

Pédo

- REUNION ANNUELLE DES PEDOLOGUES ORSTOM -

Bondy - 6 et 7 Octobre 1967

LA MATIERE ORGANIQUE

DANS LES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

B. DABIN

B 12116

18 MAR 1968

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° **B** 12116 49 M

INTRODUCTION

L'étude des grandes classes de sol des régions tempérées selon la classification de AUBERT et DUCHAUFOR, a montré l'importance de la nature de l'humus de l'horizon supérieur des sols sur le mode de formation et d'évolution du profil.

Il est donc d'un grand intérêt de rechercher dans les sols des régions tropicales si la nature de l'humus superficiel présente une corrélation avec les grands types d'évolution qui ont été définis par les pédologues.

I - CARACTERES MORPHOLOGIQUES DES HORIZONS HUMIFERES

Sauf dans des cas très particuliers les formations caractéristiques de mor ou de moder ne s'observent pas en régions tropicales.

Seuls certains podzols côtiers en zone équatoriale, ou des sols à hydromorphie d'ensemble prolongée montrent en surface une accumulation de matière organique peu ou mal décomposée.

Presque tous les autres sols et en particulier ceux qui nous intéressent, c'est-à-dire les sols ferrugineux tropicaux, ainsi que les sols ferrallitiques, présentent un horizon superficiel pratiquement sans A_0 , et où la matière humique très bien décomposée est intimement mélangée à la matière minérale.

Du point de vue morphologique, il n'y a donc que peu de différenciation possible, seule l'épaisseur de l'horizon humifère peut varier sensiblement de même que sa couleur ou sa structure.

C'est ainsi que dans les régions semi-arides, on observe un brunissement léger et régulier des horizons supérieurs sur une assez grande épaisseur jusqu'à 30 ou 50 cm suivant les cas, alors que dans les régions plus humides, on observe des horizons humifères de plus en plus noircis et de mieux en mieux tranchés au fur et à mesure que la pluviométrie augmente ou que l'on passe de la végétation de savane à la végétation de

forêt.

C'est donc essentiellement par des critères analytiques que l'on a cherché depuis un certain nombre d'années à déterminer les propriétés de la matière organique des sols tropicaux.

II - PRINCIPALES METHODES D'ANALYSE DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS LES SOLS TROPICAUX

Ces méthodes sont :

- soit la détermination globale de la matière organique du sol par le dosage du carbone total et de l'azote total,
- soit la recherche d'un fractionnement des différentes formes de matières humiques.

1°) Matières organiques totales

Le dosage systématique du carbone total et de l'azote total dans les sols depuis de nombreuses années, a permis de connaître la quantité totale de matière organique des sols, sa répartition dans les divers horizons, ses variations en fonction du climat, du type de sol, du type de végétation, enfin les modifications apportées par la culture et l'érosion.

Sols ferrugineux tropicaux non lessivés - Caractéristiques générales

Les sols ferrugineux tropicaux non lessivés constituent une large bande en Afrique au Sud du Sahara, la végétation est une steppe sahélienne, la pluviométrie moyenne est de l'ordre de 500 mm par an répartie sur deux mois (mi-juillet, mi-septembre) avec neuf à dix mois secs.

Que ce soit au Sénégal, au Mali, au Niger, au Tchad, etc..., la majorité de ces sols est constituée par un type très sableux qui porte le nom vernaculaire de Dior (la teneur en argile en surface dépasse rarement 3 %). A côté des "Diors", il existe également

des sols à texture un peu plus fine (sable fin peu argileux) situés à une cote un peu plus basse, mais dont le taux d'argile superficiel dépasse rarement 10 %. Ces sols sont généralement de couleur claire, on les appelait autrefois des sols Beiges.

Dans des régions voisines d'anciennes surfaces cuirassées, on peut observer également des sols de teinte plus foncée qui sont des sols Ogres. Les sols ogres peuvent présenter une texture superficielle un peu plus argileuse atteignant exceptionnellement 25 %.

Matières organiques

Les taux de matière organique de ces sols sont généralement très bas et varient peu d'un type de sol à l'autre.

Les plus pauvres sont les sols "Diors" avec en moyenne 0,25 % de carbone dans l'horizon de surface (0-30 cm) pouvant varier de 0,2 à 0,35 % en fonction du degré de dégradation ou au contraire d'amélioration du sol.

Les taux d'azote correspondants peuvent varier de 0,01 à 0,03 % en fonction du degré de dégradation du sol. Les rapports C/N sont de l'ordre de 11 à 12, ils peuvent s'élever à 14 ou 15 dans les sols dégradés ou soumis à des actions temporaires d'hydromorphie.

En profondeur, le taux de carbone diminue lentement et progressivement, il peut être encore de 0,15 à 0,20 vers 1 m de profondeur, en fonction de la teneur de surface, le rapport C/N est voisin de 10.

Dans les sols à texture plus fine (sols beiges), les taux moyens de carbone et d'azote sont à peine supérieurs à ceux des sols "Dior", ils varient autour de 0,3 % pour le carbone et de 0,03 % pour l'azote, le rapport C/N est voisin de 10 lorsqu'il n'y a pas d'action d'hydromorphie, la diminution en profondeur est du même ordre : C = 0,2 %, N = 0,02 %, à 0m50 de profondeur.

Les sols ocres plus argileux ont des taux de carbone un peu plus élevés qui peuvent atteindre 0,5 %, les taux d'azote atteignant 0,04 % avec un rapport C/N de 12. Il semble donc y avoir une légère action du taux d'argile sur l'accroissement de la teneur en matière organique qui est mieux retenue par le complexe colloïdal, cette variation ne joue cependant que dans des limites très étroites. Cette pauvreté en matière organique peut s'expliquer par la maigre végétation naturelle, néanmoins même sous d'épais tapis graminéens, la matière organique ne s'accroît que faiblement.

En réalité, il se produit une minéralisation rapide des composés organiques, la nitrification est généralement forte.

La fertilité spontanée de ces sols peut être moyenne à bonne mais les réserves sont très faibles.

Fertilité et évolution

Pour un pH donné voisin de la neutralité (6,5 à 7), la fertilité s'accroît nettement lorsque le taux d'azote total varie de 0,01 à 0,03 %. Dans certains sols ocres plus acides (pH 5 à 5,5) la fertilité diminue en raison d'une nette diminution de la nitrification.

