

Evolution des sols de défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal Oriental)*

2^{ème} Partie: Aspects biologiques et caractéristiques de la matière organique

C. FELLER

Pédologue ORSTOM

ORSTOM Dakar-Hann, B.P. 1386, Dakar, Sénégal

RÉSUMÉ

Le défrichement et la mise en culture de sols ferrugineux tropicaux lessivés de la région des Terres Neuves (Sénégal Oriental) s'accompagnent d'une augmentation relative de la biodégradabilité de la matière organique. Cette augmentation paraît liée au passage d'une fraction des acides humiques et de l'humine vers les acides fulviques et les composés solubles dans les solutions denses éthanol-bromoforme. Parallèlement, des transformations chimiques affectent les acides humiques avec la diminution des groupes carbonyles C = O et des groupes hydroxyles phénoliques OH. Ces données sont discutées, en relation, avec les variations de capacité d'échange et de stabilité structurale observées pour ces sols.

Enfin, aucune différence n'apparaît entre les divers traitements pour les fractions azotées.

1. INTRODUCTION

Nous avons vu, dans la première partie de ce travail, la position centrale qu'occupe la matière organique dans les processus d'évolution des sols à la suite du

* La première partie (Feller et Milleville) de cet article est parue in *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, vol. XII, n° 3, 1977.

SUMMARY

Clearing and cultivation of « leached ferruginous tropical soils » in Terres Neuves region were followed by a relative increase of organic matter biodegradability.

The increase seems to be related to the transformation of a part of humic acids and humin in fulvic acids and ethanol - bromoform - soluble - components.

Chemical modifications of humic acids were also evidenced, as a decrease of carbonyl (C=O) and phenolic hydroxyl groups (OH). These results are discussed in relation to the exchange capacity and structural stability variations in the soils.

Finally, no difference was observed between the various treatments in the different fractions of organic nitrogen.

défrichement et de la mise en culture : la diminution de la teneur en carbone est liée à celles de la capacité d'échange, de la stabilité structurale, et peut-être, à certaines modifications du comportement hydrique du sol.

Cette diminution, est-elle associée, dès les premières années de culture, à des transformations qualitatives de la matière organique ? Telle est la question à

laquelle nous tentons de répondre ci-dessous, en abordant successivement l'étude :

- de l'activité biologique globale,
- des différentes formes d'azote,
- du fractionnement de l'humus,
- des caractéristiques des acides humiques.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les sols étudiés sont ceux décrits dans la première partie. Ont été retenus les traitements *Forêt* (parcelle n° 9) et *Cultures de 2 et 3 ans* (parcelles n°s 6 et 4). Seul l'horizon 0-10 cm a été analysé sur un échantillon composite obtenu à partir des six répétitions de prélèvement.

L'ensemble des manipulations porte sur le sol tamisé à 2 mm et broyé à 0,5 mm.

2.1. Activité biologique globale

2.1.1. ÉTUDE DU CARBONE FACILEMENT MINÉRALISABLE - MESURE DU DÉGAGEMENT DE GAZ CARBONIQUE

On opère selon Dommergues (1960) avec les variantes méthodologiques suivantes :

- 3 × 100 g de sol sont amenés à l'humidité équivalente (pF 2,5) et mis dans des bocaux à conserve de 1 litre,
- l'incubation dure 24 h en début d'expérience, 72 h ensuite,
- le gaz carbonique fixé par 20 ml de soude 0,1 N est dosé, après addition de 5 ml de chlorure de baryum à 30 %, par de l'acide chlorhydrique 0,1 N en présence de phénolphthaléine. Un dosage sur un témoin sans sol est effectué.

Les résultats sont les moyennes des trois répétitions et sont exprimés en pourcentage de carbone du gaz carbonique dégagé par rapport au carbone total du sol (coefficient de minéralisation défini par Dommergues, 1960).

2.1.2. POUVOIR NITRIFICATEUR DU SOL : DOSAGE DE L'AZOTE NITRIQUE PLUS NITREUX

On dose, toutes les semaines, pendant neuf semaines, l'azote nitrique plus nitreux apparu lors de l'incubation d'échantillons de sol.

Pour chaque traitement, on opère de la façon suivante :

au temps t_0 , on pèse 3 × 9 prises de sol de 25 g chacune qui sont mises à incuber, à 37° et à l'humidité équivalente, dans des pots en plastique ouverts de 50 ml. Par simple pesée et addition d'eau, l'humidité est réajustée à la teneur initiale tous les deux jours. Chaque semaine, 3 échantillons sont retirés de l'étuve. Les nitrates et nitrites sont alors extraits par 60 ml d'une solution de chlorure de potassium à 5 g/l (agitation 5 minutes). Le filtrat est décanté puis centrifugé, et, le dosage, sur une aliquote de 5 ml, est effectué à l'aide de la trousse HACH NI 12 en utilisant le « comparateur à disque NITRAVER NITROGEN » et les « gélules NITRAVER ». Ce dosage colorimétrique est basé sur la réaction de GRIESS. Les résultats lus (mg N/l) sur le comparateur sont transformés en ppm N par la formule :

$$\text{ppm N} = 2.4 \times \text{mg N/l}$$

On fait la moyenne des 3 répétitions.

2.2. Fractionnement de l'azote par hydrolyse chlorhydrique (1)

La technique employée est proche de celle décrite par Decau (1968). Trois formes d'azote sont déterminées :

- l'« azote insoluble » contenu dans le résidu d'hydrolyse,
- « l'azote ammoniacal » qui est l'azote solubilisé et distillable sous forme ammoniacale après alcalinisation du filtrat chlorhydrique,
- « l'azote aminé » qui est l'azote solubilisé et non distillable sous forme ammoniacale dans les conditions de l'expérience, et, qui est, pour sa plus grande part, inclus dans les acides aminés.

