

ESSAI DE CARACTERISATION DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS QUELQUES SOLS DU NORD DE L'ALGERIE.

par V. NKUNDIKIJE - DESSEAUX, A. HALITIM, T. GALBEN et M. YGNATOV

I. INTRODUCTION.

Les débris végétaux (racines, feuilles, écorces, etc...), sont la source essentielle de la matière organique présente dans le sol à l'état inerte, et suite à l'activité microbiologique, ils sont décomposés plus ou moins rapidement.

Sous l'action des micro-organismes, ces débris sont transformés d'une part en produits minéraux solubles ou gazeux (CO_2 , NH_3) par un ensemble de phénomènes qui s'appelle la *minéralisation*, d'autre par en produits organiques colloïdaux de nature complexe, par un ensemble de processus qui s'appelle l'*humification* (dégradation et synthèse).

Les produits résultants de l'humification seront aussi minéralisés mais lentement, et constituent la forme de stockage de la M.O. dans le sol.

La M.O. du sol comporte 4 fractions:

— Débris végétaux peu décomposés ayant conservés leur structure cellulaire ou fibreuse.

— Produits intermédiaires, par exemple, la lignine libérée par la destruction de la cellulose.

— Substances colloïdales.

— Composés organiques solubles transitoires qui seront pour certains minéralisés, pour d'autre polymérisés ce qui conduit à la formation de complexes colloïdaux.

Nous entendons par humus, au sens étroit du mot, la substance organique du sol quand elle a été bien digérée par la voie de processus biologiques. Ces processus sont influencés, non seulement par l'oxydation et la réduction mais encore par les micro-organismes qui vivent dans le sol: bactéries, actinomycètes, champignons, vers de terre et autres petits animaux, algues et surtout, systèmes d'enzymes secrétés par ces organismes ainsi que par les racines des plantes; enfin, il faut noter l'action des acides organiques libérés par les racines.

Le jeu de ces divers facteurs, surtout dans la chyzosphère, aboutit dans les meilleurs cas à un humus stable, colloïdal et neutre ou presque neutre et dans les cas peu favorables à un humus instable ou acide.

Comme les processus de l'humification sont très lents, nous rencontrerons dans le sol tous les stades, à savoir les substances organiques brutes sous forme de racines, feuilles plantes mortes, cadavres d'animaux et de micro-organiques, et les composés humiques colloïdaux qui sont des molécules organiques complexes le plus souvent insolubles.

L'humus au sens large désigne globalement la totalité de la M.O. du sol quelle que soit sa forme.

L'humus au sens strict désigne des complexes colloïdaux organiques de teintes brunes, c'est la fraction humifiée de la M.O. totale.

Mais pour étudier l'humus au sens strict, nous avons essayé par la méthode de TURC par flottation et centrifugation de séparer la matière organique fraîche non décomposée de la matière organique colloïdale. Mais cette méthode est très délicate pour les sols très riches en matière organique presque décomposée où les produits intermédiaires sont à peine humifiés.

Ensuite, nous nous sommes heurtés au mode d'extraction et de fractionnement des composés humiques. Deux méthodes ont été utilisées:

— l'une utilisant un solvant neutre (méthode DUCHAUFOR et JACQUIN).

— l'autre utilisant la soude (méthode TIURIN modifiée par KONONOVA et BELTCHIKOVA) (le pH du solvant étant de 13).

Notre travail a consisté à fractionner la matière humique en trois groupes:

— le groupe des acides humiques qui est la fraction de matière organique du sol soluble dans les solutions alcalines et insoluble dans les acides minéraux.

— le groupe des acides fulviques ou composés préhumiques solubles dans les solutions alcalines et qui ne précipitent pas dans les solutions acides.

— L'humine qui reste insoluble dans les solutions alcalines mais qui d'après TIURIN serait des acides humiques liés très énergiquement avec les argiles.

II. CHOIX DES ECHANTILLONS

Parmi la collection des principaux types du sol de l'Algérie, nous avons choisi pour une étude statique de la matière organique différents profils. Ces sols ont été classés dans les types fondamentaux suivants:

1. Sols peu évolués.
2. Sols podzoliques.
3. Sols bruns.
4. Sols fersiallitiques.
5. Rendzine.
6. Sols isohumiques.
7. Vertisols.

LISTE DES SOLS ETUDIES.

1) *Sols peu évolués.*

- Profil 18 Sol humifère sableux
El Bordj (Mascara)
Précipitation: 511 mm/76 j
Température moyenne annuelle: 17°C
Roche mère: grès calcaire
Végétation: Ericacés à chêne kermés lentisques - Graminés
- Profil 44 Sol humifère
Mostaganem
377 mm/68 j. - 18,2°C
Roche mère: croûte calcaire
- Profil 45 Sol à texture sableuse
Mostaganem
377 mm/8 l. 18,2°C
- Profil 47 Sol à texture sableuse à tendance marron
Mostaganem
377 mm/68 j. - 18,2°C
- Profil 42 Sol d'apport alluvial à texture
Moyenne
7, Saint Aîné - El-Asnam
397/54 - 18,7°C

2) *Sols ocres podzoliques.*

- Profil 2 Asfour (Annaba)
689 mm/91 j. - 17,95°C
Roche-mère: grès de numidie
Végétation: chère liège - Bruyère
- Profil 72 El Aouana (Djijelle)
1204 mm/111 l. - 18,2°C
Roche mère:

3) *Sols bruns.*

- Profil 74 Sol brun rouge forestier
El Aouana (Djidjelle)
1204 mm/111 j. - 18,2°C
- Profil 75 Sol brun cryptopodzolique
El Kseur (Sidi Aich)
400/95 - 15,5°C
- Profil 12 Sol brun sur croûte calcaire
Mascara: grande culture dans plaine alluviale 511/76 - 17°C
Roche mère: grès calcaire à encroûtement
- Profil 70 Sol brun calcaire sur croûte
El-Asnam
397 mm/54 j. - 18,7°C

4) *Sols fersiallitiques.*

- Profil 13 Sol fersiallitique rouge lessivé (marron)
Mascara: culture de blé
511 mm/76 j. - 17°C
Roche mère: alluvions anciennes
- Profil 29 Sol fersiallitique brun lessivé
Gueltz Zerga
550 mm/81 j. - 15,70°C
- Profil 19 Sol fersiallitique rouge noirci
Hajirehana (Lamoricière) fond de Talweg avec grandes cultures
514 mm/67 j. - 14,8°C
- Profil 21 Sol fersiallitique rouge
Hadjirehana (Lamoricière): grandes cultures - Rudérales
514 mm/67 j. - 14,8°C
- Profil 17 Sol fersiallitique
Roche mère: marnes
Climat: chaud et sec
Mascara. Végétation: buissons lentisques graminés - Eucalyptus
- Profil 58 Sol fersiallitique rouge
Hadjirehana (Lamoricière)
418 mm/50 j. - 16,8°C

Profil 67 Sol f. rouge lessivé
Beni-slimane 418/50 j. - 14,6°C

5) *Rendzine.*

Profil 48 Rendzine sur calcaire marneux
El Asnam
397/54 - 18,7°C

Profil 26 Rendzine forestière
Saïda (Beni-slimane)
448/75 - 14,6°C
Roche mère: grès calcaire
Végétation: pin d'Alep - Lentisque - Alfa - graminés

Profil 36 Rendzine sur grès calcaires
El Asnam
397/54 - 18,7°C

Profil 93 Sol brun calcaire ou rendzine
Zoogara (Khémis El khechna)
833 mm/100 j. - 18,3°C

6) *Sols isohumiques.*

Profil 53 Sol chatain
Maghnia
418 mm/50 - 16,8°C

Profil 62 Sol chatain colluvionné
Touchanine (Médéa)

7) *Vertisols.*

Profil 22 Vertisol sans drainage externe
sur alluvions avec grandes cultures de blé
Bedrabine (Lamoricière) Alt. 635 m
Roche mère: calcaire friable
climat chaud et sec

Profil 69 Sol d'apport alluvial vertique
El-Asnam
397/54 - 18,7°C.

