

RESULTATS ET PROSPECTIVES DE RECHERCHE
SUR LES MATIERES ORGANIQUES
DES SOLS FERRALLITIQUES

par Paul de BOISSEZON

ORSTOM Fonds Documentaires
N° : 29 230 ex 1
Cote : B

Dans la définition des sols ferrallitiques, il est fait référence au type d'humus. Ceci implique d'une part que les matières organiques de ces sols présentent un certain nombre de caractéristiques communes qui permettent de les ranger dans un type unique d'humus, d'autre part que ces matières organiques jouent un rôle important dans la pédogénèse de ces sols.

Le nombre limité d'études sur la caractérisation morphologique chimique et microbiologique des humus de ces sols, et surtout le petit nombre d'observations contrôlées sur le rôle de ces matières organiques dans la pédogénèse ferrallitique ne permettent pas à l'heure actuelle de répondre complètement à ces deux questions. Il paraît néanmoins possible de faire le point en fonction des données bibliographiques récentes et d'en déduire les orientations de recherches qui permettront de pallier à ces insuffisances.

TYPES D'HUMUS DES SOLS FERRALLITIQUES

Bon nombre de sols ferrallitiques ont une matière organique bien évoluée et un type d'humus qui peut être qualifié de "doux". Cependant, des humus grossiers, intermédiaires entre le "mor" et le "moder", se développent sur et dans certains sols ferrallitiques sableux très pauvres en bases, ou sous certains types de végétation comme la "savoka" malgache (lande à Philippia), ou enfin dans certaines régions très pluvieuses de la zone équatoriale. Ces humus grossiers provoquent une évolution particulière à tendance podzolique, tout au moins dans la partie supérieure du profil. S'il paraît logique d'avoir créé pour eux un sous groupe : de "sols podzolisés" dans le cas où cette évolution secondaire est peu poussée, cette exception est cependant gênante pour la définition de la classe des sols ferrallitiques, puisque la limite avec la classe des podzols et sols podzoliques devient floue.

Les autres types de matières organiques des sols ferrallitiques paraissent par contre présenter un certain nombre de caractères communs :

Malgré l'apport annuel souvent considérable de débris organiques d'origine végétale, la litière est peu importante voire inexistante en certaines saisons, et l'on peut considérer que la décomposition de ces matières organiques fraîches est très rapide. Toutefois la plus grande partie de cette source primaire de matières organiques se minéralise et la part qui s'humifie (s.l.) est relativement faible. Au total les teneurs en matières organiques des sols ferrallitiques, fonction de l'équilibre entre une humification faible et une minéralisation rapide de l'humus, sont peu importantes, sauf pour les sols d'altitude (cf. infra.).

Ces matières organiques sont liées d'une manière intime aux matières minérales :

- Les matières organiques fraîches "libres", qui peut être séparées par densimétrie sont peu abondantes et représentent moins de 25% du taux de matière organique totale dans l'horizon A1.
- Par contre, "l'humine", fraction organique fortement liée au complexe minéral, et non extractible par les réactifs alcalins, constitue plus de la moitié des matières organiques de ces sols. Les méthodes de fractionnement originales utilisées récemment par JACQUIN, NGUYEN KHA et PERRAUD, 1971, ont montré que cette fraction était composée pour environ un tiers de matières organiques fraîches (solubles dans CH_3COBr) apparemment "séquestrées", et pour deux tiers de composés humiques transformés soit étroitement liés par le fer, ou aux minéraux argileux, soit "surévolués".
- Les "matières humiques" (MHT), extraites directement par les solvants alcalins sont peu abondantes (15 à 30%) et constituées surtout par des composés organiques peu polymérisés : acides humiques (AH) surtout bruns et mobiles, acides fulviques (AF). Ces derniers deviennent dominant en profondeur.

Cet ensemble de caractères rapprocherait donc l'humus des sols ferrallitiques du "mull forestier" des régions tempérées, mais le degré de polymérisation des matières humiques (MHT) paraît plus faible.