Les conditions de l'hydrolyse sont, ici, les suivantes : 25 g de sol sont hydrolysés 6 h à reflux par de l'acide chlorhydrique 6 N. « L'azote insoluble » et « l'azote soluble total » sont dosés par la méthode Kjeldahl. « L'azote ammoniacal » est entraîné à la vapeur d'eau et dosé. La différence de « l'azote soluble total » et de « l'azote ammoniacal » donne « l'azote aminé ».

(1) Le fractionnement de l'azote a été effectué au Laboratoire de Biochimie des sols du CNRA (Bambey, Sénégal) sous la responsabilité de Mr F. Ganry que nous remercions vivement pour son aide et ses nombreux conseils.

Les résultats sont exprimés en pourcents d'azote par rapport à la somme de l'azote des trois fractions. Cette somme est toujours inférieure à l'azote total du sol.

2.3. Fractionnement de l'humus

Après séparation des matières légères (ML) par densimétrie à l'aide d'un mélange alcool-bromoforme de densité 1,8, on extrait les matières humiques totales (MHT) par une solution de pyrophosphate de sodium 0,1 M (rapport sol/solution égal à 1/10). Le résidu de sol après extraction est l'humine (HU). Les acides humiques (AH) sont séparés des acides fulviques (AF) par précipitation à pH 2,0 à l'aide d'acide sulfurique 9 N. La fraction organique solubilisée par la liqueur dense lors de la séparation densimétrique est appelée acides hymatomélaniques (HY) (1).

Les dosages de carbone sur les différentes fractions sont effectués par combustion dans un « carmograph ».

Pour chaque traitement, on sépare d'abord les matières légères en deux répétitions sur 2×50 g de sol. Les deux résidus de sol (fraction lourde) sont alors réunis, et la suite du fractionnement (MHT, AH, AF, HU) est conduite, en 6 répétitions, à partir de 6×10 g de sol de la fraction lourde. Les dosages du carbone sont effectués en double sur chaque répétition. Les résultats présentés sont les valeurs moyennes, exprimées en pourcentage du carbone total, pour faciliter la comparaison des différents traitements.

2.4. Caractérisation des acides humiques

2.4.1. PRÉPARATION DES ACIDES HUMIQUES

Toutes les opérations qui suivent se font sous azote.

Les matières humiques totales sont extraites jusqu'à épuisement (filtrat clair) par une solution de pyrophosphate de sodium 0,1 M. Après centrifugation et filtration, les argiles entraînées dans la solution sont floculées par addition de chlorure de potassium en poudre (3 g par litre d'extrait humique). Les acides humiques sont alors précipités à pH 2,0 par de l'acide chlorhydrique 2,5 N et séparés des acides fulviques par centrifugation. Les acides humiques sont laissés

en contact pendant 3 jours avec un mélange à parts égales d'acide fluorhydrique 0,1 N et d'acide chlorhydrique 0,1 N pour détruire les minéraux argileux restants (agitation 2 fois par jour), puis sont lavés (jusqu'au début de dispersion des acides humiques) par de l'acide chlorhydrique 0,01 N, et, enfin, sont lyophilisés.

La teneur en eau sur les lyophilisats est déterminée par chauffage à 105° pendant 24 h, et la teneur en matière minérale, par combustion au four, à 750° , pendant 4 h. Tous les résultats d'analyses sont ensuite rapportés à la matière organique sèche (sans eau ni matière minérale).

Si la teneur en matière minérale dépasse 10 %, les acides humiques sont à nouveau traités par le mélange d'acides fluorhydrique et chlorhydrique.

2.4.2. DOSAGE DES PRINCIPAUX GROUPES FONCTIONNELS DES ACIDES HUMIQUES

« L'acidité totale » (groupes carboxyles COOH plus groupes phénols OH) et les « groupes COOH » sont respectivement estimés par la méthode à la baryte et la méthode à l'acétate de calcium selon Schnitzer et Gupta (1965). Par différence entre « l'acidité totale » et les « groupes COOH » on obtient les « groupes phénols ».

Les « groupes hydroxyles totaux » (groupes alcools OH plus groupes phénols OH) sont déterminés par acétylation suivie d'une saponification des acétates et distillation, puis titration de l'acide acétique libéré selon la méthode décrite par Schnitzer et Khan (1972) (2). Par différence entre les « groupes hydroxyles totaux » et les « groupes phénols » on obtient les « groupes alcools ».

Les « groupes carbonyles » (groupes C = O) sont dosés par oximation selon Fritz *et al.* (1959). La méthode a été adaptée aux composés humiques par Schnitzer et Skinner (1966) (3).

Les groupes méthoxyles, faiblement représentés dans les acides humiques, n'ont pas été dosés.

(1) Nous utilisons ici les termes — acides hymatomélaniques — pour rappeler qu'il s'agit d'une fraction soluble dans une solution alcoolique, alors, qu'en toute rigueur, ce terme est réservé à la seule fraction des acides humiques solubles dans l'éthanol.

(2) Nous avons augmenté le temps de chauffage de l'acétylation (100° , 6 h) et celui de la saponification (ébullition à reflux, 5 h) par rapport à la méthode citée.

(3) Après divers essais, nous avons légèrement modifié la méthode décrite par Schnitzer et Skinner (1966) en augmentant le temps réactionnel (3 h au lieu de 15 mn) et en opérant à température ambiante (22 à 25°) au lieu du bain-marie.

2.4.3. SPECTRES INFRAROUGES VISIBLES ET ULTRAVIOLETS DES ACIDES HUMIQUES

Les spectres IR (1) sont enregistrés en pastilles de KBr sur un spectrophotomètre Beckmann.