III. METHODES D'ANALYSES.

- I) Séparation des matières organiques liées et des M.O. libres.
- II) Extraction et fractionnement des composés humiques.
- III) Electrophorèse.

I) SEPARATION DES MATIERES ORGANIQUES LIBRES ET LIEES.

L'hétérogénéité des constituants de la matière organique fait apparaître à côté des composés évolués liés à la fraction minérale du sol, des résidus organiques végétaux et animaux plus ou moins décomposés et non liés au support minéral.

Il est donc important de séparer ces deux formes principales selon la méthode de MONNIER et TURC:

Principe: Une séparation densimétrique effectuée avec des liqueurs denses (bromoforme et alcool) de densité intermédiaire entre celle des débris organiques voisine de 1,5 et celle du complexe organo-minéral supérieure à 2, permet de distinguer ces deux fractions. Après centrifugation, on isole par décantation la fraction dite « libre » (acides fulviques, acides humiques et débris organiques) qui surnage et la fraction dite « liée » qui constitue le culot dense (acides fulviques, acides humiques, humine).

Mode opératoire:

— passer au tamis (2 mm) 5 g de sol sec et peser les débris grossiers 2 mm.

— l'échantillon est ensuite broyé et immergé dans la liqueur (1 part d'éthanol et 1 part de bromoforme $d=1,8$) pour être centrifugé à 3000-5000 t/mn pendant 10 mn.

— on recueille la fraction surnageante sur un filtre taré et on redisperse le culot 2 fois dans la liqueur pour séparer complètement la matière organique libre.

Le culot est placé 8 jours dans une étuve (40°-50°C.) pour éliminer le bromoforme.

Grâce au tarage du filtre, on trouve le poids de matière organique libre. Le poids du culot correspond à la matière organique liée.

Cette méthode repose sur l'existence d'une liaison entre les matières organiques et les matières minérales du sol.

Mais cette technique, comme l'ont souligné les auteurs (MONNIER, TURC et JEANSON-LUUSINANG 1962) ne convient qu'aux sols possédant un complexe argilo-humique bien développé. Pour les horizons très humifères, les deux fractionnements ont été très difficiles à obtenir.

Le tableau n. 1 présente les résultats que nous avons obtenu après fractionnement et nous avons pu constater que d'une façon générale la fraction libre est très faible.

Ceci peut s'expliquer par les conditions climatiques qui favorisent la transformation rapide de la matière organique libre en matière organique liée composée de substances biologiquement stables. C'est sur cette deuxième fraction qui correspond à l'humus proprement dit que nous avons extrait les acides humiques par la méthode DUCHAUFOR et JACQUIN.

II) METHODES D'EXTRACTION ET DE FRACTIONNEMENT DES COMPOSES HUMIQUES.

Nous avons choisi la méthode préconisée par Ph. DUCHAUFOR et F. JACQUIN (1963) afin de pouvoir comparer les résultats trouvés par la méthode TIURIN (1951) qui à l'inconvénient d'utiliser la soude comme réactif d'extraction: ce réactif ayant la propriété de « fabriquer » certains composés réducteurs à partir de la matière organique non décomposée.

— La première méthode, celle de DUCHAUFOR et JACQUIN, a été réalisée avec les horizons superficiels pour lesquels la méthode densimétrique a permis de séparer la M.O. libre de la M.O. liée.

— La méthode TIURIN a permis le fractionnement des acides humiques pour tous les horizons de chaque profil des différents types pédologiques rencontrés en Algérie.

Extraction et dosage des acides humiques.

Cette méthode mise au point par DUCHAUFOR et JACQUIN utilise le pyrophosphate de sodium à 1% qui a un pouvoir dispersant élevé vis-à-vis des argiles, et insolubilisant vis-à-vis du fer et du calcium.

Ce réactif solubilise les composés humiques liés aux fractions minérales et afin d'éviter de provoquer la néoformation de nouveaux composés humiques nous ramenons la liqueur d'extraction à un pH de 7 pour les 2 premières extractions.

Nous avons procédé de la manière suivante:

1) Extraction

A partir d'un même échantillon (5 g de sol séché à l'air), nous avons réalisé 4 extractions successives:

— les premières et deuxièmes extractions (1+2) avec une solution de pyrophosphate de sodium à 1% et une solution de NaCl à 5% le pH est ramené à 7.

— les 3e et 4e extractions (3+4) avec une solution de pyrophosphate de sodium à 1% pour la 4e extraction il a été nécessaire de flocculer les argiles une fois l'extraction faite par addition de 1% de chlorure de sodium.

Les deux premières extractions chimiques permettent de solubiliser les acides humiques bruns (H_I) et les acides fulviques libres (F_I).

Les deux suivantes à pH plus élevé extraient surtout les acides humiques gris (H_2) et les acides fulviques qui leur sont liés (F_2).

Nous avons pu ainsi établir des corrélations d'une part entre les acides fulviques totaux et les acides fulviques libres (F_I) et d'autre part entre les acides humiques totaux et les acides humiques gris (H_2).

La première corrélation de la forme suivante:

$$y = 1,14 X - 0,88$$

nous indiquent la prédominance des acides fulviques libres (F_I) facilement mis en solution. Ceci peut être un indice d'humification rapide à partir du matériel végétal puisque ces acides très solubles sont les premiers composés humiques.

Les acides fulviques (F_2) solubilisés lors de la 3e et 4e extraction (II) sont en général en proportion plus faible.

L'alcalinité du solvant étant plus forte, il est permis de supposer que ces acides fulviques présentent un degré de polymérisation supérieur à ceux de F_I . A la différence de ces derniers, les acides fulviques F_{II} qui diminuent toujours dans le profil seraient liés aux acides humiques gris.

La deuxième corrélation de la forme suivante:

$$y = 1,48 X + 0,78$$

montre que les acides humiques gris dérivant de synthèses microbiennes et liés aux argiles sont prédominants dans tous les types de sols étudiés. Ceci est confirmé par l'électrophorèse qui montrent que les acides humiques gris sont extraits en plus grande quantité aux cours des 3e et 4e extractions tandis que l'opposé s'observe pour les acides humiques bruns qui ont un taux assez faible. Ceci serait dû vraisemblablement à une polymérisation assez rapide (remarque déjà faite à propos des acides fulviques libres) suite à la richesse du milieu, en général, en calcium; ceci favorisant la synthèse des acides humiques gris.

