

PROJET DE CLASSIFICATION DES SOLS FERRALLITIQUES

par

G. AUBERT ⁺ et P. SEGALEN ^{*}

Plan

Avant-propos. Besoin d'une nouvelle classification.

1. Considérations générales sur :

- .1 - La place des sols ferrallitiques dans une classification. Les sols ferrallitiques comme classe de sols.
- .2 - Problèmes de vocabulaire. Essai de définition des mots "lessivé", "lixivié", "appauvri".
- .3 - Nécessité des groupes "pénévolué" et "remanié".
- .4 - Abandon du rapport silice/alumine dans la différenciation des sols ferrallitiques.

2. Les sols ferrallitiques et les subdivisions proposées.

- .1 - La classe des sols ferrallitiques. Définition générale.
- .2 - Les sous-classes. Définition des trois sous-classes.
- .3 - Les groupes. 2.3.1 - Groupes anciens : typiques, humifères, lessivés, 2.3.2 - Groupes nouveaux : appauvris, remaniés, pénévolués.
- .4 - Tableau des groupes et sous-groupes.

3. Relations des sols ferrallitiques avec les autres sols à sesquioxydes.

Conclusions

Bibliographie

⁺ Chef de la section de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M.

^{*} Adjoint au Chef de la section de Pédologie de l'O.R.S.T.O.M.
Services Scientifiques Centraux, Bondy.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

12 DEC 1988

nr BT0982

Classification des Sols Ferrallitiques

La classification des sols ferrallitiques, présentée ci-après, résulte des nombreuses études (Il est malheureusement impossible de les citer tous ici) récentes effectuées tant par les pédologues de l'ORSTOM (MAIGNIEN, 1966), que par ceux d'autres pays travaillant dans la zone intertropicale. Elle tient compte également des compléments apportés à la 7^e approximation de l'USDA (1960) par G. SMITH en 1965. Elle s'efforce de trouver une place harmonieuse pour tous les sols reconnus ferrallitiques et qu'il est parfois difficile de placer dans les anciens cadres (AUBERT 1954-1963-1965).

Elle essaie également d'intégrer solidement dans la classification des sols que l'on avait généralement du mal à classer et que l'on appelait " sols érodés, rajeunis, à profil complexe, etc". En fait, ces sols sont autre chose que des exceptions gênantes, mais le plus souvent constituent la règle. On s'efforce de préciser quelques points de vocabulaire destinés à lever des ambiguïtés de langage; en même temps, certains termes nouveaux sont proposés et définis. Les nouvelles subdivisions des sols ferrallitiques sont précisées, en cherchant les relations avec les autres sols à hydroxydes.

1. Considérations générales.

Dans les classifications françaises précédentes (AUBERT - DUCHAUFOUR, 1956, AUBERT, 1963 - 1965), les sols ferrallitiques constituent une sous-classe à l'intérieur d'une classe des "sols à sesquioxydes et matière organique rapidement minéralisée". Il apparaît difficile de maintenir dans un ensemble unique des sols présentant des propriétés morphologiques, physiques et chimiques aussi différentes que celles des sols d'une unité aussi vaste; il est donc proposé d'en faire une classe et non une sous-classe. Ceci paraît justifié pour les raisons suivantes:

- a) les sols ferrallitiques couvrent sur le globe, une superficie considérable. A mesure que ces sols sont mieux connus, ils se diversifient davantage et il devient difficile de ranger harmonieusement tous les sols dans les anciens cadres
- b) Les subdivisions proposées plus loin cadrent avec les définitions générales des unités de la classification.

1 - Les subdivisions de la classe des sols ferrallitiques

La classe des sols ferrallitiques est définie par un certain nombre de caractéristiques morphologiques, minéralogiques, physico-chimiques et biologiques qui définissent le mode d'évolution de l'ensemble des sols ferrallitiques.

Les sous-classes retenues sont, en gros, celles que les pédologues de l'O.R.S.T.O.M. avaient envisagé à Gand en Mars 1964 (SEGALEN, 1964) et sont voisines de celles de Udox, Orthox et Ustox des pédologues américains (G. SMITH, 1965). Les sols d'une sous-classe sont différenciés sur les caractéristiques physico-chimiques qui

résultent de l'intensité de la percolation à travers le sol: degré de saturation, bases échangeables, pH seront pris en considération. L'expérience prouve que ces données sont à mettre, la plupart du temps, en relation avec celles du climat (mais il faut se garder d'un parallélisme trop strict dans ce domaine).

Les groupes dans chaque sous-classe, comprennent tous un groupe typique caractérisé par le processus fondamental défini précédemment (1) et différents processus accessoires qui ne sont pas spécifiques de la classe ou de la sous-classe. C'est ainsi qu'on peut concevoir des groupes très divers (humifère, lessivé, hydromorphe etc..) dans chaque sous-classe.