La teneur en acides humiques des pastilles est de 0,5 %. Les pastilles sont séchées pendant 1 heure à 110° avant l'enregistrement.

Pour les spectres visibles, 25 mg d'acides humiques (soit environ 12,5 mg de carbone) sont dissous dans 100 ml d'une solution de bicarbonate de sodium 0,02 N selon Kononova (1961), ou dans une solution de soude 0,05 N selon Filip *et al.* (1976). Les enregistrements sont effectués entre 400 et 700 nm dans une cuve de 0,5 cm d'épaisseur. On mesure les densités optiques à 465 et 665 nm. Le rapport de ces deux valeurs est une caractéristique des acides humiques et est symbolisé par l'expression E4/E6.

Les solutions précédentes sont diluées dix fois pour l'enregistrement dans l'ultraviolet (entre 340 et 200 nm).

Les spectres ultraviolets et visibles (1) sont enregistrés sur un spectrophotomètre Beckman Modèle « 25 ».

3. RÉSULTATS

3.1. Activité biologique globale

3.1.1. ETUDE DU CARBONE FACILEMENT MINÉRALISABLE

Les courbes sont présentées sur la figure 1 et les résultats détaillés peuvent être consultés en annexe.

On observe que :

— globalement, la décomposition est plus importante pour les sols sous cultures que pour celui sous forêt ;

— les cinétiques de décomposition sont identiques les premiers jours pour les sols cultivés mais se différencient nettement ensuite, la pente de la partie

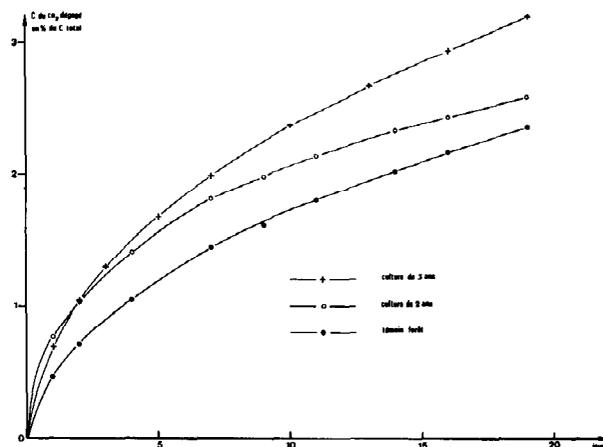


FIG. 1. — Etude du carbone facilement minéralisable.

rectiligne de la courbe 2 ans devenant à peu près égale à celle du témoin-forêt.

La mise en culture accélère donc la biodégradabilité de la matière organique. Toutefois, cette augmentation de la vitesse de décomposition n'est que de très courte durée pour le traitement 2 ans alors qu'elle reste notable pour la culture de 3 ans, même en fin d'expérience.

En conséquence, la chute des teneurs en carbone les premières années de mise en culture n'est pas liée seulement à la non restitution des résidus végétaux, mais aussi à une augmentation de la biodégradabilité de la matière organique. Ce phénomène est déjà décelable la deuxième année de culture et se confirme la troisième année.

Les études antérieures, effectuées sur ce sujet au Sénégal, confirment ces observations. Nous citerons, pour la région de Terres Neuves, le travail de Dommergues (1956) sur les sols de Boulel, et, pour les sols de Sefa en Casamance, les études de Dommergues (1956), Moureaux (1965) et Fauck *et al.* (1969). Pratiquement, dans tous les cas, la minéralisation de carbone (en % du carbone total) est plus élevée pour les sols cultivés que pour le témoin-forêt (2).

(2) La seule exception est celle des « sols rouges » de Sefa, et ce, uniquement après quinze années de culture. Le coefficient de minéralisation du carbone est alors plus élevé sous forêt que sous culture. Tel n'était pas le cas pour les prélèvements à la cinquième (Dommergues, 1956) et onzième année de culture (Moureaux 1965). Les « sols beiges », eux, suivent la règle générale.

(1) Nous remercions M. H. Pinta et Mlle G. Fusil (SSC, ORSTOM-BONDY) pour l'enregistrement des spectres infrarouges et M. Baldensperger (Laboratoire de Biologie des Sols, ORSTOM, Dakar) pour celui des spectres visibles et ultraviolets.

