCUPATION DES TERRES=11.SEG:ABC.MULL.

DRAINAGE NORMAL.

GRANITE.

PROFONDEUR UTILE=20.OBSTACLE PHYSIQUE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=127.

DIFFERENCIE PAR L'ACCUMULATION.A CM=20.

BRUN-ROUGE.MOYEN.

SABLE SUR ARGILE.CHARGE GROSSIERE.

STRUCTURE NETTE.MOYENNE.PEU COMPACT.PERMEABLE.

PEU DE RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.

CONCRETIONS.

LONGITUDE(E+,W-)=21.LATITUDE(N+,S-)=1205.

S=1.

PALLO.

PROFIL=2052.

NUMERO FTG140 A NALEMBOU; LIT DE GRAVILLONS; FERRUGINEUX TROPICAUX; IL S'AGIT DE
GRANITES MIGHATITTIQUES HOMOGENES CALCOALCALINS A AMPHIBOLES

OCCUPATION DES TERRES=22.SEG:ABC.MULL.

DRAINAGE NORMAL.

GRANITE.

PROFONDEUR UTILE=20.OBSTACLE PHYSIQUE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=140.

DIFFERENCIE PAR L'ACCUMULATION.A CM=20.

BRUN-ROUGE.MOYEN.

SABLE SUR ARGILE.CHARGE GROSSIERE.

STRUCTURE NETTE.MOYENNE.PEU COMPACT.PERMEABLE.

NOMBREUSES RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.

CONCRETIONS.

LONGITUDE(E+,W-)=21.LATITUDE(N+,S-)=1207.

S=1.

PALLO.

III- SOYS HYDROMORPHES

PROFIL=2057.

NUMERO HMNO60 A NAMOUNGOU; HORIZON PEU PERMEABLE; CONCRETIONS ABONDANTES EN PROFONDEUR; PRESENCE DE FENTES A LA SURFACE DU SOL; IL S'AGIT DE GRANITES MIGMATITIQUE S HETEROGENES

OCCUPATION DES TERRES=11.HYDROMORPHE.SEG:ABC.MULL.

DRAINAGE MODERE.

GRANITE.

PROFONDEUR UTILE=64.OBSTACLE PHYSIQUE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=140.

DIFFERENCIE PAR LA TEXTURE.A CM=25.

BRUN-JAUNE.MOYEN.

ARGILE SUR SABLE.SANS CHARGE.

STRUCTURE NETTE.MOYENNE.COMPACT.PEU PERMEABLE.

PEU DE RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.

CONCRETIONS.

LONGITUDE(E+,W-)=37.LATITUDE(N+,S-)=1201.

S=1.

PALLO.

PROFIL=2058.

NUMERO HMNO70 A NAMOUNGOU; HORIZON PEU PERMEABLE; PAS D'ACCUMULATIONS; PRESENCE DE FENTES A LA SURFACE DU SOL; IL S'AGIT DE GRANITES MIGMATITIQUE S HETEROGENES

OCCUPATION DES TERRES=22.HYDROMORPHE.SEG:ABC.MULL.

DRAINAGE MODERE.

GRANITE.

PROFONDEUR UTILE=50.OBSTACLE PHYSIQUE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=130.

DIFFERENCIE PAR LA TEXTURE.A CM=50.

BRUN-JAUNE.MOYEN.

ARGILE SUR SABLE.SANS CHARGE.

STRUCTURE NETTE.MOYENNE.COMPACT.PEU PERMEABLE.

NOMBREUSES RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.

LONGITUDE(E+,W-)=36.LATITUDE(N+,S-)=1201.

S=1.

PALLO.

PROFIL=2059.

NUMERO HMN080 A NAMOUNGOU; HORIZON PEU PERMEABLE; PAS D'ACCUMULATIONS; PRESENCE D
E FENTES A LA SURFACE DU SOL; GRANITES MIGMATITIQUES HETEROGENES

OCCUPATION DES TERRES=11.HYDROMORPHE.SEQ:ABC.MULL.

DRAINAGE MODERE.

GRANITE.

PROFONDEUR UTILE=45.OBSTACLE PHYSIQUE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=130.

DIFFERENCIE PAR LA TEXTURE.A CM=45.

BRUN-JAUNE.FONCE.

ARGILE SUR SABLE.SANS CHARGE.

STRUCTURE NETTE.MOYENNE.COMPACT.PEU PERMEABLE.

PEU DE RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.

LONGITUDE(E+,W-)=36.LATITUDE(N+,S-)=1201.

S=1.

PALLO.

PROFIL=2060.

NUMERO HMN090 A NAMOUNGOU; HORIZON PEU PERMEABLE; PAS D'ACCUMULATIONS; PRESENCE D
E FENTES A LA SURFACE DU SOL; GRANITES MIGMATITIQUES HETEROGENES

OCCUPATION DES TERRES=22.HYDROMORPHE.SEQ:ABC.MULL.

DRAINAGE MODERE.

GRANITE.

PROFONDEUR UTILE=30.OBSTACLE PHYSIQUE.PROFONDEUR DE L'OBSERVATION=140.

DIFFERENCIE PAR LA TEXTURE.A CM=30.

BRUN-JAUNE.FONCE.

ARGILE SUR SABLE.SANS CHARGE.

STRUCTURE NETTE.MOYENNE.COMPACT.PEU PERMEABLE.

NOMBREUSES RACINES.DISTRIBUTION IRREGULIERE.

LONGITUDE(E+,W-)=37.LATITUDE(N+,S-)=1201.

S=1.

PALLO.

ANNEXE III : FICHES ANALYTIQUES DES PROFILS.

Niveau de prélèvement (cm)	0 - 20	40 - 60	100 - 120
Propriétés physiques			
Refus en %	0,4	0,2	0,1
Argile en %	9,1	18,3	26,2
Limon fin en %	6,2	4,8	8,3
Limon grossier en %	15,0	15,7	14,8
Sable fin en %	31,3	24,2	22,2
Sable grossier en %	37,6	36,1	27,3
Instabilité structurale	1,9	2,9	2,1
pF 2,5	8,7	12,5	16,6
pF 3,0	5,8	9,2	12,4
pF 4,2	3,8	7,1	10,0
Propriétés chimiques			
- Complexe absorbant			
pH eau	6,6	7,2	5,3
pH KCl	5,8	6,3	5,1
Ca ⁺⁺ échang. en méq/100	2,05	2,15	2,25
Mg ⁺⁺ échang. en méq/100	0,35	0,55	0,75
Na ⁺ échang. en méq/100	0,02	0,02	0,04
K ⁺ échang. en méq/100	0,08	0,06	0,12
S en méq/100	2,4	2,8	3,2
T en méq/100	2,5	3,0	4,5
V = S/T en %	96	93	70
- Cations de réserve			
Ca ⁺⁺ de réserve en méq/100	6,4	3,9	3,2
Mg ⁺⁺ de réserve en méq/100	3,5	4,0	5,0
Na ⁺ de réserve en méq/100	1,9	1,6	1,9
K ⁺ de réserve en méq/100	1,3	1,9	2,8
Somme cations de réserve en méq/100	13,1	11,4	12,9
- Fer (Fe ₂ O ₃)			
Fe ₂ O ₃ total en %	1,0	1,6	2,5
Fe ₂ O ₃ libre en %	0,6	1,2	1,9
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	60,0	75,0	76,0
- Phosphore (P ₂ O ₅)			
P ₂ O ₅ total en %	0,14	0,13	0,14
P ₂ O ₅ assimilable en %	0	0,01	0,02
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en %		7,7	14,3
Matière organique			
- Carbone organique total en %			
	3,0	1,7	1,0
- C. Matière organique légère en %			
	0,08	0,03	0
- C. Acides fulviques libres en %			
	0,02	0,15	0,10
- Fractions extractibles par les alcalins			
C. Acides humiques-pyro (AHP) en %			
Acides humiques gris (AHG) en % AHP	0,22	0,06	0,01
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$	65		
Acides humiques bruns (AHB) en % AHP	0,66		
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$	22		
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP	0,57		
$E = \frac{625}{512} \text{ AHI}$	13		
C. Acides humiques-soude (AHS) en %			
Acides humiques gris (AHG) en % AHS	0,06	0,02	0
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$			
Acides humiques bruns (AHB) en % AHS			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$			
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHI}$			
C. Acides fulviques-soude (AFS) en %			
	0,21	0,03	0,05
C. Acides fulviques-pyro (AFP) en %			
	0,40	0,10	0,04
- Fractions non extractibles par les alcalins			
C. Humine totale en %			
	2,0	1,3	0,8
C. Humine héritée en %			
	1,63	0,74	0,26
C. Humine liée au fer en %			
	0,09	0,13	0,04
C. Humine liée à l'argile en %			
	0,03	0,06	0,01
C. Humine évoluée en %			
	0,25	0,37	0,49
- Azote (N)			
N. total en %			
	0,24	0,18	0,14
N. non hydrolysable en %			
	0,06		
N. hydrolysable en %			
	0,18		
N. amidé en %			
	0,16		
N. aminé en %			
	0,02		
N. Humine totale en %			
	0,10	0,08	0,05
- C. Org. total/N. total			
	12,5	9,4	7,1
- C. Humine totale/N. Humine totale			
	20	16,2	16,0
- Glucides libres en mgC/100			
	2,91	1,45	0,56

Profil FSC-I20 : sols ferrugineux tropicaux sans concrétions ; cultivés

iveau de prélèvement (cm)	0 - 20	40 - 60	100 - 120
ropriétés physiques			
Refus en %	1,6	0,4	0,8
Argile en %	6,1	27,7	22,5
Limon fin en %	3,8	3,7	6,0
Limon grossier en %	15,6	7,6	17,0
Sable fin en %	32,8	22,9	20,8
Sable grossier en %	41,1	36,7	32,7
Instabilité structurale	1,1	1,8	2,1
pF 2,5	5,8	14,4	13,8
pF 3,0	3,7	10,7	10,5
pF 4,2	2,6	9,6	8,6
ropriétés chimiques			
- Complexe absorbant			
pH eau	6,1	5,5	5,3
pH KCl	5,1	5,0	4,8
Ca ⁺⁺ échang. en méq/100	0,80	2,25	1,80
Mg ⁺⁺ échang. en méq/100	0,50	1,20	0,60
Na ⁺ échang. en méq/100	0,02	0,02	0,02
K ⁺ échang. en méq/100	0,05	0,06	0,08
S en méq/100	1,4	3,5	2,5
T en méq/100	1,5	4,5	4,0
V = S/T en %	93	78	62
- Cations de réserve			
Ca ⁺⁺ de réserve en méq/100	2,5	3,6	2,5
Mg ⁺⁺ de réserve en méq/100	2,0	4,5	3,0
Na ⁺ de réserve en méq/100	2,6	2,7	2,3
K ⁺ de réserve en méq/100	0,6	2,6	2,3
Somme cations de réserve en méq/100	7,7	13,4	10,1
- Fer (Fe ₂ O ₃)			
Fe ₂ O ₃ total en %	0,8	1,8	2,3
Fe ₂ O ₃ libre en %	0,5	1,1	1,7
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	62,5	61,1	73,9
- Phosphore (P ₂ O ₅)			
P ₂ O ₅ total en ‰	0,11	0,16	0,14
P ₂ O ₅ assimilable en ‰	0,01	0,01	0,01
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en ‰	9,1	6,2	7,1
Matière organique			
- Carbone organique total en ‰			
	2,4	2,1	1,3
- C. Matière organique légère en ‰			
	0,07	0,01	0
- C. Acides fulviques libres en ‰			
	0,07	0,22	0,15
- Fractions extractibles par les alcalins			
C. Acides humiques-oyro (AHP) en ‰			
Acides humiques gris (AHG) en % AHP	0,41	0,08	0,01
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$	0,70		
Acides humiques bruns (AHP) en % AHP			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHP}$	19		
	0,63		
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHI}$	11		
	0,07	0,01	0
C. Acides humiques-soude (AHS) en ‰			
Acides humiques gris (AHG) en % AHS			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$			
Acides humiques bruns (AHP) en % AHS			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHP}$			
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHI}$			
C. Acides fulviques-soude (AFS) en ‰	0,16	0,10	0,06
C. Acides fulviques-oyro (AFP) en ‰	0,22	0,18	0,08
- Fractions non extractibles par les alcalins			
C. Humine totale en ‰			
	1,4	1,5	1,0
C. Humine héritée en ‰			
	1,19	0,57	0,47
C. Humine liée au fer en ‰			
	0,06	0,15	0,07
C. Humine liée à l'argile en ‰			
	0,02	0,06	0,02
C. Humine évoluée en ‰			
	0,13	0,72	0,44
- Azote (N)			
N. total en ‰			
	0,11	0,16	0,14
N. non hydrolysable en ‰			
	0,06		
N. hydrolysable en ‰			
	0,09		
N. amidé en ‰			
	0,07		
N. aminé en ‰			
	0,02		
N. Humine totale en ‰			
	0,14	0,13	0,07
- C. Crg. total/N. total			
	16,0	3,4	4,3
- C. Humine totale/N. Humine totale			
	20,0	16,2	16,0
- Glucides libres en mgC/100			
	1,61	1,05	0,73

