

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA MORPHOLOGIE ET DE LA

CLASSIFICATION DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX

R. FAUCK

-oOo-

AVRIL - JUIN 1968

GENERALITES.

L'utilisation d'une nouvelle définition et d'une nouvelle classification pour les sols ferrallitiques a pour conséquence la nécessité de réviser celles utilisées pour les sols Ferrugineux Tropicaux.

En 1967 plusieurs mises au point ont été faites, mais elles n'ont pas été suffisantes pour éliminer les difficultés qui ont surgi. Ces dernières tiennent au fait que la classification étant du modèle morphogénétique, il n'est pas aisé de définir l'importance relative à accorder aux faits, particulièrement ceux d'ordre morphologique, dont les rapports avec des phénomènes ou des processus physico-chimiques ne sont pas toujours bien établis.

En pratique deux modes d'approche du problème sont en présence. Pour le premier les caractères morphologiques, réellement et traditionnellement utilisés sur le terrain, doivent être reliés à des processus dont il faut rechercher secondairement l'explication ou au moins une définition valable. Pour le deuxième il est logique de partir des données minéralogiques et physico-chimiques, domaine où les progrès se font actuellement, pour en déduire l'importance génétique relative des caractères morphologiques, donc la hiérarchie à en retenir dans la classification.

Les deux modes d'approche se complètent très bien et les progrès du deuxième, certes plus logique, doivent nous permettre d'améliorer le canevas général.

Cependant, l'objet de cette note ne sera pas l'emploi de l'une ou

l'autre de ces méthodes de travail, bien qu'en fait ce soit le premier mode d'approche qui soit concerné. En effet, je me bornerai à faire le bilan des données morphologiques sur les sols Ferrugineux Tropicaux, sans essayer de les relier systématiquement à des phénomènes génétiques, cette question ayant déjà été abordée en 1967 par différents auteurs. Mon but est de mettre d'accord tous les pédologues sur les critères qu'ils ont utilisés ou qu'ils utilisent, pour classer ou non les sols dans les Ferrugineux, donc pour en déduire une définition qui puisse être le reflet de ce qui est traditionnellement appelé un sol Ferrugineux Tropical, et voir dans quelle mesure et sur quels points cette définition se distingue, ou non, de celle des sols Ferrallitiques.

Personnellement je suis persuadé que ce n'est qu'à ce moment qu'il sera possible de reprendre valablement la discussion sur la classification relative des deux catégories de sols en intégrant les données récentes des recherches en laboratoire.

Il est en effet normal de tenir compte de 20 années de travaux sur le terrain, et d'essayer de ne pas rendre inutilisables toutes les cartes en modifiant trop vite le système de classement, ou du moins de dénomination des sols.

De plus, je pense qu'il ne faut pas perdre de vue les points suivants, explicités par G. AUBERT en 1965 dans la présentation de la classification pédologique utilisée en France :

"La classification des sols doit être utilisée sur le terrain.

"Elle doit rester une classification des sols eux-mêmes, et ne pas devenir celle de leur mode de formation. Fondée sur la pédogenèse elle doit s'exprimer par les caractères intrinsèques du sol. Ils doivent être observés dans leur profil".

Le fait de partir strictement des données de terrain a de plus les avantages suivants :

- il est possible de tenir compte des travaux bibliographiques, c'est-à-dire de tout ce qui a été décrit morphologiquement comme sol ferrugineux, car très souvent les données analytiques sont trop succinctes,
- cela permet de ne pas perdre de vue certains caractères morphologiques qui ont probablement une grande importance agronomique. Personnellement, les progrès récents de la Recherche Agronomique en Afrique, m'amènent en ce moment à repenser les échelles de fertilité ou de potentialité des sols, et je voudrais éviter qu'il y ait un jour d'un côté des pédologues agronomes et de l'autre des spécialistes de la classification qui ne parleraient plus le même langage.

Avant de passer en revue les critères morphologiques, il me semble opportun de rappeler les définitions les plus récentes données par les différents auteurs pour les sols Ferrallitiques et les sols Ferrugineux.

CLASSE DES SOLS FERRALLITIQUES :

AUBERT - SEGALEN - 1966

"Sols à profil A (B) C ou ABC, le plus souvent très épais, présentant généralement une décomposition poussée de la matière organique, alors très liée à la matière minérale, et une très forte altération des minéraux

résultant d'une libération importante de sesquioxydes de fer, Mn, et même assez souvent Al : élimination poussée de la silice d'où rapport silice/alumine

< 2 ; minéraux argileux constitués, en plus des sesquioxydes de fer, alumine, de kaolinite et parfois de traces d'illites ; présence possible de minéraux hérités résiduels ; matériau originel (horizon C) constitué de minéraux très altérés s'écrasant facilement ; capacité d'échange faible ; degré de saturation le plus souvent faible ou moyen, rarement élevé en B ou (B) ; structure variable de B, parfois peu nette, mais friabilité élevée de cet horizon".

CLASSE OU SOUS-CLASSE DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX :

(I) AUBERT - Septembre 1965

"Ces sols sont très riches en sesquioxydes de fer individualisés répartis sur l'ensemble du profil, ou le plus souvent, accumulés dans ses horizons inférieurs, caractérisés par leur couleur rouge, rouille, ou ocre, ou par leur richesse en concrétions largement réparties.

Leurs minéraux argileux comprennent de l'illite en plus de la kaolinite. Ils ne comportent pas d'alumine libre. Leur complexe adsorbant n'est que faiblement désaturé (S/T supérieur à 40 %). Leur structure est fréquemment dégradée en surface, la compacité y est alors très élevée".