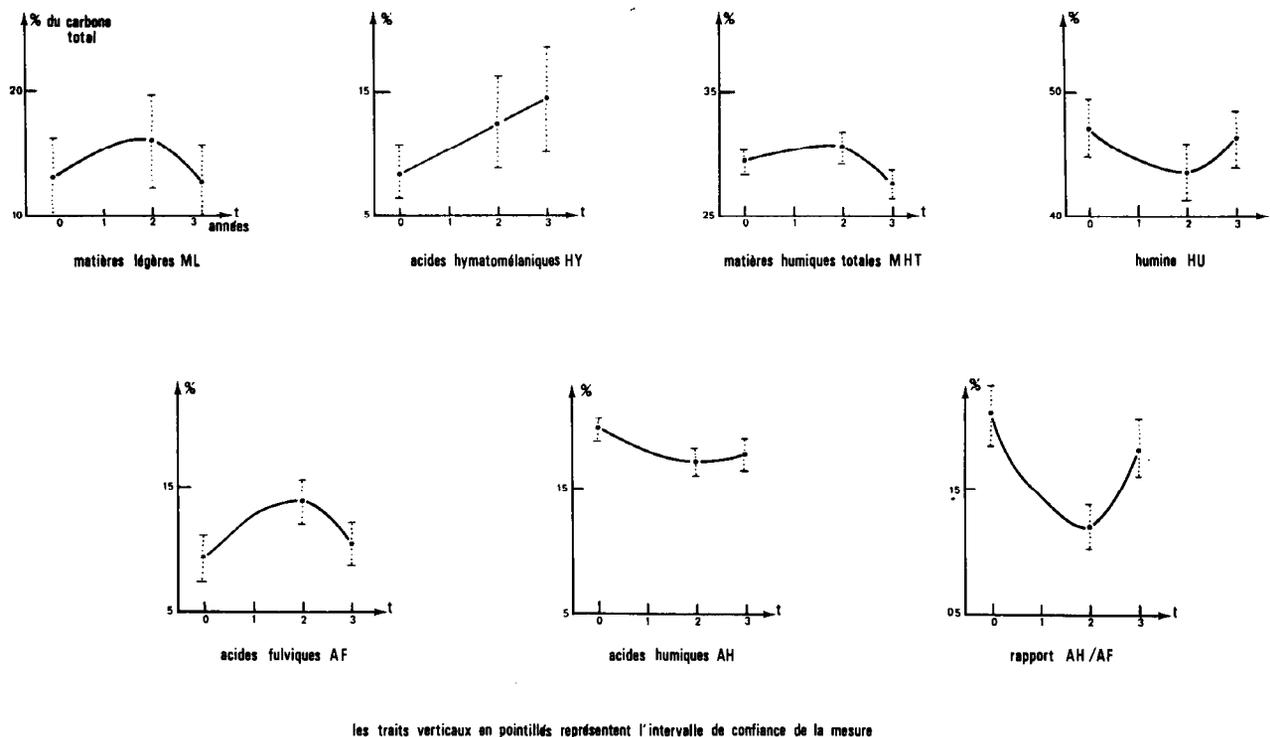


Fig. 2. — Evolution des différentes fractions de la matière organique en fonction de l'âge du défrichement.

3.1.2. ETUDE DU POUVOIR NITRIFICATEUR DU SOL

Ont été étudiés les traitements forêt et 2 ans dont les résultats sont présentés dans le tableau I. Seules sont portées les valeurs extrêmes à $t = 0$ et $t = 9$ semaines (entre ces deux points la progression est régulière et un palier est atteint vers 7 semaines).

TABLEAU I

	ppm $N_{NO_3^-} + N_{NO_2^-}$		% $N_{NO_3^-} + N_{NO_2^-}$ par rapport à N total	
	$t = 0$	$t = 9$ semaines	$t = 0$	$t = 9$ semaines
Forêt	6,0	32	1,4	7,3
Culture de 2 ans	5,6	26	1,6	7,2

La nitrification est faible dans ces sols.

Elle diminue avec la mise en culture, mais, si les valeurs sont exprimées en pourcents de l'azote total, on note, alors, peu de différence entre les deux traitements. Aucun effet spécifique dû à la mise en culture ne s'observe donc sur les processus de nitrification.

3.2. Les différentes formes d'azote

Le fractionnement a eu lieu sur le sol total et sur le sol débarrassé des matières légères (résidu de sol après séparation densimétrique) afin de vérifier si des transformations peuvent affecter spécifiquement les fractions organiques libres ou liées.

Les résultats sont portés dans le tableau II.

L'azote aminé représente environ 50 % de l'azote total, l'azote ammoniacal 23 % et l'azote insoluble 26 %.

Les variations sont faibles et certainement non significatives aussi bien entre les différents traitements (forêt, cultures), qu'entre les dosages avec ou sans

TABLEAU II

(*)	Forêt		Culture de 2 ans		Culture de 3 ans	
	avec ML	sans ML	avec ML	sans ML	avec ML	sans ML
N ammoniacal %	22,0	22,6	23,9	23,3	20,1	23,0
N aminé %	52,6	50,7	48,7	48,7	54,2	51,7
N insoluble %	25,4	26,7	27,4	27,9	25,7	25,3

(*) avec ML = dosage sur sol total.
sans ML = dosage sur sol débarrassé des matières légères.

matières légères. Sur une période de 3 ans, la mise en culture ne modifie donc pas la proportion relative des différentes formes d'azote.

3.3. Le fractionnement de la matière organique

Nous rappelons que les résultats sont exprimés en pourcents du carbone total. Ils sont présentés sur la figure 2 et les valeurs détaillées peuvent être consultées en annexe.

Les variations sont faibles, sauf pour les acides fulviques et le rapport AH/AF, et représentent des tendances plutôt que des différences significatives. Il ressort que :

- les acides humiques augmentent avec la mise en culture ;
- matières humiques totales et acides fulviques d'une part, humine et acides humiques d'autre part ont des courbes de variation similaires ;
- le rapport AH/HF passe par un minimum nettement marqué à la période de 2 ans mais reste à

les traits verticaux en pointillés représentent l'intervalle de confiance de la mesure

