

Ch. THOMANN

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE L'ÉVOLUTION DE LA MATIÈRE
ORGANIQUE DES SOLS TROPICAUX**

(CAS D'UN SOL VERTIQUE DU SÉNÉGAL EN SAISON DES PLUIES)

SEPTEMBRE 1971

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O.R.S.T.O.M. DE DAKAR-



CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'EVOLUTION
DE LA MATIERE ORGANIQUE DES SOLS TROPICAUX

Cas d'un sol vertique (Dek) du Sénégal,
en saison des pluies.

Ch. THOMANN

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE
DES SOLS TROPICAUX - CAS D'UN SOL VERTIQUE (Dek) DU SENEGAL, EN SAISON DES PLUIES.

INTRODUCTION -

L'évolution de la matière organique dans les sols est un vaste problème fort complexe, qu'il est difficile de traiter dans son ensemble. En effet, pour entreprendre une étude complète du bilan organique, il est nécessaire de suivre rigoureusement, en fonction de la matière végétale verte et sèche, les pertes et les gains dans un temps donné. Et de plus, il faut étudier le bilan humique du sol lui-même d'un point de vue chimique, correspondant à l'évolution d'une certaine partie de cette matière végétale. C'est ce dernier point que nous avons voulu éclaircir, considérant la fraction "humus" proprement dite comme élément essentiel; nous l'estimons pour une première étude plus simple à examiner et plus précis dans l'analyse.

I - MATERIEL, MILIEU ET METHODES D'ETUDE

Notre choix s'est fixé sur un sol de la station de Recherches Agronomiques de Bambey (Sénégal)*, car l'étude devant durer plusieurs mois, il était nécessaire de pouvoir isoler et protéger une parcelle; ce travail est plus facile à réaliser en station, que dans la nature. Nous avons donc essayé de suivre, par des prélèvements effectués régulièrement, ce que devenait l'humus (avec ses différentes fractions) en fonction du temps, et principalement, sous ce climat tropical, pendant la saison des pluies. Le type de sol choisi est un sol vertique, un "dek" du Sénégal. Nous l'avons préféré au "dior" (sol ferrugineux tropical) pourtant plus représentatif de la région, à cause de sa plus forte teneur en matière organique. En effet, pour pouvoir fractionner l'humus, il est nécessaire que chaque fraction renferme une certaine proportion de carbone, aisément dosable, afin de limiter les erreurs d'analyses.

Bambey a pour coordonnées géographiques: 14° 43' N - 16° 29' O.

Le climat, typiquement tropical, est du type sahélo-sénégalais (d'après AUBREVILLE - 1949), caractérisé par une seule saison des pluies de 5 mois, et une saison sèche de 7 mois:

* Nous remercions sincèrement Mrs. CHARREAU et POULAIN, Pédologues IRAT, d'avoir bien voulu nous conseiller, et nous faciliter le travail sur le terrain, ainsi que Mr. P. MERCKY (ORSTOM) pour son aide efficace.

- température moyenne annuelle: 27°, elle est plus faible au début de la saison sèche, et plus élevée en fin de saison sèche, permettant ainsi de distinguer 3 saisons: une saison humide, une saison fraîche (sèche) et une saison chaude (sèche).
- pluviométrie moyenne annuelle: 631 mm, et pour l'année étudiée: 613 mm, avec la répartition suivante (Fig. 1):

Juin	1966 = 14 mm	Septembre	1966 = 264 mm	Décembre	1966 = 1 mm
Juillet	1966 = 9 mm	Octobre	1966 = 146 mm	Janvier	1967 = 0 mm
Août	1966 = 179 mm	Novembre	1966 = 0 mm	Février	1967 = 0 mm.

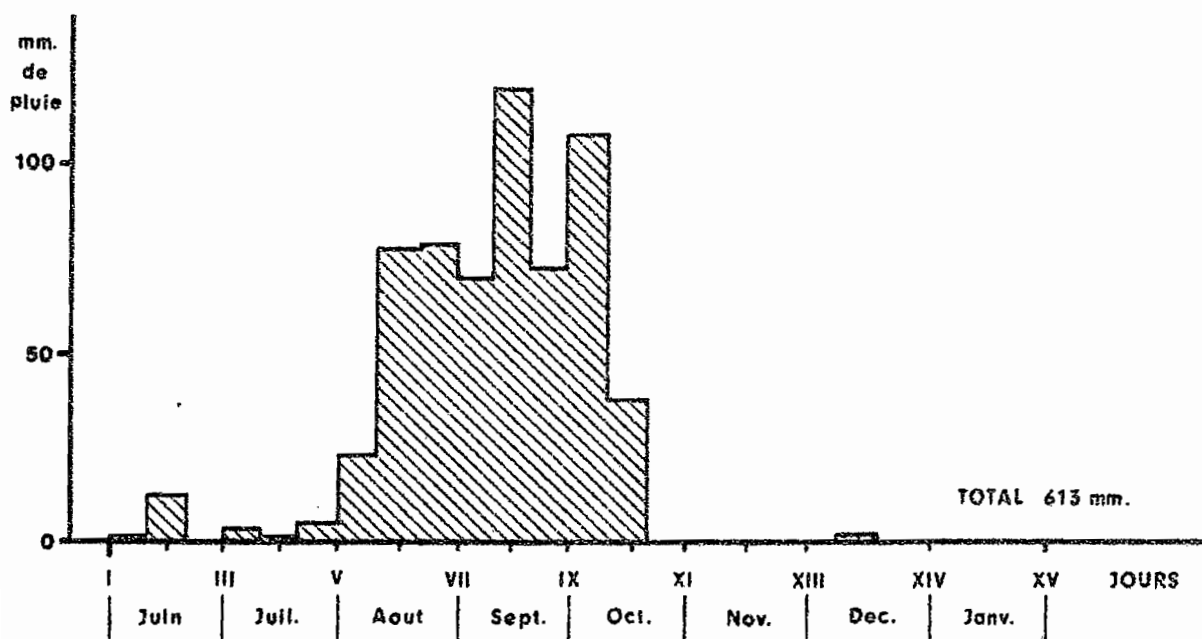
Du point de vue végétation, Bambey fait partie du domaine soudanien et plus particulièrement du secteur soudano-sahélien; la parcelle sur laquelle nos prélèvements ont été effectués, était en jachère depuis 4 ans.

Les prélèvements ont été faits de 0 à 10 cm et de 10 à 20 cm, dans une parcelle de 15 m x 15 m, délimitée en carrés de 1 m x 1 m. Pour une date donnée, on a effectué 15 prélèvements, chacun dans un carré, soit 15 carrés pris au hasard (par randomisation). Ceci a donc été exécuté 15 fois, afin que l'ensemble de la parcelle soit prélevé. Les analyses ont porté sur l'échantillon moyen (mélange homogénéisé de 15 prélèvements pour une date déterminée), soit au total 30 échantillons (15 x 2), qui statistiquement représentent bien 15 états de la parcelle à diverses époques de l'année.

Nous avons donc voulu suivre plus spécialement l'évolution de l'humus pendant la période comprise entre le mois de Juin 1966 et le mois de Février 1967, la période pluvieuse étant limitée aux mois d'Août, Septembre et Octobre.

Les analyses suivantes ont été faites: pH, C total (méthode Anne), N total (méthode Kjeldahl), analyse granulométrique, complexe absorbant. Pour l'humus, 3 méthodes ont été appliquées: la méthode Tiurin-Duchaufour (fractionnement chimique de l'humus, par lequel 5 fractions sont obtenues: 2 acides fulviques - F₁ et F₂ - et 3 acides humiques - H₁, H₂ et H₃ -), le fractionnement par densité (fractionnement physique, et extraction de l'humus sur chaque fraction), et l'électrophorèse (donnant le degré de polymérisation des acides humiques); pour chacune de ces méthodes, nous verrons l'ensemble des résultats, et les conclusions que l'on peut en tirer.

fig. 1 - Pluviométrie - juin 1966 - février 1967



Les principales caractéristiques de ce sol, pour l'horizon de surface étudié (0 - 20 cm), sont les suivantes:

	pH	C ‰	N ‰	Granulométrie					
				Argile %	Limon fin %	Limon gros.%	Sable fin %	Sable gros.%	Matière org. %
0 - 10 cm	6,25	7,3	0,69	16,2	4,2	5,2	50,7	22,4	1,3
10 - 20 cm	6,15	6,2	0,54	18,7	4,5	5,1	48,5	22,1	1,1

	Complexe absorbant (Méq %)						
	Ca	Mg	K	Na	S	T	S/T
0 - 10 cm	6,88	2,10	0,12	0,06	9,16	10,85	84,4
10 - 20 cm	7,88	1,97	0,06	0,07	9,98	11,85	84,2

II - RESULTATS ET DISCUSSION

1/ Influence de la granulométrie

L'hétérogénéité de la parcelle, du point de vue granulométrique, nous oblige à faire intervenir dans tous les résultats obtenus, un facteur correctif. En effet, il existe une corrélation très étroite entre la teneur en carbone (ou en humus) et la teneur en argile + limon, ainsi qu'entre le taux d'azote et le taux d'argile + limon:

Prélèvement 0 - 10 cm	Prélèvement 10-20 cm
pour le carbone: $r = 0,93$	$r = 0,96$
pour l'azote : $r = 0,91$	$r = 0,93$
} pour n = 15	

Nous avons donc corrigé tous les chiffres de carbone, d'humus et d'azote se rapportant respectivement à chaque prélèvement; nous les avons ramenés à une teneur moyenne en argile + limon, de façon que les variations constatées dans les taux de matière organique tout au long de l'étude, soient imputables en premier lieu, à une évolution de cette matière organique dans le temps:

variations des teneurs (argile + limon) %:	teneur moyenne
dans l'horizon 0 - 10 cm = 19,0 à 21,8	20,4 %
dans l'horizon 10 - 20 cm = 21,4 à 25,3	23,2 %

2/ C total et N total: Tableau I - Fig. 2

Si l'on considère les variations dans le temps du carbone et de l'azote de l'horizon moyen 0 - 20 cm, on remarque que les 2 courbes sont à peu près parallèles, et varient donc dans le même sens.