(2) MAIGNIEN - Août 1964 (8ème Congrès Science du Sol)

"Morphologiquement, les sols ferrugineux tropicaux sont des sols à profil A B C, avec un horizon "B" de couleur, de consistance ou textural. Les limites entre horizons sont tranchées et distinctes. L'horizon de surface, de type "umbrique", est de couleur foncée, grise à gris-noir (10 YR 4-3/ 1-2). Il s'assombrit à l'état humide. La couleur des horizons sous-jacents, plus

claire, se situe dans les gammes jaunes (IO YRn 7,7 YR). Les valeurs (> 5) et les intensités (> 4) sont élevées. Une caractéristique majeure est la variation brutale de couleur entre l'état sec et l'état humide (abaissement de 2 à 3 unités en valeur et en intensité).

L'épaisseur des profils est relativement faible (200 à 250 cm au maximum).

Les horizons d'altération sont peu épais. Sur roches cristallines acides ils ne dépassent pas 100 cm et sont aréniformes. Ils sont faiblement colorés (gris blanchâtre) et fréquemment imprégnés de trainées et de taches de couleur rouille.

Ils présentent souvent en profondeur des horizons concrétionnés ou cuirassés, composés d'oxydes de fer surtout, et parfois aussi de manganèse. Ces critères ne sont cependant pas obligatoires.

Les caractéristiques analytiques sont assez constantes, bien que souvent dispersées.

- texture fréquemment sableuse en surface, avec tendance au lessivage de l'argile qui tend à s'accumuler en profondeur pour former un horizon colmaté.
- structure peu développée, assez nettement nuciforme en "B".
- teneurs en matières organiques plutôt faibles (I à 2,5 %) sous végétation naturelle - rapport C/N de I4 à I7 - rapport d'humidification de IO à 20 %.
- acidité pH faiblement acide (6,0 à 6,5 en surface) variant assez peu avec la

profondeur. Les pH K CI sont inférieurs de 0,3 à 0,6 unités des pH eau.

- degré de saturation en bases, de l'ordre de 70 - 90 % dans les horizons d'accumulation.
- capacité en bases faible, liée à la prédominance d'argiles kaolinitiques en association avec des illites ; parfois un peu de montmorillonite.
- rapport fer libre/fer total toujours supérieur à 50 - 60 %.

II. - CHOIX DES CRITERES.

La comparaison des définitions des deux classes montre que les caractères morphologiques spécifiques seuls reconnaissables pratiquement sur le terrain sont les suivants :

- 1°) Profondeur des profils.
- 2°) Type d'altération de l'horizon C.
- 3°) Différenciation en horizons.
- 4°) Structuration.
- 5°) Concrétionnement.
- 6°) Différenciations texturales.
- 7°) Remaniements.

Nous les examinerons successivement.

1°) Profondeur des profils.

Les sols ferrallitiques sont généralement très profonds, sauf quand ils sont très rajeunis par l'érosion. Mais l'examen de ce caractère ne peut suffire, les sols ferrugineux pouvant se développer sur des altérations anciennes kaolinitiques très épaisses, soit en place (manteau d'altération), soit transportées (continentaux terminaux).

Aussi, proposerons-nous de modifier la définition en précisant :

- dans un cas : (Ferrallitique) horizon B ou BC généralement épais.
- dans l'autre : (Ferrugineux) sols à horizons B peu épais, les horizons C pouvant l'être cependant.

2°) Type d'altération de l'horizon C.

La définition d'un matériau ferrallitique "constitué de minéraux très altérés s'écrasant facilement", doit être prise en considération dès le début de l'examen des profils. Si l'horizon C n'a pas ce caractère, en particulier s'il a une morphologie :

- soit d'arène sableuse,
- soit des caractères hydromorphes, avec l'aspect tacheté du pseudogley,
- soit des indices nets de néoformations de minéraux 2/I.

Le classement en ferrallitique semble à exclure.

Mais, ce critère n'est pas absolu, car il y a des sols ferrugineux développés sur des matériaux ferrallitisés ou plutôt kaolinisés, la notion de sol Ferrugineux Tropical n'étant pas basée expressément sur une altération non ferrallitique, mais sur l'existence de processus génétiques caractéristiques, généralement bien développés, du moins morphologiquement, sur les matériaux les plus riches en argile kaolinitique et en sables quartzeux.

Pour éviter de classer comme sol le simple état d'altération d'un matériau, il serait logique d'essayer de distinguer :

- a) les altérations actuelles faisant partie du sol ABC, cas des sols réellement sur roches en place, ce qui est parfois difficile à apprécier.
- b) l'altération ancienne n'ayant plus que le rôle de simple matériau kaolinitique : cas de nombreux recouvrements et de tous les continentaux terminaux.
- c) l'altération ancienne agissant non seulement comme matériau kaolinitique mais subissant et surtout orientant la pédogenèse en particulier par ses

caractéristiques de texture, comme c'est le cas des altérations à allure d'horizon tacheté.

La séparation de ces trois cas n'est pas toujours aisée sur le terrain, cependant, en cas d'études prolongées elle est possible grâce à l'examen des profils hydriques, considérés comme la résultante d'un ensemble de faits texturaux et structuraux et, pouvant de ce fait, caractériser le comportement des matériaux.

En conclusion, donc, le seul examen de l'horizon C ne suffit pas pour classer un profil dans les Sols Ferrallitiques, sinon pour l'en exclure. D'ailleurs dans l'examen du type d'altération sur le terrain, il n'est pas toujours possible de déterminer la présence éventuelle de minéraux altérables. Mais même si cela est possible, et malgré la définition qui précise "la très forte altération des minéraux" dans les sols ferrallitiques, ceux-ci comportent actuellement des groupes et des sous-groupes "rajeunis" et pénévolués avec présence de minéraux en voie d'altération. Cette contradiction est d'ailleurs soulignée par G. AUBERT et P. SEGALEN (1966) mais elle est justifiée par l'action de l'érosion. Quoi qu'il en soit, cet état de fait limite encore l'importance sur le plan pratique à accorder au type d'altération dans le classement des sols.

3°) Différenciation en horizons :

Ce critère n'est pas sélectif dans les définitions, les deux classes étant des sols à profil A (B) C ou ABC. Cependant, l'expérience et la bibliographie montrent que sur un même matériau les profils classés sans difficulté comme Ferrugineux ont une différenciation en horizon nette et tranchée.