Il existe néanmoins entre les différents humus doux des sols ferrallitiques de nombreux caractères divergents, qui paraissent liés soit à

la nature du couvert végétal (forêt dense humide sempervirente ou semi-décidue, forêt sèche et savanes) soit aux conditions pédoclimatiques qui favorisent plus ou moins l'accumulation et orientent différemment le type d'évolution des matières organiques. En fonction de ces conditions :

- Le cycle biologique (turnover), intéresse une masse plus ou moins importante de matières carbonées, d'azote et d'éléments minéraux dans le sol et dans la végétation.
- Les teneurs en matières organiques (M.O.) des sols ferrallitiques de basse altitude sont faibles ; mais dès que l'altitude augmente, on observe une accumulation de matière organique dans les horizons supérieurs (influence de la température et de la pluviométrie).
- le degré d'évolution de ces matières organiques paraît inégal comme l'indiquent les valeurs souvent assez différentes du rapport C/N en particulier sous forêt et sous savane, du taux d'humification (MHT/M.O.), du rapport AF/AH et AH gris/AH total dans les horizons A de ces sols.
- La capacité d'échange cationique et la saturation en bases de ces matières organiques est également très variable. La réaction, très acide des horizons humifères sous forêt dense semper-virente, peut l'être faiblement et même être voisine de la neutralité sous forêt dense semi-décidue ou sous forêt sèche. Le stockage d'éléments minéraux dans ces horizons humifères varie alors du **simple** au décuple.

Ces différences importantes ne permettent pas de conclure à l'unicité de ces humus doux de sols ferrallitiques. Il aurait été d'ailleurs étonnant de n'observer qu'un seul type d'humus dans la vaste zone occupée par ces sols.

Il apparaît au contraire qu'en fonction des conditions écologiques qui président à la formation et à l'évolution des matières organiques, se différencient un certain nombre de types d'humus, correspondants aux "climax climatiques" et représentatifs des équilibres sols-végétation. Cette zonalité des types d'humus a pu être démontrée dans le cas des sols ferrallitiques forestiers de Côte d'Ivoire. En d'autres pays, elle est peut-être moins nette ou encore mal connue. Il est probable qu'il existe également une zonalité des types d'humus en fonction de l'altitude (sols ferrallitiques humiques et humifères) ; mais souvent le problème se complique par le passage à des sols

Ando, ou du fait des variations de texture du matériaux originels.

Certains sols ferrallitiques sur roches volcaniques, sur roches pellitiques et les sols jeunes sur roches basiques (intergrades avec les sols bruns eutrophes) ont des types d'humus particuliers. Ces "climax stationnels" peuvent donc modifier l'évolution zonale, rendant plus délicate cette recherche des lois de répartition des types d'humus en fonction du climat atmosphérique. Mais en dehors de ces exceptions, il est cependant probable que l'on pourra définir pour les sols ferrallitiques différents types d'humus correspondant aux divers équilibres sol-végétation et définissant précisément les "climax climatiques". On pourrait même se demander si cette classification des types d'humus ne pourrait pas servir de base à une classification zonale des sols ferrallitiques, au niveau de la sous-classe par exemple. Une tentative dans ce sens a été réalisée par les pédologues britanniques qui distinguent les "oxisols" des "ochrosols" en fonction de la réaction des horizons humifères plus ou moins acides. L'expérience a montré qu'en Afrique de l'Ouest, l'aire d'extension de ces deux catégories de sols correspond "grosso modo" au domaine de la forêt dense humide semper-virente et de la forêt dense semi-décidue.

L'ennui est qu'il existe des climax stationnels et que l'équilibre sol-végétation est fortement modifié par le défrichement et la mise en culture, ou par la savanisation anthropique.