L'évolution de la matière organique dans le temps est difficile à suivre en raison des faibles teneurs dosables, si l'on note une dégradation en fonction de la culture et de l'érosion surtout dans les sols sableux (N % passant de 0,025 à moins de 0,01), par contre les apports de matière organique sous forme d'engrais vert permettent rarement de dépasser les taux d'équilibre que l'on observe dans les sols sous jachère ($C = 0,25$, $N = 0,025$), ce qui n'empêche pas que la fertilité soit néanmoins améliorée par ces pratiques.

Sols ferrugineux tropicaux lessivés - Caractéristiques générales

La zone des sols ferrugineux tropicaux lessivés présente des formations beaucoup plus variées, les sols peuvent être formés sur des roches cristallines ou sédimentaires

diverses, sur des alluvions anciennes ou récentes, sur d'anciens sols remaniés, les profils présentent des caractères communs quant à la répartition des divers horizons, mais la texture et la richesse chimique peuvent être assez variables en fonction des propriétés des matériaux originels.

A part les sols issus de matériaux très quartzeux, il est rare de rencontrer des textures aussi sableuses que celles des sols "Diors", cependant l'horizon supérieur des sols est généralement peu argileux, la texture moyenne variant de 5 à 15 % d'argile et pouvant atteindre parfois 25 %.

Les horizons inférieurs peuvent être nettement plus argileux, parfois fortement concrétionnés, parfois marqués par l'hydromorphie. Certains sols ferrugineux lessivés peuvent être tronqués par l'érosion.

Le climat est également variable, la pluviométrie passant de 800 à 1 200 mm par an réparti sur 3 à 4 mois suivant les régions (juin à octobre), alternant avec une saison sèche de 7 à 8 mois.

La végétation est une savane arborée de type soudanien ou soudano guinéen présentant une épaisse couverture graminéenne parcourue chaque année par les feux.

Matière organique

Il résulte de ces divers facteurs une variation importante dans les taux de matière organique, les sols les plus sableux et les plus dégradés peuvent descendre jusqu'à 0,35 % de C avec 0,03 % de N, mais en moyenne les sols de savane dont la texture superficielle varie de 10 à 15 % d'argile ont des teneurs en carbone qui varient de 0,5 à 1 % et des teneurs en azote variant de 0,04 à 0,08 %.

Si l'on compare ces sols aux sols beiges ou ocres de la zone sahélienne, on observe à texture équivalente un accroissement du taux de matière organique dans le même sens que l'accroissement de pluviométrie.

L'abondant chevelu racinaire de certaines graminées est peut-être à l'origine de cet accroissement.

Une étude systématique de nombreux sols a montré un accroissement du taux de carbone et azote en surface en fonction de la teneur en (argile + limon) d'une part, et en fonction de la saturation en bases mesurée par le pH d'autre part.

A pH 6, le taux d'azote total passe de 0,03 % à 0,09 % lorsque le taux d'argile + limon passe de 10 à 30 %, soit 5 à 20 % d'argile.

A pH 7, le taux d'azote total passe de 0,04 % à 0,1 % lorsque le taux d'argile + limon passe de 10 à 20 %, soit 5 à 12 % d'argile.

Dans les sols à pH 5, par contre l'accroissement est plus lent. Il y a donc stabilisation de la matière organique par les éléments fins du sol, cette stabilisation est d'autant meilleure que le sol est mieux saturé en bases.

Dans de nombreux sols, le rapport C/N est de l'ordre de 11 à 12, mais fréquemment les rapports C/N peuvent atteindre 14, 15, 16, lorsque le sol est soumis à des actions d'hydromorphie temporaire de surface ou de dégradation par érosion.

En profondeur, le taux de carbone et azote diminue généralement de moitié au-dessous de 25 cm, et il n'est plus que 1/3 de la surface vers 1 m.

Dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés, l'horizon humifère paraît mieux tranché que dans les sols non lessivés, cependant la teneur en matière organique en profondeur n'est pas inférieure dans les sols lessivés (0,3 % de C), mais elle diminue davantage en valeur relative.

Fertilité et évolution

L'évolution de la matière organique avec la culture et l'érosion semble plus rapide dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés, un sol sorti de jachère contenant 1 % de C total peut perdre environ 20 % de son carbone la première année de culture s'il est soumis à l'érosion ; l'appauvrissement se ralentit par la suite.

Dans un sol peu dégradé, 2 à 4 ans de jachère permettent de reconstituer ses réserves, dans un sol très dégradé (perte de 50 % de C) il faut jusqu'à 10 ans de jachère.

L'apport de fortes doses d'engrais vert et de fumier permet de maintenir en équilibre le taux d'origine sous jachère mais non de la dépasser.

On note par contre un enrichissement en éléments minéraux, phosphore, bases échangeables, etc... Dans les sols ferrugineux lessivés, sur une roche mère donnée, il existe une relation entre le taux de matière organique, la richesse en bases et la richesse en phosphore. La fertilité dépend de la richesse en azote total mais également du pH et du rapport azote/phosphore.

2°) Méthode de fractionnement des composés humiques du sol

Les travaux de TIURIN, de KONONOVA, ainsi que ceux du DUCHAUFOR et ses collaborateurs sur l'extraction et le fractionnement des matières humiques des sols, ont conduit certains chercheurs de l'O.R.S.T.O.M. à étudier le fractionnement des matières humiques dans les sols africains. DOMMERGUES en utilisant la méthode DUCHAUFOR, et THOMANN en appliquant la méthode de TIURIN, ont comparé divers échantillons de sol ferrugineux tropicaux non lessivés et lessivés, faiblement ferrallitiques, isohumiques, etc...

Le laboratoire de Bondy a effectué également des fractionnements sur divers types de sols en utilisant des techniques analogues en collaboration avec les pédologues d'Outre-Mer.

La méthode utilisée par DOMMERGUES et DUCHAUFOR (1963) consiste en plusieurs extraits par le pyrophosphate de sodium à différents pH, sur lesquels sont effectuées plusieurs mesures.

- 1 - Dosage chimique de la matière humique précipitable aux acides, encore appelée acide humique, et de la matière humique non précipitable, appelée acide fulvique,
- 2 - Séparation par électrophorèse sur papier des différentes formes d'acides humiques précipitables.