Les sous-groupes constituent des intergrades ou correspondent à des degrés dans l'intensité des processus.

La définition morphologique précise intervient au niveau des groupes et sous-groupes.

2 - Problèmes de vocabulaire.

L'emploi, trop généralisé, des termes "lessivé ", "lessivage ", à propos des sols ferrallitiques peut provoquer des confusions. On peut distinguer les acceptations suivantes très différentes qui paraissent toutes recouvertes par le même vocable.

a) Si lessivage en bases signifie dissolution et élimination, hors du profil de bases alcalines et alcalino-terreuses, et d'une partie de la silice, alors tous les sols ferrallitiques sont lessivés à des degrés divers. Pour éviter des confusions, il est suggéré d'employer ici les mots "lixivié, lixiviation" (tels qu'ils ont été définis par PLAISANCE et CAILLEUX (1958).

est également

b) La migration du fer et de l'argile/associée au terme lessivage. Un horizon A peut avoir été appauvri, un horizon B enrichi et ceci de plusieurs manières qu'il est essentiel de distinguer.

b1) L'argile (ou le fer) a migré de A en B. La perte éprouvée par A a été, d'une certaine manière, compensée par le gain de B. On dira lessivé en argile, ou bien lessivé en fer.

b2) L'argile (ou le fer) a été éliminée de A mais ne se retrouve pas en B (par suite de décomposition, de migration oblique) et se trouve éliminée du profil. Le terme d'"appauvri", largement utilisé par FAUCK (2), dans son étude sur les sols rouges de Casamance, paraît convenir à ce cas.

b3) Les différences de teneurs en argile des horizons A et B peuvent être dues à d'autres causes et résulter de remaniements liés à la vie animale d'organismes vivants (faune du sol) ou bien à l'histoire géomorphologique du lieu.

(1) cf. Altération des minéraux primaires. Synthèse des minéraux primaires au cours de la ferrallitisation.

Le processus de ferrallitisation et ses limites. par P. SEGALEN

(2) Rapport inédit communiqué par l'auteur

Elles peuvent faire l'objet de classement du sol dans des groupes particuliers, dits "remanié" et "pénévolué".

b4) Dans certains profils, une humidité prolongée plus forte en B qu'en A peut amener une teneur en argile plus élevée par suite d'une intensité plus forte du processus d'argilification. Ce cas qui peut prévaloir dans les zones arides est difficile à invoquer pour les sols ferrallitiques.

Diverses explications sont donc possibles pour rendre compte des différences très sensibles dans la granulométrie entre les horizons A et B. Le fait que l'horizon B est la plupart du temps plus riche en argile que l'horizon A entraîne très souvent l'emploi du terme de "lessivage", qui couvre ainsi un ensemble de processus en réalité fort différents. Assez rares sont, semble-t-il, les sols ferrallitiques où se développe un lessivage correspondant à la définition du paragraphe b1, tandis que l'appauvrissement et le remaniement apparaissent au contraire comme très fréquents, voire prépondérants (cf. HALLSWORTH, 1964, 1965).

3 - Les groupes "Remanié" et Pénévolué.

Si un groupe rassemble les sols ayant une succession déterminée d'horizons pourvus des caractéristiques définies, on n'accorde généralement d'importance pour créer la différenciation des horizons, qu'aux processus de nature physico-chimique (accumulation de matière organique, calcification, induration, lessivage, formation de gley, etc.). Cependant, il apparaît de plus en plus, dans les sols à hydroxydes, que des processus non physico-chimiques et extérieurs aux sols ont un rôle important dans la disposition des horizons. Aussi des groupes qualifiés de "remanié" et "pénévolué" sont proposés pour chaque sous-classe pour tenir compte des modifications apportées aux sols, sans toutefois modifier le processus de ferrallitisation.

..1 - Action de l'érosion

Sur de vastes zones d'Afrique, la mise en place de nouvelles surfaces d'érosion, aux dépens des surfaces précédentes, entraîne la troncature de profils et la redistribution par dessus la partie tronquée d'éléments provenant d'éléments variables de profils analogues mais situés à quelque distance. Cette modification dans la granulométrie peut également être due à la remontée à la surface des éléments souvent fins par la faune du sol dont on sait qu'elle est particulièrement active en zone intertropicale. Différentes possibilités sont alors à envisager.

a) les éléments rapportés à la partie supérieure sont aussi évolués que ceux de la partie inférieure du profil (absence de minéraux altérables). La présence de quartz plus ou moins émoussés, de débris de cuirasses, etc., alignés à peu près parallèlement à la surface topographique, sont une marque constante de ces remaniements qui s'accompagnent très souvent par des différences de texture et structure, ainsi que par des appauvrissements notables dans la partie supérieure des profils. La généralisation du processus à travers certains pays d'Afrique occidentale est telle qu'il a paru justifier la création d'un groupe dit "remanié".

b) Les éléments rapportés à la partie supérieure sont moins évolués que ceux de la partie inférieure du profil. Ils contiennent des minéraux peu ou pas altérés: micas, feldspathe ou minéraux ferro-magnésiens variés provenant de l'érosion d'une roche ou d'un horizon C situé en amont, et mélangés à des produits altérés (argile jaune ou rouge). L'épaisseur est variable suivant les endroits mais ne dépasse pas 0,5 mètre.