Il n'en demeure pas moins qu'il existe différents types de bio-géo-cénose sous végétation naturelle dans la zone ferrallitique et l'étude de leur dynamique devrait se substituer aux caractérisations statiques des types d'humus qui ont été tentées jusqu'à maintenant. Ces études des systèmes sol-végétation doivent être pluri-disciplinaire et requièrent à côté des pédologues, la participation d'écophysologistes végétaux. Tandis que les botanistes s'intéressent à l'apport au sol pendant l'année de matières organiques et minérales par les feuilles, fruits, branches et troncs, racinés et pluvio-lessivats, le pédologue devrait étudier les produits organiques et minéraux qui migrent et se transforment dans les différents horizons du sol.

Au-delà de la caractérisation dynamique des types d'humus, une telle recherche permet d'étudier les mécanismes des processus de lixivation des bases, de lessivage de l'argile et des sesquioxydes, tout en précisant le rôle des divers composés organiques dans ces processus (cf. infra.).

Certains termes des bilans des éléments organiques et minéraux sont cependant difficiles à apprécier surtout sous couvert végétal naturel complexe.

En particulier les méthodes d'estimation de la production annuelle de racines (relativement importante sous savane), ou de l'adsorption d'éléments minéraux par les racines dans les différents horizons, sont à mettre au point. De même, il est très difficile d'évaluer les pertes d'azote sous forme gazeuse et la fixation symbiotique ou non.

Néanmoins, les résultats partiels déjà publiés sur différents écosystèmes de la zone tropicale humide montrent qu'il existe d'énormes différences entre les métabolismes des diverses couvertures végétales et des sols eux-mêmes. Il est enfin possible de contrôler certaines observations par une expérimentation sur "modèle", puisque la plupart des processus étudiés se renouvellent annuellement c'est-à-dire dans une échelle de temps relativement réduite.

MATIÈRES ORGANIQUES ET PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS FERRALLITIQUES

L'étude de l'évolution des sols ferrallitiques sous culture a montré indirectement l'importance du rôle joué par les matières organiques de ces sols du point de vue des propriétés physico-chimiques. Toutefois cette influence de l'humus (s.l.) sur la capacité d'échange cationique, sur la stabilité des agrégats, sur la perméabilité et sur la capacité de rétention de l'eau aux différents pF n'est connue que globalement. L'analyse des régressions linéaires multiples semble indiquer que les acides humiques et d'une manière générale "les matières humiques" extractibles par les réactifs alcalins seraient moins efficaces par unité de poids que les autres formes de matières organiques présentes. D'ailleurs lorsque les sols ferrallitiques sont cultivés, la dégradation de la structure et de la perméabilité est surtout accompagnée par une diminution du taux d'humine, tandis que les teneurs en "matières humiques" diminuent plus faiblement.

Dans ce domaine, comme dans celui de la caractérisation des types d'humus, il semble que l'on ait attaché, dans le passé, beaucoup trop d'importance aux "matières humiques", tandis que les constituants de "l'humine", plus difficiles à étudier, ont presque toujours été considérés comme une fraction biologiquement stable et physico-chimiquement peu active. Les recherches récentes paraissent indiquer que ce point de vue est en grande partie erroné : une part importante de l'humine des sols ferrallitiques serait assez rapidement bio-dégradable, et le rôle de l'humine en ce qui concerne les propriétés physico-chimiques des sols serait important.

MATIERES ORGANIQUES ET PEDOGENESE FERRALLITIQUE

L'altération ferrallitique représente un type de processus qui paraît lié essentiellement à une géochimie minérale et non pas organique. La percolation d'acides organiques dans les matériaux en voie d'altération entraînerait une évacuation d'alumine, ce qui ne se produit pas ou peu dans ces sols tout au moins au départ. Par contre l'abondance dans les eaux de drainage de gaz carbonique provenant d'une minéralisation totale des matières organiques est sans doute responsable d'une élimination plus rapide de la silice et des bases dans les altérites.

Le rôle des matières organiques a par contre été souvent évoqué, sinon bien démontré, pour expliquer la différenciation des profils ferrallitiques.