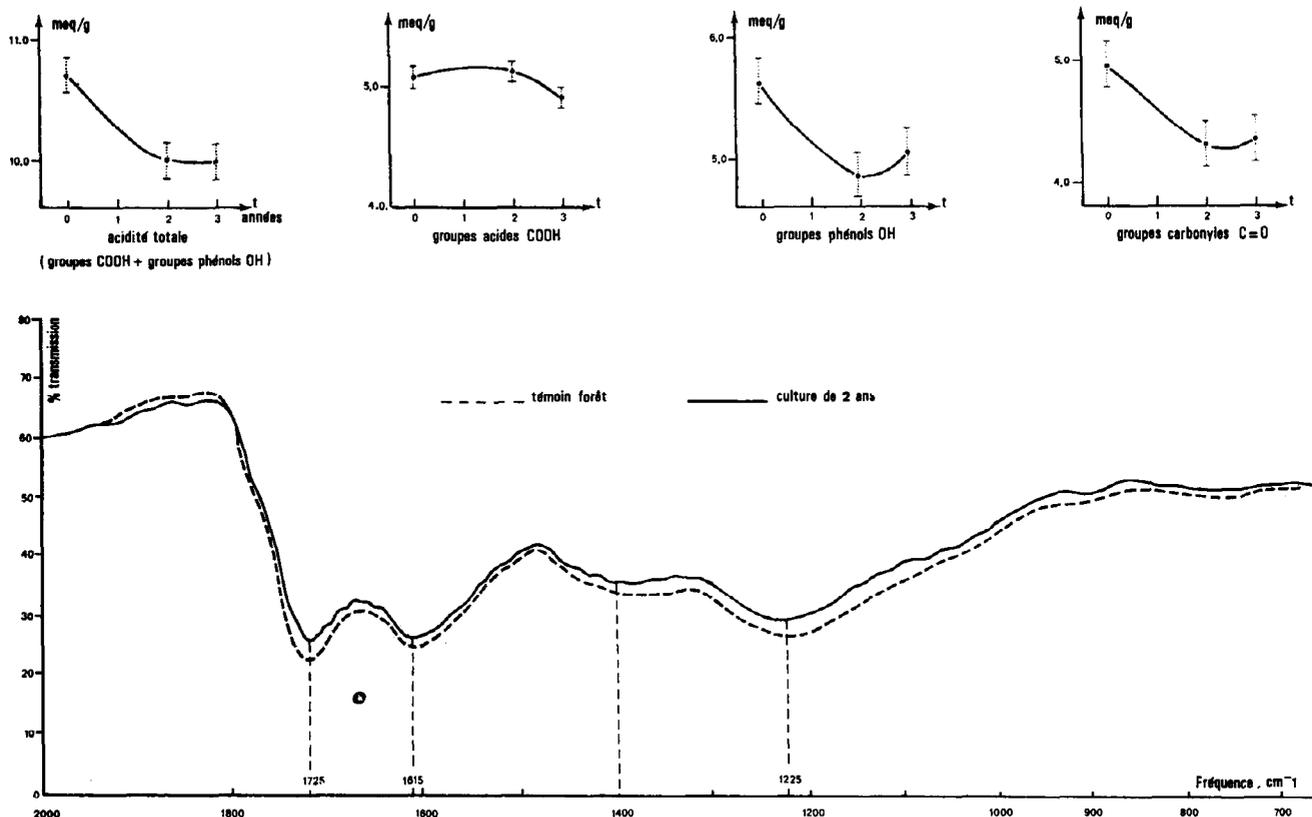


FIG. 3. — (En haut). - Evolution des groupes fonctionnels des acides humiques en fonction de l'âge du défrichement.

FIG. 4. — (En bas). - Spectres infrarouges d'acides humiques.

une valeur inférieure à celle du témoin-forêt pour la culture de 3 ans.

Sous l'influence du défrichement et de la mise en culture, on assiste donc à la transformation d'une fraction des acides humiques et de l'humine en acides fulviques et, peut-être, hymatomélaniques. Cet effet, nettement marqué pour le traitement 2 ans, l'est beaucoup moins pour la culture de 3 ans.

Sur les sols de Sefa, après quinze années de culture, Fauck *et al.* (1969) notaient aussi une diminution notable du rapport AH/AF par rapport au témoin-forêt.

3.4. Les caractéristiques des acides humiques

3.4.1. ETUDE DES GROUPES FONCTIONNELS

Les résultats sont présentés sur la figure 3, les valeurs détaillées peuvent être consultées en annexe.

Avec la mise en culture, on observe une diminution de l'acidité totale, des groupes phénols OH et des

groupes carbonyles C = O. Les groupes acides COOH restant à peu près constants, la diminution de l'acidité totale est due essentiellement à celle des groupes phénols.

Malgré divers essais, et pour une raison encore non élucidée, les teneurs en groupes hydroxyles totaux (groupes hydroxyles phénoliques et alcooliques) sont inférieures à celles déterminées pour les seuls groupes phénols, et ne seront donc pas prises en considération ici.

3.4.2. ETUDE SPECTROSCOPIQUE

a. Spectres infrarouges

Ont été enregistrés les spectres infrarouges des acides humiques des traitements forêt et culture de 2 ans. Les principales bandes observées, et leur attribution probable, sont présentées dans le tableau III. Les spectres sont peu résolus et pratiquement semblables. Seules quelques légères différences apparaissent dans la région 1 000-1 800 cm^{-1} (v. fig. 4).

TABLEAU III

Attribution des principales bandes d'absorption infrarouge des acides humiques des sols sous forêt et sous culture de 2 ans de la région des Terres Neuves (Sénégal Oriental)

Forêt			Culture de 2 ans
Fréquence cm^{-1}	Intensité observée	Attribution (*)	
3 420	F, 1,	Liaisons OH de : · l'eau d'hydratation · des alcools et phénols · Liaisons intermoléculaires	idem
2 920	fa	Liaisons C-H aliphatiques	idem
1 725	F	Groupements C=O (non conjugués) des cétones et aldéhydes et des acides carboxyliques.	légèrement plus faible
1 615	F	Ion carboxylate COO^- , groupements C = O (conjugués) de cétones, doubles liaisons C=C conjuguées avec liaisons C = O	idem
1 390	fa	Liaisons C-O de phénols ou d'alcools tertiaires, ion carboxylate COO^-	idem
1 225	F, 1,	Liaisons C-O de phénols, esters et ethers.	légèrement plus faible
1 050	épaulement	Liaisons OH de COOH Liaison Si-O-Si des silicates	idem

Abréviations : F = Fort, l = large, fa = faible.

(*) Selon Schnitzer et Khan (1972), Flaig *et al.* (1975), Dyer (1970).