Ces constatations ont pu être relevées tout d'abord par l'observation de la teinte des extraits: les extraits des acides humiques I étaient plus clairs que les extraits de la fraction II de couleur brun foncé; la constatation opposée a été faite sur les extraits d'acides fulviques, et ensuite par les dosages en carbone et l'électrophorèse de chaque fraction.

2) Précipitation des acides humiques.

La précipitation des acides humiques dans chaque fraction a été obtenue par addition de HCl jusqu'à pH 1.

Nous avons choisi arbitrairement cette valeur de pH pour suivre la méthode de DUCHAUFOUR et JACQUIN mais il semblerait d'après J. FAURE et P. PICAT⁽¹⁾ que ce fractionnement en acides humiques et fulviques ne correspond pas à une réalité physique. Ces auteurs ont montré la présence d'un palier très net pour une certaine valeur de pH suivant la nature de chaque échantillons.

Leurs résultats montrent l'importance de la valeur du pH du solvant utilisé car les groupements fonctionnels des acides humiques et des acides fulviques peuvent favoriser de polymérisation ou au contraire des dissociations.

Ainsi pour permettre une comparaison plus juste entre divers types de sols, la séparation en acides humiques et fulviques nécessite une étude préalable qui tient compte de la nature propre de chaque échantillon étudié, de la concentration de la solution et des techniques d'extraction.

3) Redissolution des acides humiques.

Les acides humiques, une fois lavés à HCl N/10 et séchés à l'étuve (40°-50°C), ont été redissouts en milieu alcalin.

Nous avons constaté que les 2 dernières extractions (3+4) contenaient une plus grande quantité d'acides humiques, l'électrophorèse venant à l'appui de cette constatation.

Les acides humiques une fois dissouts avec Na OH N ont été séparés en 2 lots:

— le premier, pour le dosage du carbone. Les 2 premières extractions (1+2) ont été réunies ainsi que les deux dernières (3+4).

— le second, pour l'électrophorèse.

4) Dosage des acides humiques.

Nous avons utilisé parallèlement 2 méthodes:

— la réduction au permanganete N/10 (méthode très sensible).

— la réduction au bichromate de potassium (méthode ANNE modifiée).

Afin de pouvoir effectuer une comparaison valable pour chaque type d'humus.

Les réactifs du dosage par voie humide sont le bichromate de K 2% et le sel Mohr 0,250 N.

⁽¹⁾ J. FAURE, P. PICAT: « Sur la distinction entre acides humiques et acides fulviques Bull de l'Ass. fr. pour l'étude du sol Science du Sol 1973 n. 2, pp. 91-95.

Le mode de calcul impliqué par la méthode au bichromate repose sur une relation existant entre la quantité de C oxydé et la diminution du titre de la solution oxydante.

III) ELECTROPHORESE.

Sur les électrophorogrammes, nous avons pu distinguer trois grandes catégories d'acides humiques:

— les acides humiques gris très foncés qui ne migrent pratiquement pas;

— les acides humiques intermédiaires (I) qui migrent à mi-chemin des plus mobiles;

— les acides humiques bruns (B) qui sont les plus mobiles.

L'évaluation quantitative des pourcentages de ces 3 types d'acides humiques a été effectuée par densitométrie. L'évaluation des surfaces délimitées par le spectre de chaque bande colorée donne la proportion des 3 types d'acides humiques ainsi séparés.

Grâce à cette technique, nous avons pu vérifier que la migration des acides humiques provenant des deux premières extractions était toujours plus importante que pour ceux provenant des 3^e et 4^e extractions. Ce qui confirme la prédominance des acides humiques bruns plus mobiles dans les deux extractions.

IV. INTERPRETATION DES RESULTATS.

L'interprétation que nous avons essayé de tirer d'après les résultats d'analyses est sujet à critique étant donné que nous n'avons pu procéder à des vérifications d'analyses. De plus, pour certains types de sol, nous reconnaissons que deux profils ne sont nullement suffisants pour établir des corrélations valables.

Ce travail nous a permis simplement d'esquisser une ébauche sur un problème crucial que pose l'humus dans les sols d'Algérie.

Les critères utilisés pour caractériser les humus ont été choisis grâce à la conjonction des deux méthodes: méthodes de fractionnement chimique et électrophorèse. Il s'agit d'abord du rapport acides fulviques/acides humiques (AF/AH), ensuite des rapports acides humiques gris/humus total et acides fulviques/humus total.

Les corrélations que nous avons établi concernent:

— les relations entre le rapport acides fulviques/acides humiques (Y) et le taux de calcium fixé sur le complexe absorbant (X):

$$Y = -0,05 X + 2,02$$

(le coefficient de corrélation étant $-0,345$);

— les relations entre le taux d'acides humiques totaux et le taux d'acides humiques gris solubilisés aux cours des 3ème et 4ème extractions:

$$Y = 1,48 X + 0,78$$

(le coefficient de corrélation étant de $0,913$);

— les relations entre le taux d'acides fulviques totaux et le taux d'acides fulviques libres (F_1):

$$Y = 1,14 X + 0,88$$

(le coefficient de corrélation étant de $0,844$).

I) SOLS PEU EVOLUES.

Ces sols présentent un profil peu différencié et sont caractérisés par un horizon humifère assez riche en matière organique.

Les matières humiques de ces sols seraient de nature assez hétérogène ce qui peut être lié à leur degré d'évolution différent.

En effet, sur cinq profils étudiés, nous avons pu constater que les corrélations établies pour l'ensemble des sols ne sont pas vérifiées pour cette classe. Les rapports acides fulviques/acides humiques varient de $0,3$ à $3,7$ selon les profils. La polymérisation de la matière organique de ces sols est donc plus ou moins importante et serait certainement en liaison avec l'activité microbienne très différente d'un profil à un autre.

D'une manière générale, ces sols ont une texture sableuse non favorable à la formation de composés humiques stables, ce qui semble être vérifié par les taux très faibles en carbone de la fraction non soluble, et par une proportion importante d'acides fulviques libres.

2) SOLS OCRES PODZOLIQUES.

Les deux profils que nous avons choisi sont caractéristiques des sols podzoliques avec leur rapport C/N voisin de 25 augmentant dans l'horizon d'accumulation. Avec de telles valeurs, l'activité biologique est quasi inexistante

et l'humification très ralentie. Ces sols ont donc un humus très peu polymérisé.

Ceci est confirmé par le rapport acides fulviques/acides humiques toujours supérieur à 1 et on peut penser que ces acides fulviques importants par rapport aux acides humiques jouent un rôle certain dans les processus de podzolisation.

Pour ces deux profils sujets à des précipitations assez abondantes (1200 mm/III j.), nous pouvons penser que ce facteur climatique accroît le lessivage qui provoque une certaine acidité (pH voisin de 6,5) et favorise la formation des fractions fulviques étant donné que la polymérisation des fractions humiques est entravée et nullement favorisée par la présence du calcium qui a une teneur très faible.

Le rapport HG/H total est le plus faible par rapport à tous les autres types de sols étudiés étant donné que les conditions défavorables aux polymérisations sont réunies (sols à caractère acide, à faible activité biologique et dépourvus de stabilisateurs, les ions calcium en particulier).