Profil FSC-II0 : sols ferrugineux tropicaux sans concrétions ; vierges

Niveau de prélèvement (cm)	0 - 20	40 - 60	100 - 120
Propriétés physiques			
Refus en %	2,2	0,4	1,1
Argile en %	6,4	27,2	27,8
Limon fin en %	3,8	6,4	10,3
Limon grossier en %	20,7	16	19,4
Sable fin en %	31,7	21,9	21,7
Sable grossier en %	36,4	27,1	19,5
Instabilité structurale	1,3	3,1	1,9
pF 2,5	7,3	16,0	17,3
pF 3,0	4,6	12,4	13,6
pF 4,2	3,1	9,6	11,0
Propriétés chimiques			
- Complexe absorbant			
pH eau	6,3	6,8	5,8
pH KCl	5,8	5,9	5,3
Ca ⁺⁺ échang. en méq/100	1,80	3,00	3,00
Mg ⁺⁺ échang. en méq/100	0,45	0,75	0,75
Na ⁺ échang. en méq/100	0,02	0,02	0,03
K ⁺ échang. en méq/100	0,10	0,34	0,12
S en méq/100	2,4	4,1	3,9
T en méq/100	3,5	5,0	5,0
V = S/T en %	68	82	78
- Cations de réserve			
Ca ⁺⁺ de réserve en méq/100	6,4	3,9	3,2
Mg ⁺⁺ de réserve en méq/100	2,5	5,0	5,5
Na ⁺ de réserve en méq/100	4,2	2,6	2,3
K ⁺ de réserve en méq/100	1,1	3,0	3,6
Somme cations de réserve en méq/100	14,2	14,5	14,6
- Fer (Fe ₂ O ₃)			
Fe ₂ O ₃ total en %	1,1	2,1	3,4
Fe ₂ O ₃ libre en %	0,8	1,4	2,5
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	72,7	66,7	73,5
- Phosphore (P ₂ O ₅)			
P ₂ O ₅ total en ‰	0,25	0,19	0,16
P ₂ O ₅ assimilable en ‰	0,07	0,01	0
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en ‰	28,0	5,3	
Matière organique			
- Carbone organique total en ‰			
	4,3	2,5	1,2
- C. Matière organique légère en ‰			
	0,12	0,01	0
- C. Acides fulviques libres en ‰			
	0,14	0,19	0,12
- Fractions extractibles par les alcalins			
C. Acides humiques-pyro (AHP) en ‰			
	0,65	0,21	0,01
Acides humiques gris (AHG) en % AHP			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$	69		
	0,69		
Acides humiques bruns (AHB) en % AHP			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$	11,5		
	0,50		
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP			
	19,50		
C. Acides humiques-soude (AHS) en ‰			
	0,23	0,02	0
Acides humiques gris (AHG) en % AHS			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$	75		
	0,68		
Acides humiques bruns (AHB) en % AHS			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$	16		
	0,50		
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS			
	9		
C. Acides fulviques-soude (AFS) en ‰			
	0,20	0,09	0,03
C. Acides fulviques-pyro (AFP) en ‰			
	10,9	3,2	3,4
- Fractions non extractibles par les alcalins			
C. Humine totale en ‰			
	2,5	1,9	1,0
C. Humine héritée en ‰			
	2,02	1,09	0,58
C. Humine liée au fer en ‰			
	0,18	0,19	0,04
C. Humine liée à l'argile en ‰			
	0,05	0,12	0,02
C. Humine évoluée en ‰			
	0,25	0,50	0,36
- Azote (N)			
N. total en ‰			
	0,33	0,22	0,14
N. non hydrolysable en ‰			
	0,08		
N. hydrolysable en ‰			
	0,25		
N. amidé en ‰			
	0,17		
N. aminé en ‰			
	0,08		
N. Humine totale en ‰			
	0,14	0,13	0,07
- C. Org. total/N. total			
	13,0	11,4	8,7
- C. Humine totale/N. Humine totale			
	17,8	14,6	14,3
- Glucides libres en mgC/100			
	2,74	0,97	0,73

Profil PSC-040 : sols ferrugineux tropicaux sans concrétions ; cultivés

iveau de prélèvement (cm)	0 - 10	30 - 40	70 - 80	100 - 120
ropriétés physiques				
Refus en %	0,9	0,3	0,4	0,5
Argile en %	11,3	20,6	12,0	8,0
Limon fin en %	6,7	17,8	5,6	3,5
Limon grossier en %	19,2	14,1	9,8	5,9
Sable fin en %	27,3	18,3	33,9	23,5
Sable grossier en %	33,4	26,2	37,5	38,4
Instabilité structurale	2,7	2,4	1,7	0,9
pF 2,5	12,3	21,9	11,0	7,1
pF 3,0	8,3	16,9	7,9	5,8
pF 4,2	6,3	12,0	6,0	4,5
ropriétés chimiques				
- Complexe absorbant				
pH eau	8,2	8,3	7,3	6,5
pH KCl	7,1	7,6	6,2	5,5
Ca ⁺⁺ échang. en méq/100	9,00	14,20	5,25	2,40
Mg ⁺⁺ échang. en méq/100	1,50	4,50	0,75	0,90
Na ⁺ échang. en méq/100	0,07	0,48	0,13	0,08
K ⁺ échang. en méq/100	0,30	0,33	0,16	0,09
S en méq/100	10,9	19,5	6,3	3,4
T en méq/100	10,5	19,0	6,0	4,0
V = S/T en %	sat.	sat.	sat.	85
- Cations de réserve				
Ca ⁺⁺ de réserve en méq/100	10,7	16,4	6,1	5,0
Mg ⁺⁺ de réserve en méq/100	7,4	14,9	7,9	5,9
Na ⁺ de réserve en méq/100	2,0	2,9	2,3	2,3
K ⁺ de réserve en méq/100	2,3	5,1	2,5	1,7
Somme cations de réserve en méq/100	22,4	39,3	18,8	14,9
- Fer (Fe ₂ O ₃)				
Fe ₂ O ₃ total en %	2,6	3,5	2,1	1,6
Fe ₂ O ₃ libre en %	1,6	1,9	1,3	1,2
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	61,5	54,3	61,9	75,0
- Phosphore (P ₂ O ₅)				
P ₂ O ₅ total en %	0,28	0,33	0,17	0,17
P ₂ O ₅ assimilable en %	0,1	0,05	0,02	0,02
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en %	35,7	15,1	11,8	11,8
atière organique				
- Carbone organique total en %	6,7	8,0	2,4	1,0
- C. Matière organique légère en %	1,2	1,4	0,4	0,2
- C. Acides fulviques libres en %	0,21	0,31	0,12	0,06
- Fractions extractibles par les alcalins				
C. Acides humiques-pyro (AHP) en %	0,63	0,54	0,19	0,1
Acides humiques gris (AHG) en % AHP	66,0			
E = $\frac{625}{512}$ AHG	0,66			
Acides humiques bruns (AHB) en % AHP	23,50			
E = $\frac{625}{512}$ AHB	0,43			
C. Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP	10,50			
C. Acides humiques-soude (AHS) en %	0,16	0,20	0,05	0
Acides humiques gris (AHG) en % AHS	65			
E = $\frac{625}{512}$ AHG	0,68			
Acides humiques bruns (AHB) en % AHS	25			
E = $\frac{625}{512}$ AHB	0,53			
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS	10,0			
C. Acides fulviques-soude (AFS) en %	0,34	0,25	0,08	0,02
C. Acides fulviques-pyro (AFP) en %	0,32	0,81	0,07	0,09
- Fractions non extractibles par les alcalins				
C. Humine totale en %	4,8	5,7	1,8	0,8
C. Humine héritée en %	4,20	3,80	1,17	0,11
C. Humine liée au fer en %	0,22	0,76	0,18	0,05
C. Humine liée à l'argile en %	0,09	0,26	0,02	0,02
C. Humine évoluée en %	0,29	0,88	0,43	0,62
- Azote (N)				
N. total en %	0,57	1,0	0,21	0,10
N. non hydrolysable en %	0,18			
N. hydrolysable en %	0,39			
N. amidé en %	0,16			
N. aminé en %	0,02			
N. Humine totale en %	0,57	0,40	0,08	0,05
- C. Org. total/N. total	11,7	8,0	11,4	10,0
- C. Humine totale/N. Humine totale	15,5	14,2	22,5	16,0
- Glucides libres en mgC/100	4,44	5,57	1,86	1,05

