

Aldiopodoumé, Centre ORSTOM, 1977 (Juin)

Georges-Henri SALA

Horizon = 10326

pas dans le
cah. ORSTOM

Horizon = 8128

A 18591/2

NOTES SUR LA MICROMORPHOLOGIE DE CERTAINS SOLS FERRALLITIQUES
JAUNES DE REGIONS EQUATORIALES D'AFRIQUE

A.G. BEAUDOU *, Y. CHATELIN *, J. COLLINET *

D. MARTIN **, G.H. SALA ****

Remplace en l'équité

- * Centre ORSTOM, BP V 51, Abidjan, Côte d'Ivoire
- ** Centre ORSTOM, BP 181, Brazzaville, Congo
- *** Centre ORSTOM, BP 3115, Libreville, Gabon

28 FEV. 1979
O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 9525 Pocho
CR2 M.

EX 255A

RESUME

Les régions équatoriales et sub-équatoriales sont généralement couvertes par des sols ferrallitiques jaunes assez fortement désaturés. Plusieurs profils représentatifs du Gabon et du Congo ont été retenus. Ils correspondent à des conditions de roche-mère, de végétation et d'ancienneté différentes. L'examen micromorphologique de ces sols fait ressortir la généralité de certains caractères. Les orientations plasmiques sont toujours assez abondantes, elles sont dues aux processus de gonflement et de retrait. La mobilité de l'argile paraît accentuée dans les sols présentant des liserés argileux et des argilanes bien formés. La microagrégation est plus ou moins développée, elle est de type fragmentaire. Ces caractères sont comparés à ceux des sols ferrallitiques rouges qui sont dominants sous des climats moins humides. Les organisations microscopiques peuvent être décrites suivant deux orthotypes entre lesquels existent de nombreux cas intermédiaires.

SUMMARY

Equatorial and sub-equatorial countries are generally covered with yellow ferrallitic strongly desaturated soils. Several representative profiles of Gabon and Congo have been selected. They agree with different parent-rock, vegetation, and oldness conditions. The micromorphological investigation of these soils shows the generality of some characters. There is always a sufficient number of plasmic orientations. Swelling and shrinking process are responsible of these orientations. Clay mobility seems increased in soils with clayed edges and argilanes. Fragmentary pattern microagregation is more or less developed. These characters are compared with those of red ferrallitic soils which are dominant in less humid countries. Microscopical organization can be described according to two orthotypes between which exist many intermediate patterns.

FICHE SIGNALETIQUE

Régions équatoriales. Sols ferrallitiques jaunes désaturés. Examen micromorphologique. Orientations plasmiques. Figures d'illuviation. Microagrégation fragmentaire. Comparaison avec les sols rouges de climats moins humides. Définition de deux orthotypes.

INTRODUCTION

Les caractères micromorphologiques majeurs de certains grands ensembles pédologiques ne sont pas, à l'heure actuelle encore, toujours décrits. Il semble que cela soit le cas pour les sols ferrallitiques à couleur dominante jaune qui couvrent une grande partie des régions équatoriales africaines. Pour tout dire, la microscopie optique ne rencontre plus de difficultés techniques sérieuses avec les résines employées pour durcir les matériaux meubles. Quant aux faits scientifiques eux-mêmes, ils relèvent d'une observation visuelle directe. Ils devraient être plus facilement collectés que les faits appréhendés par des déterminations physiques ou chimiques complexes. Pourquoi, dans ces conditions, la micromorphologie des sols ferrallitiques équatoriaux reste-t-elle à inventorier ? Il existe à cela plusieurs raisons.

Il faut tout d'abord rappeler que l'emploi de langages descriptifs normalisés est relativement récent (BREWER 1964, STOOPS et JONGERIUS 1975). Les auteurs plus anciens, comme KUBIENA (1970) (*) ou LARUELLE (1956) ont laissé des documents difficilement exploitables. Avant d'être repris et complétés par FAURE, les premiers termes descriptifs créés par KUBIENA ont été abandonnés par leur auteur lui-même, parce qu'il craignait d'aboutir à un vocabulaire trop compliqué et ésotérique. Les études micromorphologiques ont alors associé des descriptions assez vagues à des interprétations génétiques basées sur des concepts dont beaucoup sont maintenant devenus caduques. Les notions de peptisation et de re-peptisation, de plasmas fluides ou coagulés, masquent, pour nous, la description des faits réels. Par exemple, ce que nous identifions maintenant comme un "conducting channel" avait été décrit comme la réactivation (ou la re-peptisation) du plan de "conducting channel". En réalité, KUBIENA et LARUELLE, pour ne citer que ces deux auteurs, ont incontestablement observé dans les sols ferrallitiques des caractères micromorphologiques importants. Malheureusement, c'est souvent après que leurs travaux sont compris, après que l'on ait cru découvrir des faits qu'ils mêmes connaissaient. Les pages suivantes le montreront.

Une autre difficulté pour la compréhension d'études de terrain ou d'études réalisées par des auteurs appartenant à diverses écoles, porte sur les diagnostics utilisés. Le caractère ferrallitique des sols n'est pas toujours reconnaissable avec certitude. Il est normal que les travaux qui ont retenu le plus notre attention soient ceux qui n'ont pas ces ambiguïtés, parce qu'ils sont l'œuvre de pédologues français, ou de pédologues employant les mêmes méthodes. Il apparaît alors que les sols les mieux connus quant à leur micromorphologie sont des sols ferrallitiques rouges, sols de savanes ou de régions forestières de transition, mais toujours soumis à des climats à saisons contrastées. Ils sont caractérisés (BEAUDOU 1972, BEAUDOU et CHATELIN 1974) par l'importance de la microagrégation et la rareté des cutanes d'illuviation dans leurs horizons micromorphologiques meubles. Les horizons de surface sont affectés par une nouvelle évolution.

* Dans cet ouvrage publié en 1970, l'auteur a résumé des recherches entreprises pendant une quarantaine d'années auparavant.

(CHAUVEL 1976, MULLER à paraître). Elle consiste en une microstructurale analyse, suivant l'expression de MULLER, qui détruit les microagrégats au profit de plasmas plus continus. A ces quelques rappels, ajoutons la mention des études de BOUIET (1974), VERHEYE et STOOPS (1975), JAMET (1975), PEDRO et al. (1976), PIDGEON (1976) qui concernent également certains sols ferrallitiques rouges.

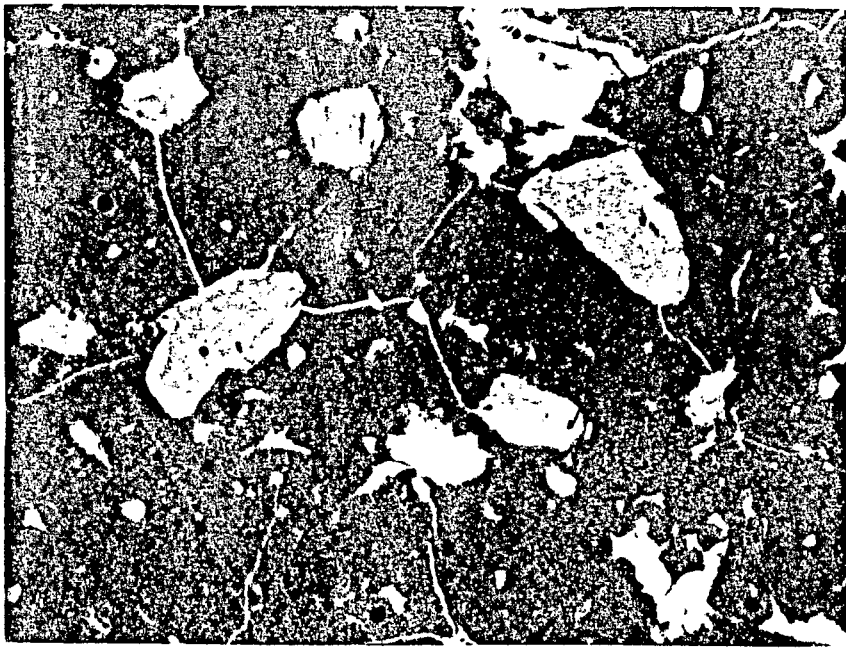
La couleur des sols ferrallitiques obéit à une loi grossièrement zonale (SEGALEN 1969). En dehors de certains cas lithodépendants ou conditionnés par les pédoclimats particuliers des bas de pente, les sols rouges sont dominants sous les climats tropicaux à saisons contrastées, les sols jaunes sous les climats équatoriaux. Dans les divers systèmes de classification des sols, la couleur a été tantôt considérée comme caractère important et tantôt reléguée dans les unités taxonomiques inférieures. SEGALEN (op.cit.) a montré que la couleur rouge peut être due à l'hématite, mais souvent aussi à des produits ferrugineux amorphes se formant en milieu imparfaitement désionisé (présence de cations quelques, ou d'anions siliciques). La couleur jaune correspond au contraire à des produits ferrugineux bien cristallisés (goéthite) issus de milieux très désionisés.

La micromorphologie des sols rouges étant maintenant assez bien connue, nous essaierons de donner un premier aperçu de celle de quelques sols jaunes particulièrement représentatifs. Les appumites, horizons humifères et la partie supérieure des sols, sont trop variables (MULLER 1974) pour que nous essayions de les caractériser avec quelques profils seulement. Les déterminations porteront donc essentiellement sur les structichrons (horizons meubles) à l'exclusion des matériaux indurés ou tachetés et des horizons d'altération. Nous essaierons de décrire plutôt que d'interpréter et de donner à nos observations un support photographique suffisant.