- L'intervention de matières organiques très acides dans les processus d'altération de la kaolinite serait selon certains à l'origine d'une allitisation secondaire et jouerait un rôle majeur dans l'appauvrissement en argile de certains horizons de sols ferrallitiques.

- La solubilisation et la migration des sesquioxydes dans les profils et dans le paysage, dépendrait également des composés organiques présents dans ces sols. Pour le fer, les mécanismes de réduction biologique et de migration sous forme de complexes, chélates ou hydrosols stables sont partiellement connus ; mais les mécanismes sont encore à contrôler sur le terrain et à reproduire sur modèle. Pour l'alumine, on a cru pendant longtemps que cet élément était peu mobile. Il a même été souvent considéré comme invariant pour les bilans géochimiques. Les découvertes récentes sur les complexes Al^{3+} avec certains composés organiques, donnant à cet élément une solubilité plus grande que celle du fer en milieu oxydant, remettent en cause l'utilisation de cet invariant comme terme de référence, et ouvrent de vastes perspectives de recherches dans le domaine de la migration de l'alumine dans les sols ferrallitiques.

- L'étude des complexes kaolinite - matière organique, et du rôle des matières organiques du point de vue du lessivage de l'argile dans les sols ferrallitiques a été récemment abordée pour les sols rouges ferrallitiques sur matériaux sableux. C'est un domaine encore presque vierge qui a une grande importance du fait que bon nombre de sols ferrallitiques de la classification française ne sont pas classés parmi les oxisols de la classification américaine, ni dans les ferralsols de la clef des unités cartographiques FAO, en raison de la présence de revêtements de nature encore mal connue, sur les unités structurales dans l'horion B.

.../...

- Un rôle important a enfin été attribué aux matières organiques des sols ferrallitiques du point de vue de la lixivation des bases = Toutefois le schéma trop simpliste, des eaux de drainage abondantes chargées de matières organiques acides, qui lixivent le sol, paraît infirmé par les résultats d'analyse des solutions qui percolent les sols sous végétation naturelle. Il est nécessaire de considérer l'ensemble du cycle des éléments minéraux dans le sol et la végétation. La saturation du complexe absorbant dans les différents horizons ne permet pas de préciser l'intensité des processus antagonistes de lixivation par les eaux de drainage et de remontée biologique des bases par la végétation. Elle traduit cependant un état d'équilibre entre l'action de ces processus. En Côte d'Ivoire cet état de saturation des horizons humifères des sols ferrallitiques sous végétation naturelle paraît être plus étroitement lié au climat actuel que l'état de saturation de l'horizon B.

CONCLUSION

Ce bref rappel des connaissances sur les matières organiques des sols ferrallitiques montre l'étendue des lacunes, mais permet de dégager quelques conclusions et surtout de nouvelles orientations de recherches.

Les humus des sols ferrallitiques peuvent être classés en deux grands groupes :

- les humus grossiers qui paraissent correspondre à des climax stationnels, ou parfois à une surévolution très poussée,
- les humus doux correspondant aux différents climax climatiques, qui présentent quelques caractères communs, mais différent notablement par certaines caractéristiques particulièrement par les caractéristiques dynamiques.

L'intérêt d'études pluridisciplinaires de ces différentes bio-géocénoses a donc été souligné. Elles pourraient éventuellement déboucher sur une classification zonale des sols ferrallitiques basée sur les divers types d'humus climaciques, mais surtout elles permettraient de préciser la "physiologie" des horizons humifères de ces sols.

Il serait certes intéressant d'aller plus loin et d'essayer de mesurer les éléments qui entrent et sortent des écosystèmes étudiés et d'en déduire

le sens de la pédogénèse ; mais l'extrapolation de ces résultats tout au long de la vie des sols est très critiquable du fait des variations climatiques et des changements de la "physiologie" du sol au cours de sa vie.

Plus modestement, il demeure possible de caractériser les biogéocénoses par certains termes de leur métabolisme et ainsi de mettre en évidence les différences existantes dans la vie actuelle des divers sols ferrallitiques.