Cet ensemble de caractères est alors partiellement en contradiction avec le concept central défini plus loin. L'observation de l'ensemble du profil montre cependant qu'il s'agit bien d'un sol ferrallitique perturbé par l'érosion, et que sa place est bien dans cette classe. Mais le "rajeunissement" résultant de l'érosion et du dépôt de matériaux peu évolués justifie la place dans un groupe particulier.

c) La troncature du profil a été telle que l'horizon C a été atteint. La distribution des lits de minéraux est très visible, l'altération est poussée à des degrés très variables suivant la nature de ces minéraux. Par dessus cet horizon C s'étalent des matériaux dont l'altération est très poussée (argile, gravillons, débris de cuirasse) associés à des matériaux inaltérables (quartz de taille variable). Un tel profil présente un horizon rapporté de plusieurs décimètres (moins de 50 cm). Mais le sens de l'évolution ne paraît pas faire de doute à l'examen morphologique. Cet ensemble de caractères justifiera la présence du sol dans le groupe "pénévolué".

..2 - Action d'apports éoliens.

Il s'agit par exemple d'apports de cendres volcaniques qui ont pu recouvrir des sols ferrallitiques. Les matériaux, pas ou peu ou moyennement évolués (cette évolution peut s'apprécier sur le terrain à la teneur en argile, à la couleur etc..), reposent sur l'horizon A ou B d'un sol ferrallitique, permettent de rapprocher les sols de ceux envisagés au paragraphe 1.3.1b. Toutefois, les propriétés chimiques et physiques sont différentes et souvent très avantageuses du point de vue agronomique. Ces sols paraissent analogues à ceux dont la dénomination commence par " thapto" dans la terminologie américaine (Guy SMITH, 1965). Moins de 50 cm de sol peu évolué justifie la place de ces sols dans les sols ferrallitiques.

..3 - Faible action du temps.

Un matériau mis en place à une époque peu ancienne (alluvions, cendres volcaniques, nappes ou coulées basaltiques ou autres roches mises à nu par érosion, etc..) a évolué dans le sens ferrallitique, mais tous les critères prévus (au paragraphe 2.1) ne peuvent être réunis; cependant, l'ensemble des critères morphologiques et physico-chimiques ne laisse pas de doute sur l'évolution ferrallitique du sol. Ces sols se différencient par des épaisseurs plus faibles, la présence des minéraux primaires non altérés, une richesse chimique plus grande, l'abondance de certains minéraux comme l'allophane (1)

(1) La limite entre les sols à allophane, les sols peu évolués, les sols ferrallitiques reste encore à préciser.

Ces trois ensembles doivent, en tout état de cause, être classés dans les sols ferrallitiques. Ils peuvent, en raison des critères envisagés pour les sous-classes être rangés dans une des trois catégories envisagées à ce niveau. Les perturbations au niveau des caractéristiques morphologiques et physico-chimiques justifient, semble-t-il, la création de groupes particuliers. De plus, la valeur agronomique de ces sols est, dans la majorité des cas, plus intéressante.

4- Le rapport Silice/ Alumine

Ce rapport a longtemps été considéré comme un critère valable de différenciation à l'intérieur des sols ferrallitiques (HARRISON, 1933; MARTIN et DOYNE, 1927 ; ROBINSON et HOLMES, 1924; SEGALEN, 1957). Son emploi était associé à l'hypothèse que l'individualisation de l'alumine était le terme ultime de l'évolution des minéraux des sols ferrallitiques. Par conséquent, un sol ferrallitique devait présenter des teneurs variables en alumine, faute de quoi il ne devait plus être appelé ainsi. Le passage des sols ferrallitiques à des sols non ferrallitiques devait se faire par l'intermédiaire d'un groupe de sols faiblement ferrallitiques, ou, entre autres caractères, le rapport silica/alumine devait être légèrement inférieur à 2,0.

Des travaux récents (MILLOT, 1964; WOLLAST, 1961, 1963; SEGALEN, 1965) ont montré que le rapport silice/alumine devait être relié beaucoup plus au drainage général, qui conditionne l'évacuation de la silice, à la teneur initiale en silice du sol et des roches, etc. Il devenait alors plus aisé d'expliquer pourquoi en zone équatoriale des sols pouvaient contenir uniquement de la kaolinite, alors qu'en climat tropical relativement sec, on pouvait avoir encore des teneurs en alumine élevées. Une corrélation étroite entre le rapport et le climat devenait impossible pour tous les sols et restreint à un petit nombre de cas très précis.