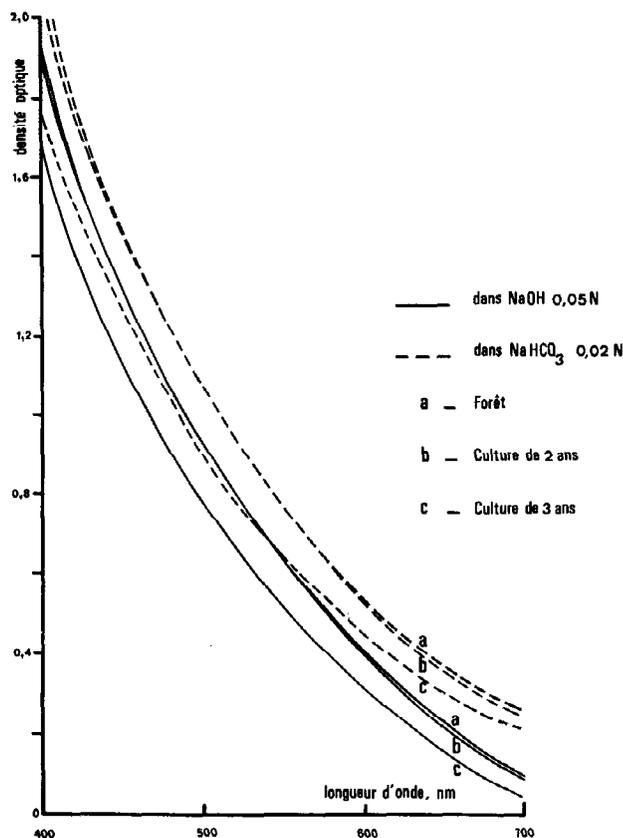


FIG. 5. — Spectres visibles d'acides humiques.

Ainsi, les bandes à $1\ 725\ \text{cm}^{-1}$ (vibration de valence des cétones saturées et des acides) et à $1\ 225\ \text{cm}^{-1}$ (vibration de valence des liaisons C-O des phénols, acides, esters) présentent des intensités plus faibles pour la culture de 2 ans que pour le témoin forêt. Bien que l'on ne puisse attribuer une valeur significative à ces différences (faibles variations, aucune répétition), celles-ci sont tout de même en accord avec les variations observées entre les traitements pour le dosage des groupes fonctionnels (diminution des groupes phénols et carboxyles après deux années de culture). Selon des études de Flaig *et al.* (1955), les diminutions des intensités des bandes à $1\ 725$ et $1\ 225\ \text{cm}^{-1}$ correspondraient à un enrichissement en acides humiques gris.

b. Spectres visibles

Les spectres sont présentés sur la figure 5 et les rapports E4/E6 apparaissent dans le tableau IV.

TABEAU IV

	En solution dans NaHCO_3 0,02 N			En solution dans NaOH 0,05 N		
	Forêt	Culture de 2 ans	Culture de 3 ans	Forêt	Culture de 2 ans	Culture de 3 ans
E4/E6	4,16	4,16	4,26	6,94	6,94	8,42
pH	12,3	12,4	12,4	7,75	7,65	7,75

L'absorption dans l'ultraviolet et le visible est fonction des concentrations des solutions. Toutefois pour une substance donnée, le rapport E4/E6 est indépendant de la concentration.

Il est admis que ce rapport est un indice de l'intensité de l'humification (v. par ex. Kononova 1961 et les revues bibliographiques de Schnitzer et Khan 1972, Flaig *et al.* 1975), les composés les plus humifiés étant caractérisés par des rapports E4/E6 faibles. Certains auteurs préconisent l'étude des spectres à pH 7,0 (Kononova, 1961) d'autres à pH 12,0 (Filip *et al.* 1976).

Le traitement 3 ans se différencie nettement du témoin forêt et de la culture de 2 ans qui sont strictement semblables. Les effets sont surtout marqués à pH 12,4, alors qu'ils le sont très peu à pH 7,7 (v. tabl. IV). Le rapport E4/E6 augmentant à la troisième année de culture, on assisterait donc à une dépolymérisation des acides humiques. Ces résultats paraissent contradictoires avec ceux de l'étude infrarouge.

c. Spectres ultraviolets

Ces spectres, représentés à titre indicatif, n'apportent aucune information supplémentaire à cette étude mais confirment le comportement spectral particulier des acides humiques des sols cultivés depuis 3 ans.

4. DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Le premier point méritant d'être souligné est l'absence de variabilité relative de la fraction azotée (tout au moins sur les analyses effectuées), entre les différents traitements.

Il n'en est pas de même pour les pôles « carboné » et « oxygéné » de la matière organique, des tendances