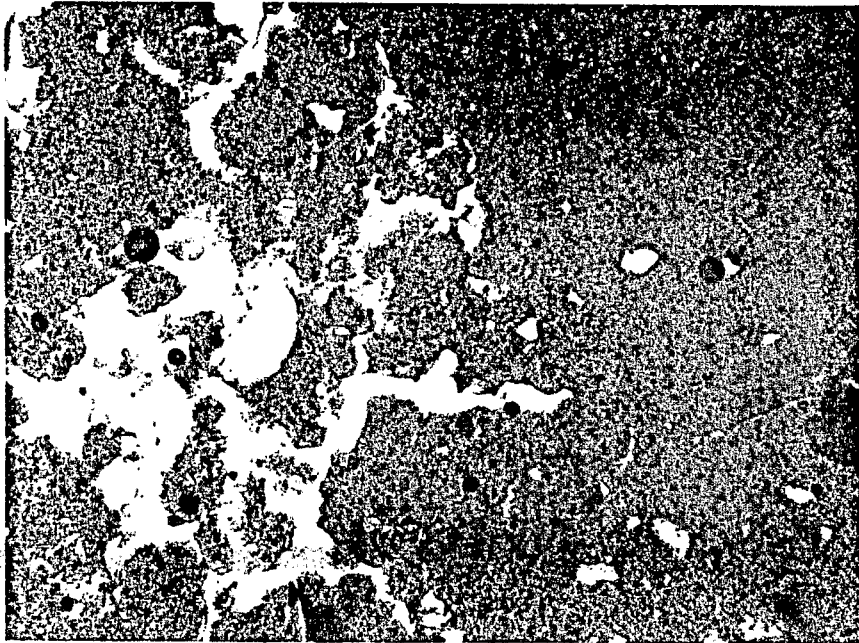
1- UN EXEMPLE DE SOL FERRALLITIQUE DE FORET

1.1- Situation et caractères généraux

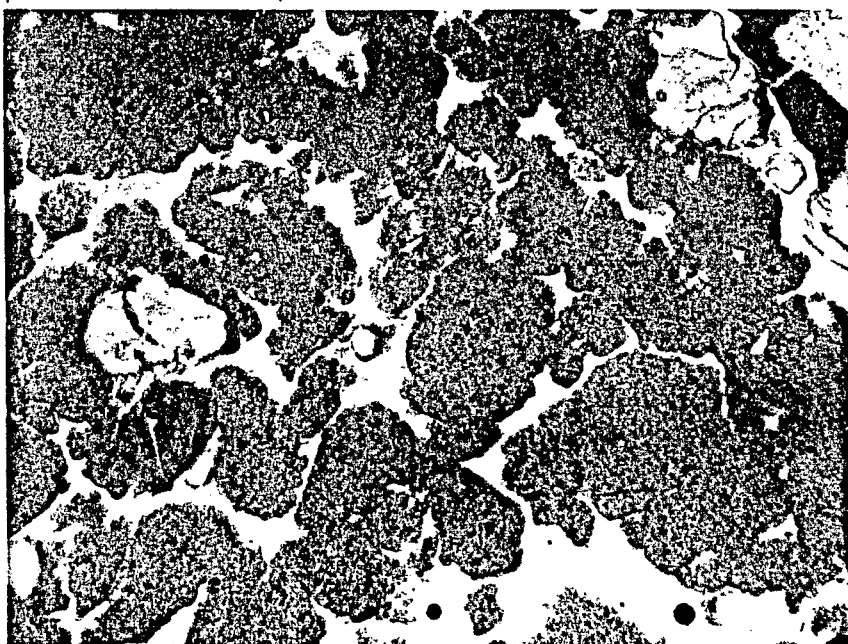
C'est au Gabon, à proximité immédiate de l'équateur (11°56'25" E), que se trouve le premier profil que nous étudierons. Il a été découvert et prélevé par COLLINET et FORGET (1976). La forêt dense couvre le site. Il a parfois un caractère secondaire, lié à d'anciens défrichements, mais aux environs immédiats du profil lui-même. Le relief est défini comme étant une "surface ancienne" dénommée ici "pénéplaine du Nord-Gabon" mais dont on trouve des équivalents en d'autres endroits du Gabon et dans des pays limitrophes. En fait, cette surface ou pénégplaine est un ensemble complexe associant de larges "plateaux" plan-convexes ayant de 2 à 3 km d'extension latérale, et des bas-fonds marécageux remarquablement plats de plusieurs centaines de mètres de large. L'altitude est de 460 mètres sur le plateau où se trouve le profil, les dénivelées moyennes avec les bas-fonds étant de 40 à 50 m. En ce qui concerne la répartition des volumes pédologiques, cet ensemble se présente (BEAUDOU et COLLINET, à paraître) comme un paysage à deux pédons dominants, l'un occupant les bas-fonds et l'autre les plateaux. Cela signifie en d'autres termes que la couverture de sols ferrallitiques est très monotone, ce qui est un caractère général des régions équatoriales forestières.



1

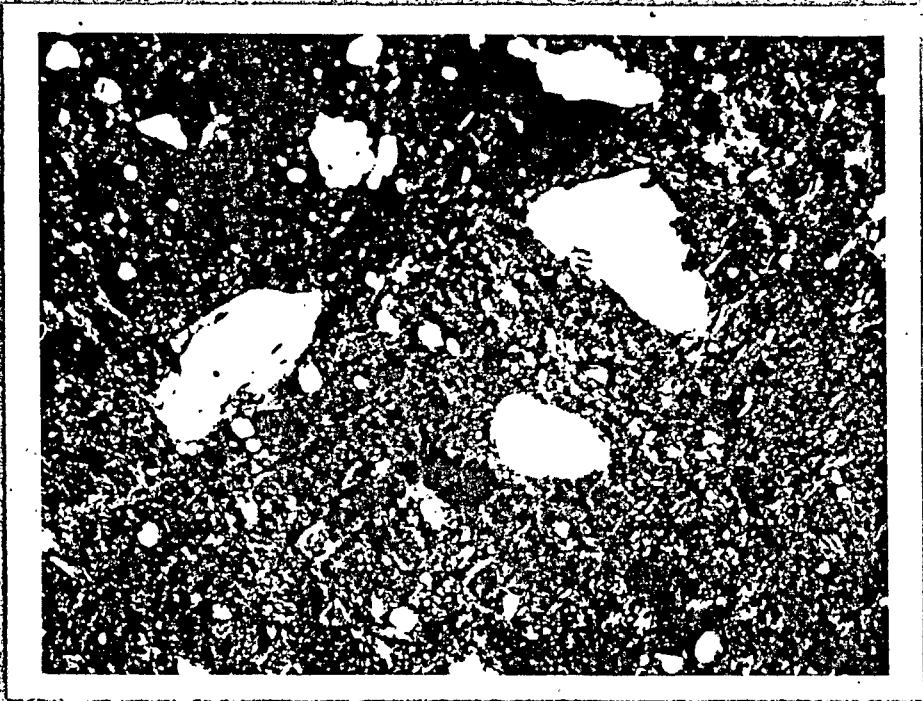


2

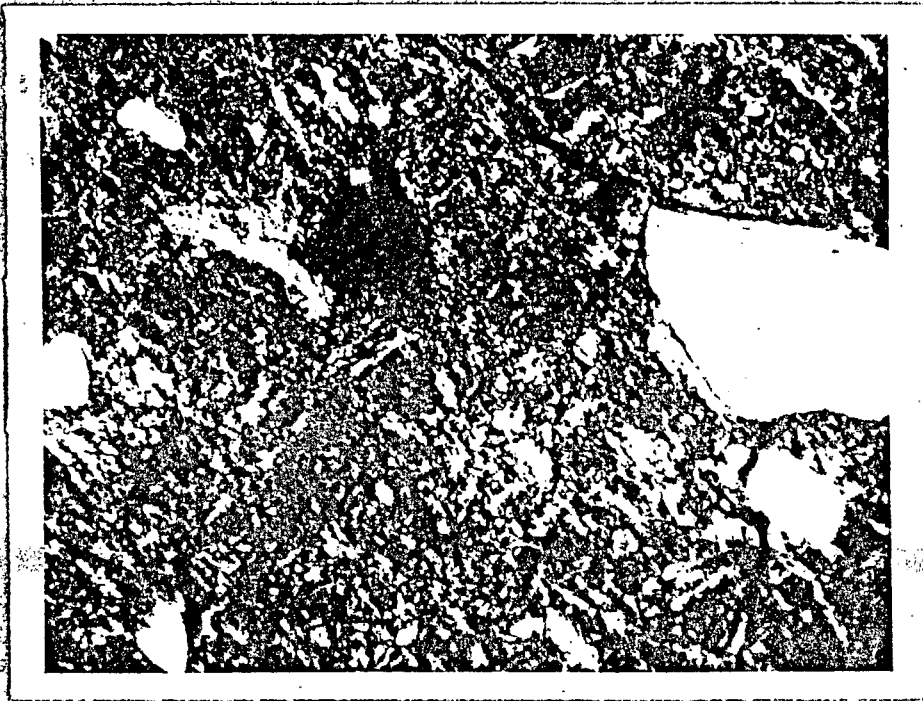


3

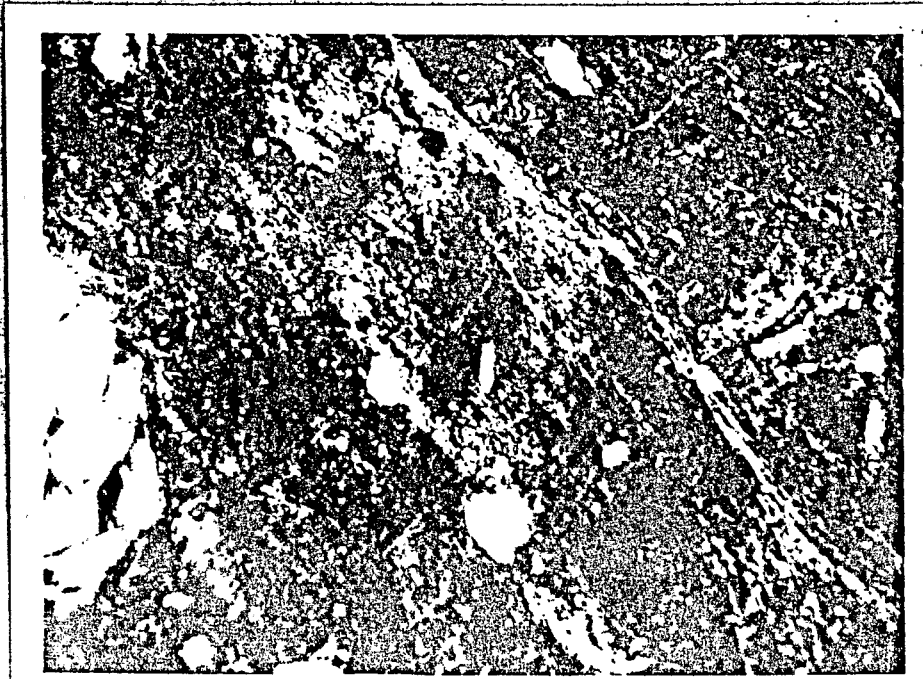
4



5



6



Le pédon étudié a pour roche-mère un granite à pyroxène. Il a été considéré par COLLINET et FORGET (op.cit.) comme sol ferrallitique typique. En termes de typologie (CHATELIN et MARTIN 1972) (*), il se présente comme un ortho-apexol à structichron profond. L'appumite est peu ou non appauvri. Sa caténaire organique est caractéristique des sols forestiers. Sa teneur est élevée dans les premiers centimètres. L'imprégnation humifère s'étend ensuite assez profondément mais avec des pourcentages réduits et une coloration peu marquée. La fracture a une teneur en argile qui oscille de 60 à 70 %, très peu de limon, sa couleur est jaune ou jaune-ocre (8,75 YR 5,5/8). Sa structure d'ensemble est du type paucyclode, mais avec des microphases aliatodes et amérodés. Dans le profil étudié, le structichron atteint au moins (limite de l'observation) 3 mètres de profondeur.