Pour plus de clarté dans l'exposé, nous scinderons la période étudiée, c'est-à-dire du 1er/6/66 au 1er/2/67 en 5 sous-périodes:

- 1ère période = du 1er/6 au 31/7 : début de la saison des pluies
 - 2ème période = du 1er/8 au 15/9
 - 3ème période = du 15/9 au 31/10
 - 4ème période = du 1er/11 au 31/12 : début de la saison sèche
 - 5ème période = du 1er/1 au 1er/2 : milieu de la saison sèche.
- } ces 2 périodes correspondant à la
saison des pluies proprement dite

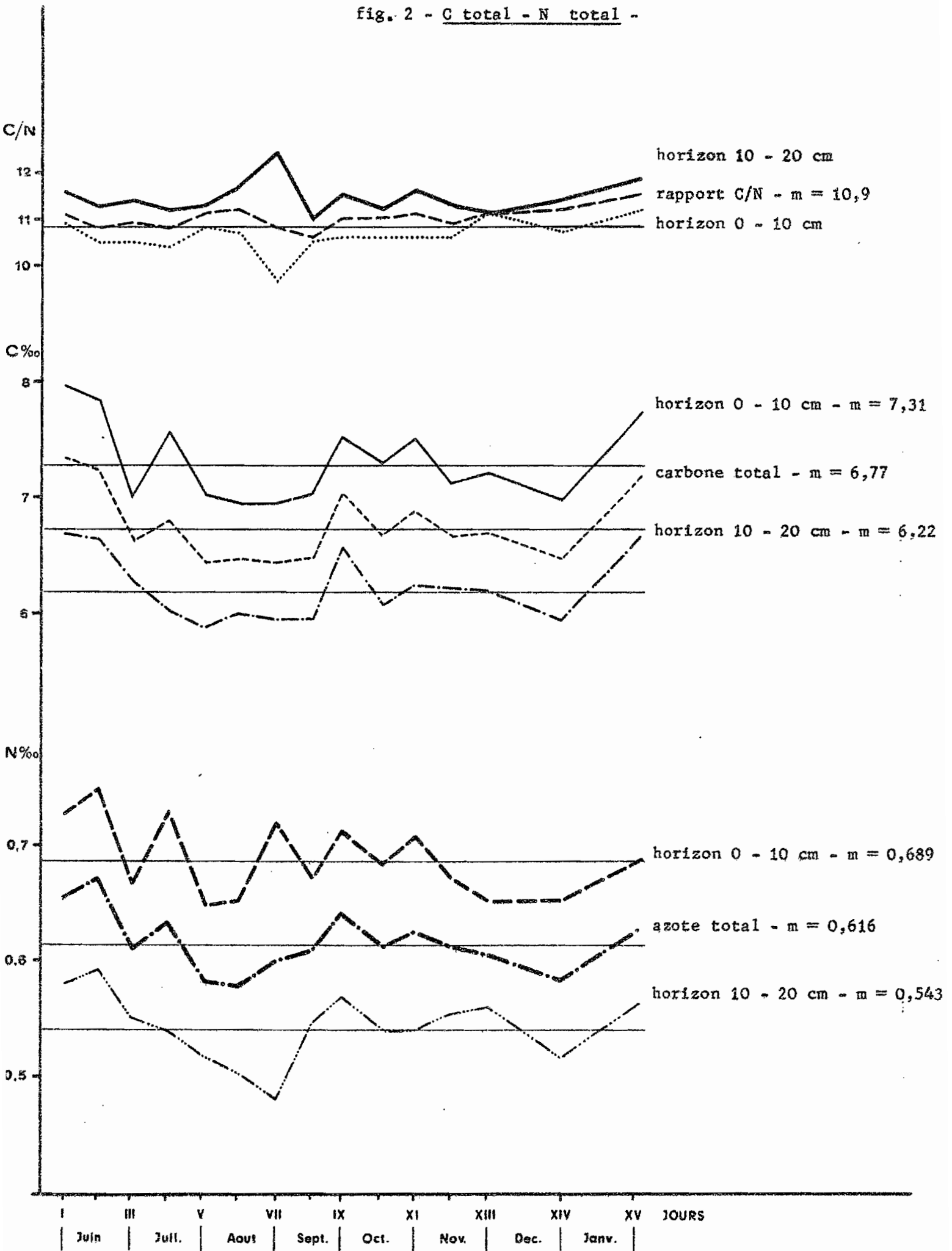
La 1ère période est marquée par une diminution progressive des teneurs en C et N, avec toutefois une remontée non négligeable correspondant au prélèvement du 15 Juillet. Cette diminution traduit vraisemblablement une certaine minéralisation, due à une température particulièrement élevée sur un sol quasiment dénudé. Le pic de la mi-juillet, sensible uniquement sur l'horizon de surface (0 - 10 cm), pourrait refléter une reprise de la vie biologique, stimulée par la faible pluviométrie de cette période.

Au cours de la 2ème période, les minima atteints pour C et N se maintiennent (très nettement pour C, moins régulièrement pour N), car le sol n'est pas encore recouvert de végétation. Du 1er Juin au 15 Août, donc en 2 mois $\frac{1}{2}$, les variations sont les suivantes: le taux de C passe de 7,3 % à 6,5 %, et celui d'N de 0,66 % à 0,58 %.

La 3ème période, représentant la fin de la saison des pluies, est marquée par une brusque augmentation des taux de C et d'N (C = 6,49 à 7,04 - N = 0,61 à 0,64); ceci correspond à une abondante végétation herbeuse, qui atteint son maximum de développement à cette période, et peut-être aussi à un léger engorgement du sol, favorisant l'accumulation de matière organique.

A la 4ème période, une lente diminution des taux de C et d'N se produit, époque pendant laquelle la végétation sèche rapidement, car la température est élevée, et une certaine minéralisation a lieu. DOMMARGUES (2) précise que dans ces sols des régions tropicales sèches et semi-arides, "il n'est

fig. 2 - C total - N total -



pas étonnant d'observer au début de la saison sèche, une évolution très nette se traduisant, en particulier, par une minéralisation active du carbone et de l'azote organique". On a prouvé qu'une certaine activité biologique se produirait encore dans l'intervalle de pF 4,2 - 5,0, humidité que l'on trouve dans les horizons supérieurs pendant plusieurs mois après l'arrêt des pluies.

On observe au cours de la 5ème période, une brusque remontée des taux de C et N; faut-il l'attribuer à la décomposition dans le sol des débris végétaux ?

Dans l'ensemble, on peut donc distinguer 2 phases décroissantes, pendant lesquelles les teneurs en C et N diminuent: le début de la saison des pluies, et le début de la saison sèche; et 2 phases ascendantes: le milieu de la saison des pluies, et le milieu de la saison sèche. Ces variations ne sont pas très importantes, puisqu'elles représentent un écart maximum, par rapport aux moyennes générales, de 13,1 % pour le carbone, et de 14,9 % pour l'azote.

BONFILS ayant fait également des observations sur l'évolution de la matière organique dans le même type de sol, à Bambey, on constate que nos résultats concordent avec les siens en ce qui concerne le C total; mais pour BONFILS, dans le cas de l'azote, le maximum serait atteint déjà au mois d'octobre, et se prolongerait pendant toute la saison sèche.

Les rapports C/N varient très peu au cours de la période étudiée: ils évoluent entre les valeurs extrêmes de 10,6 et 11,5, indiquant par là une assez bonne décomposition de la matière organique, dans un milieu à pH faiblement acide (6,2). On ne doit pas accorder trop d'importance à ce rapport, car sa précision est assez relative, puisqu'il additionne les erreurs des 2 mesures de C et N.

On remarque cependant quelques fluctuations: une légère augmentation au début de la saison des pluies, la diminution de l'azote étant plus importante que celle du carbone, puis une faible diminution au milieu de la saison des pluies, et enfin une remontée progressive en fin de saison des pluies et au début de la saison sèche.