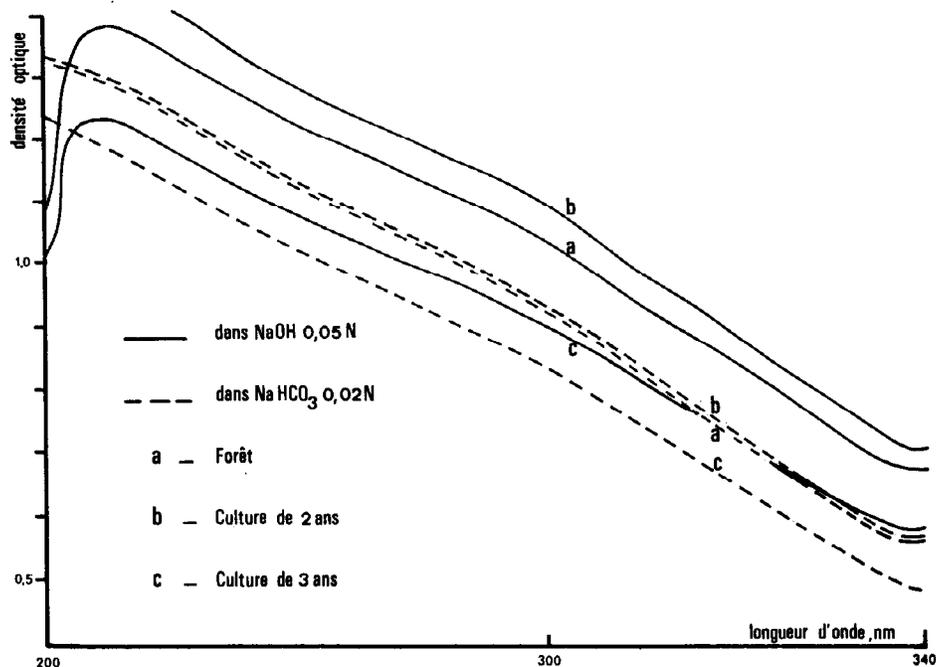


FIG. 6. — Spectres ultraviolets d'acides humiques.

évolutives se dessinant dès les premières années de mise en valeur.

L'apparition, avec la mise en culture, de composés très facilement biodégradables (fig. 3) va de pair avec une dépolymérisation des composés humiques, puisqu'on observe une diminution relative des acides humiques et de l'humine, au profit des acides fulviques et hyatomélaniques, surtout en deuxième année.

Bien que les variations ne soient pas spectaculaires, la caractérisation des acides humiques nous a permis de constater une diminution de l'acidité d'échange (en particulier de l'acidité phénolique), et des groupes carbonyles $C=O$, avec la mise en culture. Turenne (1969) étudiant les caractéristiques des sols de Guyane, note que le défrichement diminue nettement les possibilités d'échange de la matière organique, et favorise une évolution des acides humiques vers les composés les plus polymérisés.

Les données de la littérature montrent que les teneurs en groupes fonctionnels, ainsi que l'intensité des bandes I.R. dans les régions 1720 et 1220 cm^{-1} , diminuent quand augmente la polymérisation (par ex. dans Schnitzer et Khan 1972, p. 38 et 71, la comparai-

son des groupes fonctionnels et des spectres infrarouges d'acides humiques et fulviques). Au sein des acides humiques, le passage des acides humiques bruns aux acides humiques gris s'opère de la même façon (Flaig *et al.* 1977 et Flaig 1970). A ce sujet, les résultats que nous obtenons dans notre étude sont ambigus, puisque la diminution des groupes fonctionnels avec la mise en culture s'accorde bien avec une polymérisation plus poussée des acides humiques, alors que l'augmentation du rapport $E4/E6$ semble indiquer un effet inverse. En l'absence de fractionnement par électrophorèse ou gel « sephadex » il apparaît difficile de préciser la tendance évolutive au sein des acides humiques.

Enfin, en relation avec la diminution de la stabilité structurale (v. 1^{re} partie) il faut noter l'augmentation relative des acides fulviques. Nous rejoignons là les observations de Combeau et Quantin (1964) et de Fauck *et al.* (1969). Par ailleurs, Dell'Agnola et Ferrari (1971), comparant des sols vierges et cultivés, ont montré que la stabilité structurale diminuait avec la mise en culture, que les agrégats les plus stables étaient riches en molécules humiques de poids moléculaires apparents supérieurs à 100 000, ces dernières

étant caractérisées par un rapport groupes phénols/groupe COOH élevé. Selon ces auteurs, les groupes phénols apparaissent donc comme un facteur décisif de stabilisation des agrégats par les acides humiques du sol. Les premiers résultats de notre étude sur les sols de défriche récente confirment ces observations (tabl. V).

TABLEAU V

	Forêt	Culture de 2 ans
Is	1,25	1,68
AF (%)	9,5	13,9
Rapport $\frac{\text{Groupes phénols}}{\text{Groupes COOH}}$	1,12	0,95

Avec le défrichement et la mise en culture, se dessine donc une évolution qualitative de la matière organique qui confirme les variations quantitatives décrites dans la première partie de ce travail (Feller et Milleville, 1977).

5. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Le défrichement et 3 années de mise en culture peu intensive, sans restitution de matière organique, sont suffisants pour abaisser le potentiel de fertilité des sols ferrugineux tropicaux lessivés de plateau de la région des Terres Neuves (Sénégal Oriental).

A côté du travail superficiel du sol qui modifie certaines propriétés physiques de surface (densité

apparente, porosité structurale) la matière organique apparaît comme facteur déterminant dans le processus d'évolution de ces sols (v. 1^{re} partie).

La très faible restitution de résidus végétaux dans les sols cultivés modifie profondément l'équilibre organique existant sous végétation naturelle, entraînant la diminution du stock organique, de la capacité d'échange, et de la stabilité structurale.

Qui plus est, la dynamique de l'humification semble accentuer ces processus, puisqu'on note une augmentation de la sensibilité à la biodégradation de la matière organique liée au passage d'une fraction des formes organiques les plus stables (acides humiques et humine) vers des composés moins polymérisés (acides fulviques et composés solubles dans les solutions éthanol-bromoforme).

Parallèlement, les composés les plus stables (acides humiques) voient leur acidité d'échange diminuer par pertes de groupements hydroxyles phénoliques et participent ainsi à la chute de la capacité d'échange globale. Par ailleurs, la variation observée pour les groupes carbonyles C=O, entre le témoin forêt et les sols cultivés, confirme que des transformations chimiques relativement importantes affectent ces composés.

Enfin, la diminution de la stabilité structurale n'est peut-être pas liée uniquement à la variation quantitative du stock organique, mais aussi aux nouvelles caractéristiques des composés humiques apparus, telles que l'augmentation relative des acides fulviques et la diminution des groupes phénols des acides humiques.