Quelques données de laboratoire seront enfin rapidement rapportées. La fraction minérale est largement dominée par la kaolinite, seule phyllosilicate mise en évidence sur les diagrammes X. Légèrement inférieurs à 2, les rapports silice/alumine laissent supposer de petites quantités d'alumine libre (sauf dosage par excès de la silice). Le fer représente environ 7 % du structichron, les trois quarts au moins de ce pourcentage étant sous forme libre. Malgré une assez faible capacité d'échange, la désaturation du sol est très poussée, l'acidité étant plus grande en surface qu'en profondeur. Ce dernier caractère est en rapport avec la nature des composés organiques parmi lesquels les acides fulviques sont particulièrement abondants.

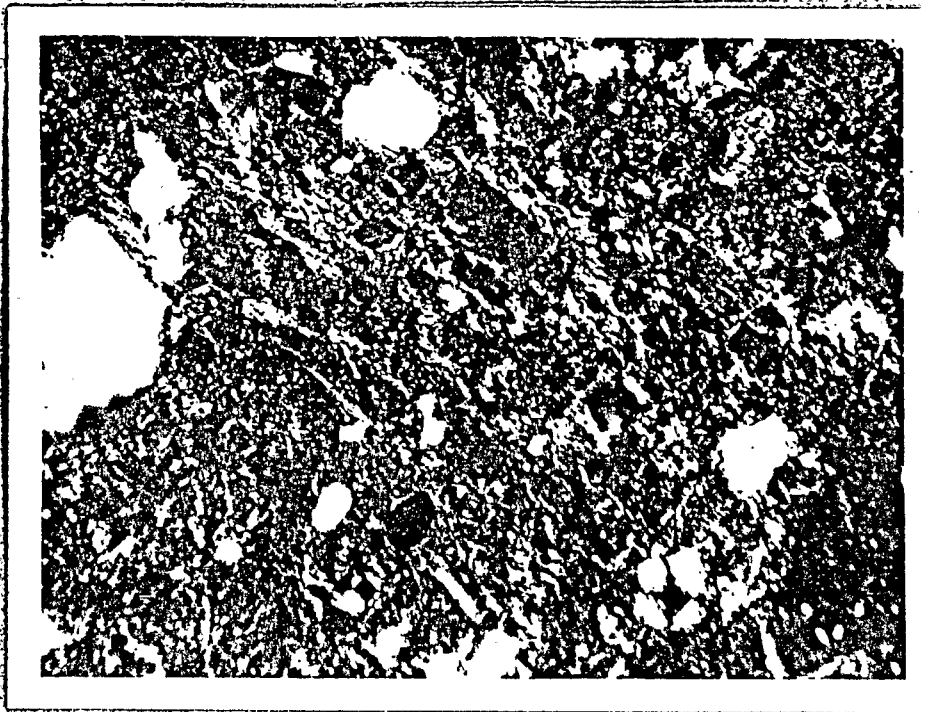
1.2- Description micromorphologique

Le sol sera étudié de bas en haut, en partant du structichron profond, jusqu'au structichron dyscrophe puis à l'appumite. Nous ne donnerons pas la description exhaustive de tout ce qui peut être observé au microscope et nous éviterons de répéter les caractères conservés d'un horizon à l'autre, nous insisterons plutôt sur les transformations qui se succèdent.

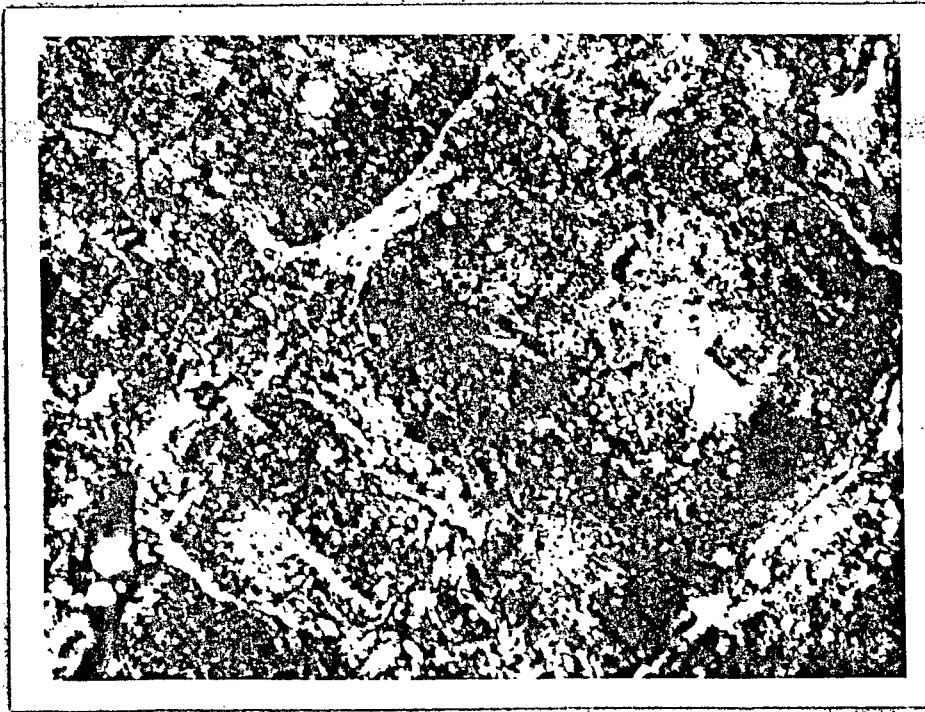
La texture très argileuse sur l'ensemble du profil est mise en évidence dans l'examen microscopique, par l'abondance du plasma. En lumière polarisée celui-ci apparaît en jaune vif, et il est remarquablement homogène quant à sa couleur et sa densité optique. Le squelette est essentiellement constitué de rares nodules ferrugineux de la taille des sables. L'assemblage du squelette est toujours porphyroscelique (Clichés 1 et 4).

A la base du profil, les plages non divisées (structure amérodés) sont largement étendues. Elles sont parcourues (Cliché 1) de fissures rectilignes étroites, associées en réseau et se terminant souvent au contact des grains du squelette. Il s'agit vraisemblablement d'artéfacts dus à l'imprégnation des échantillons qui ont certainement pour effet d'accentuer l'importance des fissures déjà existantes. Mais il faut remarquer que cela ne se produit que dans les plages amérodés étendues (Cliché 1) et non dans celles prises dans une structure qui semble plus aérée (Cliché 2). Dès le structichron profond, apparaissent des fissures et cavités à contours sinueux. En se ramifiant, ces fissures forment progressivement des figures bourgeonnantes (Cliché 2) et, à un stade plus avancé, des microagrégats (Cliché 3). Ceux-ci ont des formes et des tailles assez irrégulières, de type général micropolyédrique subanguleux ou arrondi. Fissures et microagrégats se multiplient dans le structichron dyscrophe et dans l'appumite. Ces faits apparus à l'échelle microscopique laissent supposer une structure d'ensemble paucyclode à phase aliatode parorthique.

(*) La terminologie typologique continuera à être utilisée dans la suite de l'article, mais sa référence bibliographique ne sera pas répétée.



7



8

Une caractéristique majeure du sol étudié est de présenter des orientations plasmiques très abondantes. Totale-ment indiscernables en lumière naturelle, elles n'apparaissent qu'en lumière polarisée et analysée. Ces orientations donnent au plasma un caractère insépique ou plus souvent encore mosépique. En d'autres termes, cela signifie qu'elles se présentent en très petites poches ou qu'elles sont orientées de façon quelconque si elles sont plus grandes et de forme allongée. Les types in et mosépiques sont définis par la densité des éclaircissements. Le cliché 5 montre une plage mosépique dans laquelle les éclaircissements (compte non tenu des quartz) sont très nombreux. Un moins fort grossissement fait apparaître, dans le cliché 4, une juxtaposition de plages mosépiques et de plages moins éclairées correspondant au type insépique. Il faut noter en outre que le plasma présente, en dehors des séparations plasmiques qui viennent d'être décrites, une certaine biréfringence diffuse. Il apparaît assez nettement en LPA, contrairement aux plasmas d'autres sols qui restent vagues dans les mêmes conditions. Ajoutons enfin que la biréfringence diffuse, comme celle due aux orientations plasmiques est moins accentuée dans les horizons supérieurs (structichron dyscrophe et appumite) que dans les horizons profonds.

Toujours sans que cela corresponde à des figures visibles en lumière naturelle, apparaissent en certains endroits des arrangements plasmiques organisés. Il s'agit souvent d'un arrangement masépique (Cliché 6), c'est à dire correspondant à de longues orientations rectilignes parallèles. Plus rarement l'arrangement est de type in-lattisépique (Cliché 7) et dessine un réseau polygonal imparfait. Enfin, il existe aussi des orientations ovoïdes (Cliché 8) qui ont été souvent décrites (BEAUDOU 1972, MULLER à paraître) comme étant l'origine de certains microagrégats. Ces différents types d'arrangements organisés sont, dans l'ensemble du sol, relativement peu fréquents.

1.3- Conclusion

Certains caractères peuvent être considérés comme significatifs. Leur présence sera soulignée une fois encore. Mais il est tout aussi important de remarquer l'absence d'autres caractères que nous verrons apparaître ailleurs, en d'autres conditions. Nous résumerons donc ainsi les observations faites sur ce sol ferrallitique jaune de la péninsule du Nord-Gabon :

- la division des plasmas, la fissuration sont faibles dans le structichron profond, mais s'accroissent considérablement dans les horizons de surface.
- en relation avec cette fissuration apparaissent des agrégats, sans que ceux-ci constituent une phase majeure.
- les orientations plasmiques (insépiques, mosépiques) sont extrêmement abondantes. Elles constituent peu de structures organisées (arrangements ovoïdes, masépiques, etc.).
- aucun cutane n'est apparu dans le sol. Les liserés et liserés sur les grains du squelette (squelsépiques) ou les parois des vides (vosépiques) ont peu d'importance.

2- UN EXEMPLE DE SOL FERRALLITIQUE DE SAVANE

2.1- Situation et caractères généraux

C'est d'un sol du Congo qu'il s'agit maintenant. Situé dans la "vallée du Niari", il a été étudié par de nombreux auteurs et principalement par BRUGIERE (1954) et par DENIS et RIEFFEL (1975). Ce nom de vallée est donné à une dépression allongée, drainée par le cours moyen du fleuve Niari, encaissée entre des reliefs plus élevés et fermée notamment à l'aval par la chaîne montagneuse du Mayombe. En réalité, cette vallée est constituée par un ensemble de larges plateaux séparés par un réseau hydrographique peu dense. C'est sur l'un de ces plateaux, à une altitude inférieure à 200 mètres, que se trouve le profil étudié. Selon DENIS et RIEFFEL, la vallée du Niari correspond à une surface d'aplanissement relativement récente, emboîtée sous d'autres surfaces disposées en gradins. La végétation est une savane à peuplement dense d'*Hypparhenia diplandra*.