Ce type de sol met en relief l'importance des conditions écologiques (activité biologique, alternance micro-climatique saisonnière, richesse en constituants minéraux).

3) SOLS BRUNS.

Ces sols sont beaucoup moins riches en matières organiques liées que les rendzines et, par rapport aux sols châtaîns, la quantité de matière organique totale diminue beaucoup plus rapidement en profondeur.

Pour faciliter l'étude de ces sols bruns, nous les avons séparés en deux sous-groupes:

- les sols bruns forestiers.
- les sols bruns calcaires sur croûte.

31) *Les sols bruns forestiers.*

Malgré une très forte proportion de matières organiques libres et un pH oscillant entre 6 et 7, les acides humiques sont prédominants dans l'humus de ces sols ($AF/AH = 0,50$: rapport établi à partir de la fraction de la matière organique liée). Or étant donnée la richesse en matière organique libre, il aurait été intéressant de fractionner les acides humiques dans cette fraction non humifiée qui, lorsque les conditions sont favorables, est susceptible de se transformer rapidement en matière organique humifiée.

Concernant les matières humiques de la fraction liée, nous avons constaté que la corrélation établie pour tous les types de sol entre les acides fulviques totaux et les acides fulviques extraits à pH 7 (F_1 : 1ère et 2ème extraction) n'est pas vérifiée pour ces sols bruns.

En effet, nous constatons que les acides fulviques (F_2) liés aux acides humiques sont en quantité un peu plus élevée par rapport aux acides fulviques libres (F_1).

Il se confirme donc que pour les sols bruns, la matière organique est bien humifiée avec prédominance d'acides humiques gris.

Le rapport acides fulviques sur acides humiques vient à l'appui de cette conclusion, ce qui confère à cet humus un haut degré d'évolution, tout à fait compatible avec les conditions de milieu (pluviométrie très importante pour le profil 74 en particulier, température moyenne annuelle assez élevée 18°C . et grande capacité d'échange).

Les acides fulviques libres étant les premières fractions humiques qui se forment dans le sol lors de la décomposition de la M.O. fraîche sont, soit rapidement transformés en acides humiques (par polymérisation et néosynthèse), soit rapidement décomposés et minéralisés. Ces deux phénomènes peuvent jouer et laisser une faible proportion d'acides humiques bien polymérisés.

32) *Les sols bruns calcaires sur croûte.*

A la différence des précédents, ces sols bruns calcaires ont un rapport acides fulviques/acides humiques (AF/AH) élevé caractéristique d'une faible polymérisation qui est confirmée par la teneur assez faibles en acides humiques gris et par une teneur plus importante en acides humiques bruns par rapport aux autres types de sol.

De plus la faible capacité d'échange indique que la matière organique est pauvre en composés humifiés, ceci montre donc l'importance du calcium dans les phénomènes de biosynthèse conduisant à la formation d'acides humiques gris très stables ainsi que celui des argiles.

Les conditions climatiques agissent également sur l'évolution de la matière organique dans le sol. Ces sols sont soumis à des dessiccations estivales très importantes très néfastes à la conservation de l'humus. C'est sans doute pour ces raisons climatiques que ces sols sont assez pauvres en matière organiques et qu'ils se présentent pour ainsi dire, tronqués de leurs horizons supérieurs.

4) SOLS FERSIALLITIQUES.

Nous constatons que ces types de sols sont assez pauvres en matière organique mais contiennent beaucoup plus en valeur absolue de matière organique liée que les rendzines. Ils sont également riches en argiles.

Le résidu (humine) est très faible ce qui montre que la quantité d'acides humiques extraits est maximale dans ce type de sol.

Ceci peut conduire à la conclusion suivante: les complexes argilo-humiques sont certainement fragiles. Cette constatation serait à l'appui de l'entraînement

mécaniques des argiles pour un certain nombre de sols et de l'absence de liaisons intimes avec les acides humiques malgré un indice de saturation élevé.

Parmi tous les profils que nous avons groupé dans la classe des sols fersiallitiques nous avons pu noter que dans l'ensemble les indices de polymérisation restent supérieurs à ceux qui caractérisent les sols bruns.

Mais ces sols liés par des conditions climatiques semblables (précipitation de l'ordre de 500 mm/70 j. et température moyenne annuelle de l'ordre de 15°C.) pourraient se subdiviser par la différence qui réside dans l'évolution plus ou moins poussée de leur humus.

Ainsi, nous pouvons constater que ces sols ont un rapport acide fulvique/acides humiques assez variable mais très voisin de 1 en général. Il y aurait donc équilibre entre les formes d'humus peu polymérisées et les plus condensées, ces dernières étant malgré tout prépondérantes.

Pour cette catégorie de sols, il est intéressant de noter que la fraction des acides humiques bruns est souvent bien distincte des acides humiques intermédiaires et représente 50% des acides humiques gris.

Cette remarque caractérise un certain type d'humus très mobile, intermédiaire entre les acides fulviques libres et les acides humiques gris. Ce type d'humus à petites molécules et faiblement lié aux argiles faciliterait les phénomènes de lessivage observés dans plusieurs profils de cette catégorie de sols. Malgré des taux de saturation assez élevés cette fraction d'humus bien distincte sur les électrophorégrammes floccule très lentement par le calcium, ce qui explique le rôle qu'elle joue dans les processus de migration selon les conditions climatiques.

5) RENDZINE.

Le rapport acides fulviques/acides humiques toujours inférieur à 1 et pouvant descendre jusqu'à 0,2 confère à cet humus un haut degré d'évolution.

La quantité totale de matière organique est toujours plus importante dans ces sols à complexes absorbants saturés que dans les sols fersiallitiques bien qu'en valeur absolue le taux de matière organique liée soit plus faible. Ceci montre que le phénomène de minéralisation de la matière organique fraîche est plus grand dans ce type de sol.

Cet humus qui est un mull calcique se forme en même temps que la décomposition de la roche-mère calcaire et contracte de très fortes liaisons avec les argiles de décalcification. Ceci expliquerait les résultats relativement bas du rapport acides humiques gris/humus total, étant donné que le fractionnement n'a vraisemblablement pas permis la solubilisation en totalité des acides humiques gris (la fraction insoluble ou résidu est relativement très importante).

Quant aux acides fulviques qui sont en minorité par rapport aux autres

constituants humiques, ils confirment l'humification poussée de cette matière organique. La valeur du rapport C/N où prédomine l'azote dans la fraction liée indique une très bonne activité biologique qui contribue à une humification rapide et à une minéralisation lente des composés humiques. Le sol pour tous les profils étudiés est saturé en calcium ce qui intensifie les phénomènes de biosynthèse conduisant aux humates calciques.

Dans cette étude, il nous n'a pas été permis de distinguer les groupes et sous-groupes de cette classe, faute de temps mais par une recherche ultérieure, nous pourrions approfondir cette question.

6) SOLS ISOHUMIQUES.

Ces sols châtains de steppe à alfa font partie de la classe isohumique caractérisée par une teneur progressive décroissante de la matière organique en profondeur.

Nous pourrions aussi le rattacher au groupe à humus évolué ou mull des sols calcimorphes. En effet, cet humus est de type calcique à composés humiques très polymérisés (les taux en acides humiques gris s'élevant jusqu'à 60%).