Profil FTG-OIO : sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires ; vierges

iveau de prélèvement (cm)	0 - 20	50 - 70	100 - 120
Propriétés physiques			
Refus en %	5	60	49
Argile en %	16,6	22,6	34,5
Limon fin en %	10,5	13,0	14
Limon grossier en %	11,3	11,8	8,2
Sable fin en %	23,7	14,3	13,8
Sable grossier en %	35,4	36,4	26,9
Instabilité structurale	1,6	3,5	1,3
pF 2,5	15,1	17,1	24,2
pF 3,0	13,8	14,7	20,1
pF 4,2	7,7	10,9	16,8
Propriétés chimiques			
- Complexe absorbant			
pH eau	6,2	6,1	6,0
pH KCl	5,6	5,6	5,7
Ca ⁺⁺ échang. en még/100	3,0	2,2	2,5
Mg ⁺⁺ échang. en még/100	1,5	1,5	2,0
Na ⁺ échang. en még/100	0,02	0,04	0,06
K ⁺ échang. en még/100	0,08	0,12	0,20
S en még/100	4,6	3,9	4,8
T en még/100	6,0	5,0	6,0
V = S/T en %	76	78	80
- Cations de réserve			
Ca ⁺⁺ de réserve en még/100	5,3	3,9	3,9
Mg ⁺⁺ de réserve en még/100	6,9	7,4	9,4
Na ⁺ de réserve en még/100	1,9	1,9	1,9
K ⁺ de réserve en még/100	2,3	3,2	4,0
Somme cations de réserve en még/100	16,4	16,4	19,2
- Fer (Fe ₂ O ₃)			
Fe ₂ O ₃ total en %	2,3	5,0	7,8
Fe ₂ O ₃ libre en %	1,5	4,1	6,5
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	65,2	82,0	83,3
- Phosphore (P ₂ O ₅)			
P ₂ O ₅ total en %	0,20	0,24	0,19
P ₂ O ₅ assimilable en %	0,02	0,02	0,01
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en %	10,0	8,3	5,3
Matière organique			
- Carbone organique total en ‰	7,1	4,2	1,8
- C. Matière organique légère en ‰	0,22	0,12	0,04
- C. Acides fulviques libres en ‰	0,27	0,32	0,15
- Fractions extractibles par les alcalins			
C. Acides humiques-nyro (AHP) en %	I, II	0,47	0,08
Acides humiques gris (AHG) en % AHP	69,0		
E = $\frac{625}{512}$ AHG	0,67		
Acides humiques bruns (AHB) en % AHP	19,0		
E = $\frac{625}{512}$ AHB	0,62		
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP	12,0		
C. Acides humiques-soude (AHS) en %	0,18	0,07	0,01
Acides humiques gris (AHG) en % AHS	75,0		
E = $\frac{625}{512}$ AHG	0,70		
Acides humiques bruns (AHB) en % AHS	15,50		
E = $\frac{625}{512}$ AHB	0,61		
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS	9,5		
C. Acides fulviques-soude (AFS) en %	0,30	0,15	0,08
C. Acides fulviques-nyro (AFP) en %	0,40	0,13	0,05
- Fractions non extractibles par les alcalins			
C. Humine totale en %	4,64	2,93	1,39
C. Humine héritée en %	4,20	1,70	1,05
C. Humine liée au fer en %	0,16	0,20	0,04
C. Humine liée à l'argile en %	0,11	0,25	0,03
C. Humine évoluée en %	0,17	0,78	0,27
- Azote (N)			
N. total en ‰	0,5	0,3	0,2
N. non hydrolysable en ‰	0,14		
N. hydrolysable en ‰	0,36		
N. amidé en ‰	0,23		
N. aminé en ‰	0,13		
N. Humine totale en ‰	0,25	0,21	0,14
- C. Org. total/N. total	14,2	14,0	9,0
- C. Humine totale/N. Humine totale	18,5	13,9	9,9
- Glucides libres en még/100	5,73	2,10	1,05

Profil FTG-020 : sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires ; vierges

Niveau de prélèvement (cm)	0 - 20	50 - 70	100 - 120
Propriétés physiques			
Refus en %	5	65	44
Argile en %	27,1	35,1	32,8
Limon fin en %	27,7	16,6	10,7
Limon grossier en %	11,6	9,5	8,5
Sable fin en %	11,6	13,9	12,8
Sable grossier en %	16,0	23,3	33,4
Instabilité structurale	2,8	4,2	3,9
pF 2,5	28,4	23,2	24,9
pF 3,0	22,8	18,9	20,3
pF 4,2	16,4	16,1	16,8
Propriétés chimiques			
- Complexe absorbant			
pH eau	5,7	5,9	6,4
pH KCl	5,2	5,4	5,7
Ca ⁺⁺ échang. en még/100	11,2	3,8	3,0
Mg ⁺⁺ échang. en még/100	3,0	1,5	1,8
Na ⁺ échang. en még/100	0,07	0,05	0,05
K ⁺ échang. en még/100	0,11	0,12	0,15
S en még/100	14,4	5,5	5,0
T en még/100	24	7,5	6,5
V = S/T en %	60	73	77
- Cations de réserve			
Ca ⁺⁺ de réserve en még/100	11,8	5,0	4,6
Mg ⁺⁺ de réserve en még/100	14,9	10,4	6,9
Na ⁺ de réserve en még/100	2,3	2,9	5,8
K ⁺ de réserve en még/100	5,5	4,4	4,2
Somme cations de réserve en még/100	34,5	22,7	21,5
- Fer (Fe ₂ O ₃)			
Fe ₂ O ₃ total en %	3,8	8,5	6,8
Fe ₂ O ₃ libre en %	2,2	7,5	5,4
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	57,9	88,2	79,4
- Phosphore (P ₂ O ₅)			
P ₂ O ₅ total en %	0,33	0,28	0,19
P ₂ O ₅ assimilable en ‰	0,04	0,02	0,01
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en %	12,1	7,1	5,3
Matière organique			
- Carbone organique total en ‰			
	22,7	3,4	2,0
- C. Matière organique légère en ‰			
	0,25	0,09	0,02
- C. Acides fulviques libres en ‰			
	0,25	0,24	0,18
- Fractions extractibles par les alcalins			
C. Acides humiques-pyro (AHP) en ‰			
Acides humiques pris (AHG) en % AHP	6,61	0,14	0,08
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$	73,0		
Acides humiques bruns (AHB) en % AHP	0,70		
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$	17,0		
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP	0,50		
$E = \frac{625}{512} \text{ AHI}$	10,0		
C. Acides humiques-soude (AHS) en ‰			
Acides humiques pris (AHG) en % AHS	1,66	0,04	0
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$	77,5		
Acides humiques bruns (AHB) en % AHS	0,72		
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$	18,0		
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS	0,45		
$E = \frac{625}{512} \text{ AHI}$	4,5		
C. Acides fulviques-soude (AFS) en ‰			
Acides fulviques-pyro (AFP) en ‰	0,79	6,2	4,0
$E = \frac{625}{512} \text{ AFP}$	1,77	0,21	0,08
- Fractions non extractibles par les alcalins			
C. Humine totale en ‰			
Humine héritée en ‰	11,37	2,57	1,54
Humine liée au fer en ‰	10,31	1,69	1,18
Humine liée à l'argile en ‰	0,57	0,10	0,05
Humine évoluée en ‰	0,35	0,24	0,09
Humine évoluée en ‰	0,14	0,54	0,22
- Azote (N)			
N. total en ‰			
N. non hydrolysable en ‰	1,2	0,2	0,2
N. hydrolysable en ‰	0,48		
N. amidé en ‰	0,72		
N. aminé en ‰	0,54		
N. aminé en ‰	0,18		
N. Humine totale en ‰	0,51	0,20	0,14
$E = \frac{625}{512} \text{ N}$	18,9	17,0	10,0
- C. Org. total/N. total			
C. Humine totale/N. Humine totale	22,3	12,8	11,0
Glucides libres en mgC/100	6,22	1,61	0,72

Niveau de prélèvement (cm)	0 - 20	30 - 50	70 - 90	100 - 120
Propriétés physiques				
Refus en %	25	86	89	85
Argile en %	10,3	22,6	17,8	33,8
Limon fin en %	6,0	12,0	11,4	16,0
Limon grossier en %	19,8	16,7	14,9	8,8
Sable fin en %	34,1	26,0	23,0	17,7
Sable grossier en %	27,8	20,2	31,0	21,4
Instabilité structurale	2,9	3,3	4,4	2,5
pF 2,5	12,1	19,3		26,3
pF 3,0	8,3	14,3	14,7	22,2
pF 4,2	5,8	11,4	11,7	18,7
Propriétés chimiques				
- Complexe absorbant				
pH eau	5,8	5,9	6,2	5,9
pH KCl	5,2	5,3	5,5	5,4
Ca ⁺⁺ échang. en még/100	3,4	5,2	3,7	5,2
Mg ⁺⁺ échang. en még/100	1,0	1,5	1,5	2,2
Na ⁺ échang. en még/100	0,04	0,04	0,07	0,09
K ⁺ échang. en még/100	0,09	0,10	0,09	0,10
S en még/100	4,6	6,9	5,4	7,7
T en még/100	6,5	9,0	7,0	9,5
V = S/T en %	71	77	77	81
- Cations de réserve				
Ca ⁺⁺ de réserve en még/100	4,6	6,4	5,0	6,1
Mg ⁺⁺ de réserve en még/100	3,6	5,1	5,3	7,4
Na ⁺ de réserve en még/100	1,9	2,3	3,9	4,5
K ⁺ de réserve en még/100	1,5	2,5	2,3	4,2
Somme cations de réserve en még/100	11,6	16,3	16,5	22,2
- Fer (Fe ₂ O ₃)				
Fe ₂ O ₃ total en %	5,3	9,7	18,0	10,5
Fe ₂ O ₃ libre en %	4,9	8,0	15,5	9,0
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	92,4	82,5	86,1	85,7
- Phosphore (P ₂ O ₅)				
P ₂ O ₅ total en %	0,17	0,24	0,27	0,16
P ₂ O ₅ assimilable en %	0,02	0,01	0,01	0,02
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en %	11,8	4,2	3,7	12,5
Matière organique				
- Carbone organique total en %	5,6	5,1	2,7	1,6
- C. Matière organique légère en %	0,30	0,08	0,05	0,01
- C. Acides fulviques libres en %	0,23	0,31	0,21	0,13
- Fractions extractibles par les alcalins				
C. Acides humiques-nyro (AHP) en %	0,95	0,62	0,24	0,03
Acides humiques gris (AHC) en % AHP	65,5			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHC}$	0,67			
Acides humiques bruns (AHB) en % AHP	21,5			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$	0,50			
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP	13,0			
C. Acides humiques-soude (AHS) en %	0,12	0,08	0,03	0
Acides humiques gris (AHC) en % AHS	74,0			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHC}$	0,68			
Acides humiques bruns (AHB) en % AHS	16,0			
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$	0,54			
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS	10,0			
C. Acides fulviques-soude (AFS) en %	0,27	0,30	0,11	0,13
C. Acides fulviques-nyro (AFP) en %	0,38	0,18	0,05	0,10
- Fractions non extractibles par les alcalins				
C. Humine totale en %	3,35	3,53	2,00	1,20
C. Humine héritée en %	2,79	2,20	1,56	0,89
C. Humine liée au fer en %	0,13	0,30	0,10	0,05
C. Humine liée à l'argile en %	0,05	0,22	0,06	0,03
C. Humine évoluée en %	0,38	0,81	0,28	0,23
- Azote (N)				
N. total en %	0,4	0,4	0,2	0,1
N. non hydrolysable en %	0,10			
N. hydrolysable en %	0,30			
N. amidé en %	0,20			
N. aminé en %	0,10			
N. Humine totale en %	0,31	0,31	0,14	0,10
- C. Org. total/N. total	14,0	12,3	13,5	16,0
- C. Humine totale/N. Humine totale	10,7	11,4	14,3	10,0
- Glucides libres en mgC/100	1,0	0,9		0,4