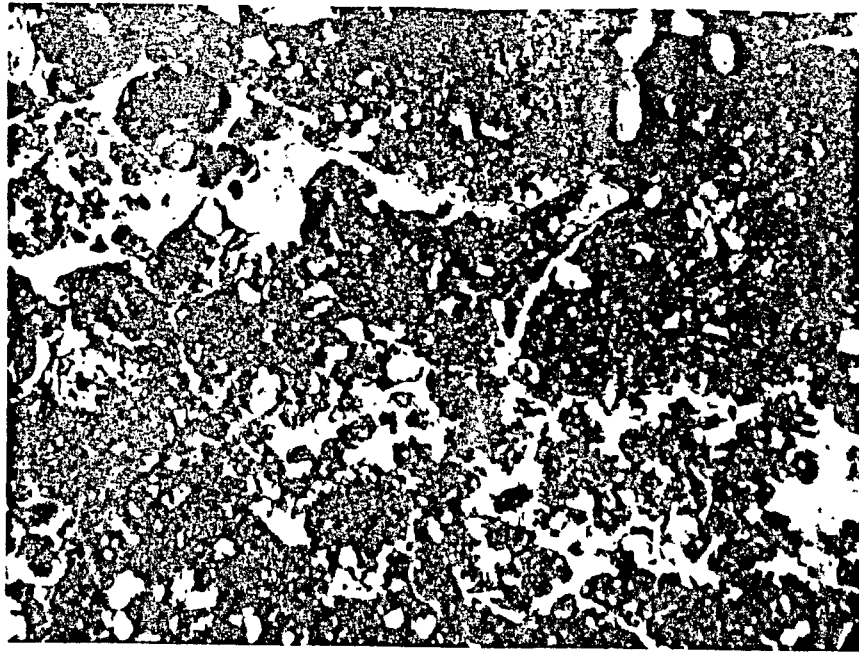
La roche-mère est constituée par une série schisto-calcaire cambrienne complexe, dans laquelle alternent marnes et calcaires, et également des grès et quelques cherts. Le profil étudié appartient à un type de sol défini par DENIS et RIEFFEL (1975) comme sol ferrallitique typique, jaune, à structure argilo-sableuse. En termes de typologie, il s'agit d'un ortho-apexol, à structichron profond, gris à gravolite. L'appumite est bien développée, avec une matière organique abondante et régulièrement répartie. Sa texture est argileuse. L'absence d'un grand entassement net doit être soulignée, en raison des caractères micromorphologiques qui apparaîtront plus loin. Au-delà de sa partie supérieure dyscrophique, marquée par des tâches et traînées, par la matière organique, le structichron a une couleur assez homogène (7,5 YR 5/8). Sa texture est argileuse (60 % d'argile grossière à moyenne), avec des quantités notables de limons grossiers et de sables fins, mais aussi de sables grossiers. La structure dès la profondeur est assez fine, à parois cyclode et aliatode parorthique.

Les caractères géochimiques sont assez proches de ceux du sol forestier de la péninsule du Nord-Gabon précédemment étudié. L'argile dominante est toujours la kaolinite, et le rapport silice/alumine reste toujours proche de 2. Ces caractères avaient d'ailleurs fait considérer autrefois ces sols comme "faiblement latéritiques" (BRUGIERE 1954). Le fer total de la phase structichronique est généralement compris entre 8 et 11 %, la forme dite "libre" représentant environ le tiers seulement de cette fraction. Le taux de saturation est faible ou moyen. Contrairement à ce qui s'observe dans les sols forestiers équatoriaux, la saturation est plus forte en surface qu'en profondeur. A ceci correspond une matière organique bien évoluée.

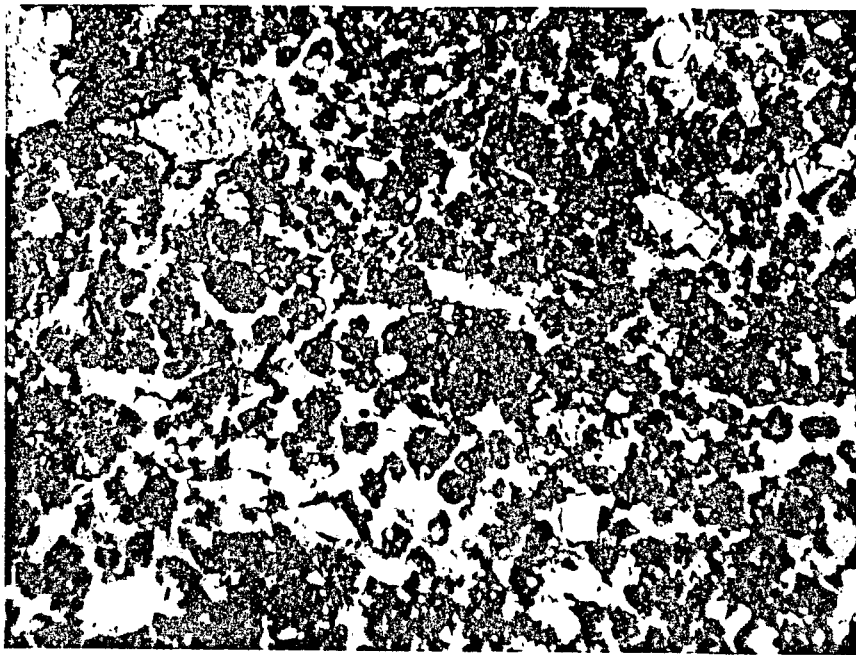
2.2- Description micromorphologique

Nous étudierons ce profil de savane comme le précédent, de haut en bas, en accordant plus d'attention au structichron qu'à l'appumite et en notant que ce qui peut servir à une caractérisation générale des sols.

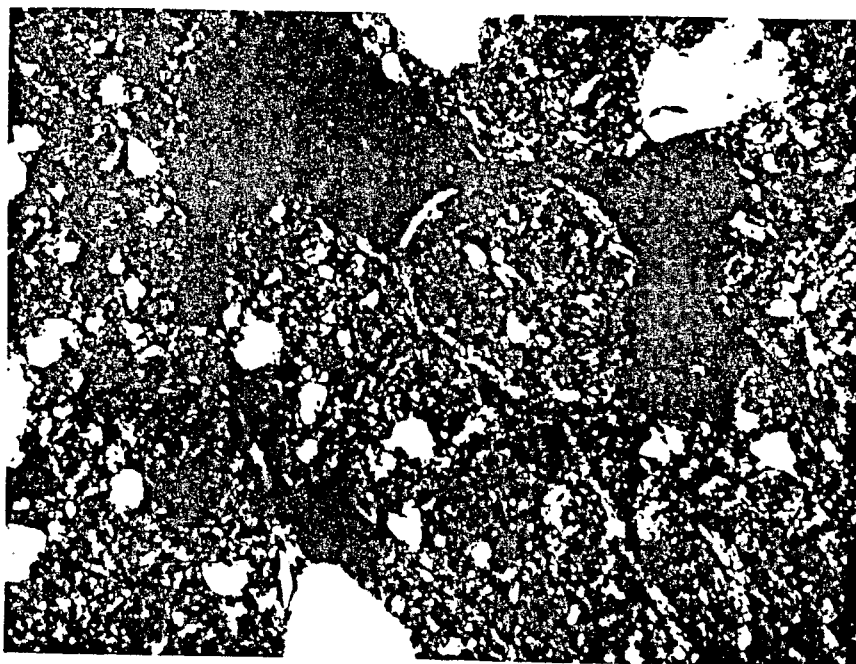
En lumière naturelle, le plasma présente, comme celui du profil précédent, une couleur jaune vif très homogène. Il existe aussi des plages continues (amérodes) assez étendues. Mais ce qui frappe ici, dès la base du structichron à plus de 5 mètres de profondeur, c'est la forte division du plasma en