L'électrophorèse permet de séparer trois formes principales en fonction de leur mobilité sur le papier :

- Les acides humiques dits Gris, à forte polymérisation qui migrent peu à partir de la dépose,
- les acides humiques dits intermédiaires qui migrent de 4 à 6 cm en 3 heures,
- et les acides humiques dits Bruns qui migrent de 6 à 12 cm en 3 heures, ces derniers sont considérés comme faiblement polymérisés.

La technique employée à Bondy est identique, mais n'utilise qu'un seul extrait au pyrophosphate à pH 10, qui est suffisant dans le cas des sols ferrugineux tropicaux ou ferrallitiques.

Le carbone des acides humiques et fulviques est dosé par oxydation au bichromate.

L'électrophorèse porte sur la totalité des acides humiques précipitables.

La méthode TIURIN, utilisée par THOMANN (1964), est une séparation chimique des différentes formes d'humus :

- acides fulviques, libres, extraits par l'acide sulfurique dilué,
- acides fulviques liés aux acides humiques, et acides humiques libres extraits par la soude diluée sans prétraitement,
- acides humiques liés au calcium, extraits par la soude diluée après décalcification,
- acides humiques liés aux hydroxydes, extraits également par la soude après prétraitement à l'acide sulfurique à chaud.

Les acides humiques libres correspondent approximativement aux acides humiques bruns et les acides humiques liés correspondent aux acides humiques gris à grosse molécule, nous verrons cependant que ce n'est pas exact dans tous les cas.

Résultats obtenus

DOMMERGUE, dans son article de 1963 étudie comparativement :

- des sols ferrugineux tropicaux non lessivés qui sont des sols Diers du Sénégal,
- un sol ferrugineux lessivé et des sols ferrallitiques qu'il appelle de transition (sols faiblement ferrallitiques).

Il définit d'une part le taux d'humification, soit le rapport :

<u>C Matière humique totale</u> C Total	{	- qui varie de 35 à 44 % dans les sols ferrugineux non lessivés,
		- qui est de l'ordre de 25 % dans le sol ferrugineux lessivé,
		- et varie de 11 à 25 % dans les sols ferrallitiques de transition.
Le rapport <u>Acide humique</u> Acide fulvique	{	- varie de 1,3 à 2,3 dans les sols ferrugineux non lessivés,
		- il est de 1,75 dans le sol ferrugineux lessivé,
		- et varie de 0,8 à 1,75 dans les sols faiblement ferrallitiques.

Les proportions moyennes acide humique gris, brun, et intermédiaire sont les suivantes :

	A.H.G.	A.H.I.	A.H.B.
Ferrugineux non lessivé	67 %	11 %	22 %
Ferrugineux lessivé	58 %	13 %	28 %
Faiblement ferrallitique	53 %	10 %	37 %

Il semble donc que lorsqu'on passe de régions à longue saison sèche et courte saison des pluies vers les régions à saison humide plus prolongée :

- le taux d'humification diminue, la proportion d'acide fulvique croît par rapport aux acides humiques, et la proportion d'acide humique brun augmente par rapport aux acides humiques gris.

Donc un climat plus humide favorise la production des composés humiques les plus mobiles et les moins polymérisés, et un climat plus sec favorise au contraire la polymérisation des acides humiques.

On note malgré tout dans le détail d'importantes variations surtout dans le rapport AH/AF.

THOMANN, 1964, par la méthode TIURIN, retrouve une variation sensiblement parallèle des différentes formes d'humus en fonction des différents climats, les rapports AH/AF varient de 2 dans les sols ferrugineux non lessivés à 0,7 dans les sols ferrugineux lessivés, elle note généralement un net accroissement de teneur relative en acide fulvique de la surface vers la profondeur.

Par contre, dans les sols ferrugineux non lessivés, lessivés ou dans les sols faiblement ferrallitiques, la proportion d'acides humiques bruns (acides humiques libres) représente au moins 50 % des acides humiques, c'est-à-dire une proportion beaucoup plus forte que celle indiquée par DOMMERGUE.

Dans les sols isohumiques, par contre la fraction A.H.B. est nettement plus faible et du même ordre que celle dosée par électrophorèse.

THOMANN conclut à l'accroissement des fractions humiques mobiles dans les climats les plus humides.

Dans des types de sol analogues, les déterminations effectuées à Bondy confirment les résultats obtenus par DOMMERGUE, que ce soit dans les sols ferrugineux non lessivés, les sols ferrugineux lessivés, ou les sols faiblement ferrallitiques (ferrallitiques peu désaturés).

Ce sont des formes d'acides humiques gris qui dominent sur les acides humiques bruns, ces derniers paraissent augmenter en moyenne dans les zones à plus forte pluviométrie, mais il y a de nombreuses exceptions, certains sols faiblement ferrallitiques sont particulièrement riches en acides humiques gris.

De même le rapport Acide humique/Acide fulvique, ne diminue pas d'une façon aussi nette en surface que dans les résultats de la méthode TIURIN, il est parfois très élevé en surface dans des sols ferrugineux lessivés ou faiblement ferrallitiques.

Quelles peuvent être les causes de ces variations.

En ce qui concerne la méthode TIURIN, une partie des acides fulviques et les acides humiques bruns sont extraits par la soude diluée sans prétraitement. Dans certains sols (ferrugineux lessivés ou faiblement ferrallitiques) il se peut que la néosynthèse d'acide fulvique ne soit pas négligeable, d'où la différence avec l'extrait pyrophosphate, en ce qui concerne les acides humiques bruns le problème est différent. Dans les sols ferrugineux et ferrallitiques, la soude diluée dissout non seulement les acides humiques bruns mais aussi une grande partie des acides humiques gris ; sur des échantillons envoyés par C. THOMANN, il a pu être montré que l'électrophorèse de l'extrait sodique est très comparable à celle de l'extrait pyrophosphate et présente un important crochet d'acides humiques gris.

Dans les sols isohumiques, cette dissolution des acides humiques gris par la soude est très faible.

Il y a donc lieu de considérer non seulement la polymérisation des molécules d'acide humique, mais aussi leur pouvoir de fixation sur les colloïdes.

Dans le cas des sols ferrugineux et ferrallitiques, il semble démontré que les acides humiques gris sont moins fortement retenus par les colloïdes minéraux que dans les sols isohumiques, il existe donc une fraction d'acides humiques gris libres. C'est là une propriété très importante dont il faudra tenir compte dans les méthodes de fractionnement des acides humiques.