Profil FTG-I30 : sols ferrugineux tropicaux gravillonnaires ; cultivés

iveau de prélèvement (cm)	0 - 20	30 - 50	70 - 90	100 - 120
ropriétés physiques				
Refus en %	42	93	87	87
Argile en %	14,9	29,2	13,0	32,3
Limon fin en %	10,6	13,2	9,8	16,8
Limon grossier en %	16,6	14,1	8,0	8,3
Sable fin en %	33,1	18,2	17,0	19,5
Sable grossier en %	22,1	22,0	50,0	20,1
Instabilité structurale	2,2	4,2	2,1	4,3
pF 2,5	15,3	22,5	18,0	26,4
pF 3,0	11,0	19,0	14,4	21,7
pF 4,2	8,2	14,3	11,7	18,3
ropriétés chimiques				
- Complexe absorbant				
pH eau	6,3	6,4	6,2	6,2
pH KCl	5,6	5,4	5,8	5,2
Ca ⁺⁺ échang. en méq/100	5,2	6,4	3,0	5,7
Mg ⁺⁺ échang. en méq/100	2,2	1,8	1,5	2,5
Na ⁺ échang. en méq/100	0,04	0,05	0,05	0,08
K ⁺ échang. en méq/100	5	4	2	2
S en méq/100	7,6	8,4	4,6	6,5
T en méq/100	9,0	11,0	6,5	9,0
V = S/T en %	85	77	71	94
- Cations de réserve				
Ca ⁺⁺ de réserve en méq/100	6,0	7,5	4,6	6,4
Mg ⁺⁺ de réserve en méq/100	5,5	6,1	4,7	6,8
Na ⁺ de réserve en méq/100	2,3	1,9	2,6	2,9
K ⁺ de réserve en méq/100	2,1	3,2	3,0	4,9
Somme cations de réserve en méq/100				
- Fer (Fe ₂ O ₃)				
Fe ₂ O ₃ total en %	7,1	15,0	27,0	12,0
Fe ₂ O ₃ libre en %	4,9	11,5	24,0	11,5
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	69,0	76,7	88,9	95,8
- Phosphore (P ₂ O ₅)				
P ₂ O ₅ total en %	0,20	0,33	0,34	0,19
P ₂ O ₅ assimilable en %	0,01	0,01	0,01	0
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en %	5,0	3,3	3,3	
atière organique				
- Carbone organique total en %	6,8	4,9	1,4	2,6
- C. Matière organique légère en %	0,36	0,04	0,01	0,02
- C. Acides fulviques libres en %	0,29	0,30	0,15	0,19
- Fractions extractibles par les alcalins				
C. Acides humiques-pyro (AHP) en %	1,06	0,96	0,1	0,16
Acides humiques gris (AHG) en % AHP	60,5			
E = $\frac{625}{512}$ AHG	0,71			
Acides humiques bruns (AHB) en % AHP	24			
E = $\frac{625}{512}$ AHB	0,50			
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP	15,50			
C. Acides humiques-soude (AHS) en %	0,11	0,03	0,01	0
Acides humiques gris (AHG) en % AHS				
E = $\frac{625}{512}$ AHG				
Acides humiques bruns (AHB) en % AHS				
E = $\frac{625}{512}$ AHB				
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS				
C. Acides fulviques-soude (AFS) en %	0,30	0,35	0,08	0,13
C. Acides fulviques-pyro (AFP) en %	0,20	0,32	0,06	0,11
- Fractions non extractibles par les alcalins				
C. Humine totale en %	4,48	2,91	0,99	1,99
C. Humine héritée en %	3,90	1,89	0,64	1,53
C. Humine liée au fer en %	0,23	0,29	0,07	0,09
C. Humine liée à l'argile en %	0,07	0,25	0,02	0,04
C. Humine évoluée en %	0,28	0,48	0,26	0,33
- Azote (N)				
N. total en %	0,5	0,4	0,1	0,2
N. non hydrolysable en %	0,12			
N. hydrolysable en %	0,38			
N. amidé en %	0,21			
N. aminé en %	0,17			
N. Humine totale en %	0,37	0,21	0,07	0,17
- C. Org. total/N. total	13,6	12,3	14,0	13,0
- C. Humine totale/N. Humine totale	12,1	13,8	14,1	11,7
- Glucides libres en mgC/100	3,41	1,45		0,97

iveau de prélèvement (cm)	0 - 20	30 - 50	60 - 80	100 - 120
ropriétés physiques				
Refus en %	0,5	9,1	11,8	53,8
Argile en %	28,8	23,6	25,8	6,9
Limon fin en %	29,8	21,6	12,8	15,8
Limon grossier en %	18,7	17,3	13,8	7,5
Sable fin en %	8,6	15,2	18,2	21,3
Sable grossier en %	6,7	19,0	26,6	44,4
Instabilité structurale	4,5	6,7	8,6	0,9
pF 2,5	39,2	28,7	38,3	24,1
pF 3,0	29,9	22,7	27,7	19,8
pF 4,2	20,8	15,5	16,2	15,1
ropriétés chimiques				
- Complexe absorbant				
pH eau	6,1	7,7	9,3	8,9
pH KCl	4,9	6,1	8,0	7,7
Ca ⁺⁺ échang. en méq/100	16,5	9,8	9,0	18,6
Mg ⁺⁺ échang. en méq/100	6,0	3,0	4,5	7,5
Na ⁺ échang. en méq/100	1,4	2,7	2,2	3,0
K ⁺ échang. en méq/100	0,2	0,3	0,4	0,2
S en méq/100	24,1	15,8	16,1	29,3
T en méq/100	30,5	17,0	19,0	31,6
V = S/T en %	79	93	84	93
- Cations de réserve				
Ca ⁺⁺ de réserve en méq/100	20,7	13,6	24,3	55,3
Mg ⁺⁺ de réserve en méq/100	29,3	23,3	27,3	23,8
Na ⁺ de réserve en méq/100	3,5	5,2	8,7	6,8
K ⁺ de réserve en méq/100	5,3	4,0	3,6	3,6
Somme cations de réserve en méq/100	58,8	46,1	63,9	89,5
- Fer (Fe ₂ O ₃)				
Fe ₂ O ₃ total en %	5,2	4,6	4,6	6,8
Fe ₂ O ₃ libre en %	2,8	3,0	2,6	4,3
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	53,8	65,2	56,5	63,2
- Phosphore (P ₂ O ₅)				
P ₂ O ₅ total en %	0,49	0,22	0,19	0,18
P ₂ O ₅ assimilable en ‰	0,05	0,01	0,04	0,01
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en ‰	10,2	4,5	21,0	5,5
atière organique				
- Carbone organique total en ‰	19,8	5,3	1,4	0,3
- C. Matière organique légère en ‰	0,14	0,03	0,01	0,02
- C. Acides fulviques libres en ‰	0,39	0,18	0,05	0,06
- Fractions extractibles par les alcalins				
C. Acides humiques-pyro (AHP) en ‰	4,75	1,10	0,20	
Acides humiques gris (AHG) en % AHP	71	74,5		
E = $\frac{625}{512}$ AHG	0,71	0,65		
Acides humiques bruns (AHB) en % AHP	18	13		
E = $\frac{625}{512}$ AHB	0,46	0,40		
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP	11	12,5		
C. Acides humiques-soude (AHS) en ‰	1,55	0,33	0,05	
Acides humiques gris (AHG) en % AHS	76	77		
E = $\frac{625}{512}$ AHG	0,72	0,69		
Acides humiques bruns (AHB) en % AHS	16	13		
E = $\frac{625}{512}$ AHB	0,57	0,44		
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS	8	10		
C. Acides fulviques-soude (AFS) en ‰	1,88	0,09	0,05	
C. Acides fulviques-pyro (AFP) en ‰	1,00	0,21	0,04	
- Fractions non extractibles par les alcalins				
C. Humine totale en %	10,1	3,3	1,0	0,22
C. Humine héritée en %	4,28	1,72	0,27	
C. Humine liée au fer en %	0,99	0,51	0,11	0,06
C. Humine liée à l'argile en %	1,30	0,39	0,09	0,04
C. Humine évoluée en %	3,53	0,68	0,53	
- Azote (N)				
N. total en ‰	1,1	0,3	0,1	0,05
N. non hydrolysable en ‰	0,29			
N. hydrolysable en %	0,81			
N. amidé en ‰	0,59			
N. aminé en ‰	0,22			
N. Humine totale en ‰	0,54	0,17	0,04	0,02
- C. Org. total/N. total	18	17,7	14	6
- C. Humine totale/N. Humine totale	18,7	19,4	25	15
- Glucides libres en mgC/100	7,99	5,74	1,86	0,97

iveau de prélèvement (cm)	0 - 20	30 - 50	60 - 80	100 - 120
ropriétés physiques				
Refus en %	10,3	14,0	4,0	0,9
Argile en %	31,7	25,7	39,1	33,4
Limon fin en %	23,7	20,7	19,1	12,4
Limon grossier en %	11,2	15,7	15,4	6,4
Sable fin en %	15,1	15,3	11,6	16,4
Sable grossier en %	11,8	18,7	10,3	27,0
Instabilité structurale	1,4	1,4	2,1	2,6
pF 2,5	32,3	25,8	31,9	30,9
pF 3,0	23,7	19,1	25,1	24,3
pF 4,2	17,1	14,0	17,8	17,2
ropriétés chimiques				
- Complexe absorbant				
pH eau	6,1	5,8	5,6	7,2
pH KCl	5,2	4,7	4,5	5,8
Ca ⁺⁺ échang. en méq/100	16,5	12,0	15,0	20,2
Mg ⁺⁺ échang. en méq/100	6,8	3,0	3,8	5,2
Na ⁺ échang. en méq/100	0,1	0,1	0,2	0,6
K ⁺ échang. en méq/100	0,2	0,2	0,2	0,3
S en méq/100	23,6	15,3	19,2	26,3
T en méq/100	27,0	18,0	22,5	27,8
V = S/T en %	87	85	85	94
- Cations de réserve				
Ca ⁺⁺ de réserve en méq/100	21,4	15,0	17,8	24,3
Mg ⁺⁺ de réserve en méq/100	29,3	21,8	26,8	23,8
Na ⁺ de réserve en méq/100	1,6	2,0	2,2	2,3
K ⁺ de réserve en méq/100	4,5	4,0	4,5	4,2
Somme cations de réserve en méq/100	56,8	42,8	51,3	54,6
- Fer (Fe ₂ O ₃)				
Fe ₂ O ₃ total en %	5,5	5,0	5,4	5,2
Fe ₂ O ₃ libre en %	3,1	2,8	2,8	2,0
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	56,4	56,0	51,8	38,5
- Phosphore (P ₂ O ₅)				
P ₂ O ₅ total en %	0,51	0,26	0,20	0,32
P ₂ O ₅ assimilable en %	0,08	0,01	0,01	0,03
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en %	15,7	3,8	5,0	9,4
atière organique				
- Carbone organique total en %	18,9	7,5	5,9	2,2
- C. Matière organique légère en %	0,39	0,09	0,04	0,03
- C. Acides fulviques libres en %	0,51	0,33	0,34	0,09
- Fractions extractibles par les alcalins				
C. Acides humiques-pyro (AHP) en %	4,35	1,10	0,75	0,20
Acides humiques gris (AHG) en % AHP	72	69,5	58,5	
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$	0,70	0,69	0,65	
Acides humiques bruns (AHB) en % AHP	18,5	19	26	
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$	0,45	0,46	0,52	
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP	9,5	11,5	15,5	
C. Acides humiques-soude (AHS) en %	2,1	0,29	0,35	0,13
Acides humiques gris (AHG) en % AHS	75	69	75	78
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$	0,70	0,71	0,68	0,68
Acides humiques bruns (AHB) en % AHS	16	19	14,5	13,5
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$	0,54	0,53	0,57	0,62
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS	9	12	10,5	8,5
C. Acides fulviques-soude (AFS) en %	0,72	0,39	0,12	0,08
C. Acides fulviques-pyro (AFP) en %	0,84	0,50	0,42	0,07
- Fractions non extractibles par les alcalins				
C. Humine totale en %	10,1	4,8	3,8	1,6
C. Humine héritée en %	5,49	3,06	2,06	0,87
C. Humine liée au fer en %	0,81	0,52	0,65	0,24
C. Humine liée à l'argile en %	0,97	0,45	0,34	0,10
C. Humine évoluée en %	2,83	0,77	0,75	0,39
- Azote (N)				
N. total en %	1,1	0,5	0,4	0,2
N. non hydrolysable en %	0,34			
N. hydrolysable en %	0,76			
N. amidé en %	0,49			
N. aminé en %	0,27			
N. Humine totale en %	0,53	0,35	0,20	0,12
-C. Org. total/N. total	17,2	15	14,7	11
- C. Humine totale/N. Humine totale	19	13,7	19	13,3
- Glucides libres en mgC/100	12,28	4,04	3,64	2,99