MAIGNIEN a insisté sur ce point, en particulier dans le cas des sols développés sur matériaux du Continental Terminal. Il nous semble possible de généraliser, du moins en ce qui concerne les sols du groupe Lessivé, c'est-à-dire à différence texturale nette entre les horizons A et B.

L'existence, ou la persistance, d'horizons toujours plus sableux en surface quel que soit le matériau ou la position topographique est un fait général dont nous reprendrons la question en abordant les problèmes de lessivage, appauvrissement, remaniement et recouvrement.

Cette généralité du phénomène rend plausible la réalité d'une cause d'ordre génétique. Mais dans les cas où il s'agit incontestablement de polyphasage de matériaux, il ne faut pas oublier que la différenciation en horizons coïncidera souvent avec les niveaux originels, en particulier en accusant l'appauvrissement des horizons les plus salbeux. De plus, favorisée par un lessivage oblique préférentiel, la transition entre les horizons A_1 , A_2 et B_1 s'accusera progressivement le long des pentes au point de devenir de type "brusque". Il y a au départ, recouvrement mais ensuite pédogenèse et interaction entre les deux phénomènes. Cette conception nous incite à essayer de séparer deux types de remaniements :

- la simple modification d'ordre mécanique amenant l'existence de discontinuités qui ne semblent pas, du moins quant aux conséquences morphologiques, affecter le sens de la pédogenèse (souvent le cas dans les sols ferrallitiques très différents.
- le remaniement orientant ou réorientant nettement la pédogenèse ou bien la limitant.

La différenciation en horizons est donc un critère extrêmement important, mais les diverses interprétations possibles peuvent modifier complètement les conclusions quant à la position dans la classification, ce qui est le grave inconvénient d'une classification morphogénétique.

Mais la différenciation en horizons est généralement une différenciation texturale. C'est dans cette optique que certains pédologues attachent une très grande importance pour définir les sols Ferrugineux Tropicaux sur les matériaux sableux, à l'existence d'horizons du type A_2 . Il s'agit d'horizons situés sous le A_I organique et qui ne font pas seulement la transition avec les horizons B_I , en particulier au point de vue textural, mais qui ont des caractères nets de porosité tubulaire élevée, d'aspect finement alvéolaire, de densité relativement plus faible, différents des horizons immédiatement adjacents. Leur présence jointe à des caractéristiques de transition nette seraient un critère des plus sûrs sur le terrain pour séparer les Ferrugineux des sols Subarides ou des peu Evolués.

4°) Différenciations texturales (Lessivage - Appauvrissement).

L'existence d'horizons A nettement plus sableux que les horizons B est essentielle dans la définition du groupe des Ferrugineux Tropicaux Lessivés, c'est-à-dire, de ceux qui sont associés géographiquement aux sols Ferrallitiques dans les zones de transition. Cependant, la présence correlative d'horizons d'accumulations d'argile ne nous semble pas systématique, et si elle est assez courante sur les sols développés sur roches en voie d'altération, elle l'est moins sur le Continental Terminal par exemple. Dans de nombreux cas cet horizon B_t décrit morphologiquement n'ayant pu être vérifié analytiquement, il faut considérer qu'il s'agit d'un horizon structural B_s , ou d'une cohésion plus

élevée du sommet des horizons B (B_I) (ceci à niveau d'humidité équivalente évidemment). Cependant, cette séparation entre B_s et B_t soulève des réserves de la part de certains chercheurs (CHAUVEL) qui considèrent que les analyses granulométriques ne peuvent pas définir l'état textural, compte tenu de l'importance dans certains sols des éléments de néoformations de la granulométrie.

- La différenciation texturale plus sableuse existe également pour de nombreux sols ferrallitiques, ce qui a amené à créer des groupes et des sous-groupes "appauvris".

La présence de variations texturales n'est donc significative que si ce caractère est associé à ceux d'épaisseur et de transition des horizons et aux caractéristiques structurales des horizons B.

La difficulté de préciser sinon le lessivage d'argile des sols Ferrugineux mais la réalité de son accumulation, nous incite à proposer une modification de la classification, en créant un groupe "lessivé-appauvri". Cela permet d'admettre la réalité de processus génétiques variés (Cf. AUBERT - SEGALEN - 1966) le lessivage oblique expliquant dans de nombreux cas l'absence d'accumulations bien nettes, les appauvrissements par érosion sélective pouvant exister en même temps que le lessivage proprement dit.

3°) Structuration:

Il s'avère par expérience de terrain que les caractères structuraux des horizons B ont une très grande importance pratique.

Les sols Ferrugineux ont très généralement des structures peu

développées, à tendance massive, à cohésion parfois élevée lorsqu'il s'agit d'horizons secs.

Les sols Ferrallitiques les plus caractéristiques ont des types de structure variable en B, parfois peu développée, très souvent polyédrique moyennement à bien développée, avec une tendance régulière à la friabilité de cet horizon.

Dans de nombreux cas, l'existence dans des profils d'une différenciation nette en horizons, avec un B massif, assez peu épais, bien que reposant sur des altérations très épaisses, et peu cohérentes, a amené le classement en sols Ferrugineux Tropicaux.

Cependant, il ne faut pas oublier que les sols Ferrugineux Tropicaux sont définis uniquement à l'état sec, tandis que c'est souvent le contraire pour les sols Ferrallitiques. Or, il semble que les différences à l'état sec et humide soient nettement plus importants pour les Ferrugineux que pour les Ferrallitiques, et ce point gagnerait à être étudié et précisé. Cf. CHAUVEL (1966) et MAIGNIEN (1964).

6°) Concrétionnement.

Les définitions des sols Ferrugineux insistent sur l'accumulation des sesquioxydes, et la richesse éventuelle en concrétion ; de son côté, la classification des sols Ferrallitiques fait une large place aux sous-groupes indurés.