Par conséquent, la présence d'alumine libre n'apparaît plus comme une condition " sine qua non " de la ferrallitisation. Dans ces conditions, l'utilisation du rapport silice/alumine qui traduit de manière chiffrée la présence d'alumine libre à côté de la kaolinite ou la présence de kaolinite seule, est singulièrement restreinte. En effet, le rapport doit permettre de contribuer à placer un sol dans la classe des sols ferrallitiques mais il apparaît difficile de l'utiliser pour différencier différentes catégories de sols ferrallitiques.

2. Les Sols Ferrallitiques et les subdivisions proposées ..

1 - La classe des sols ferrallitiques. Les sols de cette classe se développent actuellement dans les parties humides de la zone intertropicale (SEGALEN, 1965) sous l'influence d'une pluie chaude tombant sur des roches quelconques (à condition qu'elles ne soient pas essentiellement quartzieuses). La végétation est la forêt primaire (ombrophile ou semi-décidue); elle peut, localement, être remplacée par la savane. Le relief est à rattacher aux surfaces d'érosion, aux accumulations volcaniques, aux chaînes de montagne.

Le concept central de la classe applicable à l'ensemble des sols est caractérisé par :

1 - Une altération complète des minéraux primaires (péridots, pyroxènes, grenats, amphiboles, feldspaths, feldspathoïdes, micas etc.), avec possibilité de minéraux

hérités tels que : ilménite, magnétite, zircon, illite; abondance de quartz résiduel; élimination de la majeure partie des bases alcalines et alcalino-terreuses, d'une grande partie de la silice.

..2- La présence en abondance des produits de synthèse suivants :

- silicates d'alumine 1 : 1, famille de la kaolinite, et/ou
- hydroxydes d'alumine (gibbsite, rarement boehmite et produits amorphes)
- hydroxydes et oxydes de fer (goethite, hématite et produits amorphes)
- autres minéraux tels que leucoxène, bioxyde de manganèse ,etc.

Ces produits peuvent être identifiés par les différentes techniques actuellement en usage telles que (diffraction des rayons X, analyse thermique différentielle et thermo-pondérale etc.) La présence d'alumine sous forme libre peut également être appréciée par l'analyse chimique et le calcul du rapport silice/alumine.

.. 3- Un profil A B C comprenant:

L'horizon A où la matière organique est bien évoluée (1)

L'horizon B le plus souvent épais où les minéraux primaires autres que le quartz sont rares ou absents et où les minéraux secondaires énumérés à l'alinéa 2 sont essentiels.

L'horizon C est variable et dépend pour beaucoup de la roche mère; quelle que soit son épaisseur, quelques centimètres ou 20 mètres, l'horizon est caractérisé par des matériaux (autres que quartz et ceux énumérés à l'alinéa 1) complètement altérés et s'écrasant sous la pression des doigts.

.. 4 -L'abondance de la pluie chaude détermine en outre l'apparition des caractéristiques physico-chimiques suivantes:

- Une capacité d'échange faible, qu'elle soit mesurée sur l'argile ou le sol total, en raison des constituants kaoliniques et des sesquioxydes (actuellement une valeur limite est difficile à préciser);
- Une quantité de bases échangeables faibles;
- Un degré de saturation variable, mais généralement faible;
- Un pH acide.

.. 5 - Si tous les sols ferrallitiques doivent répondre aux critères ci-dessus, qui définissent la ferrallitisation, un certain nombre de processus non spécifiques peuvent intervenir à des degrés divers:

- accumulation de matière organique (dans certaines zones d'altitude très pluvieuses et fraîches)
- hydromorphie (qui intervient dans certaines zones planes)
- appauvrissement
- lessivage (tel qu'il est défini au paragraphe 1.2.b1, ce processus apparaît plutôt rare dans les sols envisagés).

(1) dans certains cas peu fréquents, on peut avoir de la matière organique grossière.

- à des processus essentiellement physico-chimiques, il est proposé d'en rajouter deux autres de nature purement mécanique appelés " remaniement" et " rajeunissement ".

Ces processus servent à différencier les groupes et sous - groupes.

2 - Les sous classes.

Les sous-classes doivent permettre de subdiviser les sols d'après un facteur écologique de base qui conditionne l'évolution (AUBERT et DUCHAUFOR, 1956) Ce pourrait être les conditions climatiques et plus particulièrement la pluie et le régime hydrique. Les auteurs américains n'hésitent pas à mettre en relation les sous-ordres avec la longueur de la saison sèche exprimée en jours. En fait, l'appréciation chiffrée de la saison sèche a forcément quelque chose d'arbitraire et ne tient pas compte des influences du passé.