Profil HEM-070 : sols hydromorphes ; vierges

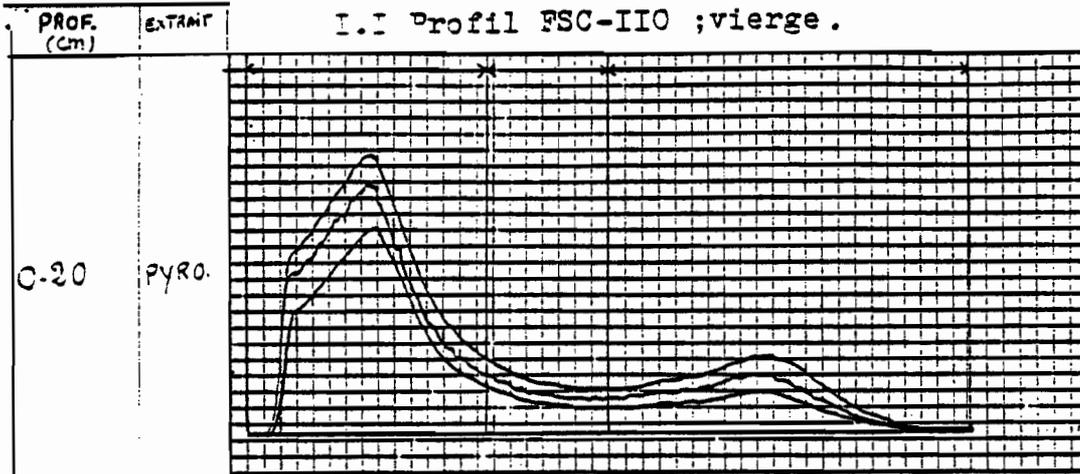
iveau de prélèvement (cm):	0 - 20	50 - 70	100 - 120
ropriétés physiques			
Refus en %	1,0	2,5	4,0
Argile en %	25,2	26,5	18,3
Limon fin en %	22,8	15,5	7,8
Limon grossier en %	9,0	20,1	9,0
Sable fin en %	20,2	17,3	24,3
Sable grossier en %	17,7	17,4	39,0
Instabilité structurale	0,7	2,1	3,0
pF 2,5	27,5	26,4	17,3
pF 3,0	20,2	18,3	12,3
pF 4,2	15,0	12,6	8,6
ropriétés chimiques			
- Complexe absorbant			
pH eau	6,2	6,1	6,9
pH KCl	5,3	5,2	5,7
Ca ⁺⁺ échang. en méq/100	13,5	9,3	6,3
Mg ⁺⁺ échang. en méq/100	3,7	4,2	2,7
Na ⁺ échang. en méq/100	0,1	0,1	0,2
K ⁺ échang. en méq/100	0,3	0,2	0,1
S en méq/100	17,6	13,8	9,3
T en méq/100	22,0	16,0	9,5
V = S/T en %	80	86	98
- Cations de réserve			
Ca ⁺⁺ de réserve en méq/100	19,3	16,1	12,8
Mg ⁺⁺ de réserve en méq/100	24,3	23,8	16,4
Na ⁺ de réserve en méq/100	1,9	2,3	2,2
K ⁺ de réserve en méq/100	4,7	4,7	3,0
Somme cations de réserve en méq/100	50,2	46,9	34,4
- Fer (Fe ₂ O ₃)			
Fe ₂ O ₃ total en %	5,9	4,5	3,3
Fe ₂ O ₃ libre en %	3,5	2,5	2,0
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	59,3	55,5	60,6
- Phosphore (P ₂ O ₅)			
P ₂ O ₅ total en %	0,47	0,20	0,17
P ₂ O ₅ assimilable en %	0,04	0,01	0,01
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en %	8,5	5,0	5,9
atière organique			
- Carbone organique total en %			
	16,3	4,1	1,9
- C. Matière organique légère en %			
	1,38	0,12	0,03
- C. Acides fulviques libres en %			
	0,60	0,25	0,11
- Fractions extractibles par les alcalins			
C. Acides humiques-pyro (AHP) en %			
Acides humiques gris (AHG) en % AHP	2,90	0,50	0,30
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$	68	64,5	69
Acides humiques bruns (AHB) en % AHP	0,70	0,65	0,65
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$	23	25	23
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP	0,50	0,53	0,46
$E = \frac{625}{512} \text{ AHI}$	9	10,5	8
C. Acides humiques-soude (AHS) en %			
Acides humiques gris (AHG) en % AHS	1,37	0,15	0,05
$E = \frac{625}{512} \text{ AHG}$	75	70	
Acides humiques bruns (AHB) en % AHS	0,68	0,68	
$E = \frac{625}{512} \text{ AHB}$	17	19	
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS	0,50	0,55	
$E = \frac{625}{512} \text{ AHI}$	8	11	
C. Acides fulviques-soude (AFS) en %			
C. Acides fulviques-pyro (AFP) en %	0,58	0,12	0,05
	0,66	0,16	0,06
- Fractions non extractibles par les alcalins			
C. Humine totale en %			
	8,8	2,8	1,3
C. Humine héritée en %			
	4,89	1,58	0,62
C. Humine liée au fer en %			
	0,65	0,40	0,13
C. Humine liée à l'argile en %			
	1,09	0,20	0,04
C. Humine évoluée en %			
	2,17	0,62	0,51
- Azote (N)			
N. total en %			
	1,0	0,3	0,1
N. non hydrolysable en %			
	0,33		
N. hydrolysable en %			
	0,67		
N. amidé en %			
	0,44		
N. aminé en %			
	0,23		
N. Humine totale en %			
	0,52	0,14	0,07
- C. Org. total/N. total			
	16,3	13,7	19
- C. Humine totale/N. Humine totale			
	16,9	20	18,6
- Glucides libres en mg/100			
	15,84	2,10	0,48

niveau de prélèvement (cm)	0 - 20	30 - 50	60 - 80	100 - 120
Propriétés physiques				
Refus en %	0,2	2,4	2,9	62,3
Argile en %	25,0	19,6	29,2	21,0
Limon fin en %	40,5	13,8	23,7	9,5
Limon grossier en %	13,8	16,8	19,0	21,1
Sable fin en %	8,9	21,8	14,1	12,5
Sable grossier en %	6,0	25,9	10,8	34,2
Instabilité structurale	1,7	3,1	5,4	4,7
pF 2,5	36,3	20,7	30,3	19,4
pF 3,0	28,6	15,8	24,6	13,7
pF 4,2	21,0	11,3	17,0	9,9
Propriétés chimiques				
- Complexe absorbant				
pH eau	5,9	5,9	6,1	6,6
pH KCl	4,9	5,0	4,9	5,5
Ca ⁺⁺ échang. en méq/100	15,7	8,2	11,5	7,5
Mg ⁺⁺ échang. en méq/100	5,3	3,0	3,5	3,0
Na ⁺ échang. en méq/100	0,1	0,1	0,2	0,2
K ⁺ échang. en méq/100	0,3	0,2	0,2	0,1
S en méq/100	21,4	11,5	15,4	10,8
T en méq/100	30,0	14,5	19,5	11,4
V = S/T en %	71	79	79	94
- Cations de réserve				
Ca ⁺⁺ de réserve en méq/100	17,1	13,6	15,0	12,1
Mg ⁺⁺ de réserve en méq/100	24,3	17,4	24,3	19,3
Na ⁺ de réserve en méq/100	2,3	1,6	1,9	2,3
K ⁺ de réserve en méq/100	6,6	3,9	4,9	3,0
Somme cations de réserve en méq/100	50,3	36,2	46,1	36,7
- Fer (Fe ₂ O ₃)				
Fe ₂ O ₃ total en %	6,0	3,9	5,4	4,4
Fe ₂ O ₃ libre en %	2,8	2,3	2,7	2,8
Fe ₂ O ₃ libre/Fe ₂ O ₃ total en %	46,7	59,0	50,0	63,6
- Phosphore (P ₂ O ₅)				
P ₂ O ₅ total en %	0,43	0,23	0,18	0,14
P ₂ O ₅ assimilable en %	0,02	0,02	0,01	0,04
P ₂ O ₅ assimilable/P ₂ O ₅ total en %	4,6	8,7	5,5	28,6
Matière organique				
- Carbone organique total en %	11,9	13,4	21,9	1,3
- C. Matière organique légère en %	0,14	0,01	0,02	0
- C. Acides fulviques libres en %	0,48	0,29	0,17	0,06
- Fractions extractibles par les alcalins				
C. Acides humiques-pyro (AHP) en %	2,01	0,49	0,31	0,21
Acides humiques gris (AHG) en % AHP	70	67		
E = $\frac{625}{512}$ AHG	0,69	0,68		
Acides humiques bruns (AHB) en % AHP	19	20		
E = $\frac{625}{512}$ AHB	0,53	0,57		
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHP	11	13		
C. Acides humiques-soude (AHS) en %	0,59	11	0,12	0
Acides humiques gris (AHG) en % AHS	75			
E = $\frac{625}{512}$ AHG	0,67			
Acides humiques bruns (AHB) en % AHS	19			
E = $\frac{625}{512}$ AHB	0,44			
Acides humiques intermédiaires (AHI) en % AHS	6			
C. Acides fulviques-soude (AFS) en %	0,49	0,07	0,20	0,06
C. Acides fulviques-pyro (AFP) en %	0,49	0,23	0,28	0,07
- Fractions non extractibles par les alcalins				
C. Humine totale en %	7,7	2,2	1,8	0,9
C. Humine héritée en %	4,57	1,28	1,04	0,45
C. Humine liée au fer en %	0,80	0,33	0,22	0,11
C. Humine liée à l'argile en %	0,93	0,20	0,19	0,01
C. Humine évoluée en %	1,4	0,39	0,35	0,33
- Azote (N)				
N. total en %	0,9	0,3	0,2	0,1
N. non hydrolysable en %	0,18			
N. hydrolysable en %	0,72			
N. amidé en %	0,50			
N. aminé en %	0,22			
N. Humine totale en %	0,54	0,12	0,09	0,04
- C. Org. total/N. total	13,2	11,3	14,5	13,0
- C. Humine totale/N. Humine totale	14,2	18,3	20,0	22,5
- Glucides libres en mgC/100	6,62	0,73	2,26	0,48

ANNEXE IV : ELECTROPHOREGRAMMES.