Certaines difficultés d'interprétation peuvent donc surgir.

- Quand les concrétions se présentent assez profondément, c'est-à-dire à plus de 2 m de profondeur, généralement elles ne sont pas prises en considération au niveau du sous-groupe dans les sols Ferrugineux, et, si les autres caractères morphologiques le permettent, on peut envisager de parler de sols Ferrallitiques. Cependant, il y a des sols ferrallitiques érodés à concrétions relativement proches de la surface, et dans certains sols ferrugineux sur matériaux sableux, les taches ne commencent que profondément.

Ce critère "concrétionnement", extrêmement important, ne peut donc être utilisé que conjointement avec les autres caractères morphologiques. Il n'est pas suffisamment spécifique pour être retenu à un niveau élevé de la classification.

Cependant, quand les concrétions apparaissent près de la surface, s'il s'agit de types à concrétions, sans pseudo-gley, situées au milieu de l'horizon B, et non d'indurations dans les horizons BC ou B3, le classement en Ferrugineux est généralement retenu.

7°) Remaniements.

"Des groupes remaniés ont été proposés pour tenir compte des modifications apportées aux sols sans toutefois modifier le processus de ferrallitisation" (AUBERT - SEGALEN - 1966):

L'utilisation de cette possibilité a parfois amené les divers pédologues à proposer les noms suivants pour un même profil, lorsqu'il s'agissait d'une faible épaisseur au-dessus d'une cuirasse :

- sol Ferrallitique remanié induré à recouvrement,

- sol Ferrugineux Tropical induré érodé,
- sol Peu Evolué, faciès ferrugineux Tropical, sur recouvrement au-dessus de cuirasse.

Pour lever de telles indéterminations, il serait judicieux de faire les distinctions suivantes, tenant compte de ce qui a été proposé plus haut sur les deux cas de remaniements en rapport avec la différenciation en horizons.

- a) Si les remaniements ne modifient pas la morphologie (en particulier structurale) considérée comme caractéristique des sols ferrallitiques, donc se traduisent surtout par une hétérogénéité des horizons B, il est normal de les inclure au niveau des groupes et sous-groupes dans la classe des sols Ferrallitiques. Cependant, sous savane on note généralement une tendance à une différenciation des horizons supérieurs. Un faciès ferrugineux pourrait être envisagé dans ce cas, tout en restant dans la classe des sols Ferrallitiques.
- b) Si les remaniements coïncident avec une nouvelle morphologie, c'est-à-dire, s'il s'agit de profils développés sur des remaniements (en ce qui concerne la totalité de leurs horizons B), il est normal de parler de sols soit Ferrugineux, soit Peu Evolués, familles sur matériaux remaniés, en précisant ou non qu'ils sont issus de sols ferrallitiques, ou qu'ils reposent sur des horizons C de sols ferrallitiques tronqués.

Dans ce cas, la mise en place des matériaux, souvent soulignée par des nappes de gravillons, a été suivie d'une modification du sens de la pédogenèse conduisant à la morphologie caractéristique de sols Ferrugineux, et

n'ayant en rapport avec les sols Ferrallitiques que la Kaolinisation complète des minéraux.

- c) Dans le cas où il existe des niveaux indurés, il en sera de même.

Un sol Ferrallitique remanié induré sera constitué d'horizons à caractères comparables qu'ils soient sur ou sous la cuirasse. Quand la présence de cette dernière explique que les parties supérieures et inférieures à l'induration ne soient plus en relation, évoluent différemment, en particulier, quant à leur bilan hydrique, et surtout que cela induise une morphologie spécifique en surface, il semble normal d'admettre que l'on n'a plus affaire à un sol Ferrallitique mais en particulier à un sol Ferrugineux Tropical sur cuirasse, éventuellement un sous-groupe induré si un nouveau concrétionnement se mettait en place.

Le cas délicat concerne le sol Peu Evolué sur recouvrement au-dessus de cuirasse, en particulier sur matériaux gravillonnaires. Même si l'épaisseur du profil est très faible, toute différenciation nette en horizons exclue le classement en Peu Evolués, qu'il faut limiter au modèle strictement (A) C.

- d) Le cas de transition vraie concerne l'existence d'une nouvelle pédogenèse affectant non seulement la partie remaniée ou le recouvrement, mais également la partie supérieure de l'ancien sol en place, c'est-à-dire, que les horizons B sont développés partie sur le remaniement, partie dans le matériau sous-jacent.

Il s'agit d'un sol Ferrallitique si les critères de structure, de différenciation en horizon des horizons supérieurs le permettent.

Sinon, on se trouvera en présence des trois interprétations possibles déjà signalées, avec par exemple le cas suivant :

- sol Ferrallitique remanié appauvri,
- sol Ferrugineux Tropical Lessivé sur altération ferrallitique,
- sol Peu Evolué sur altérations anciennes kaolinitiques.

Pour lever les indéterminations, certains pédologues ont proposé (A. PERRAUD) d'utiliser un groupe sur matériau Ferrallitique dans la classe des sols Ferrugineux, tandis que G. AUBERT avait suggéré un nouveau groupe, remanié dans le groupe Lessivé de sols Ferrugineux.

La solution proposée ensuite en Septembre 1967 et qui semble valable est celle d'un groupe remanié dans les sols Ferrugineux Tropicaux, complémentaire des groupes Non Lessivés et Lessivés.

Ce groupe pourrait être défini par le fait que le remaniement a orienté préférentiellement la pédogenèse et qu'il y a un certain équilibre entre les phénomènes de remaniement, et ceux de différenciations en horizons.

Il ne s'agit donc pas d'une pédogenèse limitée au recouvrement ou au remaniement, ni d'un remaniement ne modifiant pas la caractérisation d'un profil, mais d'une pédogenèse dans laquelle le remaniement est un facteur actuel de différenciation des sols, en particulier, quand celle-ci est orientée ou accusée par la présence de niveaux polyphasés sur le plan textural.