Le C/N de la fraction dense est de l'ordre de 12, ce qui indique une bonne décomposition de la matière organique fraîche. Le pH s'élève jusqu'à 9 et l'indice de saturation est très proche de 100.

Toutes ces conditions sont donc favorables à une humification poussée.

La teneur en matière organique liée est relativement élevée par rapport aux autres types de sols et les résultats montrent une accumulation d'acides humiques gris en profondeur.

Sa richesse en résidu (humine) laisse prévoir une liaison très forte entre les argiles (le taux d'argile étant de 50%) et les composés humiques gris ce qui donne un rapport HG/humus total plus faible qu'il devrait être (la floculation des argiles dans la 4ème extraction a du entraîner une partie des acides humiques).

De plus, ces liaisons doivent s'opposer à la migration des acides humiques gris en profondeur et le fait de l'accroissement de ces composés dans le profil ne peut être expliqué que par la formation de ces composés humiques gris sur place, formation vraisemblablement favorisée par l'accumulation du calcaire dans l'horizon Ca.

Le rapport acides fulviques/acides humiques qui oscille entre 0,8 et 0,5 avec un minimum dans le 2ème horizon vient confirmer l'absence de migration des composés humiques gris.

Tous ces caractères sont l'indice d'un humus très évolué enrayant les migrations très favorables aux altérations minérales. Il faut aussi ajouter que cet humus est selon PICK et ALLISON (1951), bien «protégé» contre la décomposition microbienne par l'argile à laquelle il est lié.

7) PERTISOLS.

Nous pouvons constater que pour ces sols caractérisés par l'abondance d'argile en liaison étroite avec l'humus et réunis dans la classe des vertisols, leur rapport acides fulviques/acides humiques est relativement bas. La richesse en cations alcalino-terreux Ca et Mg nous donne un humus calcique riche en acides humiques gris très polymérisés.

Les 2 profils choisis sont des vertisols sur alluvions non drainées. L'humification poussée de ces sols seraient due certainement à l'alternance des phases d'humectation avec anaérobiose partielle et de phases de dessiccation avec aérobie.

IARKOV a montré que les phases asphyxiantes pas trop prolongées favoriseraient les processus qui conduisent aux composés humiques très polymérisés. En effet, en période de saturation par l'eau, il y aurait formation de composés phénoliques à petites molécules, et en saison sèche oxydation et polymérisation des composés pré-humiques de la phase précédente.

Ces hypothèses peuvent être confirmées par le fait que la teneur en acides humiques gris augmente avec la profondeur. Cette observation ne serait pas due à une migration des composés humiques formés dans les horizons supérieurs mais à une humification sur place grâce à la richesse en calcium dans tout le profil, ce qui favorise, en plus des conditions physiques, la formation d'acides humiques gris très stables.

Nous avons relevé pour ce type de sol un rapport C/N de la fraction de la matière organique liée très faible. Cette richesse en azote, tout comme celle du calcium semble être une condition nécessaire pour qu'il y ait humification intense. Cette activité biologique expliquerait donc l'augmentation des acides humiques gris en profondeur.

Les caractères de ces vertisols les rapprochent des sols isohumiques mais ils s'en différencient par une richesse plus grande en acides humiques gris et par une liaison plus étroite avec les argiles (valeur du résidu très importante).

CONCLUSION.

Le choix de la méthode DUCHAUFOUR et JACQUIN pour le fractionnement des composés humiques semble être satisfaisant puisque cette méthode nous a permis de relever les différences qui caractérisent les différents types de sols étudiés.

Le choix de la méthode TURIN nous a permis d'aboutir en général aux mêmes conclusions. Mais nous observons que l'extraction des composés humiques est toujours plus forte et certainement trop brutale étant donné la valeur du pH du solvant. En effet, le taux d'acides humiques gris est supérieur

à celui qui est obtenu par la méthode DUCHAUFOUR, ce qui permet de supposer la néoformation de composés humiques beaucoup plus polymérisés. De plus cette méthode ne permet pas de séparer les deux groupes d'acides humiques qui confèrent aux sols des propriétés physico-chimiques très différentes.

Nous avons pu également vérifier l'utilité du fractionnement densimétrique de la matière organique. Ce fractionnement paraît être indispensable, surtout lorsqu'il s'agit de sols à humus très peu polymérisé et contenant une grande proportion de matière organique non décomposée.

Mais cette étude reste très incomplète et dans un travail ultérieur de nombreux points restent à confirmer et à préciser.

Elle nous a permis simplement de nous rendre compte de l'influence fondamentale qu'exerce la matière organique comme constituant du sol et comme élément moteur de sa dynamique.

Cette notion place donc l'humus comme facteur prépondérant dans la vocation d'un sol. Ainsi un humus déterminé ne pourra favoriser qu'un nombre assez restreint d'espèces végétales. Ces connaissances permettront de déterminer les relations qui existent entre le type de sol et l'adaptation d'une espèce à son milieu.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DUCHAUFOUR, PH. et JACQUIN, F., 1963 - *Recherche d'une méthode d'extraction et de fractionnement des composés humiques contrôlée par l'électrophorèse*. Annales Agronomiques.
- DUCHAUFOUR, PH., 1970 - *Précis de Pédologie*. Masson et C.ie, Paris.
- THOMANN CH, 1964 - *Les différentes fractions humiques de quelques sols tropicaux de l'Ouest africain*. Cahier de l'O.R.S.T.O.M., vol. II, fas. 3.
- DUCHAUFOUR, PH. et DOMMERGUES, Y., 1963 - *Etude des composés humiques de quelques sols tropicaux et subtropicaux*. African Soils, Janvier-Avril, C.C.A.A., vol. VIII, n. 1, p. 5-23.
- HENIN, S., GRAS, R., MONNIER G., 1969 - *Le profil cultural*. Masson et C.ie, Paris.
- FAURE, PICAT, P., 1973 - *Sur la distinction entre acides humiques et acides fulviques*. Bulletin de l'Association française pour l'étude du sol. Science du Sol., n. 2, p. 91-95.
- ALEXANDROVA, J. H. et ANAYDENOVA, O., 1966 - *Guide d'analyses en pédologie*. Edition Léninegrad.
- TUCKER, B. M., 1971 - *Basic exchangeable cations in soils*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation Australia. Division of Soils Technical Paper, n. 8, p. 22.
- IARKOV, S. P., 1956 - *Dynamique saisonnière de certains processus dans les sols*. VIe Congrès de la Sc. du Sol., Paris, V, 66, vol. E., 401-405.

TABLEAU 1 - Valeurs analytiques du carbone pour les fractionnements réalisés.