I. ELECTROPHOREGRAMMES DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX SANS CONCRETIONS

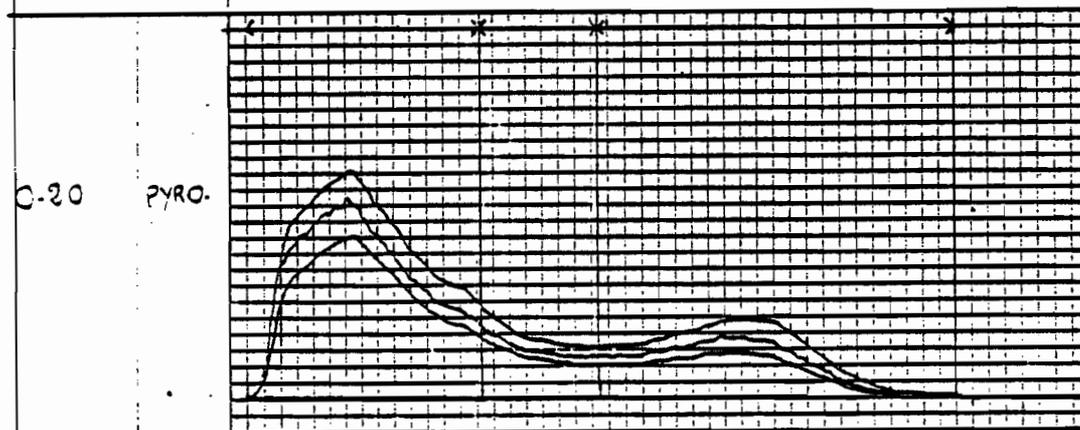
I.1 Profil FSC-II0 ; vierge.



A.H. GRIS : 69%
 A.H. INTERMÉDIAIRES : 49,5%
 A.H. BRUNS : 11,5%

RAPPORT des D.O : E = $\frac{625}{542}$
 - AHG : 0,69
 - AHB : 0,50

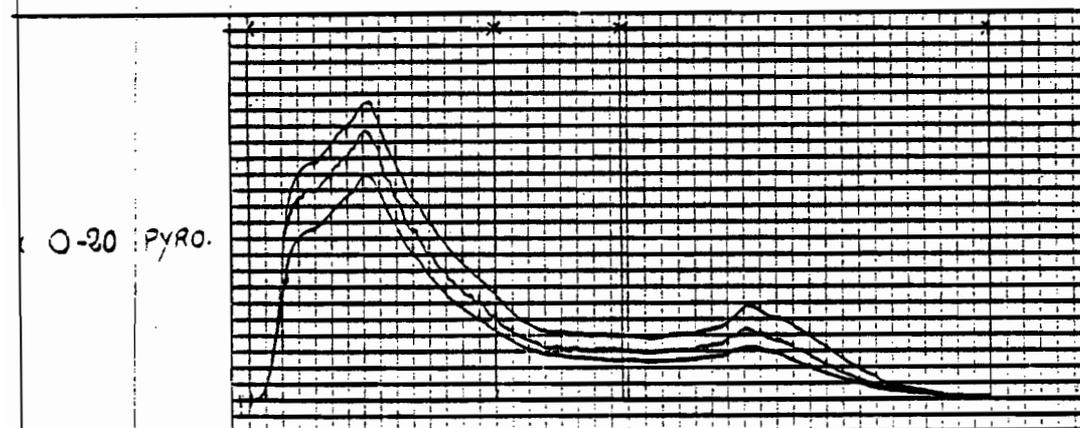
I.2. Profil FSC-I00 ; cultivé.



A.H. GRIS : 65%
 A.H. INTERMÉDIAIRES : 13%
 A.H. BRUNS : 22%

RAPPORT des D.O : E = $\frac{625}{542}$
 - AHG : 0,66
 - AHB : 0,57

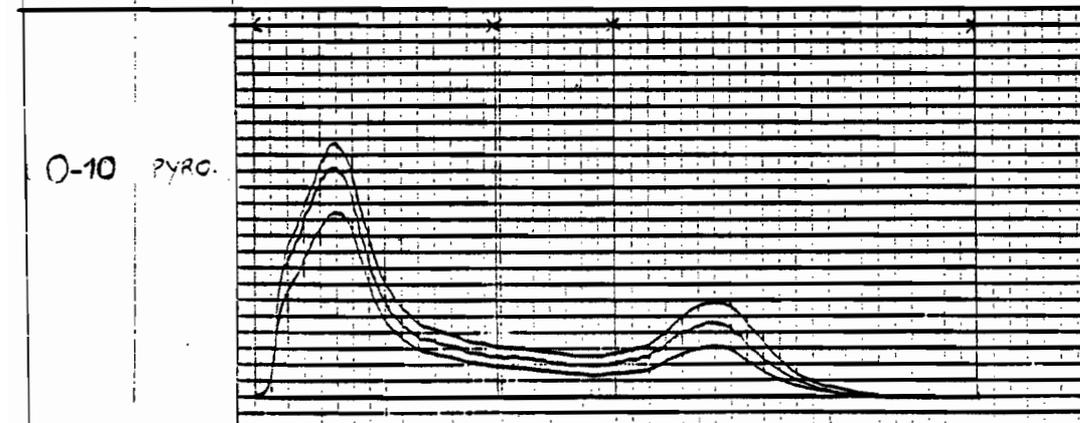
I.3. Profil FSC-I20 ; cultivé.



A.H. GRIS : 70%
 A.H. INTERMÉDIAIRES : 41%
 A.H. BRUNS : 19%

RAPPORT des D.O : E = $\frac{625}{542}$
 - AHG : 0,70
 - AHB : 0,63

I.4. Profil FSC-040 ; cultivé.