Un cas assez courant est la différenciation nette en horizons d'un recouvrement sur matériaux ferrallitisés avec phénomène d'induration actuelle se développant non dans le recouvrement mais dans la partie supérieure de

l'ancien sol, ou de l'ancienne altération.

Un autre exemple concerne les sols érodés sur granites se succédant sur une pente avec affleurements de blocs rocheux, concrétionnement en profondeur, remaniement à faible distance, le bilan étant l'hétérogénéité de la succession des profils sur une très faible distance, le remaniement étant alors une cause continue, et non fossile, de différenciation des sols.

Ceci est une position de principe, mais le choix sur le terrain peut cependant, dépendre de l'épaisseur du recouvrement et du remaniement. Quand un profil à caractères ferrallitiques est surmonté d'horizons d'aspect massif mais ayant seulement 25 cm d'épaisseur, il semble logique de toujours classer en sols Ferrallitiques. Ce problème se pose d'ailleurs pour d'autres classes de sols, l'exemple significatif étant les Vertisols à recouvrements de (KALOGA en Haute-Volta). Vertisols bien typés recouverts de 20 à 40 cm soit de gravillons, soit de niveaux sableux peu différenciés.

La définition d'une épaisseur minimum pourrait donc être envisagée, de même que l'appauvrissement dans le cas de sols Ferrallitiques, passe du sous-groupe au groupe lorsque l'épaisseur dépasse 40 cm.

Si ces recouvrements de faible épaisseur sont souvent orientés dans leur pédogenèse par les caractères de sols sous-jacent, il est parfois remarquable d'observer l'existence de micro-profils bien différenciés morphologiquement. C'est le cas de la différenciation en trois horizons schématiquement appelés organiques, beige éclairci, beige à taches, reposant en discontinuité sur des altérations diverses.

Il est nécessaire de tenir compte de cette différenciation dans le classement, mais quand le recouvrement est inférieur à 30 cm, il semble judicieux de se limiter à l'échelon faciès.

L'importance des remaniements et de l'action de l'érosion augmente en allant vers le Nord de l'Afrique Occidentale, et se pose alors le problème de la distinction entre sols Ferrugineux et sols Peu Evolués. La position de BOULET est alors la suivante : (Communication personnelle concernant la Haute-Volta)

"Dans la zone Nord tout au moins, l'étagement chronologique des diverses surfaces et le caractère paléoclimatique des matériaux cuirassés et d'altération qui les composent sont des notions importantes à souligner. Ces surfaces ne sont plus fonctionnelles ; fossilisées par la cuirasse, elles sont recouvertes d'un mince manteau de débris, autochtone ou allochtone, dont l'épaisseur est limitée par l'érosion. Lorsque ce manteau est en place, la cuirasse doit être considérée comme une roche-mère. La très faible différenciation des sols qui s'y développent oblige à les maintenir dans la classe Peu Evoluée ; certains caractères, qui ont principalement trait à la structure et sont probablement déterminés par la nature minéralogique de l'argile et la texture, permettent de supposer qu'ils évoluent vers les sols Ferrugineux, ce que l'on a indiqué au niveau du faciès (sols peu évolués d'érosion intergrades vers les sols Ferrugineux). Il est possible cependant que vers le Sud, ces caractères évolutifs s'accroissent suffisamment avec la pluviométrie pour que ces sols soient classés avec les sols évolués.

Les sols évolués n'apparaissent (si l'on exclut les ensablements) que sur la surface fonctionnelle, dont le façonnement se poursuit encore

actuellement. Cette surface a subi cependant dans certaines régions des remaniements intenses et très récents (on trouve des débris de poterie interstratifiés) qui ont mis en place des matériaux polyphasés où l'essentiel des variations morphologiques est dû à la stratification. Là encore, le type de structure permet de parler de faciès Ferrugineux. Ces remaniements, probablement dus à une rupture d'équilibre entre pédogenèse et érosion à l'avantage de la seconde, semblent se généraliser dans la zone Centre Sud, d'où l'importance attribuée par KALOGA aux sols peu Evolués, qui me semble justifiée dans cette région".

III. - CONCLUSIONS :

Il nous apparaît donc nécessaire, comme le pensait G. AUBERT, d'intégrer la notion de remaniement dans la classification des sols Ferrugineux Tropicaux, et deux solutions sont alors possibles :

- Soit 1°) : Groupes
 - a) non lessivés,
 - b) lessivés,
 - c) appauvris,

- Soit 2°) : Groupes
 - a) non lessivés,
 - b) lessivés-appauvris,
 - c) remaniés,

c'est la seconde que l'expérience du terrain permet de retenir, le groupe remanié pouvant être subdivisé en sous-groupes :

- peu différenciés.
- appauvris.

- hydromorphes.
- à induration.

Dans ces conditions et dans l'utilisation actuelle du système de classement des sols, le problème du passage des sols Ferrallitiques aux sols Ferrugineux, quels que soient les matériaux d'origine, pourrait être résolu dans le cas de remaniements, cas très fréquent, par l'existence d'un groupe remanié avec des familles variées (en particulier sur matériaux ferrallitisés ou kaolinisés).

En effet, la différenciation entre sols Ferrallitiques et sols Ferrugineux n'est pas uniquement une question de type d'altération puisqu'il n'y a pas d'altération ferrugineuse mais une altération à caractères ferrallitiques et d'autres (d'allure aréniformes, hydromorphes, à argile 2/I) qui ne le sont pas.

La modification de la pédogenèse se traduisant par une morphologie de sols Ferrugineux dans une région des sols Ferrallitiques semble nécessiter l'existence de remaniements suffisamment importants pour réorienter l'évolution, surtout par modification des conditions de drainage dans la partie supérieure des profils. La réalité de phénomènes d'hystérésis (P. MAIGNIEN - 1960) explique qu'il faut atteindre un certain palier dans la nouvelle pédogenèse, pour qu'une évolution soit perceptible.