En ce qui concerne les proportions relatives des différents types d'acides humiques, il apparaît sur les diagrammes que la richesse en argile, ainsi que l'action de l'hydromorphie, l'action de la culture, etc, augmente la proportion des acides humiques intermédiaires et bruns. De même la richesse chimique du sol (en calcium par exemple),

BIBLIOGRAPHIE

DABIN (B) - 1965 - Etude qualitative des acides humiques tropicaux par électrophorèse sur papier. Ronéo, O.R.S.T.O.M., S.S.C., Bondy, 11 pages.

DUCHAUFOR (Ph), DOMERGUE (Y) - 1963 - Etude des composés humiques de quelques sols tropicaux et subtropicaux.

Sols africains, vol. 8 n° 1.

DUCHAUFOR (Ph), JACQUIN (F) - 1963 - Recherche d'une méthode d'extraction et de fractionnement des composés humiques contrôlés par électrophorèse.

Ann. Agro., 14 - 885 - 918.

THOMANN (Mlle Ch) - 1964 - Les différentes fractions humiques de quelques sols tropicaux de l'ouest africain.

Cahiers de Pédologie, O.R.S.T.O.M., vol. 2, fasc. 3, p. 43-79.

TIURIN (I.V.) - 1951 - "Vers une méthode d'analyse pour l'étude comparative des constituants de l'humus du sol" (en Russe).

Acad. Sc. U.R.S.S. Trav. Inst. Sols Dokoutchaiev, 38, 32 p.

TIURIN (I.V.), KONONOVA (M.M.) - 1962 - Biology of humus formation and questions of soil fertility.

Reports to the international, conference of soil scientist, New Zealand.

peut favoriser la production d'acides humiques gris,

C'est ainsi que certains sols faiblement ferrallitiques sont particulièrement riches en acides humiques gris et très pauvres en acides fulviques.

Le rapport Acide humique/Acide Fulvique peut dépendre des conditions de formation sur place de ces composés mais également des mouvements dans le sol. C'est ainsi que ce rapport diminue généralement avec la profondeur, surtout dans les sols lessivés.

III - CONCLUSION

En conclusion, les différentes formes d'acides humiques existant dans les sols ne dépendant pas seulement des conditions climatiques générales qui régissent le groupe de sol, mais sont le reflet de nombreuses conditions particulières au sol considéré : granulométrie, richesse chimique, végétation, hydromorphie, action de la culture, etc...

Toutes ces influences doivent être étudiées en détail compte tenu aussi de la date de prélèvement; les proportions acide humique et acide fulvique peuvent varier au cours de l'année en fonction des processus de minéralisation, d'humification, d'entraînement éventuel, etc...

Les grandes lignes générales de la répartition des formes d'humus peuvent apparaître en comparant des sols de groupes nettement distincts dans des conditions comparables de granulométrie, de drainage, etc, mais elles ne peuvent être démontrées que par l'étude statistique d'un grand nombre d'échantillons.

Des progrès peuvent être réalisés dans la méthodologie en utilisant concurremment les méthodes de séparation physique, chimique et par électrophorèse.

Les sols relativement riches en matière organique libre, devront faire l'objet d'une séparation préalable par densité, le fractionnement des matières humiques devra tenir compte à la fois du degré de polymérisation et du mode de fixation sur les colloïdes minéraux, en particulier en ce qui concerne les acides humiques gris qui peuvent s'avérer relativement mobiles dans les sols ferrugineux et ferrallitiques.

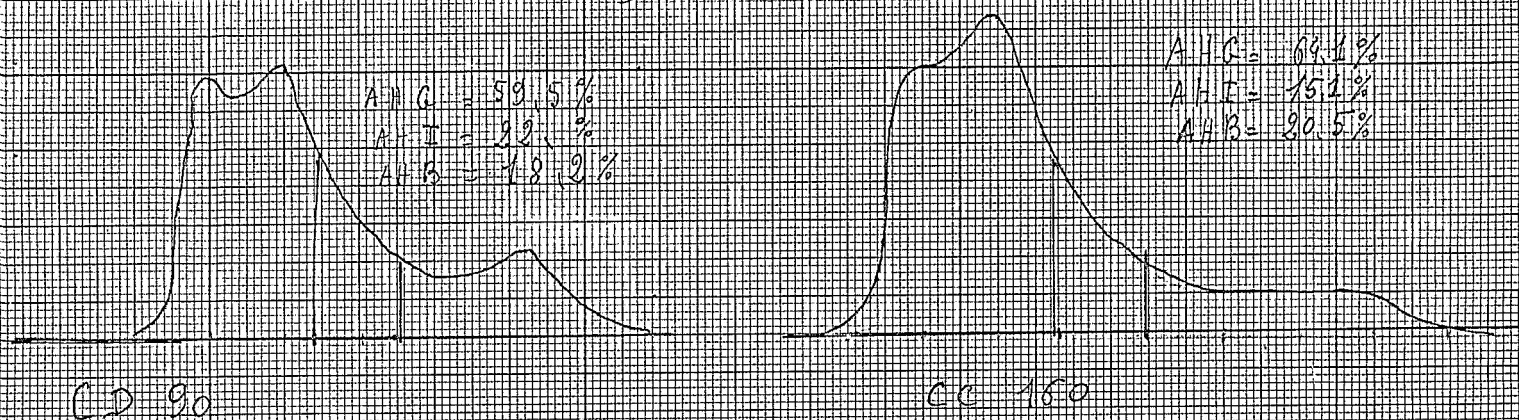
Les sols ferrugineux tropicaux lessivés et non lessivés, contiennent de faibles quantités de matière organique généralement bien décomposée, les acides humiques gris sont généralement dominants mais peuvent être partiellement mobiles, les acides humiques bruns et intermédiaires peuvent augmenter en fonction de la pluviométrie, de l'hydromorphie, de la culture et de la profondeur, la proportion d'acide fulvique peut être variable et dépend de facteurs nombreux encore mal connus.