Les courbes de C et N données pour l'horizon 0 - 10 cm ont la même allure générale que celles obtenues pour 0 - 20 cm, celle de l'N est cependant plus en crochets, notamment au prélèvement VII, correspondant au milieu de la saison des pluies. Les courbes relatives à la profondeur 10 - 20 cm ont également la même allure, mais sont moins en dents de scie, reflétant une plus

grande homogénéité du sol. En valeur absolue, les 2 horizons diffèrent de 1 %_o en C (soit 15 %), et 0,15 %_o en N (soit 24 %); les C/N sont plus faibles dans l'horizon de surface (10,6) que dans l'horizon 10 - 20 cm (11,5), où apparemment la décomposition se fait un peu moins bien.

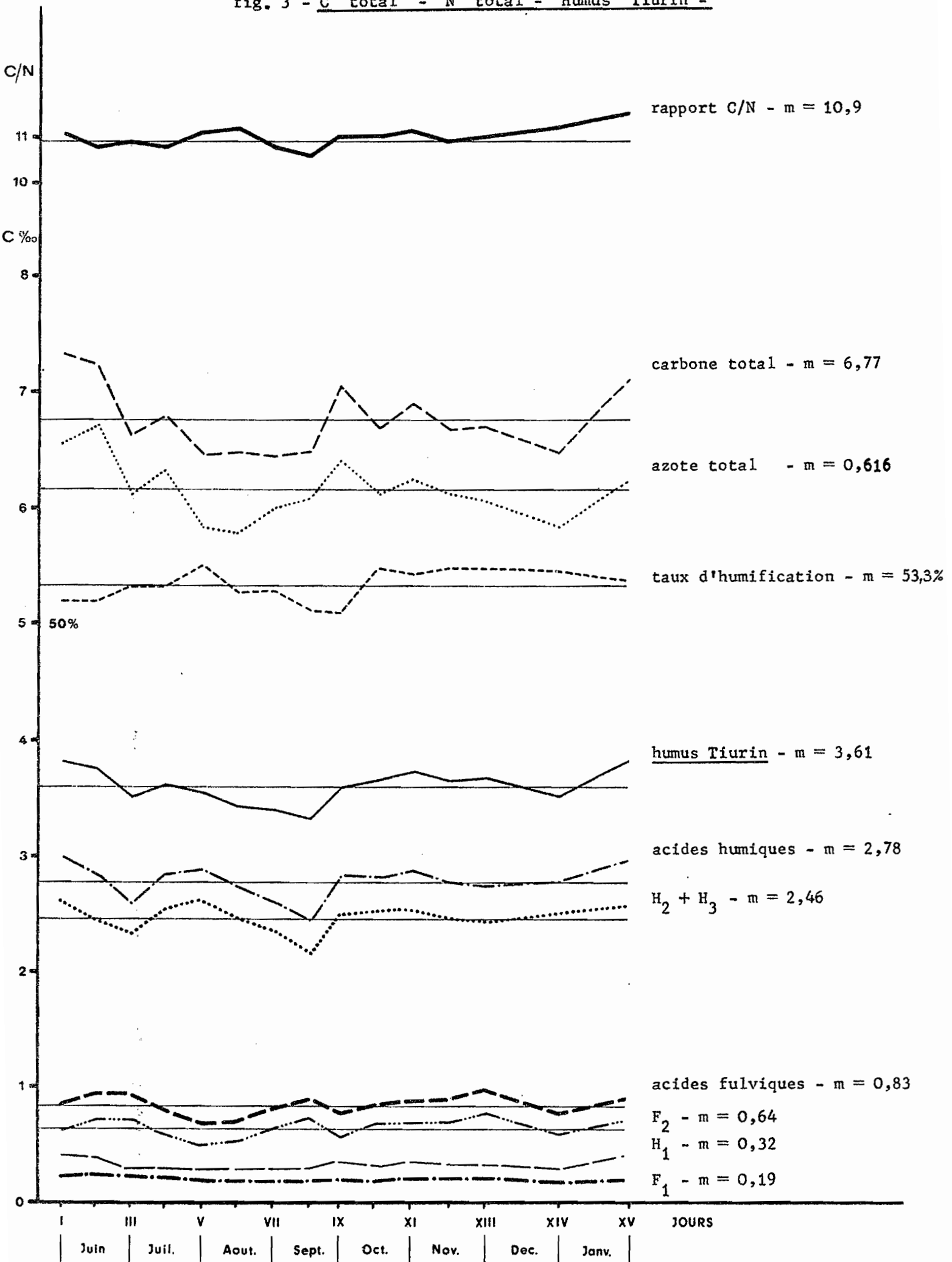
3/ Humus méthode Tiurin - Tableau II - Fig. 3

La courbe de variation des teneurs en matières humiques totales (extraites par la méthode Tiurin) en fonction du temps suit presque exactement celle du C total, mais d'une façon plus régulière: diminution progressive pendant les 2 premières périodes, avec toujours une légère remontée à la mi-Juillet. Comme il n'y a aucun apport organique pendant toute cette période, l'humus se minéralise petit à petit, mais très faiblement (3,82 %_o à 3,33 %_o soit une baisse de 13,5 %): c'est ce que BONFILS appelle la "fonte humique" (5). Comme pour le C, c'est à la mi-Septembre que la courbe remonte, au moment où la végétation atteint son maximum de développement; la teneur en humus commence à augmenter très progressivement dès cette époque, elle reste stationnaire jusqu'en Décembre, décroît légèrement, parallèlement au C, et remonte au mois de Janvier, ces variations étant de faible amplitude (6 %), et à peine interprétables. Donc, au cours de la 3ème période, et malgré une végétation abondante, l'humification est peu importante; il faut alors supposer qu'un certain équilibre s'établit entre la minéralisation, sûrement très intense vues les conditions climatiques, et l'humification.

Si l'on examine les différentes fractions de l'humus, on constate que les acides fulviques libres - F₁ - ne varient pas pendant toute la période étudiée, ils sont en très faible proportion (3 % du C total); et pourtant, au moment de la décomposition de la matière végétale, en fin de saison des pluies, ce sont ces acides fulviques qui devraient se former en premier lieu, et donc présenter un certain accroissement. Nous supposons donc que nos méthodes ne nous permettent pas de saisir ces variations, extrêmement rapides semble-t-il, et difficilement mesurables par nos techniques.

Les teneurs en acides fulviques liés aux acides humiques - F₂ - sont un peu plus importantes (9 % environ du C total), et varient de façon légèrement parallèle à l'humus total, à ces différences près, que leur minimum se trouve tout à fait en début de saison des pluies, et qu'au milieu de la saison des pluies leur teneur a déjà augmenté. Toutes ces variations observées portent sur des valeurs très faibles (minimum 1er Août = 0,49 %_o - maximum 1er Décembre = 0,75 %_o); aussi, nous ne voulons pas trop pousser l'interprétation. Il

fig. 3 - C total - N total - Humus Tiurin -



se peut néanmoins que ces acides fulviques représentent les précurseurs des acides humiques, et par conséquent, se forment plus vite que ces derniers, les premières pluies favorisant la remise en mouvement de cet humus plus ou moins bloqué en saison sèche, et très stable.

La courbe de variation de l'ensemble des acides humiques suit, grosso modo, celle de l'humus total; mais, tout au début de la saison des pluies, ceux-ci ont tendance à augmenter, puis ils rediminuent assez fortement jusqu'au milieu de la saison des pluies (1er Juin = 2,99 ‰ - 15 Septembre = 2,44 ‰). Cette variation est particulièrement nette dans l'horizon de surface: 0-10 cm, où brutalement, correspondant au prélèvement du 1er Août, les acides humiques liés au Ca^{++} accusent une très nette augmentation, difficilement interprétable, et se retrouvant très atténuée dans l'horizon sous-jacent. Il paraît difficile en effet d'admettre que la faible pluviométrie de Juin et Juillet a suffi à stimuler l'humification, et à accroître le taux d'acides humiques liés, surtout dans ces proportions (1er Juillet = 1,58 - 1er Août = 2,29, soit 39 % environ). Puis, jusqu'au milieu de la saison des pluies, le taux d'acides humiques diminue, pour remonter légèrement les mois suivants, et se maintenir ainsi pendant 3 mois, pendant lesquels la végétation se décompose, ne produisant pas beaucoup d'humus; ce n'est donc qu'à partir de Janvier, que les acides humiques semblent réellement se former, et accusent une nette augmentation.

Ce type de sol est caractérisé par une faible proportion d'acides humiques libres - H_1 -, représentant un peu plus de 5 % du carbone total; ils varient très peu au cours du temps: minimum en début de saison des pluies, maximum pendant la saison sèche (0,29 ‰ à 0,40 ‰), mais il nous semble difficile de donner une interprétation à des chiffres de valeurs aussi faibles. Comme pour les acides fulviques libres, ces acides humiques seraient en principe les premiers à se former, et par polymérisation pourraient engendrer les acides humiques liés; en fin de saison des pluies, au moment de la décomposition de la végétation, ils devraient donc se produire abondamment, et nos techniques ne nous en révèlent que très peu. Là aussi, nous pouvons supposer que ces variations sont extrêmement fugaces et insaisissables par nos méthodes; il doit y avoir un parfait équilibre entre la vitesse de formation de tous ces composés, leur polymérisation et leur minéralisation.