A.H. GRIS : 66%
 A.H. INTERMÉDIAIRES : 40,5%
 A.H. BRUNS : 23,5%

RAPPORT des D.O : E = $\frac{625}{542}$
 - AHG : 0,66
 - AHB : 0,46

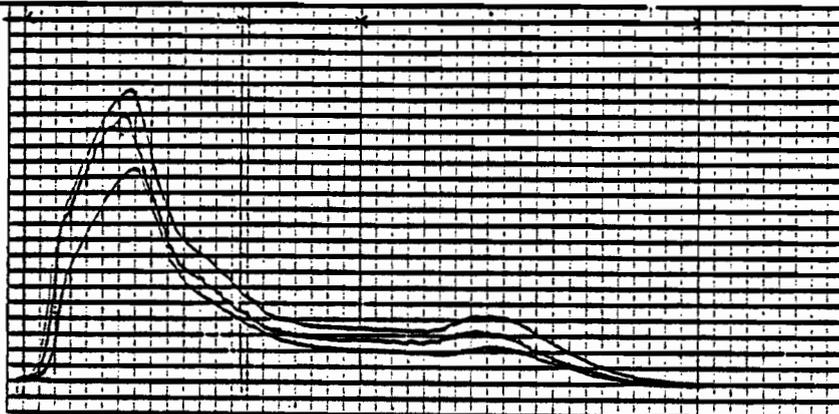
2. ELECTROPHOREGRAMMES DES SOIS FERRUGINEUX TROPICAUX GRAVILLONNAIRES

2.1. Profil FTG-010 ; vierge

PROFONDEUR (Cm) EXTRAIT

C-20

Pyro



A.H. GRIS : 63%

A.H. INTERMEDIAIRES : 12%

A.H. BRUNS : 19%

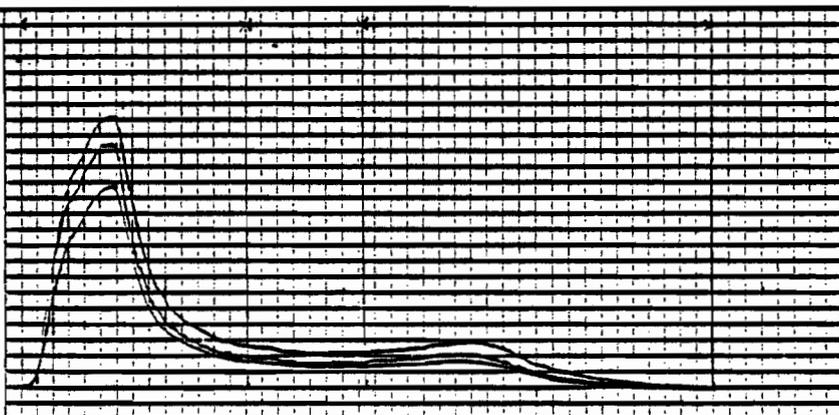
RAPPORT des D.O : E = $\frac{625}{342}$

- A.H.G : 0,67

- A.H.B : 0,62

C-20

Soude



A.H. GRIS : 75%

A.H. INTERMEDIAIRES : 3,5%

A.H. BRUNS : 15,5%

RAPPORT des D.O : E = $\frac{625}{342}$

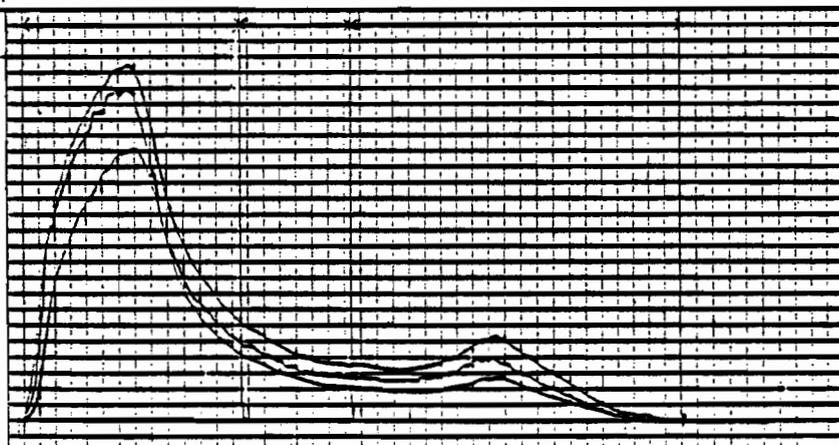
- A.H.G : 0,70

- A.H.B : 0,61

2.2. Profil FTG-020 ; vierge

C-20

Pyro



A.H. GRIS : 73%

A.H. INTERMEDIAIRES : 10%

A.H. BRUNS : 17%

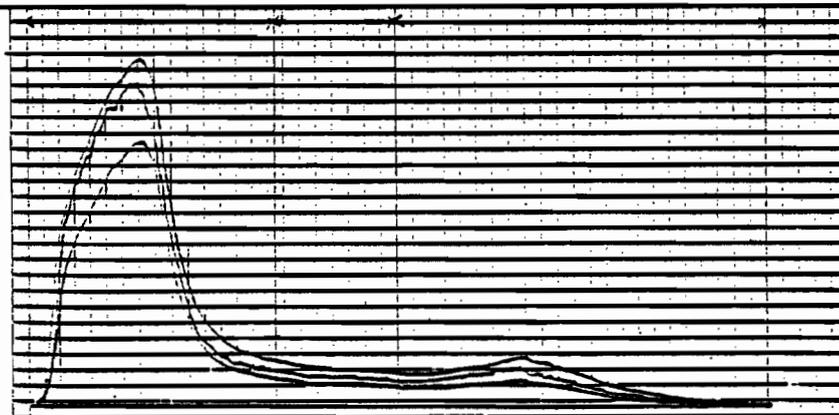
RAPPORT des D.O : E = $\frac{625}{342}$

- A.H.G : 0,70

- A.H.B : 0,60

C-20

Soude



A.H. GRIS : 77,5%

A.H. INTERMEDIAIRES : 4,5%

A.H. BRUNS : 18%

RAPPORT des D.O : E = $\frac{625}{342}$

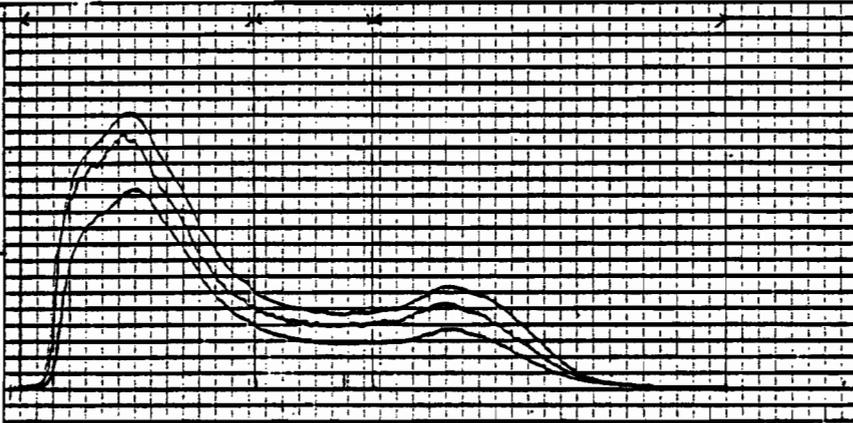
- A.H.G : 0,72

- A.H.B : 0,45

2.3. Profil FTG-I40 ; vierge

Profondeur (cm) Extant

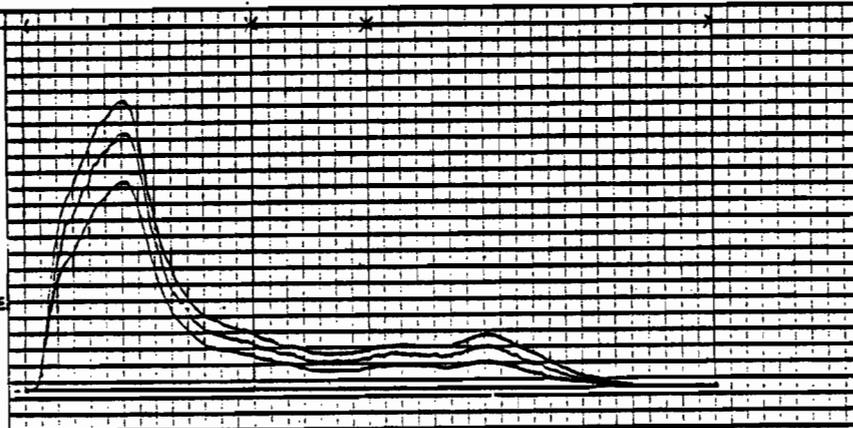
0-20 PYRO



A.H. GRIS : 65,5 %
 A.H. INTERMÉDIAIRES : 13 %
 A.H. BRUNS : 21,5 %

RAPPORT des D.O. $E = \frac{625}{512}$
 - AHG : 0,67
 - AHB : 0,50

0-20 SOLIDE

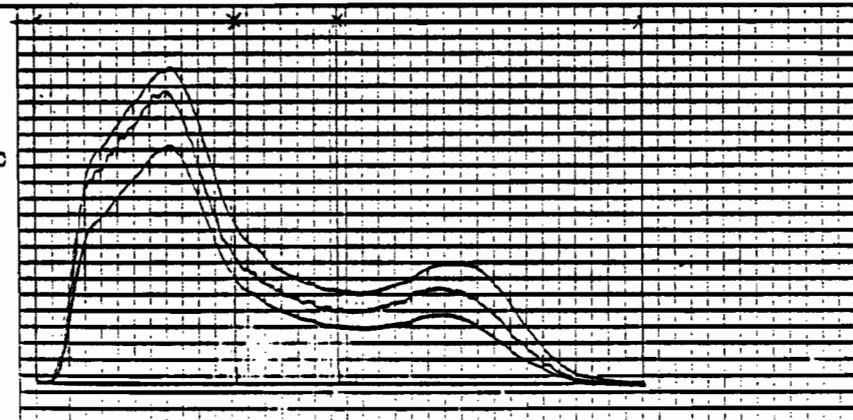


A.H. GRIS : 74 %
 A.H. INTERMÉDIAIRES : 10 %
 A.H. BRUNS : 16 %

RAPPORT des D.O. $E = \frac{625}{512}$
 - AHG : 0,68
 - AHB : 0,54

2.4. Profil FTG-I30 ; cultivé

0-20 PYRO



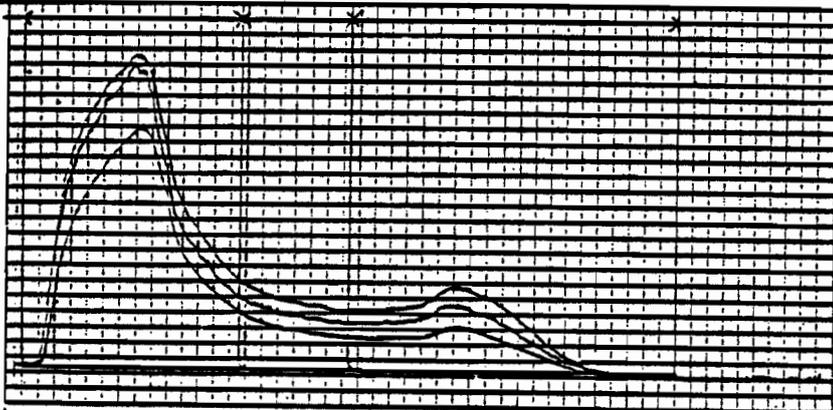
A.H. GRIS : 60,5 %
 A.H. INTERMÉDIAIRES : 15,5 %
 A.H. BRUNS : 25 %

RAPPORT des D.O. $E = \frac{625}{512}$
 - AHG : 0,71
 - AHB : 0,50

3. ELECTROPHOREGRAMMES DES SOIS HYDROMORPHES

3-I. Profil HMN-060 ; cultivé.

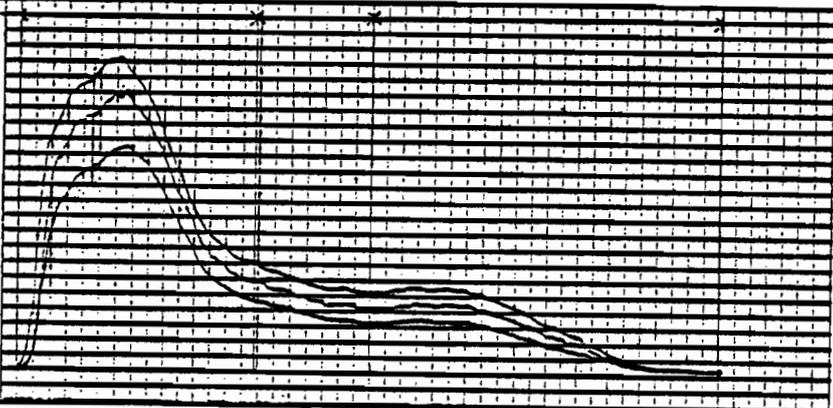
PROFONDEUR (Cm)	EXTRAIT
0-20	Pyro.



A.H.GRIS : 70%
 A.H.INTERMEDIAIRES: 11%
 A.H.BRUNS : 19%

RAPPORT des D.O: E = $\frac{625}{512}$
 - AHG : 0,69
 - AHB : 0,53

30-50	Pyro.
-------	-------



A.H.GRIS : 67%
 A.H.INTERMEDIAIRES: 13%
 A.H.BRUNS : 20%

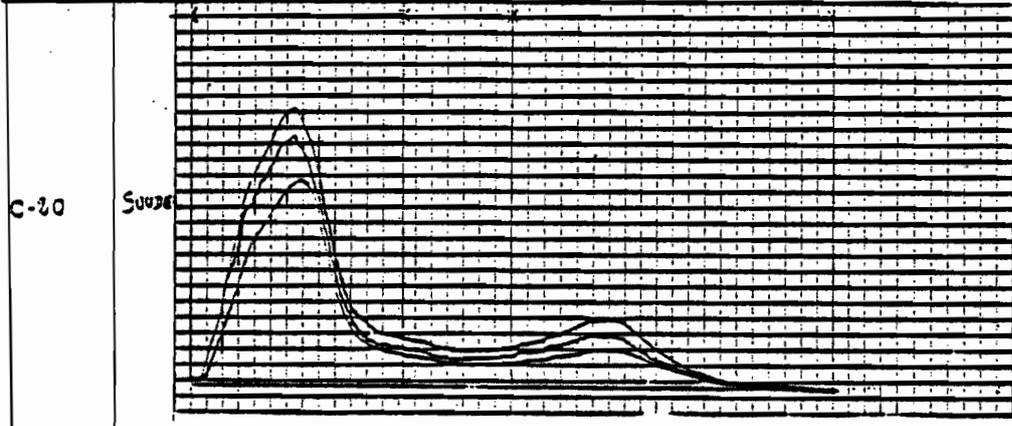
RAPPORT des D.O: E = $\frac{625}{512}$
 - AHGS : 0,61
 - AHG : 0,68
 - AHB : 0,57

3.2. Profil HMN-080 ; cultivé.

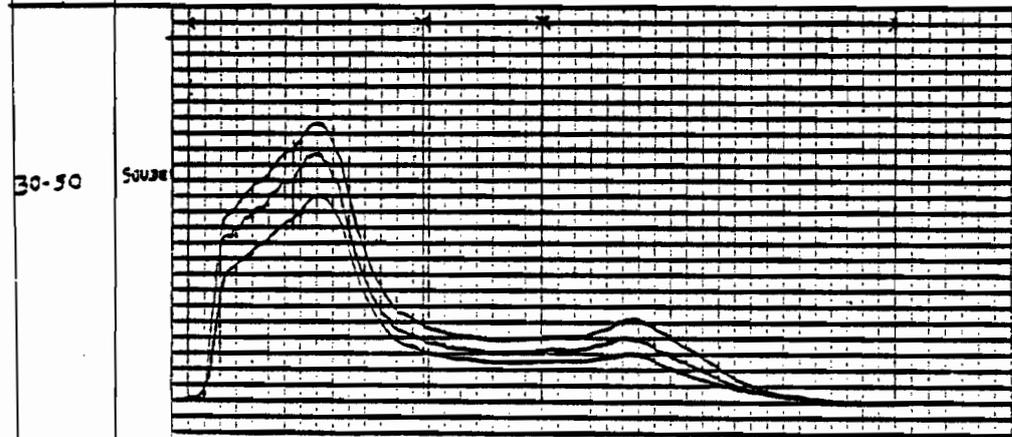
PROFONDEUR (cm)	EXTRAIT		
0-20	PYRO.		<p>A.H. GRIS : 72 % A.H. INTERMÉDIAIRES : 9,5 % A.H. BRUNS : 18,5 %</p> <p>RAPPORT des D.O : E = $\frac{625}{512}$ - AHG : 0,70 - AHB : 0,45</p>
30-50	PYRO.		<p>A.H. GRIS : 63,5 % A.H. INTERMÉDIAIRES : 11,5 % A.H. BRUNS : 19 %</p> <p>RAPPORT des D.O : E = $\frac{625}{512}$ - AHG : 0,63 - AHB : 0,46</p>
60-80	PYRO.		<p>A.H. GRIS : 58,5 % A.H. INTERMÉDIAIRES : 15,5 % A.H. BRUNS : 26 %</p> <p>RAPPORT des D.O : E = $\frac{625}{512}$ - AHG : 0,66 - AHG : 0,65 - AHB : 0,52</p>

Profil HEM-080 ; cultivé (suite)