Dans le cas de matériaux ou de roches en place sans remaniement, nous pensons que le problème proprement dit d'un passage n'existe pas et qu'il y a juxtaposition sur le terrain de sols Ferrallitiques stabilisés et s'érodant, et de sols Ferrugineux, en fonction :

- a). des caractéristiques minéralogiques et texturales des roches ou des matériaux.
- b). de l'âge des surfaces, ou du moins de l'ancienneté de la pédogenèse.

Cependant, en milieu actuellement éloigné des régions géographiques typiquement couvertes de sols Ferrallitiques, il a été remarqué que la pédogenèse pouvait faire évoluer d'anciens sols Ferrallitiques en place (non remaniés). Mais cela se traduisait généralement par des modifications d'ordre mineur ne justifiant pas un changement de classe, sauf lorsque les modifications du modèle amenaient un changement complet des conditions du drainage. Dans ce cas, d'ailleurs courant, les caractères morphologiques Ferrallitiques disparaissent complètement des profils. Sans difficulté on dénombre alors des sols hydromorphes ou des sols Ferrugineux Tropicaux sur matériaux kaolinisés tachetés d'altération ancienne.

Pour conclure, et avant de donner quelques descriptions de profils pour faciliter les discussions nous proposons une nouvelle rédaction pour la définition des sols Ferrugineux Tropicaux, texte tenant compte des précédents et des conclusions de cette note:

Proposition de Définition des Sols Ferrugineux Tropicaux (niveau sous-classe)

- Sols, à profils A (B) ou ABC ou A Bg C, les horizons B (de couleur, de texture, ou de structure) étant généralement peu épais (inférieur à 2 m ou 2,50 m).
- Les horizons C peuvent présenter des faciès et des épaisseurs variés, mais l'altération est toujours de type kaolinitique dominant avec possibilités de

minéraux illitiques (résiduels). Cette altération est cependant incomplète dans le cas de roches en place où l'épaisseur de l'altération est alors faible et généralement inférieure à 1 m. Les matériaux sont variés mais contiennent toujours une proportion appréciable de sables quartzeux.

- Les colorations des horizons A et B sont généralement dans les planches IO YR et 7,5 YR, plus rarement dans 5 YR, avec des valeurs supérieures ou égales à 5 et des intensités supérieures ou égales à 4. L'horizon de surface de couleur IO YR 4/ - 4/I-2 s'assombrit à l'état humide, tandis qu'à l'état humide les couleurs de l'horizon B s'abaissent de 2 à 3 unités en valeur et intensité.
- Le fer individualisé se trouve essentiellement sous forme de sesquioxydes. Du fait des conditions des pédoclimats la liaison de ces composés avec les surfaces des argiles est peu stable, d'où la tendance à une migration préférentielle se traduisant par des variations de couleurs, des taches ou des concrétions de fer et parfois de manganèse largement réparties, en particulier, dans la partie médiane des horizons B.
- Il n'y a pas d'individualisation d'alumine libre, et les rapports : $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de la fraction granulométrique argileuse des horizons B sont 2,0, sauf sur les matériaux bruts d'altération ferrallitiques où ils sont égaux à 2,0.
- Le complexe adsorbant n'est que faiblement désaturé avec S/T généralement supérieur à 40 % dans les B ou (B) (souvent de l'ordre de 60 à 90 %), l'influence du matériau étant cependant importante contrairement au cas des sols

Ferrallitiques. Les pH sont faiblement acides (6,0 - 6,5 en surface, 5,5 à 6,5 en B), les pH Kcl étant inférieurs de 0,3 à 0,6 unité avec pH eau.

- Les teneurs en matière organique sont faibles (1 à 2,5 % sous végétation naturelle), mais celle-ci est bien décomposée et liée à la matière minérale sans horizon Ao, avec une dominance d'acides humiques gris, le rapport acides humiques/fulviques étant supérieur à 1,3 et les taux d'humification variant généralement entre 25 et 45 %.
- Les horizons A et B bien différenciés morphologiquement avec des limites tanchées et distinctes présentent des structures du type massif ou du type polyédrique peu développé, avec une tendance à une cohésion et une compacité élevée, surtout s'il y a individualisation d'un B textural. Lorsque le matériau est riche en sables grossiers les cohésions sont moins fortes, mais les structures restent du type massif surtout dans la partie supérieure des (B).

A partir de cette définition, la classification des sols Ferrugineux Tropicaux au niveau des groupes, serait basée essentiellement sur la différenciation morphologique, avec trois groupes retenus :

- 1°) Non ou Peu Lessivés.
- 2°) Lessivés-Appauvris.
- 3°) Remaniés.

Groupe I : SOLS FERRUGINEUX NON OU PEU LESSIVES.

Les variations de teneur en argile entre les horizons A et B sont faibles, l'indice de lessivage étant inférieur à 1,4, les variations de porosité et les caractères de structuration étant souvent les plus importants à considérer,

en particulier du fait que ces sols sont généralement développés sur des matériaux très sableux.

Sous-Groupes :

- a) Peu différenciés.
- b) Lessivés en composés du fer.
- c) Jeunes.
- d) Hydromorphes.

Le sous-groupe a) poserait des problèmes de distinction avec les sols classés Peu Evolués Faciès Ferrugineux Tropicaux, mais certains pédologues (VIEILLEFON) pensent qu'il devrait être considéré comme le sous-groupe modal. Il incluerait ainsi certains sols rouges classés Ferrugineux Tropicaux à MADAGASCAR.

Le sous-groupe b) est distingué morphologiquement par des différences de coloration, reliées à des teneurs en fer.

Le sous-groupe c) classé comme jeune dans la classification AUBERT aurait des caractères insuffisants pour le mettre dans le groupe 2 (rapport de lessivage insuffisant), appauvrissement ou remaniement de surface sur une faible épaisseur.

Il y aurait lieu de voir s'il est judicieux de séparer les sous-groupes a) et c).