9

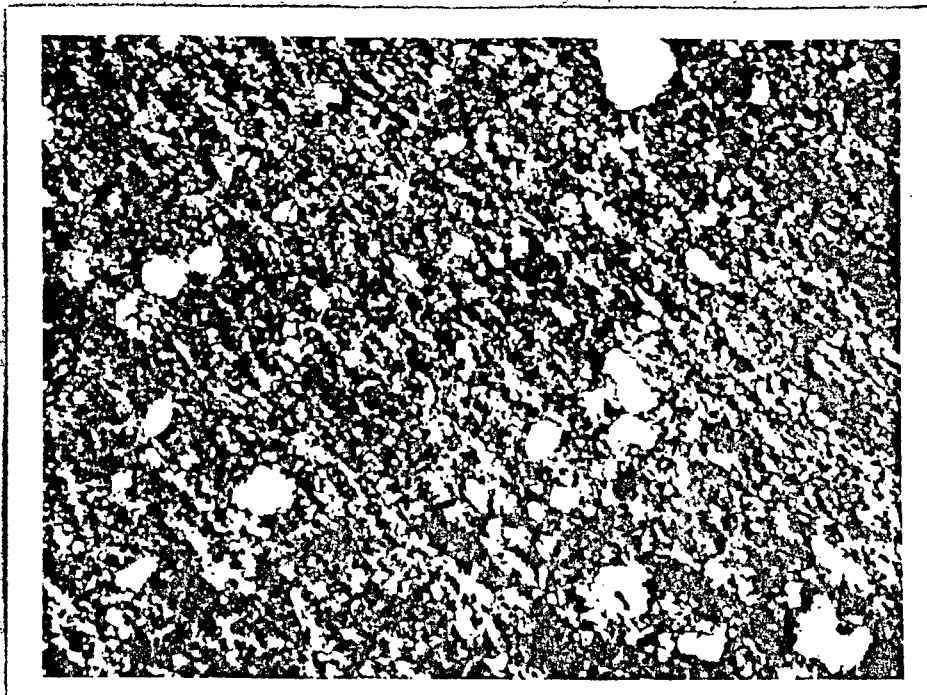


10

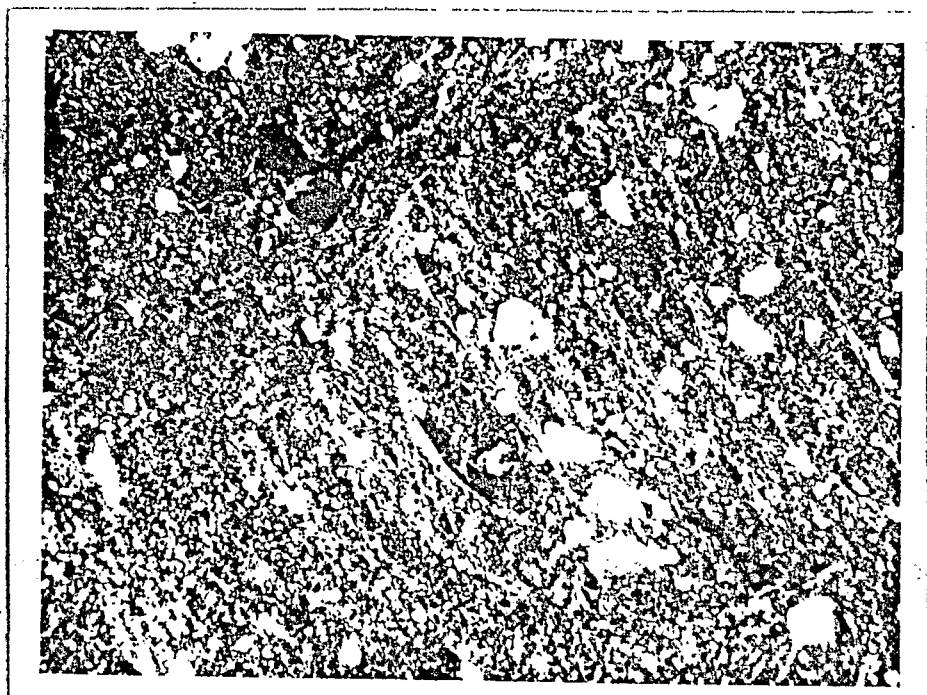


11

12



13



14



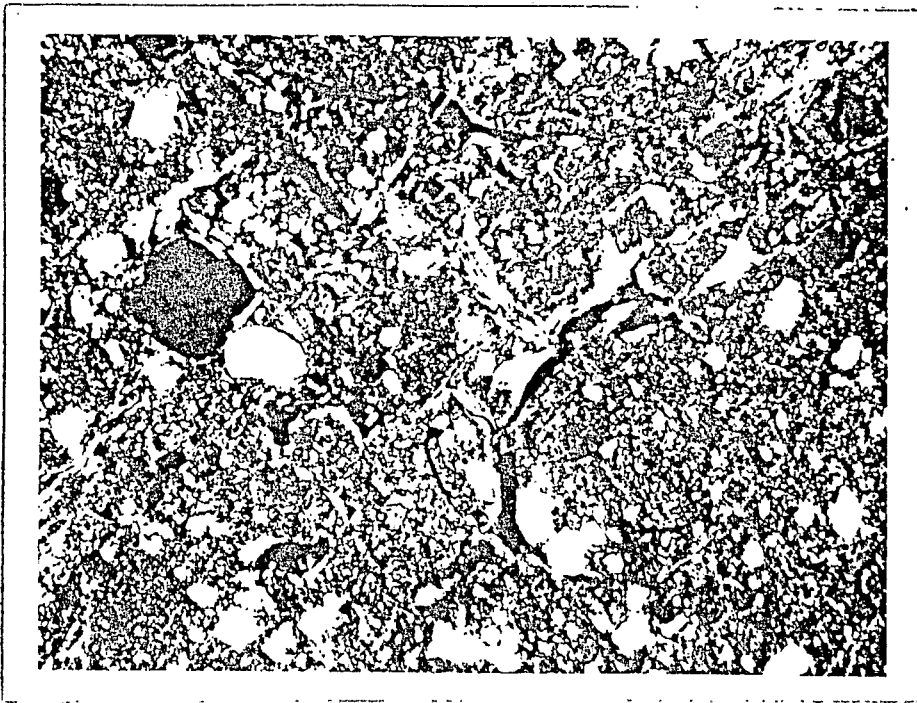
Les fissures sont nombreuses et ramifiées, à parois sinueuses dessinées des formes bourgeonnantes qui s'achèvent par l'isolement de microagrégats. Nous ne présenterons pas de photographie des premières figures de fissuration de la micro-agrégation puisqu'elles ont été montrées à propos du profil précédent, mais au contraire des stades plus avancés, caractéristiques du sol à l'altitude de 1100 m. Le cliché 9 montre un fond plasmique déjà fortement divisé et le cliché 10 un profil de la tude qui n'est occupée que par des microagrégats. Ceux-ci sont irréguliers, parfois polyédriques subanguleux, de tailles variables. Les plages à microagrégats sont parfois localisées dans des agrotubules identifiables par leur forme conique inférieure, ou plus souvent distribués de façon apparemment quelconque. Entre les formes intermédiaires existent entre plages continues, formes bourgeonnantes et formes aliatodes. Sur l'ensemble du profil, la microdivision est toujours présente et semble s'accroître encore à la partie supérieure de l'appumite.

Autre point commun avec le profil précédent, les orientations du fond plasmique sont très abondantes. Elles définissent des types liserés (Cliché 11) ou mosépique (Cliché 12). Une certaine biréfringence due à l'orientation au reste du plasma un léger éclaircissement sous nicols croisés. Ces caractères sont atténués, ou partiellement masqués par la matière organique, dans les horizons supérieurs.

Ce sont les arrangements plasmiques organisés qui font la nouveauté de ce nouveau profil. Il en existe deux sortes, déjà présentées dans le sol forestier, mais beaucoup plus abondantes ici. Tout d'abord, il faut noter la fréquence des liserés ovoïdes (Cliché 11). Ils bordent la face latérale des microagrégats ou marquent une discontinuité (non visible en lumière normale) avec le fond plasmique adjacent. Il existe aussi de nombreuses orientations sépiques. Le cliché 13 donne un exemple de ces grandes orientations stipitiformes ou parfois légèrement courbes. Le cliché 12 qui a été pris comme il est dit du type mosépique possède également une tendance masépique.

De nouveaux arrangements sont ici très fréquents, alors qu'ils étaient absents dans le profil gabonais. Les relations plasma-squelette sont toujours porphyrosqueliques (Clichés 11 à 15). Lorsque les squelettes atteignent une taille suffisante, le plasma s'oriente à leur contact constituant un arrangement squelsépique, visible uniquement en lumière polarisée et analysée. Sur le cliché 14, c'est autour d'un nodule ferrugineux de forme ovale que ces orientations apparaissent. Dans d'autres cas, c'est autour de grains de quartz. Ceux-ci ayant généralement des formes irrégulières, avec fréquents angles rentrants, les orientations sont alors discontinues. Les arrangements squelsépiques sont généralement complexes, avec un liseré plus ou moins marqué au contact du grain lui-même et une zone périphérique partiellement orientée plus ou moins large. Le deuxième arrangement caractéristique du profil est représenté par les argilanes.

Absents dans la partie la plus profonde du structichron, les argilanes apparaissent vers 3,5 mètres de profondeur. Leur développement principal se situe environ un mètre au-dessus. Ils deviennent ensuite moins nombreux dans le structichron dyscrophe et disparaissent à peu près complètement dans l'appumite. Ces argilanes ne sont pas zonés (par opposition aux ferri-argilanes de la partie de lits alternés) ou le sont très peu (Cliché 16). Ils donnent un éclaircissement en lumière polarisée analysée, avec extinction roulante (Cliché 15), ce qui



15



16

se supposer une orientation régulière des argiles. En lumière naturelle, les argilanes sont discernables (Cliché 16), bien que leur plasma, de couleur jaune, soit assez peu contrasté par rapport au fond plasmique. Ils apparaissent généralement en situation vosépique (c'est à dire liés à un vide). Il existe aussi de nombreux papules, argilanes ou fragments d'argilanes incorporés dans le fond plasmique.

C'est donc dans la partie intermédiaire du structichron que se réunissent et se densifient toutes les séparations plasmiques qui viennent d'être décrites. On observe alors (Cliché 15) un matériau fortement biréfringent dans son ensemble, caractérisé par l'abondance des zones orientées du plasma.

2.3- Conclusion

Comparé au sol forestier de la pénélaine du Nord-Gabon, le sol de savane de la vallée du Niari est caractérisé par :

- une forte division du fond plasmique et corrélativement une grande abondance des microagrégats.
- d'importantes orientations insépiques et mosépiques, analogues à celles du sol gabonais.
- de nouveaux arrangements, masépiques et squasépiques.
- et enfin, bien qu'il n'apparaisse pas d'horizon éluvial dans la partie supérieure du profil, la présence de nombreux argilanes dans le structichron.

3- EXAMEN DE DEUX CAS EXTREMES

Nous avons donc étudié un sol de forêt puis un sol de savane, qui sont présentés l'un et l'autre comme des sols ferrallitiques typiques. Cette définition fait en réalité référence à un Groupe particulier de la classification des sols (AUBERT et SEGALIN 1966). Le terme "typique" a été retenu pour désigner ce Groupe parce que, dans les régions équatoriales, ce sont effectivement ces sols à structichrons jaunes et profonds qui semblent les plus représentatifs, qui ont la plus grande extension.

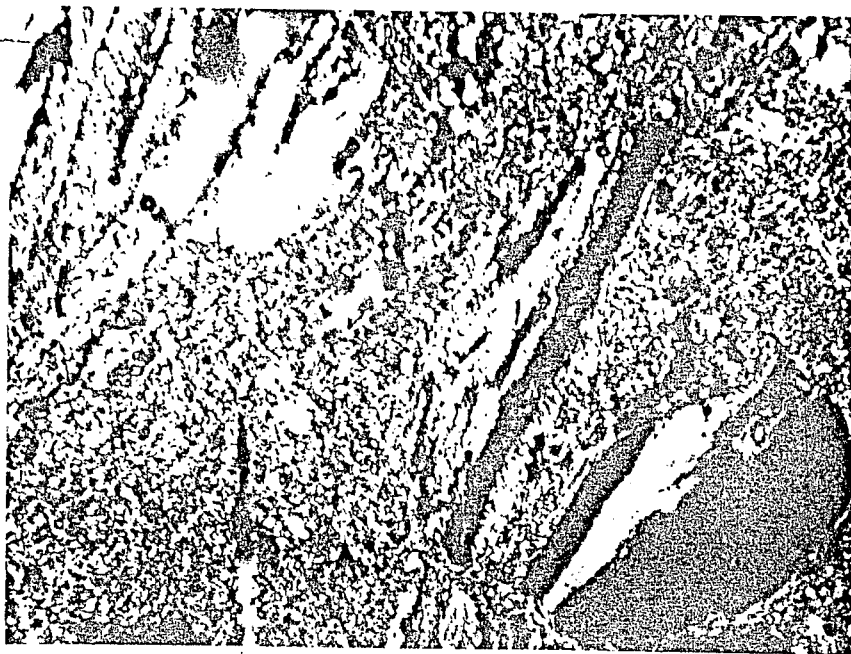
Dans l'interprétation généralement admise de l'histoire pédologique, les sols ferrallitiques typiques correspondent à un stade avancé d'évolution. Mais il existe aussi des sols considérés comme plus jeunes que ceux-ci, des sols qui sont tenus pour plus anciens et encore plus évolués qu'eux. Il est intéressant de donner ici un bref aperçu des caractères morphologiques et pédologiques de profils pouvant représenter des sols occupant une position extrême dans la séquence pédogénétique générale.