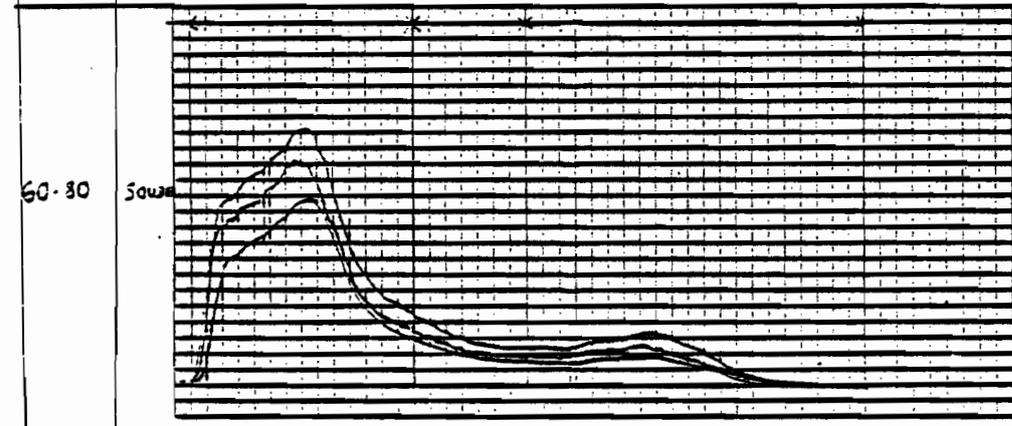
PROFONDEUR (cm) Soudes



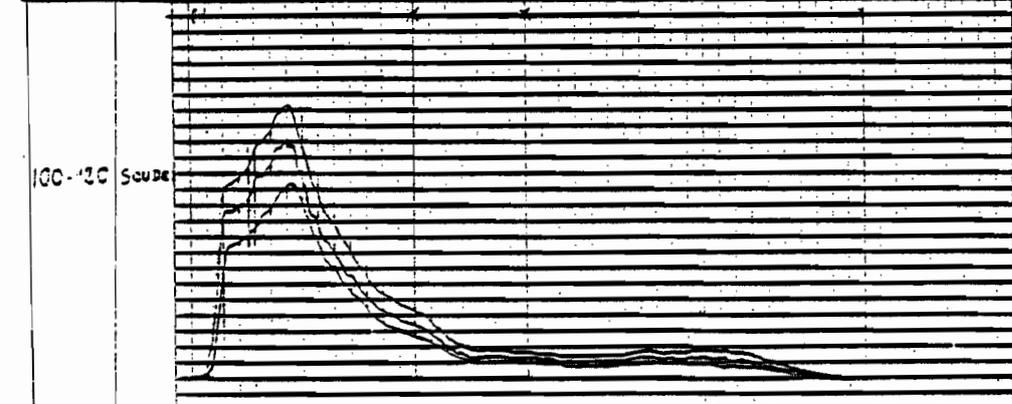
A.H.GRIS : 75%
 A.H.INTERMEDIAIRES : 9%
 A.H.BRUNS : 16%
 RAPPORT des D.O : $E = \frac{625}{512}$
 - AHG : 0,70
 - AHB : 0,54



A.H.GRIS : 69%
 A.H.INTERMEDIAIRES : 12%
 A.H.BRUNS : 19%
 RAPPORT des D.O : $E = \frac{625}{312}$
 - AHGS : 0,70
 - AHG : 0,71
 - AHB : 0,53



A.H.GRIS : 75%
 A.H.INTERMEDIAIRES : 10,5%
 A.H.BRUNS : 14,5%
 RAPPORT des D.O : $E = \frac{625}{342}$
 - AHGS : 0,61
 - AHG : 0,53
 - AHB : 0,57



A.H.GRIS : 78%
 A.H.INTERMEDIAIRES : 8,5%
 A.H.BRUNS : 13,5%
 RAPPORT des D.O : $E = \frac{625}{320}$
 - AHGS : 0,61
 - AHG : 0,68
 - AHB : 0,62

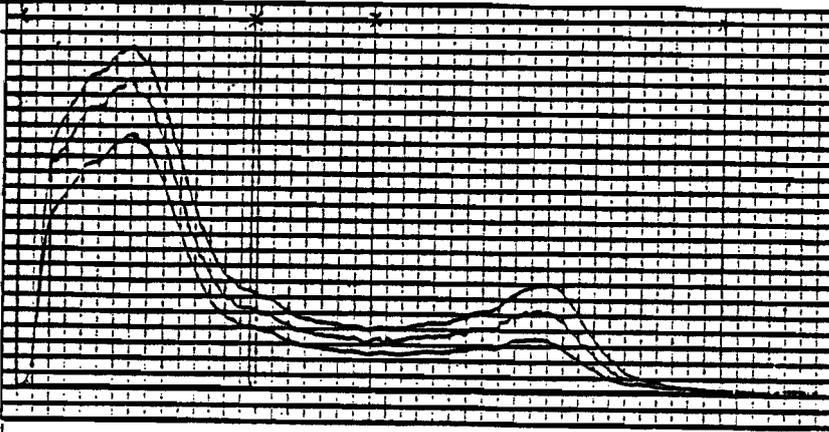
3.3. Profil HEM-090 ; vierge

Profondeur	Extrait	Graphique	AN GRIS	AN INTERMÉDIAIRES	AN BRUNS	RAPPORT des D.O.E = $\frac{625}{312}$
C-20	Pyro.		71%	41%	18%	- ANGS : 0,70 - ANG : 0,71 - ANB : 0,46
30-50	Pyro.		74,5%	42,5%	13%	- ANG : 0,65 - ANB : 0,40
C-20	Solde		76%	8%	16%	- ANGS : 0,71 - ANG : 0,72 - ANB : 0,57
30-50	Solde		77%	10%	13%	- ANG : 0,69 - ANB : 0,41

3-4. Profil EMN-070 ; vierge.

PROFONDUR (Cm) EXTRAIT

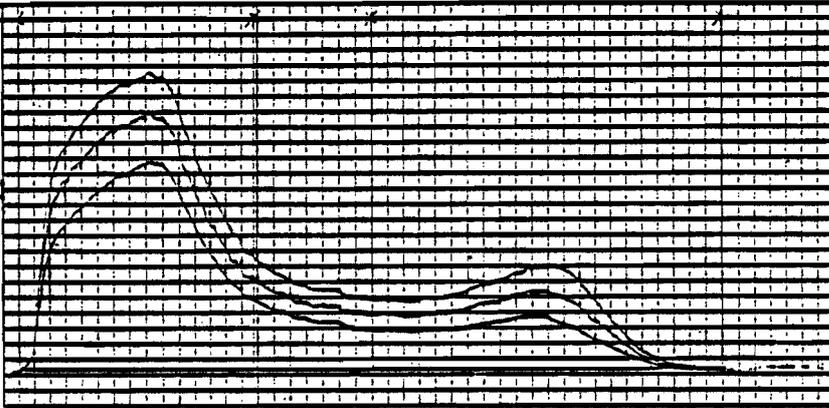
0-20 Pyro.



A.H. GRIS : 68 %
 A.H. INTERMÉDIAIRES : 9 %
 A.H. BRUNS : 23 %

RAPPORT des D.O : $E = \frac{625}{512}$
 - AHG : 0,70
 - AHB : 0,50

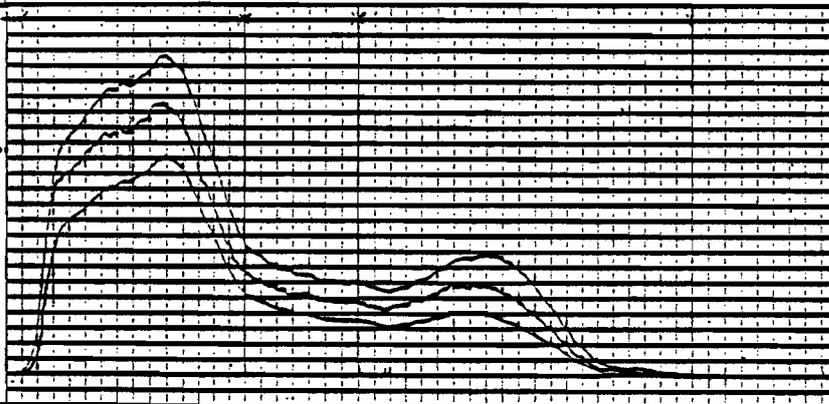
50-70 Pyro.



A.H. GRIS : 64,5 %
 A.H. INTERMÉDIAIRES : 10,5 %
 A.H. BRUNS : 25 %

RAPPORT des D.O : $E = \frac{625}{512}$
 - AHG : 0,65
 - AHB : 0,53

100-120 Pyro.

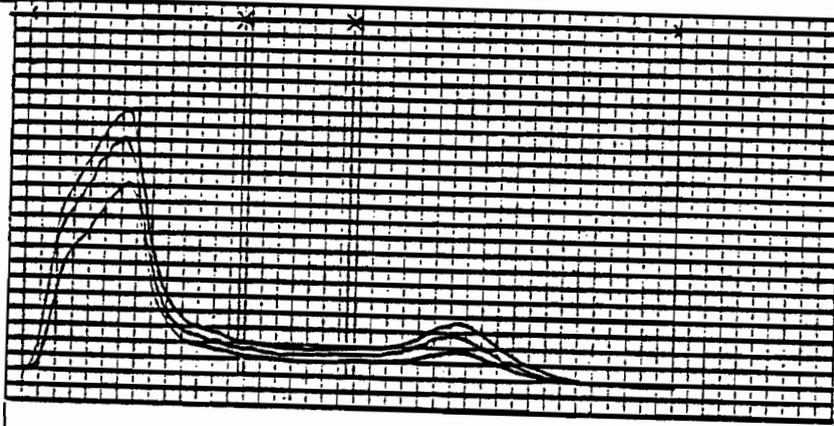


A.H. GRIS : 69 %
 A.H. INTERMÉDIAIRES : 8 %
 A.H. BRUNS : 23 %

RAPPORT des D.O : $E = \frac{625}{512}$
 - AHG : 0,64
 - AHG : 0,65
 - AHB : 0,46

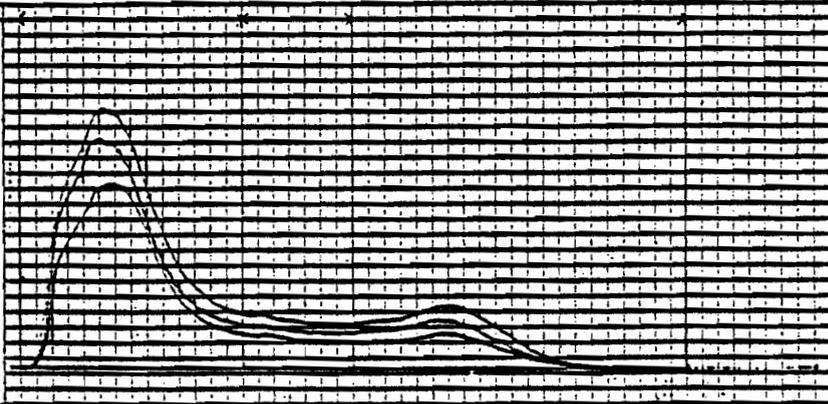
Profil HMN-070 ; vierge (suite)

PROFONDEUR (cm)	EXTRAIT
0-20	SOUDE



A.H.GRIS : 75%
 A.H.INTERMEDIAIRES : 8%
 A.H.BRUNS : 17%
 RAPPORT des D.O:E = $\frac{625}{512}$
 - AHG : 0,68
 - AHB : 0,50

50-70	SOUDE
-------	-------



A.H.GRIS : 70%
 A.H.INTERMEDIAIRES : 11%
 A.H.BRUNS : 19%
 RAPPORT des D.O:E = $\frac{625}{512}$
 - AHG : 0,68
 - AHB : 0,55