Les teneurs en acides humiques liés - H₂ + H₃ - sont beaucoup plus importantes, ils représentent en moyenne 35 % du C total, c'est-à-dire plus de 1/3 de la matière organique totale, et leur variation dans le temps détermine celle des acides humiques totaux, puisque les acides humiques libres sont très faiblement représentés. Ceci tendrait à prouver que dans ce milieu la polymérisation des composés humiques serait favorisée, et se ferait facilement.

Par cette méthode, le pourcentage d'humus extrait par rapport au C total, est en moyenne de 53 %, avec des variations peu significatives allant de 51 à 55%, donc plus de la moitié de la matière organique est humifiée. Malgré ces faibles différences, on constate que l'humification est minimum en saison des pluies, et maximum en saison sèche; de plus, elle se fait mieux dans l'horizon 10 - 20 cm qu'en surface, où la quantité de matière végétale non décomposée est beaucoup plus importante.

4/ Fractionnement par densité: Tableau III - Fig. 4

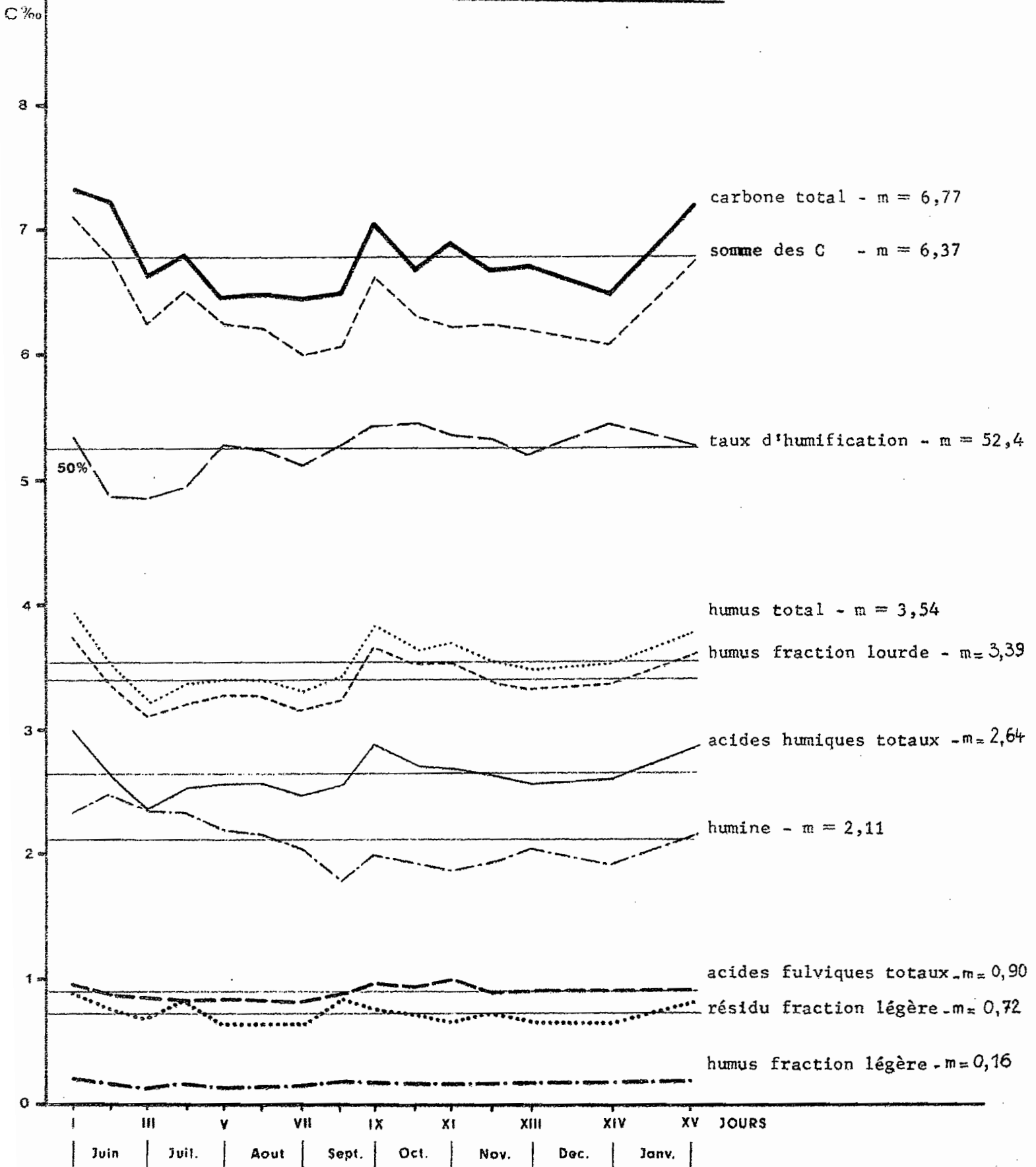
Cette méthode nous permet d'évaluer la proportion de matière organique non ou peu décomposée, restant à l'état de débris végétaux, et qui constitue la fraction légère, fraction surnageante obtenue après la séparation par densité. L'autre partie, dite fraction lourde, renferme presque tout l'humus, et une fraction non extractible par les réactifs alcalins, dénommée humine, l'un et l'autre étant fortement liés à la fraction minérale:

- fraction légère: celle-ci n'est pas très importante, puisqu'elle ne représente que 13 % du C total du sol (15 % en surface, 10 % pour l'horizon 10 - 20 cm), et sa variation dans le temps est très faible; on note cependant une légère augmentation au milieu de la saison des pluies, époque à laquelle la végétation est la plus dense.

Il est possible d'effectuer une extraction d'humus sur cette fraction légère, mais elle est vraiment insignifiante (2,5 % du C total) et ses variations dans le temps sont négligeables.

Le résidu de cette fraction légère représentant les débris végétaux non transformés est plus important, et ses fluctuations pendant la période étudiée plus sensibles. La proportion de cette fraction légère diminue en début de saison des pluies, comme toute la matière organique en général; elle augmente un peu au milieu de la saison des pluies, pour rediminuer ensuite, et de nou-

Fig. 4 - Fractionnement par densité -



veau augmenter. Nous précisons qu'un tri à la main a été fait sur les échantillons pour éliminer les racines et débris végétaux les plus grossiers, ces variations ne portent donc que sur les débris les plus fins; et malgré une végétation très fournie au mois de septembre, l'augmentation de cette fraction est peu nette. Ceci tendrait à confirmer que décomposition et minéralisation agiraient de façon très rapide sur la matière organique fraîche.

- fraction lourde: celle-ci est la plus importante du point de vue matière organique: 81 % du C total (50 % en humus et 31 % en humine). L'humus extrait par le pyrophosphate de Na puis NaOH varie parallèlement au carbone total: il y a minéralisation en début de saison des pluies, puis augmentation à partir du milieu de la saison des pluies, diminution de nouveau, et réaugmentation. Nous ne reviendrons pas sur ce schéma de variation de l'humus, identique à celui observé pour l'humus extrait par la méthode Tiurin. D'ailleurs, il est normal que l'humus total extrait à partir de la fraction légère et de la fraction lourde, soit très peu différent en valeur absolue de celui obtenu par la méthode Tiurin: les 2 courbes s'enchevêtrent. Mais dans l'horizon de surface, la méthode Tiurin en extrait plus que la méthode de fractionnement par densité; la méthode Tiurin utilise la soude comme réactif d'extraction, et celle-ci augmente artificiellement les acides humiques extraits. On constate en effet que dans ce cas, la méthode au pyrophosphate a tendance à extraire un peu plus d'acides fulviques, et la méthode Tiurin plus d'acides humiques.

organique

Dans cette fraction lourde, le complément/de l'humus est appelé humine; d'après de nombreux auteurs, celle-ci serait un produit direct ou indirect de l'évolution de la matière organique fraîche.

On la détermine par assimilation à la fraction carbonée qui ne peut être extraite par les réactifs courants de l'humus; elle représenterait, dans ce sol à mull calcique, un terme ultime d'évolution des fractions polymérisées de l'humus et serait très fortement liée à la fraction minérale. Ce résidu carboné correspond au 1/3 environ de la matière organique totale, ce qui est relativement important. Ses variations dans le temps sont assez nettes: au début de la saison des pluies, sa teneur diminue progressivement; on peut donc supposer que cette fraction subit également une certaine minéralisation. Mais alors que pour l'ensemble des fractions humiques, il se produit un accroissement à la fin de la saison des pluies, pour l'humine au contraire, elle se trouve à son minimum en septembre, et ne varie pour ainsi dire pas pendant 4 mois, puis elle augmente en Janvier. Il semble donc que la période humide

soit néfaste à sa formation, et qu'il faille attendre le milieu de la saison sèche pour que l'humine commence à se reformer, période favorable à la polymérisation. Cette évolution est exactement la même dans les 2 horizons étudiés: maximum au début de la saison des pluies, minimum au milieu de la saison des pluies (15 Juin: 2,49 % - 15 Septembre: 1,79 % - soit une baisse de 33 %). Il est un peu surprenant que cette fraction très stable qu'est l'humine, varie dans de telles proportions, alors que la fraction légère, évidemment fluctuante, évolue si peu au cours du temps. Mais, tout récemment, PERRAUD, N'GUYEN KHA et JACQUIN (8) ont pu apporter quelques précisions sur la nature de l'humine. Celle-ci "engloberait en réalité des composés organiques de nature très diverse: composés humiques hautement polymérisés, matière organique transformée résultant d'une insolubilisation directe des débris végétaux, et matière organique fraîche bloquée dans une enveloppe minérale". On pourrait en déduire, vue la diversité de ces composants, que cette constitution n'implique pas forcément un blocage irréversible de l'ensemble de cette fraction, et admettre qu'une évolution est très plausible.