Le sous-groupe d) a des caractères hydromorphes à la base de l'horizon B, le fer n'étant pas amené par un lessivage, mais par une ségrégation locale

du fer dû à un arrêt local du drainage.

Groupe 2 : SOLS FERRUGINEUX LESSIVES-APPAUVRIS.

Sols présentant une différenciation texturale nette entre les horizons A et B, due à des lessivages vertical ou oblique auxquels peuvent s'ajouter des causes diverses d'appauvrissement relatives en surface. Les horizons B sont enrichis en sesquioxides de fer dans leur partie moyenne et inférieure, généralement sous forme de taches, de concrétions, de pseudogley ou d'induration en carapace ou cuirasse.

La variation de teneur en argile entre A et B supérieure à 5 % en valeur absolue, correspond à un indice de lessivage supérieur à I,4, l'horizon A ayant au moins 15 cm d'épaisseur, sinon représentant le I/3 de l'ensemble du profil.

Les sous-groupes sont :

- a) sans concrétions.
- b) à concrétions (et à taches ferro-manganiques).
- c) hydromorphe (pseudogley avec ou non des concrétions).
- d) à induration (carapace ou cuirasse en voie de formation ou d'enrichissement).

Le sous-groupe a) présente des variations de couleur, de texture, des caractères de structures spécifiques, pas de concrétions, mais la possibilité de taches non indurés dans la partie inférieure des B.

Groupe 3 : FERRUGINEUX TROPICAUX REMANIES.

Sols dans lesquels les remaniements sont une des causes essentielles de différenciation des profils, les horizons A et B (partiellement) étant différenciés sur des matériaux polyphasés, à l'exclusion des profils différenciés entièrement dans des remaniements homogènes recouvrant d'autres matériaux. (Classement au niveau de la famille).

Malgré l'hétérogénéité des matériaux, les caractères morphologiques caractéristiques de la pédogenèse des sols Ferrugineux sont identifiables, lessivage oblique, concrétionnement, critères de structuration en particulier.

Les sous-groupes sont :

a) Peu différenciés.

Les différences texturales nettes, semblent dues au polyphasage des matériaux mais la structuration et un début d'individualisation de taches Ferrugineuses sont caractéristiques. Le mot peu différencié peut cependant prêter à confusion, comme celui Peu Evolués ; peut-être pourrait-on prendre la dénomination "modal".

b) Appauvris (ou lessivés-appauvris)

L'horizon A est appauvri soit par lessivage, soit surtout par remaniements dus à une érosion sélective facilitée par la succession de niveaux plus argileux en profondeur.

c) Hydromorphes

Présence de pseudo-gley dans l'horizon B provoquée ou accentuée par la texture plus argileuse des niveaux du matériau originel, le pseudo-gley étant dû

plus à une ségrégation du fer sur place par changement de drainage, qu'à un apport possible (lessivage-nappe).

d) A induration

Concrétionnement dans un B de texture différente soit plus argileux, soit gravillonnaire, soit altération tachetée ancienne tendant à la création d'une carapace, ou à la recimentation de niveaux indurés considérés comme hérités.

CONCLUSIONS GENERALES.

Dans cette étude, nous avons été amenés à envisager certaines modifications de la classification antérieure.

Cependant, il est certain que la comparaison des définitions respectives des sols Ferrallitiques et des sols Ferrugineux Tropicaux soulève le problème du niveau auquel il serait judicieux de placer ces derniers : classe, sous-classe, ou même groupes. Ce qui précède cependant amène à citer G. AUBERT (1965):

"Le niveau de la sous-classe devrait être défini par des conditions "de pédoclimat, difficiles il est vrai à préciser, mais dont l'influence est si "considérable dans l'évolution des sols".

Je pense qu'il pourrait être possible de définir des pédoclimats bien particuliers pour les sols Ferrugineux Tropicaux, pédoclimats en rapport évidemment avec les caractéristiques des climats soudano-guinéens dans lesquels sont répertoriés la plupart des Ferrugineux, mais aussi en rapport avec la morphologie particulière des profils. Cette optique explique que je suis réticent lorsqu'on me propose de ne prendre en considération les caractères morphologiques que strictement à leur niveau, c'est-à-dire à celui du groupe, ce qui reviendrait pratiquement à classer les Ferrugineux seulement à ce niveau groupe.

Par exemple, dans les sols Ferrugineux le phénomène de répartition du fer (concrétionnement) a une grande importance pratique. Ce phénomène existe avec les mêmes causes dans les sols Ferrallitiques et P. SEGALEN fait remarquer, et insiste sur le fait que les sols Ferrugineux ne sont pas caractérisés par des liaisons spéciales du fer avec les argiles.

Cependant la répartition du fer qui se fait à des profondeurs plus faibles dans le cas des Ferrugineux que dans celui des Ferrallitiques est à mettre en rapport avec des profils hydriques différents, et des conditions particulières de pédoclimat dans la partie supérieure des profils (diminution temporaire de rH, acides humiques), conditions qui ont probablement un rôle essentiel dans l'évolution des sols, bien qu'encore très mal définies.

Dans le même ordre d'idées, j'admets, dans le cas des Ferrugineux, que les caractéristiques de l'altération, actuelle, ou acquise, ont relativement moins d'intérêt que ceux de réorganisation des éléments des profils (argile et fer) dans les climats où les profils hydriques ont une très grande importance pratique sur le plan agronomique.

R. MAIGNIEN d'ailleurs, a toujours insisté pour que l'on ne limite pas la définition des sols Ferrallitiques aux seuls critères d'altération, mais que l'on inclue le mode de développement de leurs profils.

Il est évident que cette conception, celle d'un pédologue soucieux de ne pas perdre le contact avec le fait agronomique serait peut-être le premier point de principe à discuter avant d'essayer de réformer la classification.