Il n'est pas normal de tenter une corrélation entre un sol ferrallitique que l'on peut observer dans une zone au climat subaride avec les caractéristiques climatiques du moment alors qu'il s'agit d'un sol hérité de conditions disparues. L'observation de très nombreux profils montre cependant certaines propriétés pouvant être mises en relation avec les conditions climatiques et tout spécialement avec la pluviométrie. Il s'agit des teneurs en bases échangeables, du degré de saturation et du pH . Ces différentes valeurs doivent être considérées comme constituant un ensemble à ne pas dissocier.

Trois sous-classes ont ainsi été distinguées (1)

..1- Sous-classe des sols ferrallitiques fortement désaturés.

Ils sont caractérisés par:

bases échangeables très faibles	< 1 méq
degré de saturation très faible	< 20%
pH très acide	< 5,5

Ces sols correspondent au climat équatorial à 1 ou 4 saisons avec une période sèche très courte. La pluviométrie est supérieure à 1,8 m.

..2- Sous-classe des sols ferrallitiques moyennement désaturés.

Ils sont caractérisés par :

bases échangeables faibles	1 à 3 méq
degré de saturation moyen	20 à 40%
pH	4,3 à 6

Ces sols correspondent au climat équatorial à 4 saisons où la saison sèche est de 2 à 3 mois et au climat tropical à saison sèche de 3 à 5 mois. La pluviométrie est de 1,3 m au moins.

..3- Sous-classe des sols ferrallitiques faiblement désaturés.

Ces sols sont caractérisés par :

bases échangeables faibles à moyennes	2 à 8 méq
degré de saturation	40 à 80
pH	5,0 à 6,5

Ils correspondent au climat tropical à assez longue saison sèche 3 - 6 mois avec 1,2 à 1,6 m de pluie.

(1) Les valeurs présentées ci-après sont actuellement soumises à un contrôle statistique et pourront être ultérieurement modifiées.

Cet ensemble de chiffres a été obtenu en comparant les résultats présentés par les rapports récents fournis par les pédologues ORSTOM travaillant en zone intertropicale ainsi que d'autres disponibles aux S.S.C. de Bondy. Les valeurs fournies par le pH et le degré de saturation paraissent comparables entre elles. Par contre, en ce qui concerne les bases échangeables, il est parfois difficile de comparer entre eux des chiffres obtenus par des sols issus des roches-mères très différentes et fournissant des taux d'argile et de limon très variables.

3 - Les Groupes et sous-groupes

Pour chaque sous-classe on peut définir " à priori " un certain nombre de groupes qui correspondent :

- au concept central défini aux paragraphes 21 et 22
- au concept auquel on associe un processus d'évolution des sols qu'on peut trouver dans d'autres classes de sols.

..1 - Groupes anciens

- Groupes typiques. Il existe trois groupes typiques; chacun correspondant à une sous-classe. Leur importance est peut être moindre que celle qu'on pouvait prévoir. Ces sols sont à rechercher en particulier surtout dans les régions volcaniques qui ont moins subi que d'autres l'influence des cycles d'érosion qui ont provoqué l'érosion de vastes étendues et le transport de matériaux. Ils présentent des épaisseurs considérables (jusqu'à 20 - 30 m). L'horizon C est, le plus souvent, (1) le plus épais. L'horizon B présente des couleurs vives rouges ou jaunes. La consistance est, le plus souvent, friable mais la structure est parfois, mal définie. Le passage avec l'horizon A, généralement peu épais, est graduel.

Les sols de ce groupe ne présentent de manière accentuée aucun des processus qui servent à caractériser les groupes suivants.

- Groupes humifères. L'accumulation de la matière organique doit être de 7% sur vingt centimètres ou bien la teneur doit être supérieure à 1% au moins jusqu'à épaisseur de 1 mètre de profondeur. Si ces valeurs ne sont pas atteintes, les sols seront classés dans un sous-groupe particulier.

Ces sols sont connus en altitude, ou sur roche volcanique basique, leur couleur varie du brun foncé au noir dans l'horizon A, l'horizon B est généralement de couleur foncée, la structure est souvent grumeleuse.

De tels sols sont à ranger dans la sous-classe des sols ferrallitiques fortement désaturés : sols noirs ou bruns d'altitude à Madagascar (SEGALEN, 1957) sols bruns ou brun sur rouge au Cameroun (HAWKINS et BRUNT, 1961; sols brun sur rouge au Mexique, à Tahiti.

Dans la sous-classe des sols moyennement désaturés: des sols brun-rouge sur dolérite au Cameroun et République Centrafricaine (QUANTIN, 1965).