N° du profil	Fl mg.	C mg. dans 1 g de Fd	C/N fraction dense	C résidu % [M.O. liée -M.N.T.]	N° du profil	Fl mg.	C mg. dans 1 g de Fd	C/N fraction dense	C résidu % [M.O. liée -M.N.T.]
Sols peu évolués					29	17,5	6,7		
18	188,0	23,8	2,7	1,64		130,6	4,7	9,4	0,85
	33,6	11,2	—	1,58	19	155,4	10,6	10,6	0,70
44	122,8	12,9	8,6	1,02		261,9	7,3	12,1	
	39,0	5,5	—	0,55		122,3	9,7	25,0	
45	8,0	3,2	4,6		21	67,7	5,6		
	31,6	6,5	3,8	0,58		130,3	10,8	3,2	0,71
47	19,7	4,8	—	0,32		83,2	10,5	3,6	0,76
	52,7	16,1	6,1	0,58		56,8	10,5	17,5	0,60
42	46,1	6,7	12,1	0,47	17	393,7	26,2	26,2	2,95
	53,8	12,9	—	0,79		207,6	35,2	14,1	2,67
	27,1	18,3	—	1,56	Sols fersiallitiques (suite)				
	24,0	3,7	—		58	56,5	10,2	6,4	0,29
Sols ocrez podzoliques					67	99,8	7,5		0,95
2	165,9	9,7	—			67,5	1,2		0,17
	228,5	6,2	25,0	0,73	Rendzine				
	213,3	4,4	—	0,47	48	159,5	11,6	6,5	
72	2130,0	16,0	10,0	0,76	26	317,7	15,3		2,13
						53,7	9,4		0,82
Sols bruns					36	174,5	7,1		1,66
74	1992,2	7,1	—	3,18	93	1072,0	16,6		1,75
75	2773,2	10,6	—	2,07	Vertisols				
12	50,9	4,1	13,7	1,14	22A	188,2	11,4	2,7	1,16
70	11,5	4,4	—	0,12		91,4	11,4	3,2	1,07
	169,0	9,4	—	1,34	69	140,1	6,5		1,28
Sols isohumiques					Fl: fraction libre recueillie après fractionnement densimétrique des matières organiques du sol;				
53	133,7	11,3	12,0	1,11	Fd: fraction dense recueillie après fractionnement densimétrique des matières organiques du sol;				
	134,6	20,2	14,4	1,84	C résidu: carbone du résidu % [M.O. liée - Matière humique totale];				
62	85,5	10,8	—		M.O.: Matière organique.				
	22,0	11,8	9,1	0,96					
Sols fersiallitiques									
13	134,2	6,2	—	1,05					
	178,2	11,8	13,0	1,05					
	77,2	6,5	—	—					
29	3,6	19,1	8,0	—					
	137,8	16,6	—	1,37					
	20,0	12,3	—	1,30					

TABLEAU 2 - Caractères analytiques des sols et valeurs caractéristiques des humus. Sols peu évolués.

Profils	Horizon	Profondeur (cm)	Argile %	C % Total	N %	C/N	pH	Ca (1)	Mg (1)	K (1)	S (1)	T (1)	S/T	% HV M.O. lib	% Af M.O. lib	AF/AH	AH		AF		Catégories en % AH		
																	I	II	I	II	B	I	G
18	A ₁₁	15	17	2,09	0,11	18,3	8,5	16,90	0,34	0,66	18,17	18,18	99,95	1,9	7,1	3,7	1,1	0,8	4,2	2,9	44,0	56,0	
	A ₁₂	60	28	1,51	0,06	26,9	8,75	18,26	0,27	0,34	19,04	19,17	99,33	4,2	2,9	0,7	1,8	2,4	2,5	0,4	37,5	62,5	
44			32	1,13	0,09	11,9	8,65	13,00	0,58	0,96	14,63	14,47	101,08	4,7	2,2	0,46	2,1	2,6	1,8	0,4	43,2	56,8	
			44	1,25	0,06	15,8	8,55	18,69	1,15	0,28	20,33	19,20	105,86	4,4	1,6	0,36	0,7	3,7	1,2	0,4	41,2	62,3	
45			24	0,66	0,15	4,8	8,70	7,12	0,00	0,07	8,05	7,09	113,54	1,9	1,0	0,53	0,8	1,1	0,8	0,2	t	t	
			17	0,72	0,13	5,4	8,55	5,41	0,00	0,25	5,76	4,35	132,31	3,1	2,0	0,64	0,8	2,2	1,2	0,8	27,3	54,3	
47			12	0,24	0,11	2,1	9,20	2,80	0,00	0,05	2,95	1,95	151,46	1,9	2,4	1,26	1,1	0,8	1,7	0,7	t	t	
			13	1,43	0,13	10,7	8,40	9,67	0,00	0,84	10,67	9,22	119,74	4,0	4,4	1,10	1,0	3,0	3,3	1,1	42,9	57,1	
42			13	0,42	0,06	7,4	8,50	13,44	0,49	0,11	15,40	14,32	107,56	2,8	2,3	0,82	0,6	2,2	1,3	1,0	41,4	58,6	
			34	0,90	0,10	9,5	9,20	10,42	3,59	0,71	15,52	14,42	107,63	4,9	3,3	0,67	2,2	2,9	0,8	2,5	20,4	66,6	
			32	0,84	0,10	8,8	9,05	9,47	2,72	0,79	13,98	12,86	108,67	2,7	2,9	1,07	1,0	1,7	0,6	2,3	42,9	57,1	
																				34,8	65,2		
																				44,8	55,2		
																				21,6	58,8		
																				44,5	55,5		
																				39,9	60,1		

(1): meg/100 g de sol

B: brun

AH: acides humiques

I: intermédiaire

TABLEAU 3 - *Sols podzoliques.*

Profils	Argile %	C % Total	N %	C/N	pH	Ca (1)	Mg (1)	K (1)	S (1)	T (1)	S/T	AH % M.O. Ile	AF % M.O. Ile	AH		AF		Catégories en % AH		
														I	II	I	II			
34	2,23	0,16	14,2	5,40	5,51	5,55	0,30	11,45	13,20	86,71	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	37	1,25	0,04	30,5	4,95	4,04	7,85	0,30	12,34	16,93	72,91	2,9	3,5	1,2	0,4	2,5	0,9	2,6	t	t
40	1,19	0,03	38,4	6,45	6,74	2,24	0,10	9,20	11,92	77,22	1,9	2,1	1,1	0,7	1,2	1,0	1,1	t	t	
25	4,44	0,24	18,7	6,45	7,11	0,71	0,58	8,63	19,77	43,68	1,9	2,6	1,4	0,65	1,25	1,7	0,9	47,6	52,4	
81	2,09	0,11	19,4	6,10	2,71	0,51	0,32	3,60	10,05	35,80	—	—	—	—	—	—	—	43,0	57,0	

72

(1): voir le tableau 2

AH, AF, M.O., B, I, G.: voir le tableau 2

TABEAU 4 - Sols bruns.

Profils	Argile %	C % Total	N %	C/N	pH	Ca (1)	Mg (1)	K (1)	S (1)	T (1)	S/T	AH % M.O. lié	AF % M.O. lié	AF/AH		AH		AF		Catégories en % AH		
														I	II	I	II	B	I	G		
																					I	II
74	26	15,95	0,76	20,9	6,60	—	—	—	—	—	—	17,10	4,00	0,23	7,0	10,1	1,7	2,3	26,6	20,5	52,9	
																				23,9	19,0	57,1
75	—	5,22	0,45	11,6	7,20	—	—	—	—	27,15	—	8,90	6,90	0,77	4,1	4,8	2,0	4,9	45,0	55,0		
																			41,3	58,7		
12																			t	t		
																			40,0	60,0		
17		0,44	0,05	9,1	8,55	3,14	3,18	0,56	7,03	7,30	96,32	0,40	3,20	8,00	0,3	0,1	1,7	1,5	t	t		
																			t	t		
70	40	1,79	0,13	13,4	8,60	23,75	0,41	0,84	25,25	25,19	100,25	1,80	1,90	1,05	0,4	1,4	1,5	0,4	t	t		
																			25,1	16,6	58,3	

(1), AH, AF, M.O., B, I, G.: voir le tableau 2

TABLEAU 5 - Sols isobumiques.