3.1- Un exemple de sol ferrallitique pénévolué

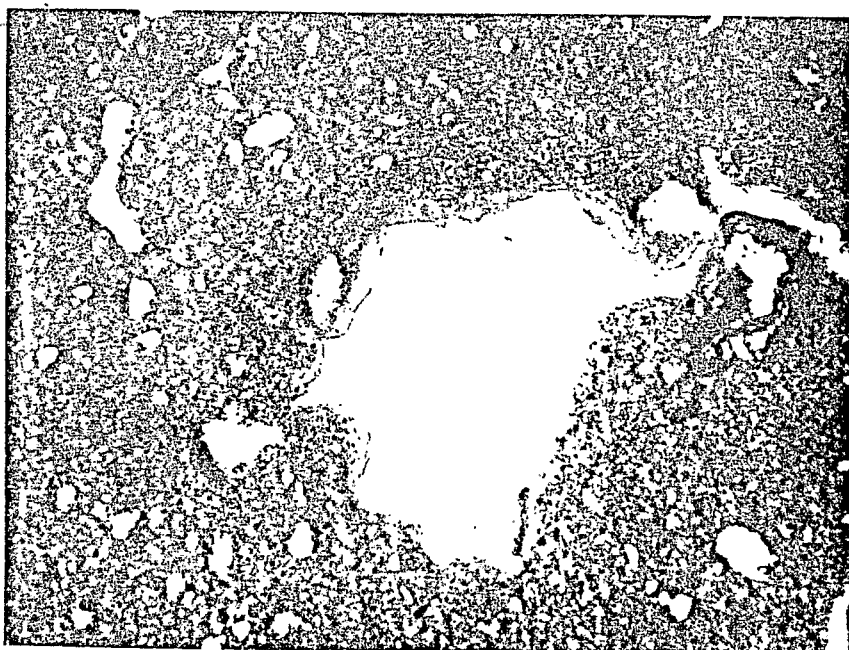
Dans le milieu équatorial, l'existence de sols ferrallitiques pénévolués implique des facteurs (roches-mères, reliefs) ayant limité le développement morphologique et l'évolution géochimique. De tels sols se rencontrent fréquemment au Gabon, sur des surfaces récentes à pentes fortes, avec des roches riches en micas ou illites difficilement altérables, schistes, pélites, argillites.



17



18



19

Ces sols jaunes (7,5 YR 6/8) ont été étudiés notamment par LÉN (1964) et par COLLINET et FORGET (1976). Ils sont caractérisés par un peuement morphologique réduit, comparé à celui des autres sols ferrallitiques. Il s'agit de brachy-apexols ou d'ortho-apexols, l'altérite apparaît à profondeur assez faible. Dans l'appumite et le structichron, la structuration anisotrope est fortement exprimée, avec des éléments polyédriques, cubiques, prismatiques, devenant plus fins en profondeur. Dans le structichron dyscrophe, la matière organique se distribue en traînées le long des faces structurales.

La faible évolution géochimique est marquée par des rapports Fe/alumine nettement supérieurs à 2. Les argiles dominantes sont essentiellement la kaolinite. Il existe aussi souvent de faibles quantités de chlorites stratifiés complexes et de chlorites. Malgré l'abondance de ces argiles, la structuration est généralement très forte lorsque ces sols pénévulvés se trouvent dans les forêts équatoriales.

Le profil étudié est situé au Gabon (région administrative de l'Est) à Gououé-Ivindo - 11°47'20" E, 00°21'30" S) à une altitude de 220 m au km 77 de la route AYEM-LASTOURVILLE. Il est placé dans un modelé en demi-orange sur le versant d'un versant à pente forte (20%) et recouvert d'une forêt très dense à sous-bois clair sous une voûte continue de feuillage.

3.1.1- Description micromorphologique

L'ensemble du profil se caractérise par un fond matriciel où le plasma domine très largement. Le squelette, peu abondant, ne montre pas de caractère particulier et l'assemblage plasma-squelette est de type porphyroblastique.

Le plasma présente une teinte d'ensemble jaune assez uniforme. Cette coloration n'est cependant pas homogène et d'assez nombreuses taches ocre sont visibles dans les différents horizons du profil. Ces taches sont de formes variées, allongées, sinueuses, arrondies, ovoïdes ... et sont parfois associées aux vides ou aux grains du squelette de grande taille. Nous verrons plus tard que ces taches correspondent à des caractères particuliers d'orientation. En lumière naturelle, le plasma semble constitué d'éléments de dimension qui lui donnent un aspect très caractéristique grossier.

A l'examen microscopique, le sol apparaît peu fragmenté. Les plages continues, assez largement développées, sont parcourues par des fissures de largeur réduite. Entre ces plages existent des chenaux et des plages tertiaires en sommet de profil et sans orientation précise dans le structichron. Les vides ont des tracés irréguliers et leurs parois sont parfois mamelonnées (19).

Seul l'appumite montre, par endroits, un morcellement matriciel qui se traduit par la présence de microagrégats de formes polyédriques très irrégulières. Les microagrégats sont séparés par de nombreux vides d'assez grand diamètre.

En lumière polarisée analysée, le plasma est relativement homogène et possède donc une certaine biréfringence diffuse. La biréfringence est accentuée par de nombreuses orientations plasmiques. Comme le montrent les clichés 17 et 18, l'orientation principale est de type masépique ou mesépique. Il existe aussi des zones montrant de grands alignements de type masépique (cliché 17) et d'autres moins nombreuses et de moindre importance où l'orientation est vosépique ou squelsépique. Les orientations les plus fortes correspondent aux plages ocre jaune précédemment décrites. Ce profil présente donc une

diversité dans les formes d'orientation plasmiques qui s'accroît de structichrome vers l'appumite. Par contre, l'importance de ces orientations diminue depuis les horizons profonds vers les horizons supérieurs.

Les cutanes du type argilane sont peu abondantes, peu épaisses et se localisent dans quelques uns des chenaux parcourant le profil (Cliché 17).

L'horizon le plus profond de ce profil (alté-structichrome) est distingué par la juxtaposition de deux phases : une phase structichrome identique à celle décrite ci-dessus et une phase formée de lithoreliques schisées parfois assez fortement ferruginisées. Dans ces conditions, la limite entre les deux phases est extrêmement nette et, au voisinage immédiat des lithoreliques ferruginisées, le plasma de la phase structichrome montre une coloration évidemment plus rouge que dans le reste de la lame mince. Lorsque les lithoreliques ne présentent pas d'accumulation d'oxydes ou d'hydroxydes de fer, le contact phase structichrome-phase lithorelique est beaucoup moins tranché, pour être pratiquement indiscernable à certains endroits si l'observation s'effectue en lumière polarisée analysée (Cliché 18). Le plasma mosaïque de la phase structichrome et la lithorelique présentent le même aspect, la même organisation et la même biréfringence.

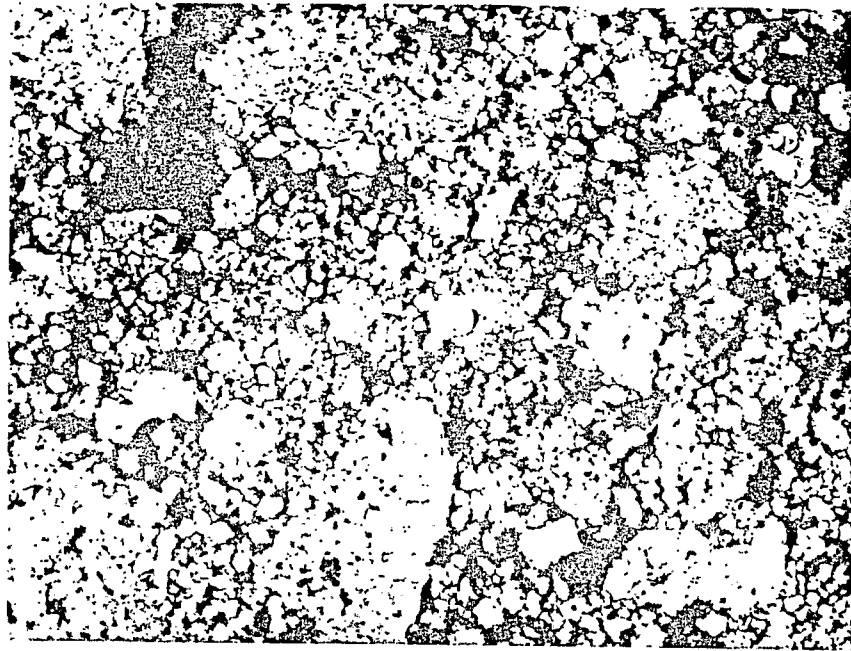
3.1.2- Conclusion

Plusieurs caractères sont à retenir à la suite de l'analyse de ce profil :

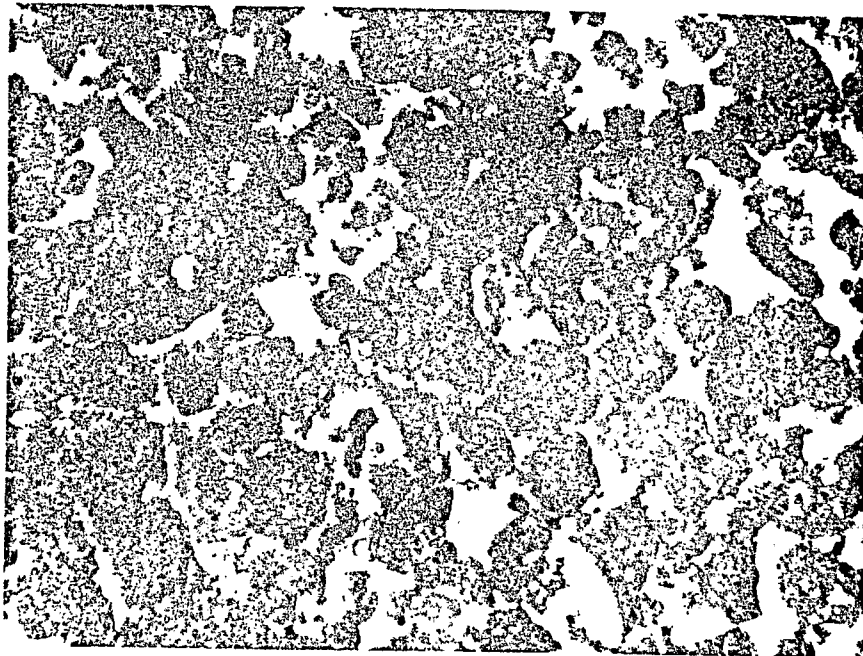
- la présence d'un fond matriciel peu fragmenté à l'échelle de la lame mince, le sol montrant par ailleurs un développement de la macroagrégation, qui n'est pas le cas ici.
- un plasma très abondant constitué d'éléments à 1^{ère} dimension.
- l'existence d'une orientation plasmique très diversifiée.
- la très faible quantité de cutanes.
- La similitude d'aspect de certaines lithoreliques transformées et de la phase structichrome évidente, tout au moins en lumière polarisée analysée.