(1) Dans le cas des roches volcaniques, l'horizon C peut être très réduit.

Dans la sous-classe des sols faiblement désaturés ces sols ne paraissent pas être connus.

- Groupes lessivés (et éventuellement podzolisés): Les processus de lessivage et podzolisation ne paraissent pas être très fréquents et semblent ne devoir concerner que les sols de la sous-classe 1 (en basse Côte d'Ivoire, au Gabon, au Congo, pays à très forte pluviométrie).

- Groupes indurés. Le cuirassement est à mettre en relation avec des topographies favorables, des conditions de drainage particulières. Les sols indurés existent dans les trois sous-classes de sols ferrallitiques. Leur classement dans ces sous-classes ne se fera que s'il est possible de préciser les caractéristiques envisagées au paragraphe 2.2. S'il s'agit d'un véritable affleurement rocheux résultant du déchaussement, par le jeu de l'érosion, d'un matériel formé au cours de périodes antérieures, on le classera dans les sols minéraux bruts (cuirasses du plateau de l'Adamaoua, au Cameroun).

2 - Nouveaux groupes proposés

- Groupes des sols appauvris. L'enlèvement de l'argile de l'horizon A ne s'accompagne pas d'accumulation corrélative en B. Dans cet horizon, les teneurs en argile demeurent homogènes sur des épaisseurs souvent considérables. Ces groupes sont connus dans les trois sous-classes:

= Sous-classe des sols ferrallitiques fortement désaturés. Un certain nombre de sols jaunes ou rouge-jaune de la zone équatoriale peuvent être rangés dans le groupe appauvri. Tout particulièrement, les sols du plateau sédimentaire de Côte d'Ivoire décrit par HUMBEL (1964), ROOSE et CHEROUX (1966). Il en est de même des sols jaunes du Sud-Cameroun décrits par D.MARTIN (1959), au Gabon par CHATELIN (1965) VIGNERON (1959)

= Sous-classe des sols faiblement désaturés (les sols de la deuxième sous-classe peuvent être également appauvris). Il existe de nombreux sols rouges (classés comme faiblement ferrallitiques) en Casamance (FAUCK, TURENNE et VIZIER, 1963; FAUCK, 1965) au Dahomey (WILLAIME, 1965, VIELLEFON au Togo) présentant un appauvrissement notable en argile, alors que les teneurs en profondeur restent constantes sur plusieurs mètres.

- Groupes des sols remaniés. Le remaniement de la partie supérieure des profils est extrêmement répandu. Ces sols existent dans les trois sous-classes. Il est probable qu'un très grand nombre de sols classés comme ferrallitiques typiques ou faiblement ferrallitiques peuvent se ranger dans ce nouveau groupe.

Exemple: P. de BOISSEZON et G.MARTIN (1965) décrivent au Congo des sols jaunes très argileux qu'ils rangent dans les sols faiblement ferrallitiques en raison de la nature kaolinitique et ferrugineuse de l'argile. En fait, ils ont un pH très acide, un degré de saturation très faible. Dans la classification proposée, ils se rangent dans la sous-classe des sols ferrallitiques fortement désaturés, groupe des sols remaniés, car on note une ligne de pierres à faible profondeur. Il en est de même pour les sols jaunes décrits par DELHUMEAU (1965) au Gabon.

On pourrait multiplier les exemples dans les trois sous-classes. Ils abondent dans la littérature.

- Groupe des sols pénévulés. Dans ces groupes sont rangés des sols dont l'évolution a été perturbée par une cause non physico-chimique et qui a eu pour effet de déphaser le sol par rapport à l'évolution normale, telle qu'elle peut être appréciée dans la zone étudiée. On peut reconnaître plusieurs causes :
 - l'érosion tronque un profil et provoque le dépôt sur la partie restante de matériaux peu évolués; ou bien tronque le profil suffisamment bas dans le C pour que les minéraux frais soient proches de la surface
 - des matériaux récents (cendres volcaniques, alluvions) sont déposés sur un profil de sol ferrallitique, provoquant une modification de la morphologie sur moins de 50 cm
 - le temps d'évolution n'est pas assez long pour que le développement complet du profil ait pu se produire, il existe dans le profil des minéraux (tels que l'illite) résiduels appelés à disparaître à la longue.

Ces types de profils peuvent s'observer dans les trois sous-classes car les causes de perturbation énumérées ci-dessus existent partout. En voici quelques exemples : BERGER (1964), décrit près de Bouaké, en Côte d'Ivoire, un sol comprenant deux parties distinctes. La partie inférieure est l'horizon d'un sol dérivé de granite, tronqué et recouvert par un horizon remanié contenant des quartz peu roulés et des minéraux inaltérés. Les caractéristiques de la partie inférieure sont essentiellement celles d'un sol ferrallitique dont les propriétés (pH élevé, teneurs en bases échangeables élevées) permettent de le placer dans la sous-classe 3. La nature plus récente de la partie supérieure du profil permet de classer le sol comme : sol ferrallitique faiblement désaturé pénévulé.