Sols Ferrugineux tropicaux
non lessivés

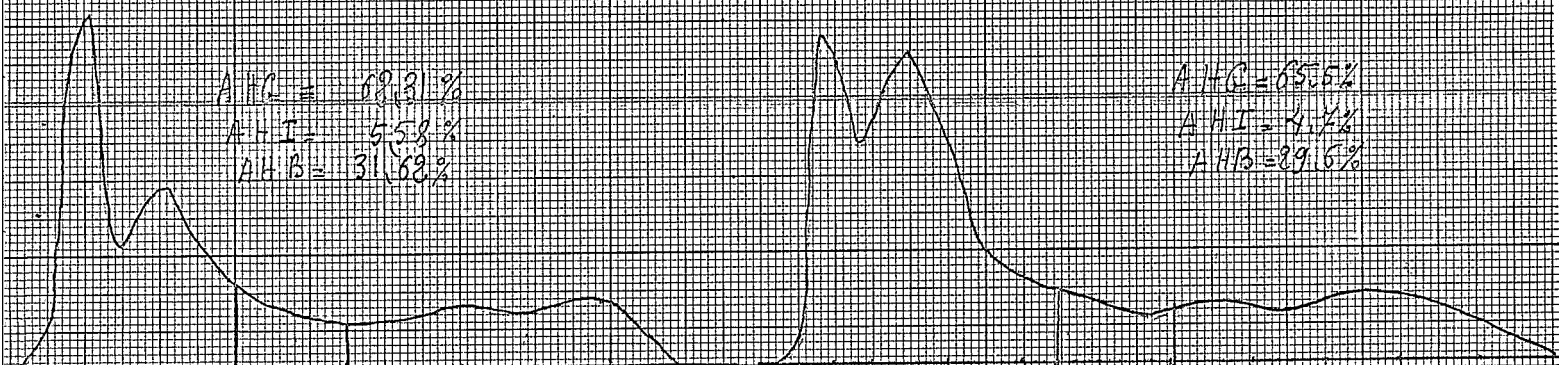
1

Sénégal

Sols durs



Sols de la vallée du Fleuve Sénégal



C-0.5m - Lente alluviale
(hydromorphie de profondeur)

D-18.1-0.7m - Cavette (hydromorphie temporaire)

Sols Ferrugineux tropicaux non lessivés

2

Tchad

Dalbini - Sol "Dior"

DBI = 181

Sol sans végétation naturelle

C total % 3.1

MHT % 0.45

AH % 0.32

AF % 0.13

$$\frac{C \text{ MHT}}{C \text{ T}} = 21.5\%$$

$$\frac{AH}{AF} = 2.5$$

AHG = 62.4%

AHI = 9.4%

AHB = 28.8%

C total % 3.8 %

MHT % 0.3 %

AH % 0.48

AF % 0.42

$$\frac{C \text{ MHT}}{C \text{ T}} = 23.5\% \quad \frac{AH}{AF} = 1.15$$

DBI 311

Sol à pseudogley de surface

AHG = 42.4%

AHI = 24.4%

AHB = 33.8%

C total % 1.3

MHT % 0.43 %

AH % 0.3

AF % 0.13

$$\frac{C \text{ MHT}}{C \text{ T}} = 23\%$$

$$\frac{AH}{AF} = 2.3$$

DBI 301

Sol dégradé par la culture

AHG = 40.3%

AHI = 20.4%

AHB = 39 %

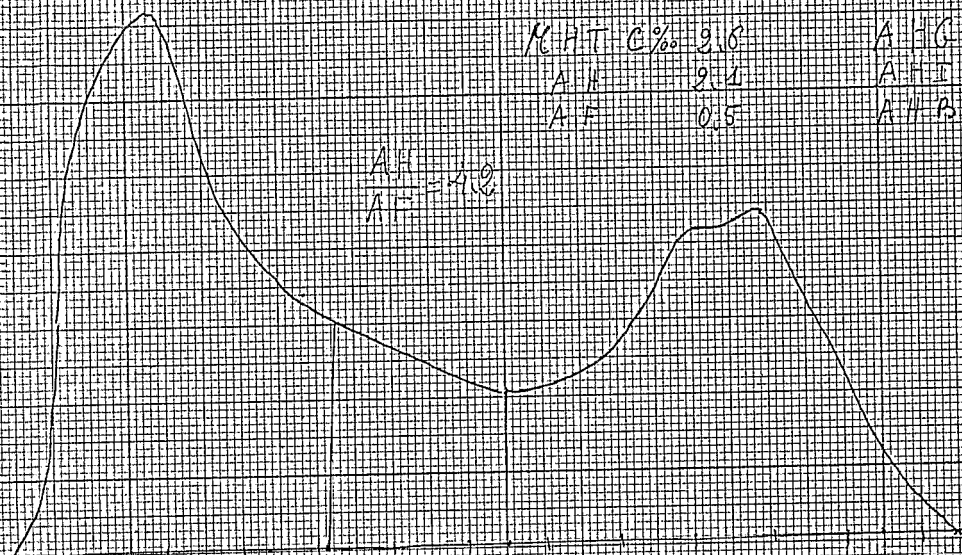
Sols ferrugineux lessives

Casamance

Sefa

3

Se 6/ab (0-10)cm



MHT C% 2.6
AH 2.1
AF 0.5

AHG = 44.5%
AHI = 18.5%
AHB = 40%

AH = 4.0
AF = 4.0

C/MHT = 20% AH = 2.4
CT AF

Sols ferrugineux lessives

DAHOMY (1950)

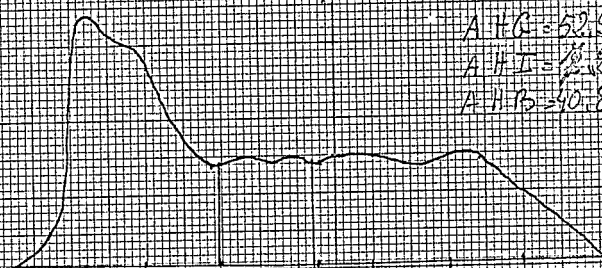
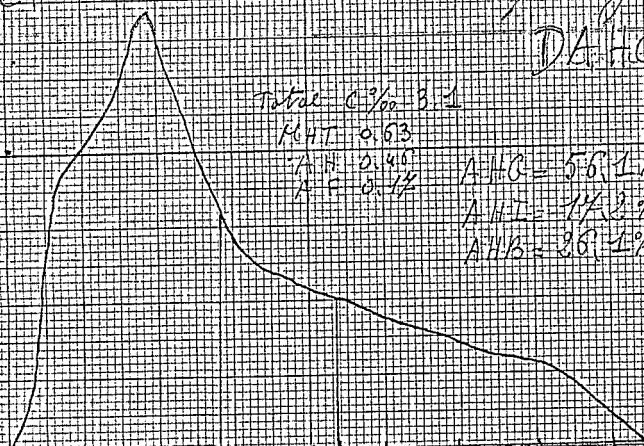
C/MHT = 14% AH = 2.8
CT AF