3.2- Un exemple de sol ferrallitique polygénique très évolué

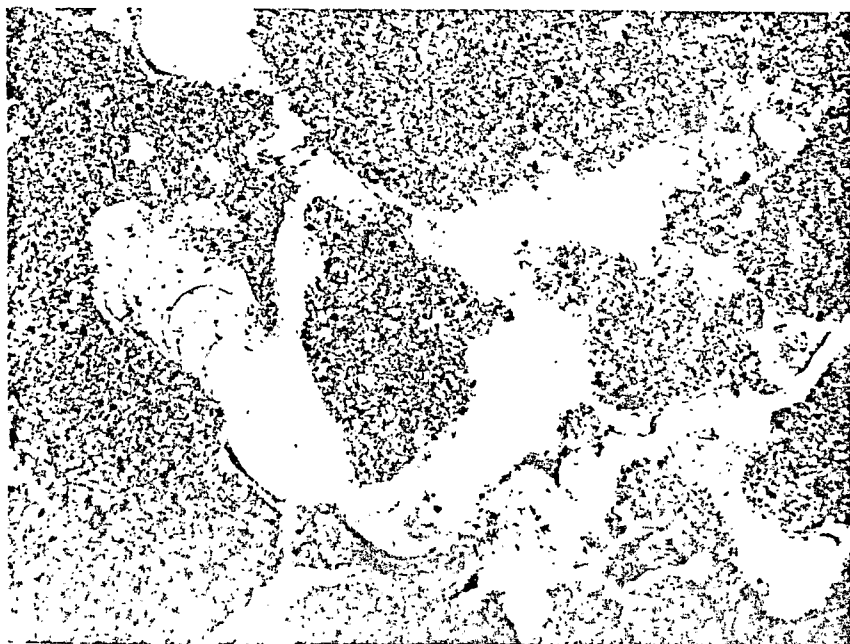
Dans un pays équatorial comme le Gabon, les sols ferrallitiques très évolués du type précédemment décrit n'apparaissent que sur des roches cristallines ou métamorphiques, très riches en minéraux micacés difficilement altérables. Les mêmes roches donnent aussi des sols très fortement évolués, à la fois par leurs caractères morphologiques et géochimiques, sur certains plateaux actuellement situés en position de fort drainage. Les uns et les autres sol répondent donc aux termes extrêmes d'une évolution ferrallitique ou, si l'on préfère ces anciennes expressions, à un stade "juvénile" et à un stade "sénile". Il est intéressant d'examiner ici deux profils issus des mêmes roches et qui présentent ces deux termes.



20



21



22

Sur les pélites du Francevillien (Préca mbrien moyen), les ferrallitiques polygéniques, à cuirasses fossiles, occupant de hauts plateaux ont été observés par CHATELIN (1968). A côté de cuirasses affleurantes, il y a souvent de sols morphologiquement très développés. L'appunite a les caractéristiques générales des appunites non appauvries de forêt (couleur, répartition de la matière organique). Le structichron, très argileux (85 %), de couleur jaune, a une structure élémentaire très fine à éléments polyédriques ou granuleux.

Les caractères géochimiques de ces sols contrastent fortement avec ceux des sols pénévolués issus de mêmes roches mères. Les argiles ne n'apparaissent pas autrement qu'à l'état de traces. La kaolinite est la plus très largement prépondérante. Le rapport silice/alumine est sensiblement inférieur à 2. Il existe un peu d'alumine libre, sous forme de gibbsite, et deux espèces importantes de goethite (de 15 à 20 % de fer dans la fraction argileuse). Le complexe d'échange est fortement désaturé.

Le profil étudié est situé (0°52'50" S, 12°44'00" E) à une altitude de 600 m, en position centrale sur le plateau, sous une forêt primaire qui conserve les traces d'anciens défrichements.

3.2.1- Description micromorphologique

Le sol très riche en argile révèle l'existence d'un plasma brun ou jaune légèrement brunâtre, régulièrement coloré, extrêmement abondant. Dans cet ensemble, on observe quelques grains de squelette quartziteux. Le blage plasma-squelette est toujours porphyroscelique. Le plasma apparaît d'éléments de très petite dimension qui lui confèrent, en lumière non polarisée, un aspect très finement "granuleux" le différenciant nettement du fil ferrallitique pénévolué précédent.

Le cliché 20 illustre l'extrême fragmentation du plasma. La structure élémentaire est de type aliatode, mais se distingue nettement par la forme irrégulière des microagrégats. Il s'agit donc, en fait, d'une structure aliatode parorthique. Ce caractère est déjà visible sur le terrain. L'aspect micromorphologique permet de confirmer et de préciser la réalité de cette observation. Les microagrégats sont de formes et de tailles très variées (Clichés 20 et 21). Si quelques uns d'entre eux ont une silhouette régulière, circulaire, ovale ou ovoïde, la majorité présente des contours polyédriques plus ou moins réguliers. Il est intéressant de remarquer que ce sont les individus les plus petits qui possèdent la morphologie la plus régulière. Le nombre de microagrégats est moins élevé dans la partie supérieure du structichron et dans l'appunite que dans le structichron profond. Ces microagrégats ne présentent pratiquement aucune orientation plasmique, excepté parfois un fin liseré périphérique, plus ou moins continu, uniquement visible en lumière polarisée analysée. Les microagrégats fortement microdivisés ont une porosité élevée due aux nombreux vides qui existent entre les microagrégats (Clichés 20 et 21). A la limite supérieure du structichron, existent dans ces vides quelques argilines, généralement assez peu épaisses (de l'ordre de la centaine de microns) et très poreuses. Elles constituent parfois des édifices complexes entre les microagrégats.

Les microagrégats, si abondants soient-ils, ne représentent pas la seule structure de ce profil et, par endroits, des plages continues sont

bles. Leurs limites sont, en général, irrégulières, sinuées et mamelonnées. Elles sont pratiquement toujours parcourues par un réseau assez dense de fibres et de chenaux. Leur coloration est parfois hétérogène et cette hétérogénéité laisse présager l'existence de zones de moindre résistance où peut se développer préférentiellement une fragmentation. La biréfringence de ces plages continues est très faible et les orientations plasmiques peu importantes sont très difficiles à observer. Par place, existent cependant de grandes orientations masépiques et de très fins liserés de forme arrondie ou ovoïde délimitant des zones sans orientation intérieure. Ces liserés rappellent ceux qui forment fréquemment la bordure des microagrégats. Le reste du plasma, pratiquement isotrope, est quelquefois faiblement éclairé par une orientation insépique peu accentuée.

3.2.2- Conclusion

Ce profil très particulier présente plusieurs caractères qui est utile de rappeler :

- une microdivision importante du fond matriciel particulièrement nette dans le structichron et qui s'atténue quelque peu dans l'appumite.
- la forme irrégulière des microagrégats qui permet de définir une structure aliatode parorthique.
- un plasma très abondant formé d'éléments très fins.
- une biréfringence extrêmement réduite du plasma, pas bien dans les microagrégats que dans les plages continues.
- la présence de quelques orientations plasmiques de type masépique dans les zones continues.
- l'existence de quelques argilanes dans la partie supérieure du structichron.

4- DISCUSSION

Plusieurs sols ferrallitiques jaunes de régions équatoriales et sub-équatoriales ont été étudiés. Ils correspondent à des situations pédologiques variées et présentent effectivement des caractères morphologiques, chimiques contrastés. La même variété se retrouve dans les organosols tropicales, mais celles-ci présentent des caractères généraux très marqués qui opposeront nettement, ainsi que nous le soulignerons plus loin, les organosols jaunes à celles de couleur rouge.

Les orientations plasmiques sont apparues variées et complexes. Les plus simples forment des ponctuations ou des stries fines, réparties de manière diffuse, en donnant au plasma une biréfringence d'ensemble assez faible. Des figurés plus complexes apparaissent également, qui peuvent être linéaires (masépiques), ovoïdes (squelsépiques), etc... Enfin, les orientations les plus complexes correspondent à des liserés argileux, ou à des argilanes classiques.

plus épaisses et légèrement zonées tout au moins.

La microagrégation conduit elle aussi à une grande variété dans les formes et dans les tailles. Certains microagrégats ont un contour ovoïde très régulier et peuvent être limités par un cortex orienté. Ils doivent être rattachés au type "granulaire" défini par BEAUDOU (à paraître). D'une façon beaucoup plus générale, la microagrégation dans les sols ferrallitiques jaunes qui ont été étudiés est du type "fragmentaire" (BEAUDOU, op.cit.). Les contours sont irréguliers polyédriques arrondis ou subangulaires beaucoup plus souvent qu'ovoïdes. La distribution des plasmas et par conséquent la microagrégation semblent plus importantes dans les horizons de surface que dans ceux de profondeur, réserve étant faite à ce propos sur la représentativité des échantillons prélevés dans les appauvrissements. Des différences importantes apparaissent d'un profil à l'autre. La microagrégation est parfois peu développée, elle devient au contraire prépondérante dans un sol situé sur une ancienne surface et qui a les caractères d'une forte évolution géochimique. Dans ce dernier cas, le développement de la microagrégation s'accompagne d'une nette atténuation des orientations plasmiques décrites précédemment.

Tout ceci oppose nettement les sols ferrallitiques jaunes des régions équatoriales ou sud-équatoriales aux sols ferrallitiques rouges des plages des régions de savane à saisons contrastées. Ceux-ci sont en effet essentiellement caractérisés (BEAUDOU 1972, BEAUDOU et CHATELIN 1974) par l'intensité des orientations plasmiques et surtout par une intense microagrégation. Les microagrégats de ces sols appartiennent au type "granulaire" (BEAUDOU op.cit.) et présentent une très grande régularité à la fois par leur forme ovoïde et par leurs dimensions de l'ordre de la centaine de microns. CHAUVEL (1976) les met en relation avec un "volume critique" que définirait des paramètres physico-chimiques.