A N N E X E S

EXEMPLE I :

HRA 87 : Profil schématisé :

- 0 - 40 : Beige ocre, sablo-argileux avec gravillons, massif, cohésion moyenne.
- 40 - 50 : Niveau gravillonnaire à limites ondulées, avec début de concrétionnement.
- 50 - IIO : Horizon argilo-sableux non gravillonnaire, se carapaçant, à tendance massive, présence de débris altérés ferruginisés, passant progressivement à :
- IIO - 200 : Granite altéré, couleurs ocre, brun violet, cohésion faible, allure d'altération ferrallitique avec passées argileuses grises.

Sol Ferrugineux Tropical, groupe remanié, car l'horizon B du profil actuel, inclut la partie supérieure de l'altération sub-actuelle, et le remaniement par ses niveaux gravillonnaire oriente la pédogenèse vers le lessivage et le concrétionnement du fer,

et non Ferrallitique remanié à recouvrement car les horizons supérieurs ont acquis une structure massive, et sont le siège de phénomènes limités mais actuels de redistribution du fer.

EXEMPLE 2 :

HRC I5 : Kampti (Haute-Volta)

Toposéquence sur pente 2-3 % dominée par un abrupt cuirassé, avec affleurements de blocs épars de granite, présence de gravillons dans tous les horizons supérieurs. Les profils de profondeur variable sur de faibles distances sont caractérisés par des horizons supérieurs toujours sableux, des phénomènes de concrétionnement en profondeur, des variations locales très rapides. Selon leur position sur la pente, et sur de faibles distances, il serait possible de parler :

- de sols Peu Evolués gravillonnaires sur altération de granite.
- de sols Ferrugineux Tropicaux Lessivés indurés érodés.
- de sols Ferrugineux Lessivés sans concrétions sur colluvions.

Dans cette séquence les phénomènes de remaniement ne sont pas antérieurs à l'évolution des sols mais jouent comme un des facteurs actuels de la pédogenèse, orientant cette dernière. L'équilibre entre approfondissement du sol et érosion varie au cours du temps, les remaniements étant d'ailleurs plus des enrichissements relatifs sur place (phase résiduelle) que des recouvrements (sauf en bas de pente).

Ces raisons justifieraient le classement de toute la séquence en Ferrugineux Tropicaux Remaniés avec des sous-groupes variés selon l'importance du concrétionnement. A la limite de nombreux sols gravillonnaires, appelés souvent Peu Evolués, alors qu'ils sont au contraire très évolués, bien que relativement peu différenciés, pourraient être inclus dans les Ferrugineux Remaniés

famille sur matériaux gravillonnaires.

EXEMPLE 3 :

HRB 77 : Profil schématisé :

- 0 - 8 : Gris, sableux grossier, non structuré, meuble.
- 8 - 37 : Beige sableux grossier, légèrement argileux, massif, cohésion assez faible.
- 37 - 45 : Beige clair, sablo-argileux, avec 50 % de gravillons, avec taches et début de concrétionnement autour des gravillons.
- 45 - 100 : Carapace dans un matériau argilo-sableux tacheté dont l'induration diminue avec la profondeur.
- 100 : Altération friable, bariolée, sans concrétionnement.

Il est proposé :

Ferrugineux Tropical remanié, sous-groupe à induration, la nouvelle pédogenèse concernant le recouvrement et la partie supérieure de l'horizon altéré qui se carapace.

Malgré la faible épaisseur du recouvrement, il y a tendance à création d'un micro-profil de sol Ferrugineux Tropical. S'agit-il d'un sol Ferrallitique à recouvrement ? Ce profil pose le problème de l'épaisseur minimum du recouvrement ou du remaniement. Dans ce cas particulier plus que par la définition d'une épaisseur limite, le choix doit dépendre de l'étude de l'ensemble de la toposéquence.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUBERT (G.) - 1965

Classification des Sols.

cah. ORSTOM, sér. Pédol. III, 3, pp. 269-288.

- AUBERT (G.) - SEGALEN (P.) - 1966

Projet de classification des Sols Ferrallitiques.

cah. ORSTOM, sér. Pédol. IV, 4, pp. 97, 112.

- BOCQUIER (G.) -

Introduction à quelques problèmes relatifs au lessivage dans les sols
Ferrugineux Tropicaux.

Ronéo - FORT-LAMY, p. 43, fig. 2, bibliogr.

- CHAUVEL (A.) - MONNIER (G.) -

Sur la signification générale de l'Analyse granulométrique en Pédologie,
Examen des problèmes posés par la caractérisation de texture de certains
sols Tropicaux.

C.R. Acad. Sci. Sols - PARIS, t. 264, pp. 1969-1972.

- CHAUVEL (A.) - PEDRO (G.) -

Considération sur l'Analyse granulométrique et le problème de la détermination de la constitution minéralogique élémentaire de certains sols Tropicaux, nécessité et limites de la déferrification.

C.R. Acad. Sci. Sols - PARIS, t. 264, pp. 2089-2092.

- DABIN (B.) - 1967

La matière organique dans les sols Ferrugineux Tropicaux.

Ronéo - S.S.C. BONDY, 13 p., ann.7.

- DUCHAUFOUR (Ph.) - DOMMERGUES (Y.) - 1963

Etude des composés humiques de quelques sols Tropicaux et subtropicaux.

Sols Afr. VIII, I, pp. 5-24.

- FAUCK (R.) - 1963

Le sous-groupe des sols Ferrugineux Tropicaux lessivés à concrétions.

Sols Afr. VIII, 3, pp. 383-406.

- FAUCK (R.) - 1964

Les sols rouges faiblement Ferrallitiques d'Afrique Occidentale.

C.R. 8ème Congr. Int. Sci. Sols. BUCAREST, V, pp. 547-557.

- GAVAUD (M.) -

Communication orale.

SEGALEN (P.) - 1967

Les facteurs déformation des sols Ferrugineux Tropicaux.

Ronéo - ORSTOM BONDY, 13 p., bibliogr.

---oo000oo---