Total C% 3.1
MHT 0.63
AH 0.40
AF 0.14

AHG = 56.1%
AHI = 14.2%
AHB = 28.1%

C total % 16.9
MHT % 2.12
AH 2
AF 0.72

AHG = 52.5%
AHI = 18.2%
AHB = 40.8%



XBA 54 (0-12)cm Sableux

2091 (0-10)cm Sable argileux

C/MHT = 20.5
CT

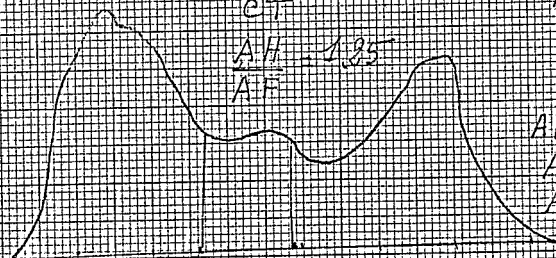
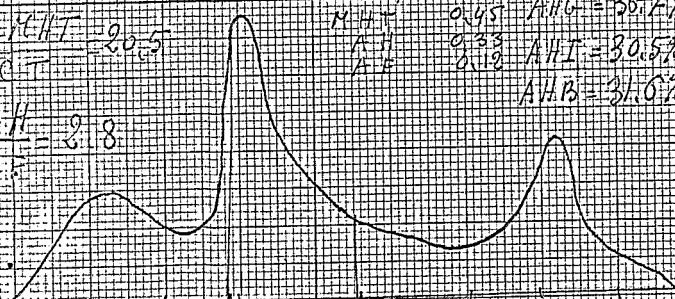
C total % 2.2
MHT 0.45
AH 0.33
AF 0.12

AHG = 35.4%
AHI = 30.5%
AHB = 31.6%

C/MHT = 19.5%
CT AH = 1.25
AF

C total % 6.4
MHT = 1.24
AH = 0.63
AF = 0.55

AHG = 46.6%
AHI = 41.1%
AHB = 38.4%



XBA 52 (12-28)cm

2092 (10-18)