Des sols qu'on peut classer comme pénévulés existent également près de Yaoundé, où un sol ferrallitique tronqué jusque dans l'horizon C a été recouvert par des éléments cette fois très évolués (gravats, quartz et concrétions). Ces sols avaient été classés par SYS comme ferrisols. On propose de les ranger parmi les sols ferrallitiques moyennement désaturés pénévulés.

D'autres sols ferrallitiques de la sous-classe 1 ou 2 ont été recouverts par des matériaux volcaniques cendreux peu épais dont l'altération a donné un horizon humifère très riche de structure et texture fort différentes du sol ferrallitique sous-jacent. La valeur agronomique de ces sols est, bien entendu, très supérieure aux sols enterrés. Il s'agit encore de sols pénévulés, on peut les observer dans l'Ouest du Cameroun, à Madagascar, Nelles Hébrides.

En fonction des données précédentes, les différents sols ferrallitiques connus peuvent maintenant se classer de la manière suivante :

TABLEAU DES GROUPES ET SOUS-GROUPES PROPOSES
POUR LA CLASSE DES SOLS FERRALLITIQUES (Classe IX)

Sols à profil A (B) C ou A B C, 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 sesquioxides de Fe, Mn et même, assez souvent, Al ; élimination poussée de la silice, d'où un rapport silice/alumine ≤ 2 ; minéraux argileux constitués, en plus des sesquioxides de Fe, Al, etc., de kaolinite et, parfois, de traces d'illite ; 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.

Sous classe 1 . Sols Ferrallitiques faiblement désaturés en (B) :

teneur en bases échangeables	2 à 8 m. éq. pour 100 g.
degré de saturation	40 à 70 p. 100 - parfois monte jusqu'à près de 80 p. 100
pH 5,5 à 6,5	

Groupe a . Typique ; profil constitué par une succession d'horizons de texture relativement constante sur toute l'épaisseur du sol ; teneur assez faible en matière organique bien évoluée.

Sous-groupes : - modal

- induré - horizon B durci en carapace ou cuirasse, non dû à l'action d'une nappe
- hydromorphe - horizon de gley ou pseudogley à la base de A ou dans la partie supérieure de B
- faiblement rajeuni ou pénévolué, relativement riche en minéraux altérables
- humique (matière organique > 3 %).

Groupe b . Sols Ferrallitiques faiblement désaturés appauvris ; horizon A plus pauvre en argile que l'horizon (B) sans qu'il y ait un véritable horizon d'accumulation (indice d'appauvrissement au moins de 1/1,4).

Sous-groupes : - modal

- induré
- hydromorphe
- faiblement remanié ; sols dont l'horizon A, plus pauvre en argile est de teneurs, dans les diverses classes de sables, relativement différentes de ce qu'elles sont en (B).

Groupe c . Sols Ferrallitiques faiblement désaturés remaniés ;
horizon A de classes texturales relativement peu différentes de ce qu'elles sont en B ; présence fréquente d'un lit de cailloux et graviers non roulés à la base de A.

- Sous-groupes : - modal
- induré
- hydromorphe
- faiblement rajeuni ou pénévolué
- éluvié, sols présentant à la limite de A et de (B) un horizon très riche - relativement à A et (B) - en éléments grossiers : sables grossiers, graviers, concrétions, etc. provenant d'une véritable "fonte" de l'horizon B, du sol initial ; sol toujours très vieux.

Groupe d . Sols Ferrallitiques faiblement désaturés rajeunis ou pénévolués ; sols ayant tous les caractères des sols ferrallitiques faiblement désaturés, mais relativement plus riches en minéraux altérables, en particulier après érosion et réévolution du sol ainsi tronqué :

- Sous-groupes : 1 - avec apport éolien
2 - avec érosion et remaniement
3 - hydromorphe

Sous-classe 2 . Sols Ferrallitiques moyennement désaturés en B :

teneur en bases échangeables 1 - 3 m. éq. pour 100 g.
degré de saturation 20 à 40 p. 100
pH 4,5 à 6

Groupe a . Typique.

- Sous-groupes : - modal
- jaune (horizon B), le plus souvent en bas de pente
- induré
- hydromorphe
- faiblement appauvri
- faiblement rajeuni ou pénévolué
- humique : teneur en matière organique évaluée > 3 %

Groupe b . Humifère ; sols riches en matière organique bien évoluée (au moins 7 p. 100 sur 20 cm ou plus de 1 cm jusqu'à au moins 1 m de profondeur) ; sols pauvres en allophane même s'ils sont formés sur roche volcanique ; structure grumeleuse à grenue dans tout l'horizon humifère.