Manuscrit reçu au Service des Publications le 19 septembre 1977

BIBLIOGRAPHIE

- COMBEAU (A.) et QUANTIN (P.), 1964. — Observations sur les relations entre stabilité structurale et matière organique dans quelques sols d'Afrique Centrale. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, Vol. II, n° 1 : 3-12.
- DECAU (J.), 1968. — Contribution à l'étude de l'influence des conditions de milieu sur la répartition de l'azote dans le sol. I. - Principales formes d'azote obtenues par hydrolyse. *Ann. Agro.*, Vol. 19, n° 6 : 653-683.
- DELL'AGNOLA (G.) et FERRARI (G.), 1971. — Molecular sizes and functional groups of humic substances extracted by 0,1 M pyrophosphate from soil aggregates of different stability. *J. of Soil Science*, Vol. 22, n° 3 : 342-349.
- DOMMERMUES (Y.), 1956. — Etude de la biologie des sols des forêts tropicales sèches et de leur évolution après défrichement. 6^e congr. de Sciences du sol, Paris, Vol. 5, n° 98 : 605-610.
- DOMMERMUES (Y.), 1960. — La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. *L'Agron. Trop.*, Vol. XV, n° 1 : 54-60.
- DYER (J.R.), 1970. — Spectroscopie d'absorption appliquée aux composés organiques. Dunod, Paris, 154 p.
- FAUCK (R.), MOUREAUX (C.), THOMANN (C.), 1969. — Bilan de l'évolution des sols à Séfa (Casamance, Sénégal) après quinze

- années de culture continue. *L'Agron. Trop.*, Vol. XXIV, n° 3 : 263-301.
- FELLER (C.), MILLEVILLE (P.), 1977. — Evolution des sols de défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal oriental). Première partie : Présentation de l'étude et évolution des principales caractéristiques morphologiques et physico-chimiques. *Cah. ORSTOM, sér. Biol.*, vol. XII, n° 3, 195-207.
- FILIP (Z.), SEMOTAN (J.), KUTILEK (M.), 1976. — Thermal and spectrophotometric analysis of some fungal melanins and soil humic compounds. *Geoderma*, Vol. 15 : 131-142.
- FLAIG (W.), 1970. — Contribution à la connaissance de la constitution et de la synthèse des acides humiques. *Science du sol*, Vol. 2 : 39-72.
- FLAIG (W.), BEUTELSPACHER (H.), RIETZ (E.), 1975. — Chemical composition and physical properties of humic substances. In *Soil Components*, Vol. 1, Organic components, Ed. J.E. Gieseking, Springer Verlag., 534 p.
- FLAIG (W.), SCHEFFER (F.), KLAMROTH (B.), 1955. — Zur Kenntnis des Hüminsäuren -8- Zur Charakterisierung des Bodens. *Z. Pflanzenenähr. Düng. Bodenk.* Vol. 71 : 33-37.
- FRITZ (J.S.), YAMAMURA (S.S.), BRADFORD (F.C.), 1959. — Determination of carbonyl compounds. *Anal. Chem.*, Vol. 31, n° 2 : 260-262.
- KONONOVA (M.M.), 1961. — Soil organic matter, its nature, its role in soil formation and in soil fertility. Pergamon Press Ltd., 450 p.
- MOUREAUX (C.), 1965. — Glycolyse et activité microbiologique globale en divers sols ouest-africains. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, Vol. V, n° 1 : 103-113.
- SCHNITZER (M.), GUPTA (U.C.), 1965. — Determination of acidity in soil organic matter. *Soil Sci. Soc. Amer. Proceed.*, Vol. 29, n° 3 : 274-277.
- SCHNITZER (M.) et KHAN (S.U.), 1972. — Humic substances in the environment. Marcel Dekker, Inc., N.Y., 327 p.
- SCHNITZER (M.) et SKINNER (S.I.M.), 1966. — A polarographic method for the determination of carbonyl groups in soil humic compounds. *Soil Sci.*, Vol. 101, n° 2 : 120-124.
- TURENNE (F.), 1969. — Déforestation et préparation du sol par brûlis. Modifications des caractères physico-chimiques de l'horizon supérieur du sol. 7^e Congrès caribbean Food Crops Society, Martinique-Guadeloupe 26/6 - 4/7/1969, rapp. multigr. Centre ORSTOM, Cayenne, 8 p.

ANNEXE

1. MESURE DU DÉGAGEMENT DE CO₂

t (jours)	C du CO ₂ dégagé en % du carbone total		
	Forêt	Culture de 2 ans	Culture de 3 ans
1	0,47	0,76	0,69
2	0,71	1,02	1,04
3			1,29
4	1,04	1,40	
5			1,66
7	1,43	1,81	1,98
9	1,60	1,97	
10			2,36
11	1,80	2,13	
13			2,66
14	2,02	2,31	
16	2,15	2,41	2,92
19	2,33	2,57	3,18

2. FRACTIONNEMENT DE LA MATIÈRE ORGANIQUE (EN POUR CENTS DU CARBONE TOTAL)

	ML	HY	MHT	HU	Total	AH	AF	AH/AF
Forêt	13,1	8,5	29,3	47,2	98,1	19,8	9,5	2,11
Culture de 2 ans	16,4	12,8	31,0	43,6	103,6	17,1	13,9	1,23
Culture de 3 ans	12,7	14,7	27,4	46,5	101,3	17,7	9,7	1,82

3. DOSAGE DES GROUPES FONCTIONNELS DES ACIDES HUMIQUES

	Acidité totale még/g	Groupes acides COOH még/g	Groupes phénols OH még/g	Groupes carbonyles C=O még/g	Groupes hydroxyles totaux még/g
Forêt	10,7	5,1	5,65	5,0	4,1
Culture de 2 ans	10,0	5,1	4,9	4,3	3,9
Culture de 3 ans	10,0	4,9	5,1	4,4	4,05