Profils	Argile %	C % Total	N %	C/N	pH	Ca (1)	Mg (1)	K (1)	S (1)	T (1)	S/T (1)	AH% M.O. Héc	AF% M.O. Héc	AF/AH		AH		AF		Catégories en % AH		
														I	II	I	II	I	II	I	B	I
41	1,01	0,14	7,1	8,90	9,98	3,88	1,57	15,69	15,17	104,43	3,7	3,1	0,84	1,8	2,0	1,7	1,4	46,7	53,3	23,8	10,5	65,7
53	0,80	0,11	7,0	8,95	12,04	2,71	0,35	15,64	15,69	99,69	1,8	0,4	0,20	0,5	1,3	0,2	0,2	44,9	55,1	37,8		62,2
51	0,45	0,09	5,2	9,15	8,93	3,17	0,36	14,07	11,46	122,73	—	—	—	—	—	—	—					
62	1,37	0,1	13,2	8,60	20,98	1,13	1,93	24,41	25,37	96,20	1,8	1,1	0,59	0,3	1,5	0,7	0,4	46,7	53,3	26,4	15,1	58,5

(1), AH, AF, M.O., B, I, G.: voir le tableau 2

TABLEAU 6 - Sols fertilitiques.

Profils	Horizon	Profondeur (cm)	Argile %	C % Total	N %	C/N	pH	Ca (1)	Mg (1)	K (1)	S (1)	T (1)	S/T	AH % M.O. lie	AF % M.O. lie	AF/AH	AII		AII		Categorie en % AII		
																	I	II	I	II	B	I	G
13	A _p	23	42	0,72	0,05	13,8	8,00	5,10	12,93	1,02	19,17	18,17	105,50	3,5	4,1	1,17	0,3	3,2	1,9	2,2	43,9	36,1	
	B ₂	55	54	0,66	0,06	11,0	8,30	9,60	12,19	0,64	22,76	22,30	102,07	2,1	8,7	4,15	0,4	1,7	7,6	1,1	38,7	61,3	
	B/c	68	56	0,75	0,05	15,0	8,50	5,49	15,95	0,63	22,41	21,52	104,15								44,8	55,2	
29	c	85	56	0,45	0,05	9,0	8,60	22,54	0,61	0,75	22,45	22,70	103,31								22,7	15,9	61,4
	A _p	20	29	1,28	0,15	8,4	8,60	30,34	0,00	0,74	31,15	31,42	99,13	1,6	2,4	1,50	0,5	1,2	0,9	1,5	t	t	t
	A ₂	30	33	0,81	0,15	5,3	8,55	27,44	1,49	0,56	29,67	29,55	100,42	2,6	2,2	0,85	0,4	2,2	1,4	0,8	t	t	t
19	B	53	41	0,05	0,00	0,0	8,90	18,52	0,20	0,09	19,07	16,08	118,62								39,3		60,7
	A _p	25	35	4,45	0,13	34,2	8,55	22,45	0,79	1,29	24,87	29,79	83,49	2,5	0,7	0,28	0,6	1,9	0,2	0,5	26,4	18,4	55,2
		40	45	0,85	0,06	15,2	8,50	18,72	0,00	0,68	19,53	22,11	88,32	2,7	2,1	0,77	1,4	1,3	1,2	0,9	20,9	16,6	62,5
21		70	41	0,85	0,06	15,2	8,60	22,29	1,08	0,57	22,33	24,06	92,79								21,9	17,3	60,8
	A _p	20	24	0,78	0,06	13,9	8,65	13,92	0,99	1,02	16,09	15,87	101,37	2,1	2,2	1,04	0,8	1,3	1,6	0,6	48,7	51,3	
		33	31	0,48	0,06	8,6	8,65	12,74	1,20	0,62	14,71	13,25	111,02	1,8	1,3	0,72	0,5	1,3	1,2	0,05	43,5	56,5	
58		61	2,50	0,25	10,2	8,70	11,40	2,16	2,46	16,42	17,10	96,02	0,86	1,5	1,75	0,36	0,5	0,9	0,6	t	t	t	58,6
		52	0,98	0,08	12,9	8,65	27,26	1,42	0,96	29,86	29,77	100,29	3,5	1,0	0,28	1,1	2,4	0,6	0,4	40,9	59,1		
		59	0,45	0,07	6,5	8,65	27,51	2,18	0,61	30,47	30,37	100,32	1,4	1,0	0,69	0,2	1,2	0,7	0,3	44,6	55,4		
67																					21,9	18,7	59,4
	A ₁	18	52	4,37	0,25	17,5	8,50	27,44	2,28	1,16	31,51	35,14	89,66	3,7	3,5	0,95	1,3	2,4	2,6	0,9	41,2	58,8	
17	A/c	43	43	4,61	0,25	18,6	8,35	29,46	0,85	0,82	31,41	33,11	94,37	3,2	2,6	2,8	4,0	2,4	4,3	4,3	32,3	16,1	51,6
																					26,1	25,7	52,2
																					28,1	19,2	69,8

(1) AH, AF, M.O., B, I, G.: voir le tableau 2

TABLEAU 7 - Rendzine.