Malgré la difficulté qu'il y a parfois à les interpréter(*) les observations faites par certains auteurs et notamment par STOOPS (1963), RENARD et REFEGA (1974) semblent devoir confirmer la caractérisation que nous venons de proposer pour les sols ferrallitiques jaunes. Mais en réalité, la répartition des caractères micromorphologiques n'obéit pas plus à une loi zonale stricte qu'aux caractères de couleur eux-mêmes. Dans les zones forestières sub-équatoriales de transition, il existe des sols ferrallitiques rouges dans lesquels apparaissent à la fois des plasmas biréfringents très orientés et des plages à microagrégation ovoïdes (type granulaire). C'est ce que montrent les études de JANET (1975) et de MULLER (à paraître).

Une nouvelle restriction doit être apportée si, au lieu de profils complets relativement homogènes, ce sont des organisations de moindre étendue qui sont considérées. En effet, BEAUDOU (1972), CHAUVEL (1976), MULLER (à paraître) ont montré qu'il existe dans de mêmes profils des plages de dimensions variables, les unes de couleur jaune à plasma très orienté, les autres de couleur rouge, biréfringentes et microagrégées. Dans ces conditions, il faut en venir à la notion de organisations représentées par deux orthotypes, entre lesquels bien des variantes existent. L'opposition des sols jaunes équatoriaux et des sols rouges tropicaux

(*) Les descriptions utilisant le langage normalisé par BREWER (1964) sont généralement excellentes. Mais ce qui n'apparaît pas toujours clairement, ce sont les similitudes. Même très rares, certaines figures sont toujours décrites, et parfois avec des interprétations qui leur sont associées. Inversement, il n'est pas sûr que les arrangements peu spectaculaires sont justement pris en compte.

tée à une opposition de caractères microscopiques représente une vision particulière donnée par une certaine échelle de travail.

Il semble bien que ce soit à une conception analogue que KUBIENA (1970) est parvenu lorsqu'il opposait "lehm" et "erde". D'une part, il reconnaît l'existence de deux matériaux, l'un peptisé et mobile, l'autre peptisé coagulé et stable. D'autre part, ses notions de "braunlehm", "rotlehm", etc... semblent s'appliquer aussi bien à des sols complets qu'à des plages microscopiques. C'est à un travail d'historien qu'il reviendrait maintenant d'examiner l'œuvre de KUBIENA. Nous soulignerons simplement ici qu'elle a été pratiquement inutilisée par les pédologues de langue française qui ont étudié jusqu'à présent les sols ferrallitiques (*).

Pour une caractérisation d'ensemble des sols ferrallitiques de ces régions équatoriales, nous avons tenté dans le présent article d'apporter de simples descriptions, sans nous engager trop loin dans l'interprétation. En conclusion cependant, certaines remarques d'ordre génétique paraissent nécessaires. En confrontant des faits géographiques à des théories proposées par plusieurs auteurs, elles porteront principalement sur le problème de la structuration des plasmas, c'est à dire sur le problème de la microagrégation.

Les gonflements et les retraits liés à divers états d'humidité engendrent des contraintes physiques qui peuvent avoir un rôle important dans la microagrégation. Dans une gamme de sols ferrallitiques variés, UEHARA, SLACH et BERKMAN (1962) par exemple ont remarqué que les plus structurés paraissent être ceux dans lesquels existent le plus d'orientations de contraintes (arrangements cristallins notamment). Plusieurs auteurs, comme BOULET (1974), pensent que les plasmas formés sont homogènes et isotropes, et que c'est le jeu des contraintes produites lors d'une évolution ultérieure qui oriente et divise le floc. Cela constitue un mécanisme possible de microagrégation qui a été retenu par certains cas, par BEAUDOU (1972). MULLER (à paraître) présente les micropédons formés comme des "micropeds de réseau" et les oppose aux "micropeds de floc" pour la genèse desquels une accumulation de fer est essentielle. Cette distinction semble pouvoir être retenue. Les deux processus se produisent parfois dans de mêmes sols. Mais d'une façon très générale, les contraintes physiques sont primordiales dans les sols ou les matériaux jaunes. Elles produisent un type de microagrégation bien différent de celui pour lequel le fer est important et qui caractérise les orthotypes de sols ou de matériaux rouges.

PEDRO, CHAUVEL et MELFI (1976) ont observé dans les sols ferrallitiques du Brésil, des organisations analogues à celles dont il est question. Pour ces auteurs, l'évolution de la microstructure est déterminée par l'évolution géochimique. En milieu ferrallitique, l'altération proprement dite forme des réseaux kaolinitiques et des hydroxydes libres. Le premier stade de l'évolution pédologique se définit par "l'altéropiasmation". Les phyllites sont libres et subissent gonflements et retraits, les plasmas montrent de nombreuses figures orientées. Un stade ultérieur correspond à la "pédopiasmation". Il est déterminé par le lessivage des cations basiques qui restaient liés aux argiles et leur remplacement par des ions ferriques, et par le départ des éléments de terre alcalines primitivement associés au fer. Les liaisons fer-argile deviennent très fortes, le

(*) Exception faite au moins pour LARUELLE et STOOPS (op.cit.) qui sont de nationalité belge.

plasmas perdent leur mobilité et forment des microagrégats ou "micronodules". La généralisation de la microagrégation devrait donc se produire dans les milieux les plus fortement désionisés. Ce sont des arguments d'ordre physique et chimique, de même que des tests expérimentaux, qui sont avancés par les auteurs. Par contre, la répartition géographique que nous avons esquissée ne semble pas se conformer à ce schéma. Les sols les plus désaturés se rencontrent en effet dans les régions équatoriales. Leurs argiles apparaissent beaucoup plus mobiles que celles des sols moins acides des régions plus sèches de savane.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.), SEGALEN (P.) -1966- "Projet de classification des sols ferrallitiques" Cah.ORSTOM, sér.Pédol.4.4:97-112.
- BEAUDOU (A.G.) -1972- "Expression micromorphologique de la microagrégation et de l'illuviation dans certains horizons de sols ferrallitiques centrafricains et dans les sols hydromorphes associés" Cah. ORSTOM, sér.Pédol.10.4:357-371.
- BEAUDOU (A.G.), CHATELIN (Y.) -1974- "Les mouvements d'argile dans certains sols ferrallitiques centrafricains" 10th Intern.Congr.Soil Sci.Moscow vol.7, pp.247-255.
- BEAUDOU (A.G.) -à paraître- "La microagrégation dans les sols" Encycl Earth Sci.
- BEAUDOU (A.G.), COLLINET (J.) -à paraître- "La diversité des volumes pédologiques cartographiables dans le domaine ferrallitique africain" Cah. ORSTOM, sér.Pédol.
- BENAYAS (J.), REFAGA (A.G.) -1974- "Aplicacion de la micromorfologia a la clasificación de algunos suelos ferralíticos de Angola" An.Eaefol.y Antropobiol.33.3/4:283-294.
- BOULET (R.) -1974- "Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta : équilibres dynamiques et bioclimats" Thèse, Fac.Sci.Strasbourg, 370 p.
- BREWER (R.) -1964- "Fabric and mineral analysis of soils" J.WILEY & Sons, 470 p.
- BRUGIERE (J.M.) -1954- "Les argiles faiblement latéritiques à concrétions ferrugineuses de la vallée du Niari" 5ème Congr.intern Sci.Sol, vol.1, pp. 303-307.
- CHATELIN (Y.) -1964- "Notes de pédologie gabonaise (1-2-3)" Cah.ORSTOM, sér.Pédol.2.4:3-28.
- CHATELIN (Y.) -1968- "Notes de pédologie gabonaise (5)" Cah.ORSTOM, sér.Pédol.10.4:3-20.
- CHATELIN (Y.), MARTIN (D.) -1972- "Recherche d'une terminologie typologique applicable aux sols ferrallitiques" Cah.ORSTOM, sér.Pédol. 10.4:3-20.
- CHAUVEL (A.) -1976- "Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Evolution et classification des sols rouges en Moyenne Casamance" Thèse Fac.Sc. Strasbourg, 476 p.multigr.
- COLLINET (J.); FORGET (A.) -1976- "Carte pédologique de reconnaissance. Feuilles Booué Nord-Mitzic Sud à 1/200.000" ORSTOM, Notice exp.n°53, 152 p. 1 carte h.t.
- DENIS (B.), RIEFFEL (J.M.) -1975- "Carte pédologique Madingou (République Populaire du Congo) à 1/200.000" ORSTOM, Notice exp.n°60, 152 p.

- JAMET (R.) -1975- "Pédogenèse sur roches cristallophylliennes et argileuses en milieu équatorial congolais" ORSTOM, Brazzaville, fasc.n°2, 78 p. multigr.
- KUBIENA (W.L.) -1970- "Micromorphological features of soil geography" Rutgers Univ. Press, 254 p.
- LARUELLE (J.) -1956- "Quelques aspects de la microstructure des sols du nord-est du Congo belge" Pédologie.6:38-57.
- MULLER (J.P.) -1974- "Morphologie des horizons supérieurs des sols ferrallitiques du Gabon (appumites et épi-structichrons dyscrophes)" Cah.ORSTOM, sér.Pédol.12.3/4:277-287.
- MULLER (J.P.) -à paraître- "Microstructuration des structichrons rouges ferrallitiques à l'amont des modelés convexes (centre-Cameroun). Aspects morphologiques" Cah.ORSTOM, sér.Pédol.
- MULLER (J.P.) -à paraître- "Dégradation des sols ferrallitiques rouges centre-camerounais : la microlyse plasmique et la différenciation des épipédons" Cah.ORSTOM, sér.Pédol.
- FERRO (G.), CHAUVEL (A.), MELFI (A.J.) -1976- "Recherches sur la constitution et la genèse des terra roxa estruturada du Brésil" 28 p.multigr.
- PIDGEON (J.D.) -1976- "Contemporary pedogenetic processes in a ferrallitic soil in Uganda" Geoderma.15.5:425-436.
- SEGALEN (P.) -1969- "Contribution à la connaissance de la couleur des oxydes et des hydroxydes de la zone intertropicale : sols jaunes et sols rouges" Cah.ORSTOM, sér.pedol.7.2:226-236.
- STOOPS (G.), JONGERIUS (A.) -1975- "Proposal for a micromorphological classification of soil materials" Geoderma.13:189-199.
- UEHARA (G.), FLACH (K.W.), SHERMAN (G.D.) -1962- "Genesis and microstructure of certain soil structural types in hawaiian latosols and their significance to agricultural practice" Intern.Soc.Soil Sci. Meet.Comm. IV et V, pp. 264-269.
- VERHEYE (W.), STOOPS (G.) -1975- "Nature and evolution of soils developed on the granite complex in the subhumid tropics (Ivory Coast)" Pedologie.25.1:40-55.