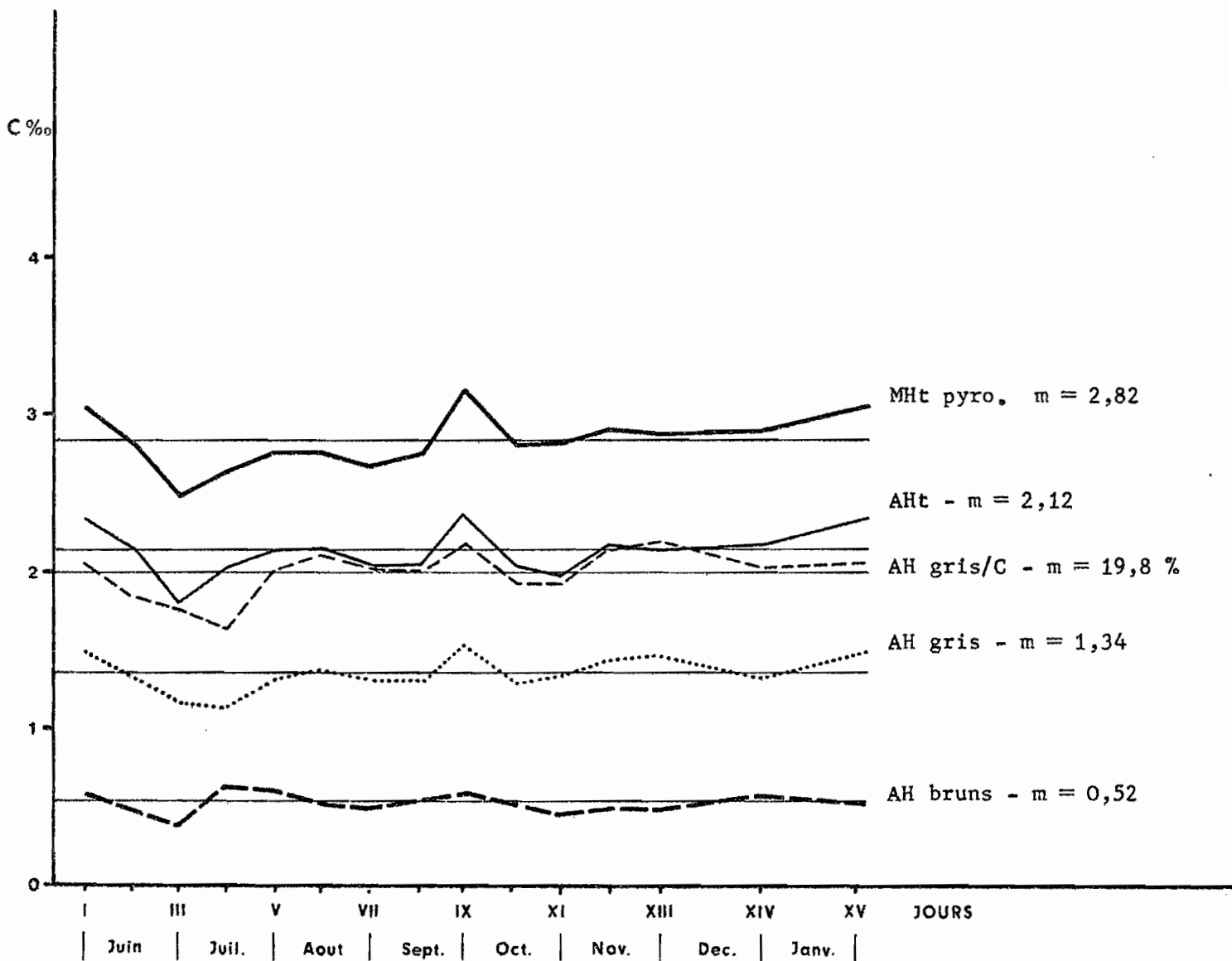
La somme - exprimée en C % - des fractions obtenues par cette méthode de fractionnement par densité, n'atteint pas exactement le chiffre donné pour le C total, nous n'arrivons qu'à 94 %. Il faut supposer qu'il y a eu des pertes en cours de manipulation, notamment lors de l'extraction au bromoforme + alcool, réactif utilisé pour séparer la fraction légère, et qui solubilise quelques substances carbonées, notamment les acides humatomélaniques. Ceux-ci seraient des précurseurs des acides humiques, et l'on constate qu'en surface (horizon 0 - 10 cm) leur proportion est un peu plus élevée (près de 7 % du C total) que pour l'horizon 10 - 20 cm (moins de 5 %) où l'humification est plus importante.

5/ Fractionnement par électrophorèse: Tableau I - Fig. 5

L'électrophorèse est effectuée sur les acides humiques, obtenus par une extraction au pyrophosphate de Na₂, afin de connaître leur degré de polymérisation: les acides humiques bruns sont plus mobiles, donc à moins grosses molécules que les acides humiques gris, plus polymérisés.

L'humus de ce sol est caractérisé par une importante polymérisation des acides humiques, marquée par la prédominance des acides humiques gris sur les bruns, et par cette méthode le rapport acides humiques gris/acides humiques bruns = 2,6 en moyenne.

fig. 5 - Humus pyrophosphate - électrophorèse -



Les acides humiques bruns ne varient pas beaucoup pendant la période étudiée: ils diminuent un peu en début de saison des pluies, comme l'ensemble des acides humiques, puis leur valeur oscille autour d'une moyenne, sans qu'on puisse dire qu'il y ait une formation préférentielle à un moment donné de l'année. On peut les assimiler aux acides humiques libres H₁ donnés par la méthode Tiurin, bien que ceux-ci soient nettement inférieurs quantitative-ment aux acides humiques bruns; mais, dans l'étude comparative entre ces deux méthodes de fractionnement des acides humiques (4), nous avons précisé que les acides humiques liés au Ca⁺⁺ présentaient une certaine mobilité dans un champ électrique, d'où sans doute ce léger excès des acides humiques bruns déterminés par l'électrophorèse, par rapport aux acides humiques libres H₁ de la méthode Tiurin.

Les teneurs en acides humiques gris sont plus fluctuantes: diminution pendant la 1ère période par minéralisation vraisemblablement; puis, augmentation progressive mais non régulière, au cours de la saison des pluies, et en début de saison sèche. On observe un maximum à la fin du mois de Septembre, c'est-à-dire presque à la fin de la saison des pluies, qui paraît correspondre à une nouvelle évolution de l'humus en général. Ces variations, à peu près semblables dans les 2 horizons étudiés, sont cependant toujours un peu plus atténuées dans l'horizon 10 - 20 cm. Il est difficile de faire un parallèle entre ces acides humiques gris ainsi extraits, et ceux donnés par la méthode Tiurin, puisque le réactif d'extraction est différent.

En conclusion, le fractionnement des acides humiques par électrophorèse, nous montre que la polymérisation a tendance à démarrer au cours de la saison des pluies, et à s'intensifier en saison sèche. Par contre, les acides humiques bruns évoluent très peu, et se maintiennent à peu près constants, subissant vraisemblablement une évolution rapide, avec des alternances de formation, de polymérisation et de minéralisation.

III - CONCLUSION

En conclusion, il nous paraît primordial d'insister sur la difficulté qu'il y a à mener ce genre d'étude afin d'aboutir à des résultats interprétables d'une manière plausible. La difficulté majeure tient aux prélèvements eux-mêmes; il est bien évident qu'au stade expérimental, on peut aisément supprimer un certain nombre de facteurs gênants. Mais une étude de ce type, sur le terrain, malgré un minutieux échantillonnage, laisse toujours subsister quelques doutes quant aux résultats réels obtenus, essentiellement à cause de l'hétérogénéité du terrain. Nous avons pensé qu'une étude sur parcelle, avec le système de prélèvement adopté, et d'analyse sur échantillon moyen (il ne nous était pas possible d'effectuer toutes les déterminations sur les 450 échantillons - 15 x 15 x 2), limitait au maximum le facteur hétérogénéité, mais nous avons vu qu'il avait fallu néanmoins apporter un facteur correctif, et tenir compte de la granulométrie.

Malgré ces précautions, l'ensemble des résultats n'est pas très encourageant et nous déplorons surtout de ne pas avoir poursuivi l'étude au moins sur une année entière, afin de boucler le cycle; pour bien faire, il eut fallu la continuer sur 2 ans, pour pouvoir confirmer ou infirmer les résultats obtenus sur une lère année, mais alors se posait le problème des prélèvements. Sous toute réserve, et compte tenu des remarques faites ci-dessus, nous arrivons aux conclusions suivantes:

- l'évolution du carbone total, de l'azote total et de l'humus sur un horizon de surface (0 - 20 cm) d'un "dek" du Sénégal, avant, pendant et après les pluies, n'est pas très importante; les variations n'excèdent pas 15 % par rapport aux valeurs moyennes. C'est dire qu'il existe un certain équilibre dans la nature entre la vitesse de production de matière végétale, sa décomposition, sa minéralisation et son humification.