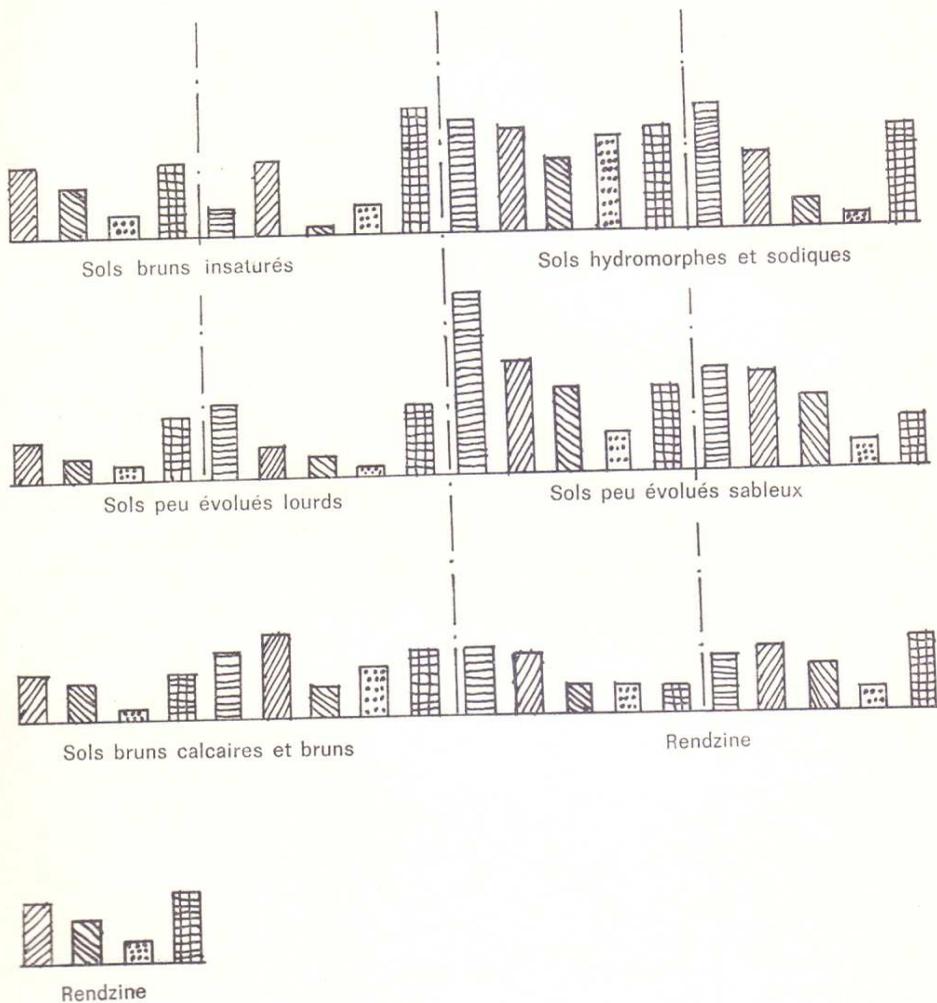
Profils	Horizon	Profondeur (cm)	Argile %	C % Total	N %	C/N	pH	Ca (1)	Mg (1)	K (1)	S (1)	T (1)	S/T	AH % M.O. liée	AF % M.O. liée	AH		AF		Catégories en % AH		
																I	II	I	II	B	I	G
48			39	1,19	0,13	8,9	8,9	13,14	0,00	1,25	14,98	14,37	104,27	1,8	1,7	0,3	1,5	0,6	1,1	44,5		55,5
																6,6	2,4	1,4	0,8	41,2		58,8
26	A ₁	15	49	1,51	0,13	11,3	8,50	19,11	0,50	1,10	20,86	24,07	86,68	9,0	2,2	0,6	2,4	1,4	0,8	45,9		54,1
																0,6	1,4	1,1	0,6	38,9		61,1
36	A ₂	30	27	0,85	0,11	7,5	8,80	13,43	0,40	0,42	14,37	12,26	117,23	2,0	1,7	0,5	1,0	0,8	0,5	45,0	18,5	55,0
																0,5	1,0	0,8	0,5	23,0	47,9	52,1
93			52	1,92	0,15	12,6	8,25	21,26	5,65	0,62	23,84	23,01	120,98	1,5	1,3	3,1	2,8	1,5	1,1	40,9		59,1
																0,42	7,7	8,20	23,75	3,04	1,98	29,00
69			50	3,24	0,42	7,7	8,20	23,75	3,04	1,98	29,00	37,70	116,87	5,9	2,6					35,4		64,6
Vertisols																						
22B	A ₁	22	40	1,87	0,10	19,5	8,60	15,97	2,28	0,74	19,21	18,84	101,97	4,3	1,5	1,8	2,5	0,6	0,9	25,0	20,0	55,0
																0,34	1,8	2,5	0,6	0,9	21,8	19,1
69	B	32	30	0,62	0,06	11,1	8,50	17,87	1,55	0,65	20,28	19,20	105,63	4,9	2,9	0,8	4,1	1,8	1,1	46,9		53,1
																0,59	0,8	4,1	1,8	1,1	25,7	17,9
			54	1,58	0,10	15,2	8,50	30,16	0,81	0,62	31,76	31,68	100,25	5,6	1,8	2,7	2,9	1,0	0,8	t	t	t
																2,7	2,9	1,0	0,8	22,7	17,3	60,0

(1) AH, AF, M.O., B, I, G.: voir le tableau 2

TABLEAU 8 - Valeurs caractéristiques des humus de quelques types de sols.

Sols	Profil	HG/H Total %	AF/H Total %	AF/AH	C humine % résidu	Obs.
Sols peu évolués	45	43	16	0,64	0,58	
	47	36	13	1,10	0,58	
Sols podzoliques	2	39	41	1,20	0,73	
	72	30	20	1,40	0,76	
Sols bruns	74	48	11	0,23	3,18	
	70	38	11	1,05	1,34	
Sol châtain	53	29	21	0,84	1,11	
		59	9	0,20	1,84	
Sols fersiallitiques	67	53	9	0,28	0,95	
	19	60	15	0,28	0,85	
Rendzines	36	36	18	0,90	1,66	
	93	33	12	0,43	1,75	
Vertisols	22	43	25	0,34	1,16	
		52	37	0,59		
	69	40	10,8	0,32	1,28	

AF: acide fulvique



Carbone
total
en %



Carbone de
la matière
humiques
en % de
C total



Carbone
d'acides
humiques
en % de
C total



Carbone
d'acides
fulviques
en % de
C total



Résidus
en % de
C total

Urtica
262/2/II
69

Rendzina
158/2/II
96

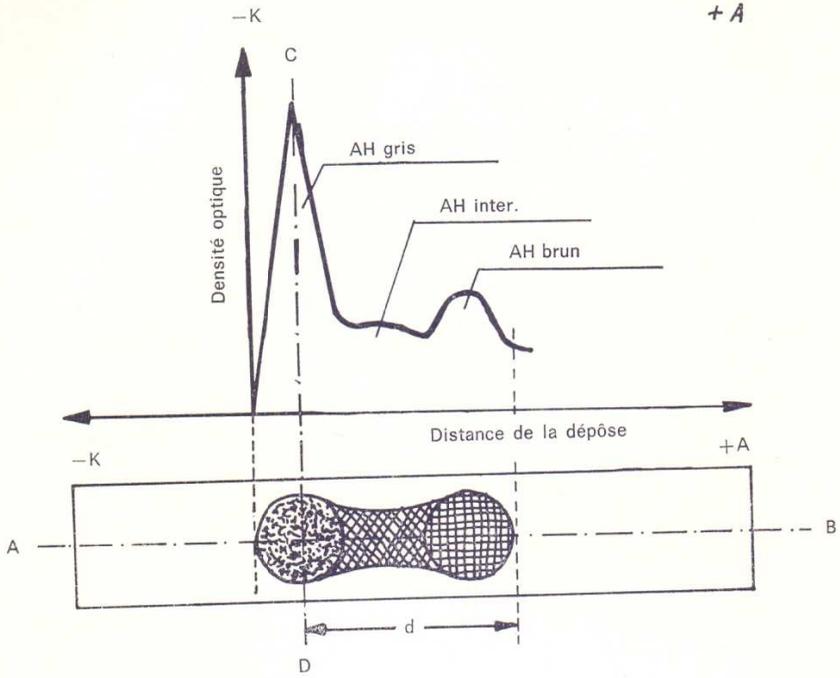
Sol. gypsifera
66/2/II
17

Sol. l. v. m. m. m.
239/2/II
62

Sol. l. v. m.
289/2/II
45

Sol. p. l. v. m.
275/2/II
72

Sol. p. l. v. m.
182/2/II
44



+ A