Sols ferrugineux tropicaux

4

Lezures

Tchad

Station de Paillu

C Total % 5.1

KMT	1.91	0.050
AM	1.92	0.15
AF	0.10	0.28

CMHT = 88%

CT

$$\frac{CAH}{AF} = \frac{5.4}{1.1} = 4.9$$

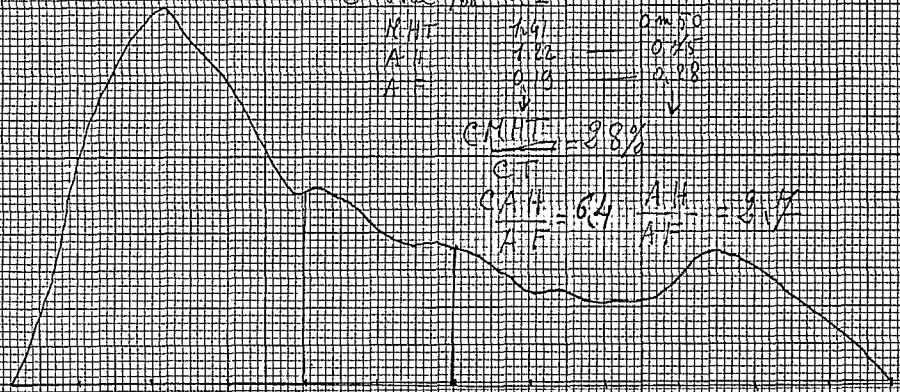
BLI 351

Sol sous végétation naturelle

AHG = 51.2%

AHI = 13.2%

AHB = 34.8%



C Total % 4.1

KMT	2.36
AM	2.83
AF	0.3%

CMHT = 33%

CT

$$\frac{CAH}{AF} = 5.1$$

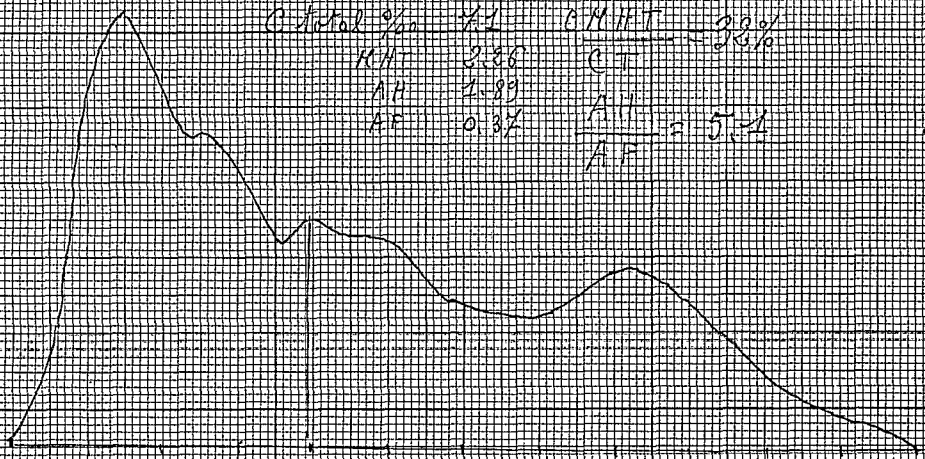
BLI 371

Sol à hydromorphie temporaire
Végétation naturelle

AHG = 51.9%

AHI = 10.1%

AHB = 30.8%



C Total % 3.6

KMT	2.06
AM	0.85
AF	0.1

CMHT = 26%

CT

$$\frac{CAH}{AF} = 9.6$$

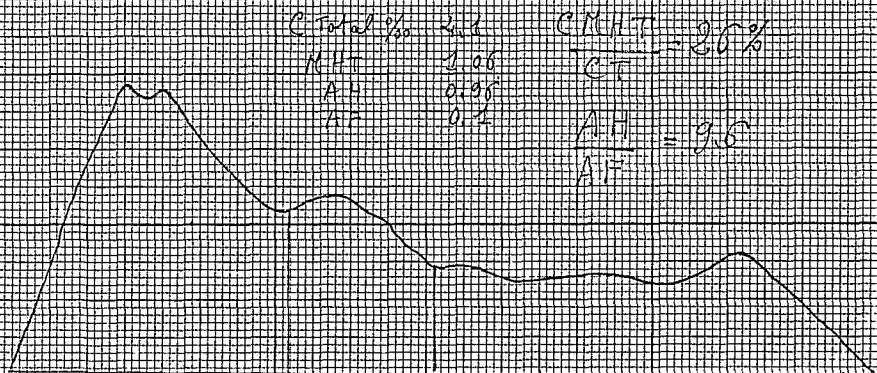
BLI 391

Sol cultivé en coton

AHG = 44%

AHI = 8.1%

AHB = 31.4%



Sols faiblement ferrallitiques Tchad (D236)

- Vierge

DLI 241

C Total % = 8.3

MHT = 1.64

omgo

A.G = 58.4 %

AH = 1.28

→ 0.19

AHI = 13.9 %

AF = 0.35

→ 0.40

AAB = 26.8 %

CMHT = 19.5 %

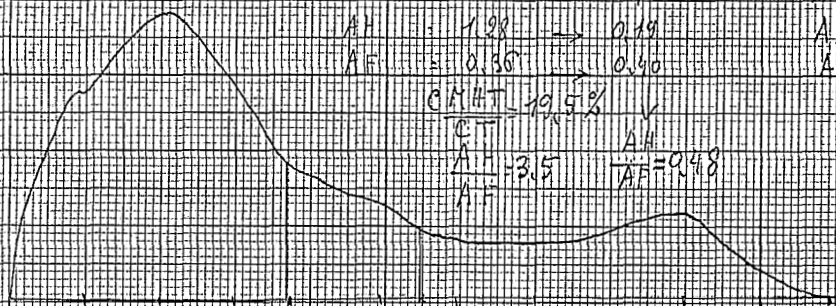
CT

V

AH = 3.5

AF

AF = 0.48



Sols faiblement ferrallitiques Casamance (Sofa)

extract pyrophosphate

A.G = 56.4 %

MHT % = 1.2

AHI = 13.5 %

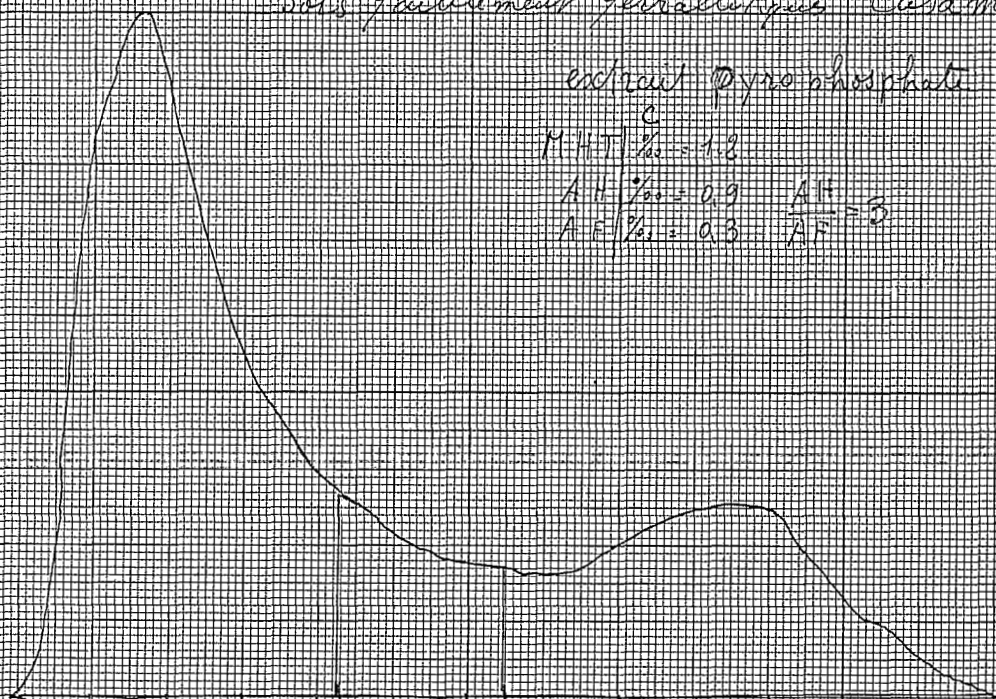
AAB = 29.4 %

AH % = 0.9

AH

AF % = 0.3

AF = 3



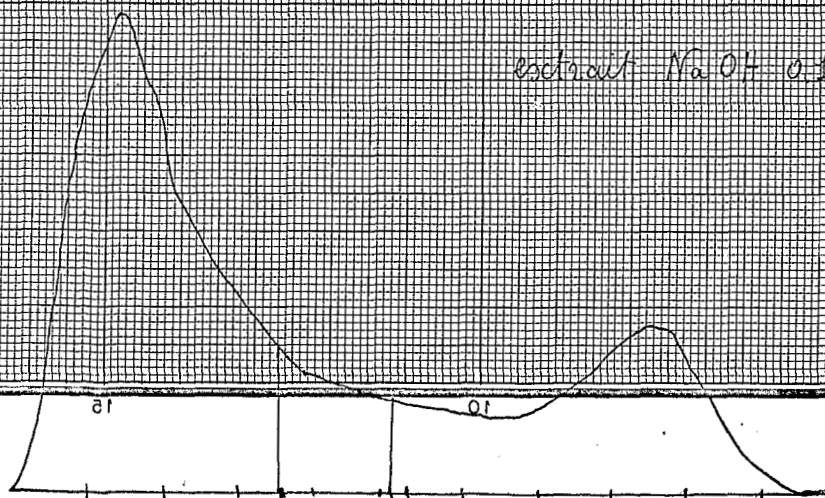
SOS - 201 (0-10)