- On observe sur ces trois données une diminution des valeurs en début de saison des pluies, qui se poursuit au cours de la saison des pluies, et se maintient presque jusqu'à la fin des pluies: sans apport végétal nouveau, la matière organique subit une minéralisation continue, sous ce type de climat. Ceci a maintes fois été confirmé, notamment sur les sols primitivement sous forêt et mis en culture ensuite: leur taux de matière organique baisse assez rapidement (étude réalisée en Casamance - Sénégal - 5).

Lorsque la végétation atteint son maximum de développement, C, N et humus augmentent, l'humus moins rapidement que C et N; en début de saison sèche se produit de nouveau une certaine baisse, puis une remontée 3 mois après la fin des pluies.

- la fraction la plus mobile de l'humus (F₁ de la méthode Tiurin: acides fulviques libres) est insignifiante et invariable, alors qu'on aurait pu s'attendre à d'importantes variations, puisqu'en principe cette fraction serait un précurseur des autres fractions humiques.

- les acides humiques les plus polymérisés sont les plus variables: leur minimum est atteint au milieu de la saison des pluies, période pendant laquelle la polymérisation se fait mal; celle-ci reprend en fin de saison des pluies et début de la saison sèche, pour s'accroître progressivement.

- l'humine, produit ultime de l'évolution humique, évolue en sens inverse: elle diminue au début et pendant toute la saison des pluies, pour amorcer une remontée à la fin de la période étudiée; ces fluctuations sont très importantes, allant jusqu'à 33 % par rapport au taux moyen. On notera l'anomalie existant entre les variations de l'humine, fraction éminemment stable, et celles des acides fulviques libres, fraction labile mais sans doute très fugace.

Nous terminerons en insistant sur le fait qu'il existe une répartition équilibrée de la matière organique tout au long de l'année en pays tropical; malgré une végétation abondante en saison des pluies, il n'y a pas d'accumulation de matière organique, celle-ci se minéralise en grande partie, et se transforme en proportions données, ne se traduisant que par de faibles variations.

Ces conclusions rejoignent bien celles obtenues par Mrs. N'GUYEN KHA et DUCHAUFOR sur l'évolution de la matière organique d'un vertisol en conditions tropicales, faite expérimentalement en laboratoire (6). BACHELIER constate également que "les matières humiques dans les sols sont annuellement détruites en quantités approximativement égales à celles qui sont synthétisées, puisqu'il n'y a pas accumulation de matières humiques dans les sols, mais simplement temps mort plus ou moins long entre leur synthèse et leur dégradation... Etant donné les variations climatiques du sol,

il est logique de penser qu'humification et déshumification ne varient pas simultanément au cours de l'année et ne s'égalisent qu'en fin de cycle annuel. L'intensité du circuit humique, c'est-à-dire la quantité de substances humiques qui passent en un temps donné, dépend de la nature même des sols" (7).

Nos techniques d'étude de la matière organique ne sont pas assez fines, puisqu'elles ne nous permettent pas de saisir certains passages d'une forme à une autre, qui existent nécessairement, mais sont très difficiles à mettre en évidence. Ce que nous dosons représente un état d'équilibre déjà stabilisé, et les modifications les plus mobiles nous échappent totalement. Cette étude n'est qu'un essai, qui nous montre à quel point le problème est délicat à débrouiller.

Tableau I - CARBONE TOTAL, AZOTE TOTAL - HUMUS = ELECTROPHORESE -
(résultats corrigés en fonction de la granulométrie)

Echantillons	C total %	N total %	C/N	Humus: extraction au pyrophosphate de sodium									
				MHt	AF	AH: Electrophorèse				AHG	AHG %	AHG %	AHG %
						AHt	AHB	AHI	AHG	AHB	AHt	MHt	C
I a	7,97	0,73	10,9	2,88	0,76	2,12	0,56	0,24	1,32	2,3	62	46	16,6
I b	6,70	0,58	11,6	3,20	0,65	2,55	0,60	0,28	1,67	2,8	65	52	24,9
I	7,34	0,66	11,1	3,04	0,71	2,33	0,58	0,26	1,49	2,6	64	49	20,3
II a	7,84	0,75	10,5	2,72	0,72	2,00	0,47	0,33	1,20	2,6	60	44	15,3
II b	6,65	0,59	11,3	2,91	0,63	2,28	0,51	0,31	1,46	2,9	64	50	22,0
II	7,24	0,67	10,8	2,82	0,68	2,14	0,49	0,32	1,33	2,7	62	47	18,4
III a	7,02	0,67	10,5	2,34	0,71	1,63	0,37	0,25	1,02	2,8	63	44	14,5
III b	6,28	0,55	11,4	2,64	0,64	2,00	0,40	0,27	1,33	3,3	67	50	21,2
III	6,65	0,61	10,9	2,49	0,68	1,81	0,38	0,26	1,17	3,1	65	47	17,6
IV a	7,56	0,73	10,4	2,55	0,70	1,85	0,69	0,32	0,84	1,2	45	33	11,1
IV b	6,04	0,54	11,2	2,71	0,55	2,16	0,55	0,22	1,39	2,5	64	51	23,1
IV	6,80	0,63	10,8	2,63	0,62	2,01	0,62	0,27	1,12	1,8	56	43	16,5
V a	7,03	0,65	10,8	2,72	0,68	2,04	0,59	0,23	1,22	2,1	60	45	17,4
V b	5,89	0,52	11,3	2,80	0,60	2,20	0,61	0,22	1,37	2,3	62	49	23,3
V	6,46	0,58	11,1	2,76	0,64	2,12	0,60	0,22	1,30	2,2	61	47	20,1
VI a	6,96	0,65	10,7	2,63	0,64	1,99	0,50	0,23	1,26	2,5	63	48	18,1
VI b	5,99	0,51	11,7	2,87	0,58	2,29	0,53	0,30	1,46	2,7	64	51	24,4
VI	6,48	0,58	11,2	2,75	0,61	2,14	0,52	0,26	1,36	2,6	64	49	21,0
VII a	6,95	0,72	9,7	2,49	0,62	1,87	0,45	0,24	1,19	2,7	64	48	17,1
VII b	5,95	0,48	12,4	2,82	0,59	2,23	0,51	0,31	1,41	2,8	63	50	23,7
VII	6,45	0,60	10,8	2,66	0,61	2,05	0,48	0,27	1,30	2,7	63	49	20,2
VIII a	7,04	0,67	10,5	2,61	0,76	1,85	0,50	0,19	1,16	2,3	63	44	16,5
VIII b	5,95	0,54	11,0	2,87	0,62	2,25	0,56	0,25	1,44	2,6	64	50	24,2
VIII	6,49	0,61	10,6	2,74	0,69	2,05	0,53	0,22	1,30	2,5	63	47	20,0
IX a	7,52	0,71	10,6	2,98	0,81	2,17	0,49	0,20	1,48	3,0	68	50	19,7
IX b	6,55	0,57	11,5	3,30	0,74	2,56	0,67	0,30	1,59	2,4	62	48	24,3
IX	7,04	0,64	11,0	3,14	0,78	2,36	0,58	0,25	1,53	2,6	65	49	21,7
X a	7,30	0,69	10,6	2,72	0,80	1,92	0,48	0,21	1,23	2,5	64	45	16,8
X b	6,07	0,54	11,2	2,89	0,75	2,14	0,55	0,24	1,35	2,5	63	47	22,2
X	6,68	0,61	11,0	2,81	0,78	2,03	0,51	0,23	1,29	2,5	64	46	19,3
XI a	7,50	0,71	10,6	2,73	0,88	1,85	0,45	0,20	1,20	2,6	65	44	16,0
XI b	6,25	0,54	11,6	2,86	0,76	2,10	0,44	0,21	1,45	3,3	69	51	23,2
XI	6,88	0,62	11,1	2,80	0,82	1,98	0,45	0,21	1,32	2,9	67	47	19,2
XII a	7,12	0,67	10,6	2,79	0,75	2,04	0,44	0,31	1,29	3,0	63	46	18,1
XII b	6,22	0,55	11,3	3,00	0,72	2,28	0,52	0,22	1,54	2,9	68	51	24,8
XII	6,67	0,61	10,9	2,90	0,74	2,16	0,48	0,26	1,42	3,0	66	49	21,3
XIII a	7,21	0,65	11,1	2,76	0,80	1,96	0,40	0,18	1,38	3,5	70	50	19,1
XIII b	6,19	0,56	11,1	3,02	0,71	2,31	0,53	0,24	1,54	2,9	67	51	24,9
XIII	6,70	0,61	11,0	2,89	0,75	2,14	0,47	0,21	1,46	3,1	68	51	21,8
XIV a	6,98	0,65	10,7	2,75	0,79	1,96	0,50	0,39	1,07	2,2	55	39	15,3
XIV b	5,95	0,52	11,4	3,06	0,68	2,38	0,62	0,21	1,55	2,5	65	51	26,1
XIV	6,47	0,58	11,2	2,90	0,73	2,17	0,56	0,30	1,31	2,3	60	45	20,2
XV a	7,66	0,69	11,1	2,91	0,79	2,12	0,50	0,34	1,28	2,6	60	44	16,7
XV b	6,61	0,56	11,8	3,15	0,64	2,51	0,54	0,33	1,64	3,0	65	52	24,8
XV	7,13	0,62	11,5	3,03	0,72	2,31	0,52	0,33	1,46	2,8	63	48	20,5
a	7,31	0,69	10,6	2,71	0,75	1,96	0,49	0,26	1,21	2,5	62	45	16,6
b	6,22	0,54	11,5	2,94	0,66	2,28	0,54	0,26	1,48	2,7	65	50	23,8
Moyenne	6,77	0,62	10,9	2,82	0,70	2,12	0,52	0,26	1,34	2,6	63	48	19,8

Tableau II - HUMUS: METHODE TIURIN -
(résultats corrigés en fonction de la granulométrie)

Echan- tillons	C total %	F1	F2	F1 + F2	H1	H2	H3	H1 + H2 + H3	Total H + F	Humifi- cation %	H/F
I a	7,97	0,24	0,72	0,96	0,51	1,79	0,60	2,90	3,86	48,4	3,0
b	6,70	0,21	0,50	0,71	0,27	2,14	0,67	3,08	3,79	56,6	4,3
I	7,34	0,22	0,61	0,83	0,39	1,97	0,63	2,99	3,82	52,0	3,6
II a	7,84	0,24	0,79	1,03	0,50	1,69	0,61	2,80	3,83	48,9	2,7
b	6,65	0,22	0,61	0,83	0,25	2,07	0,54	2,86	3,69	55,5	3,4
II	7,24	0,23	0,70	0,93	0,38	1,88	0,57	2,83	3,76	51,9	3,0
III a	7,02	0,22	0,66	0,88	0,41	1,58	0,55	2,54	3,42	48,7	2,9
b	6,28	0,19	0,77	0,96	0,17	1,89	0,61	2,67	3,63	57,8	2,8
III	6,65	0,21	0,71	0,92	0,29	1,74	0,58	2,61	3,53	53,1	2,8
IV a	7,56	0,24	0,64	0,88	0,41	1,87	0,56	2,84	3,72	49,2	3,2
b	6,04	0,18	0,51	0,69	0,18	2,18	0,46	2,82	3,51	58,1	4,1
IV	6,80	0,21	0,58	0,79	0,29	2,03	0,51	2,83	3,62	53,2	3,6
V a	7,03	0,21	0,38	0,59	0,36	2,29	0,42	3,07	3,66	52,1	5,2
b	5,89	0,16	0,59	0,75	0,19	1,92	0,59	2,70	3,45	58,6	3,6
V	6,46	0,18	0,49	0,67	0,27	2,10	0,51	2,88	3,55	55,0	4,3
VI a	6,96	0,20	0,58	0,78	0,35	1,51	0,80	2,66	3,44	49,4	3,4
b	5,99	0,17	0,44	0,61	0,19	1,99	0,63	2,81	3,42	57,1	4,6
VI	6,48	0,18	0,51	0,69	0,27	1,75	0,72	2,74	3,43	52,9	4,0
VII a	6,95	0,20	0,74	0,94	0,37	1,51	0,64	2,52	3,46	49,8	2,7
b	5,95	0,16	0,52	0,68	0,17	1,86	0,66	2,69	3,37	56,6	4,0
VII	6,45	0,18	0,63	0,81	0,27	1,68	0,65	2,60	3,41	52,9	3,2
VIII a	7,04	0,19	0,79	0,98	0,38	1,42	0,57	2,37	3,35	47,6	2,4
b	5,95	0,17	0,63	0,80	0,18	1,83	0,51	2,52	3,32	55,8	3,2
VIII	6,49	0,18	0,71	0,89	0,28	1,62	0,54	2,44	3,33	51,3	2,7
IXa	7,52	0,20	0,70	0,90	0,44	1,61	0,67	2,72	3,62	48,1	3,0
b	6,55	0,18	0,44	0,62	0,23	2,14	0,57	2,94	3,56	54,4	4,7
IX	7,04	0,19	0,57	0,76	0,34	1,87	0,62	2,83	3,59	51,0	3,7
X a	7,30	0,19	0,71	0,90	0,44	1,99	0,44	2,87	3,77	51,6	3,2
b	6,07	0,16	0,63	0,79	0,16	2,13	0,48	2,77	3,56	58,6	3,5
X	6,68	0,17	0,67	0,84	0,30	2,06	0,46	2,82	3,66	54,8	3,4
XI a	7,50	0,21	0,74	0,95	0,45	2,13	0,36	2,94	3,89	51,9	3,1
b	6,25	0,18	0,61	0,79	0,24	2,19	0,38	2,81	3,60	57,6	3,6
XI	6,88	0,20	0,67	0,87	0,34	2,16	0,37	2,87	3,74	54,4	3,3
XII a	7,12	0,21	0,73	0,94	0,41	1,96	0,38	2,75	3,69	51,8	2,9
b	6,22	0,16	0,65	0,81	0,22	2,16	0,44	2,82	3,63	58,4	3,5
XII	6,67	0,18	0,69	0,87	0,32	2,06	0,41	2,79	3,66	54,9	3,2
XIII a	7,21	0,20	0,81	1,01	0,39	1,99	0,36	2,74	3,75	52,0	2,7
b	6,19	0,18	0,70	0,88	0,24	2,16	0,34	2,74	3,62	58,5	3,1
XIII	6,70	0,19	0,75	0,94	0,32	2,07	0,35	2,74	3,68	54,9	2,9
XIV a	6,98	0,18	0,62	0,80	0,37	2,03	0,38	2,78	3,58	51,3	3,5
b	5,95	0,14	0,55	0,69	0,19	2,20	0,39	2,78	3,47	58,3	4,0
XIV	6,47	0,16	0,59	0,75	0,28	2,11	0,39	2,78	3,53	54,6	3,7
XV a	7,66	0,20	0,71	0,91	0,49	2,09	0,37	2,95	3,86	50,4	3,2
b	6,61	0,17	0,68	0,85	0,29	2,23	0,42	2,94	3,79	57,3	3,5
XV	7,13	0,18	0,70	0,88	0,39	2,16	0,40	2,95	3,83	53,7	3,4
a	7,31	0,21	0,69	0,90	0,42	1,83	0,51	2,76	3,66	50,1	3,1
b	6,22	0,17	0,59	0,76	0,21	2,07	0,52	2,80	3,56	57,2	3,7
Moyenne	6,77	0,19	0,64	0,83	0,32	1,95	0,51	2,78	3,61	53,3	3,3

Tableau III - MATIERE ORGANIQUE: FRACTIONNEMENT PAR DENSITE -
(résultats corrigés en fonction de la granulométrie)