extract NaOH 0.1 N

A.G = 59 %

AHI = 9 %

AAB = 31 %

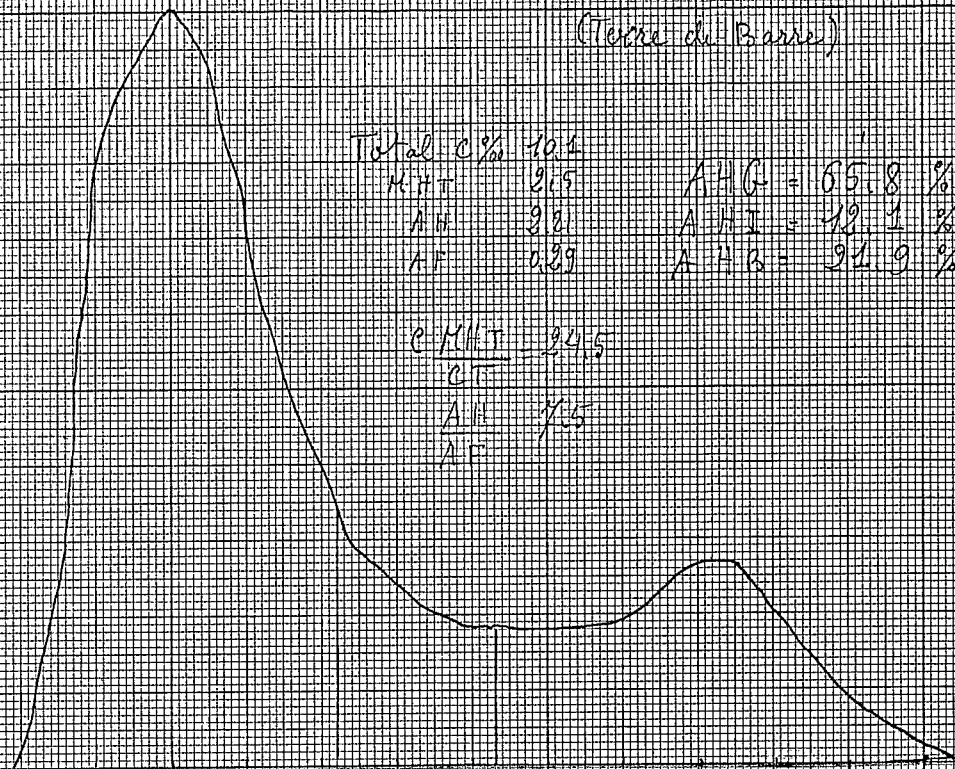


Sol faiblement ferrallitique

Kelo - Tchad

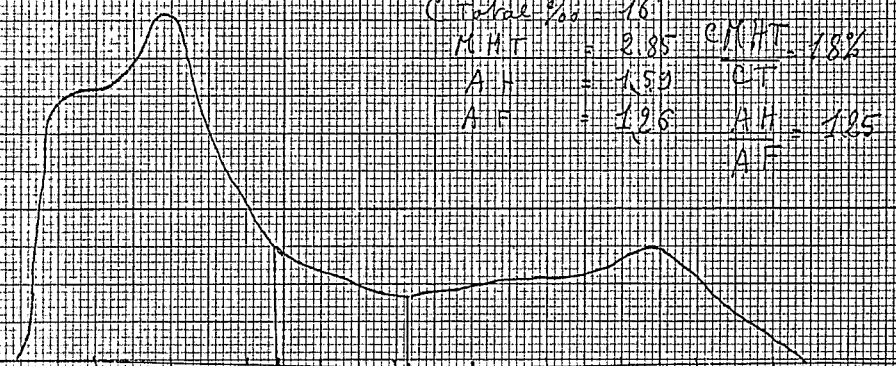
5

(Terre de Barre)

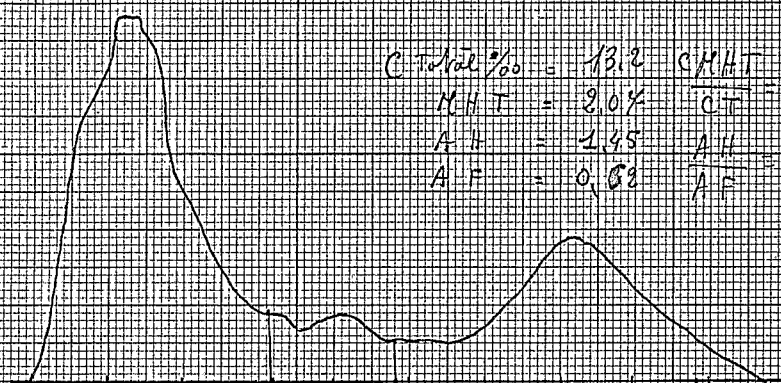


Sol faiblement ferrallitique 7
Bambari - R. C. A

Sol sous jirame



C Total % = 16
MHT = 2.85 CMHT = 18% HG = 62% IS = 0.35
AH = 1.50 CT
AF = 1.25 AH = 125 HB = 27%
AF



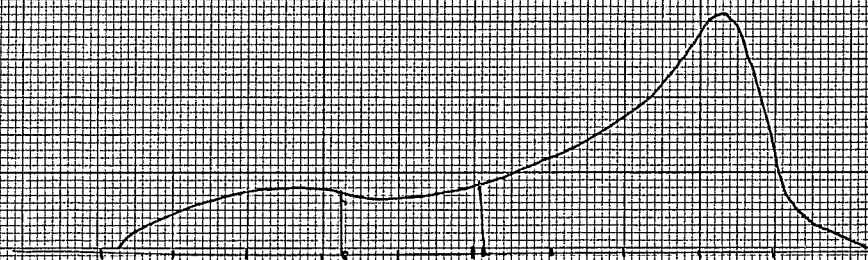
C Total % = 13.2 CMHT = 16%
MHT = 2.04 CT = 16%
AH = 1.45 AH = 2.3
AF = 0.62 AF

Sol cultivé IS = 1.5

HG = 58%
HI = 11%
HB = 31%

$\frac{AHB + AHI}{AHT} = \frac{38.69 + 3.61}{42.3}$
Sur 22 cm de la

Sol ferrallitique léger
Côte d'Ivoire



C Total % = 15.8 CMHT = 11.5%
MHT = 3.14 CT = 11.5%
AH = 1.41 AH = 1.05
AF = 1.33 AF

HG = 26.1%
HB = 12%
AHB = 60.3%

Sol Rouge DG 851 (0-10 cm)