	C total %	Fraction légère						Fraction lourde						Humus total				Somme des C	
		Humus pyro.			C résidu	C1 total		Humus:pyro.+ NaOH			C résidu (humine)	C2 total		Mht	AH	AF	Taux d'hum. %	C1 + C2 %	% C
		Mht	AH	AF		%	% C	Mht	AH	AF		%	% C						
I a	7,97	0,25	0,14	0,11	1,13	1,38	17,3	3,59	2,67	0,92	2,64	6,23	78,2	3,84	2,81	1,03	48,2	7,61	95,5
I b	6,70	0,16	0,12	0,04	0,55	0,71	10,6	3,89	3,05	0,84	2,02	5,91	88,2	4,05	3,17	0,88	60,4	6,62	98,8
I	7,34	0,20	0,13	0,07	0,84	1,04	14,2	3,74	2,86	0,88	2,33	6,07	82,7	3,94	2,99	0,95	53,7	7,11	96,9
II a	7,84	0,18	0,10	0,08	1,00	1,18	15,1	3,32	2,47	0,85	2,76	6,08	77,5	3,50	2,57	0,93	44,6	7,26	92,6
II b	6,65	0,14	0,08	0,06	0,54	0,68	10,2	3,44	2,67	0,77	2,23	5,67	85,3	3,58	2,75	0,83	53,8	6,35	95,5
II	7,24	0,16	0,09	0,07	0,77	0,93	12,8	3,38	2,57	0,81	2,49	5,87	81,1	3,54	2,66	0,88	48,9	6,80	93,9
III a	7,02	0,15	0,08	0,07	0,85	1,00	14,2	2,98	2,13	0,85	2,58	5,56	79,2	3,13	2,21	0,92	44,6	6,56	93,4
III b	6,28	0,10	0,05	0,05	0,50	0,60	9,6	3,23	2,48	0,75	2,13	5,36	85,3	3,33	2,53	0,80	53,0	5,96	94,9
III	6,65	0,12	0,06	0,06	0,68	0,80	12,0	3,11	2,31	0,80	2,35	5,46	82,1	3,23	2,37	0,86	48,6	6,26	94,1
IV a	7,56	0,18	0,09	0,09	1,06	1,24	16,4	3,20	2,36	0,84	2,73	5,93	78,4	3,38	2,45	0,93	44,7	7,17	94,8
IV b	6,04	0,12	0,07	0,05	0,57	0,69	11,4	3,22	2,55	0,67	1,95	5,17	85,6	3,34	2,62	0,72	55,3	5,86	97,0
IV	6,80	0,15	0,08	0,07	0,81	0,96	14,1	3,21	2,45	0,76	2,34	5,55	81,6	3,36	2,53	0,83	49,4	6,51	95,7
V a	7,03	0,15	0,10	0,05	0,80	0,95	13,5	3,27	2,42	0,85	2,46	5,73	81,5	3,42	2,52	0,90	48,6	6,68	95,0
V b	5,89	0,10	0,06	0,04	0,50	0,60	10,2	3,31	2,56	0,75	1,94	5,25	89,1	3,41	2,62	0,79	57,9	5,85	99,3
V	6,46	0,12	0,08	0,04	0,65	0,77	11,9	3,29	2,49	0,80	2,20	5,49	85,0	3,41	2,57	0,84	52,8	6,26	96,9
VI a	6,96	0,15	0,09	0,06	0,77	0,92	13,2	3,21	2,37	0,84	2,52	5,73	82,3	3,36	2,46	0,90	48,3	6,65	95,5
VI b	5,99	0,12	0,09	0,03	0,52	0,64	10,7	3,34	2,60	0,74	1,82	5,16	86,1	3,46	2,69	0,77	57,8	5,80	96,8
VI	6,48	0,13	0,09	0,04	0,65	0,78	12,0	3,27	2,48	0,79	2,17	5,44	84,0	3,40	2,57	0,83	52,5	6,22	96,0
VII a	6,95	0,16	0,10	0,06	0,83	0,99	14,2	3,07	2,28	0,79	2,39	5,46	78,6	3,23	2,38	0,85	46,5	6,45	92,8
VII b	5,95	0,12	0,08	0,04	0,47	0,59	9,9	3,26	2,50	0,76	1,72	4,98	85,7	3,38	2,58	0,80	56,8	5,57	93,6
VII	6,45	0,14	0,09	0,05	0,65	0,79	12,2	3,17	2,39	0,78	2,05	5,22	81,0	3,31	2,48	0,83	51,3	6,01	93,2
VIII a	7,04	0,22	0,14	0,08	1,07	1,29	18,3	3,18	2,29	0,89	2,03	5,21	74,0	3,40	2,43	0,97	48,3	6,51	92,5
VIII b	5,95	0,14	0,10	0,04	0,60	0,74	12,4	3,32	2,57	0,75	1,55	4,87	81,8	3,46	2,67	0,79	58,2	5,61	94,3
VIII	6,49	0,18	0,12	0,06	0,84	1,02	15,7	3,25	2,43	0,82	1,79	5,04	77,7	3,43	2,55	0,88	52,9	6,06	93,4
IX a	7,52	0,18	0,10	0,08	0,97	1,15	15,3	3,55	2,62	0,93	2,33	5,88	78,2	3,73	2,72	1,01	49,6	7,03	93,5
IX b	6,55	0,16	0,11	0,05	0,55	0,71	10,8	3,77	2,91	0,86	1,71	5,48	83,7	3,93	3,02	0,91	60,0	6,19	94,5
IX	7,04	0,17	0,10	0,07	0,76	0,93	13,2	3,66	2,76	0,90	2,02	5,68	80,7	3,83	2,86	0,97	54,4	6,61	93,9
X a	7,30	0,17	0,10	0,07	0,91	1,08	14,8	3,51	2,59	0,92	2,27	5,78	79,2	3,68	2,69	0,99	50,4	6,86	94,0
X b	6,07	0,09	0,06	0,03	0,51	0,60	9,9	3,53	2,67	0,86	1,61	5,14	84,7	3,62	2,73	0,89	59,6	5,74	94,6
X	6,68	0,13	0,08	0,05	0,71	0,84	12,6	3,52	2,63	0,89	1,94	5,46	81,7	3,65	2,71	0,94	54,6	6,30	94,3
XI a	7,50	0,17	0,09	0,08	0,82	0,99	13,2	3,53	2,52	1,01	2,22	5,75	76,7	3,70	2,61	1,09	49,3	6,74	89,9
XI b	6,25	0,16	0,11	0,05	0,50	0,66	10,6	3,53	2,69	0,84	1,52	5,05	80,8	3,69	2,80	0,89	59,0	5,71	91,4
XI	6,88	0,16	0,10	0,06	0,66	0,82	11,9	3,53	2,60	0,93	1,87	5,40	78,5	3,69	2,70	0,99	53,6	6,22	90,4
XII a	7,12	0,19	0,10	0,09	0,83	1,07	15,0	3,32	2,47	0,85	2,15	5,47	76,8	3,51	2,57	0,94	49,3	6,54	91,9
XII b	6,22	0,13	0,08	0,05	0,59	0,72	11,6	3,46	2,65	0,81	1,73	5,19	83,4	3,59	2,73	0,86	57,7	5,91	95,0
XII	6,67	0,17	0,10	0,07	0,73	0,90	13,5	3,39	2,56	0,83	1,94	5,33	79,9	3,56	2,66	0,90	53,3	6,23	93,4
XIII a	7,21	0,19	0,11	0,08	0,85	1,04	14,4	3,22	2,33	0,89	2,33	5,55	77,0	3,41	2,44	0,97	47,3	6,59	91,4
XIII b	6,19	0,13	0,09	0,04	0,47	0,60	9,7	3,44	2,63	0,81	1,75	5,19	83,8	3,57	2,72	0,85	57,7	5,79	93,5
XIII	6,70	0,16	0,10	0,06	0,66	0,82	12,2	3,33	2,48	0,85	2,04	5,37	80,2	3,49	2,58	0,91	52,1	6,19	92,4
XIV a	6,98	0,19	0,10	0,09	0,83	1,02	14,6	3,30	2,40	0,90	2,21	5,51	78,9	3,49	2,50	0,99	50,0	6,53	93,6
XIV b	5,95	0,12	0,08	0,04	0,43	0,55	9,2	3,44	2,63	0,81	1,64	5,08	85,4	3,56	2,71	0,85	59,8	5,63	94,6
XIV	6,47	0,15	0,09	0,06	0,63	0,78	12,1	3,37	2,51	0,86	1,93	5,30	81,9	3,52	2,60	0,92	54,4	6,08	94,0
XV a	7,66	0,21	0,11	0,10	1,00	1,21	15,8	3,57	2,64	0,93	2,35	5,92	77,3	3,78	2,75	1,03	49,3	7,13	93,1
XV b	6,61	0,16	0,11	0,05	0,60	0,76	11,5	3,60	2,82	0,78	1,88	5,48	82,9	3,76	2,93	0,83	56,9	6,24	94,4
XV	7,13	0,18	0,11	0,07	0,80	0,98	13,7	3,58	2,73	0,85	2,12	5,70	80,0	3,76	2,84	0,92	52,7	6,68	93,7
a	7,31	0,18	0,10	0,08	0,92	1,10	15,0	3,32	2,44	0,88	2,40	5,72	78,3	3,50	2,54	0,96	47,9	6,82	93,3
b	6,22	0,13	0,09	0,04	0,53	0,66	10,6	3,45	2,66	0,79	1,81	5,26	84,6	3,58	2,75	0,83	57,6	5,92	95,2
Moyenne	6,77	0,16	0,10	0,06	0,72	0,88	13,0	3,39	2,55	0,84	2,10	5,49	81,1	3,55	2,65	0,90	52,4	6,37	94,1

B I B L I O G R A P H I E

- 1 - DUCHAUFOR (Ph.) - Précis de Pédologie - Masson et Cie Editeurs - Paris 1960.
- 2 - DOMERGUES (Y.) - Contribution à l'étude de la dynamique microbienne des sols en zone semi-aride et en zone tropicale sèche.
Thèse (Fac. Scien. Paris) - 23 Mai 1962.
- 3 - BONFILS (P.) - Evolution de la matière organique dans 2 sols du Sénégal.
Agron. Trop. Vol. XVIII - n°12 - Décembre 1963.
- 4 - DABIN (B.) et THOMANN (Ch.) - Etude comparative de 2 méthodes de fractionnement des composés humiques (méthode TIURIN et méthode électrophorétique).
Initiations, documentations techniques - ORSTOM - 1970, n°16.
- 5 - FAUCK (R.), MOUREAUX (Cl.), THOMANN (Ch.) - Bilans de l'évolution des sols de Séfa (Casamance - Sénégal) après quinze années de culture continue.
Agronomie Tropicale - Vol. XXIV, n° 3 - Mars 1969.
- 6 - N'GUYEN KHA et DUCHAUFOR (Ph.) - Etude comparative de l'évolution de la matière organique du sol en conditions tempérées et tropicales.
Pédologie - Vol. XIX, n° 1 - 1969.
- 7 - BACHELIER (G.) - Contribution à l'étude de la minéralisation du carbone des sols.
Mémoires ORSTOM - n° 30 - Paris 1968.
- 8 - PERRAUD (A.), N'GUYEN KHA et JACQUIN (F.) - Essai de caractérisation des formes de l'humine dans plusieurs types de sols.
C.R. Acad. Sc. Paris - Tome 272, n° 12. (22 Mars 1971).