Sous-groupes : à l'horizon humifère très contrasté - horizon humifère très foncé au-dessus d'horizons (B) rouges ou brun-rouge ;
à horizon humifère A très profond - horizon A de couleur brune occupant la plus grande partie du profil et passant très progressivement aux horizons sous-jacents de couleur différente ;
rajeuni, en particulier par des apports éoliens de minéraux altérables (éléments volcaniques).

Groupe c . Sols Ferrallitiques moyennement désaturés appauvris.

- Sous-groupes : - modal
 - jaune
 - induré
 - hydromorphe
 - faiblement remanié.

Groupe d . Sols Ferrallitiques moyennement désaturés, remaniés.

- Sous-groupes : - modal
 - jaune
 - induré
 - hydromorphe
 - faiblement rajeuni ou pénévolué
 - éluvié.

Groupe e . Sols Ferrallitiques moyennement désaturés rajeunis ou pénévolués.

- Sous-groupes : 1 - avec apport éolien
 2 - avec érosion et remaniement
 3 - hydromorphe.

Sous-classe 3 . Sols Ferrallitiques fortement désaturés :

Sols le plus souvent très profonds ; teneur en bases échangeables \angle m. éq. pour 100 g. ; degré de saturation \angle 20 p. 100 ; pH \angle 5,5 ; pH de A inférieur à celui de B (sauf parfois sous culture).

Groupe a . Typique.

- Sous-groupes : - modal
 - jaune (horizon B), aussi bien en position de plateau qu'en bas de pente
 - induré
 - hydromorphe
 - faiblement appauvri
 - faiblement rajeuni ou pénévolué
 - humique.

Groupe b . Humifère.

- Sous-groupe : - modal

Sols brun foncé très acides, gibbsitiques.

Groupe c . Lessivé.

Sols présentant un horizon B textural qui ne représente que la partie supérieure de l'horizon (B) total du sol. Indice de lessivage de au moins 1/1,4 ; présence d'argile orientée visible sinon sous forme de revêtements des agrégats, qui sont très rares, au moins sous forme de revêtements dans les canalicules et pores.

Matière organique moyennement ou peu décomposée, formant souvent des complexes avec les oxydes métalliques.

- Sous-groupes : - modal
 - podzolisé - humus grossier - horizon A₂
 très clair ; tendance un peu cendreuse
 - induré
 - hydromorphe.

Groupe d . Sols Ferrallitiques fortement désaturés, appauvris.

- Sous-groupes : - modal
 - jaune
 - induré
 - hydromorphe
 - faiblement remanié.

Groupe e . Sols Ferrallitiques fortement désaturés remaniés.

- Sous-groupes : - modal
 - jaune
 - hydromorphe .
 - faiblement rajeuni ou pénévolué .

Groupe f . Sols Ferrallitiques fortement désaturés rajeunis ou pénévolués.

- Sous-groupes : 1 - avec apport éolien
 2 - avec érosion et remaniement
 3 - hydromorphe.

3. Relations des sols ferrallitiques avec les autres sols à sesquioxydes.

Il n'est pas apporté de changement aux deux premières sous-classes reconnues précédemment : les sols rouges et bruns méditerranéens et les sols ferrugineux tropicaux. La définition de ces deux sous-classes paraît, à ce stade, suffisante. Mais il est proposé que ces deux sous-classes soient réunies en une seule classe qui, par opposition à celle des sols "ferrallitiques", est dénommée provisoirement "ferrallitique".

La définition générale de la classe pourrait être la suivante :

- .1 - Une altération aussi complète des mêmes minéraux primaires que précédemment, mais portant sur une épaisseur beaucoup moins grande.
 - mêmes possibilités de minéraux hérités et de quartz résiduel.
- .2 - Les produits de synthèse "sont" caractérisés par une élimination moins poussée de la silice qui devra se retrouver plus abondante dans les produits de synthèse du sol (cristallins ou amorphes).
 - silicates de la famille de la kaolinite encore abondants mais apparition de minéraux 2 : 1 en quantité souvent forte. Les sols de cette classe sont ceux pour lesquels PEDRO (1966), propose le terme "bisiallittisation"
 - absence d'hydroxydes d'alumine
 - présence d'hydroxydes et oxydes de fer et produits divers (MnO₂, etc).
- .3 - Profil A B C
 Horizon A. matière organique bien évoluée, présence très fréquente d'un A₂.
 B. minéraux primaires autres que quartz rares ; minéraux hérités abondants parfois, structuration souvent accusée.

C. généralement assez réduit, peut manquer ; altération beaucoup moins poussée que pour les sols ferrallitiques, arénisation fréquente.

- .4 - La diminution de la pluie, et aussi de la température, provoque :
 - une capacité d'échange moyenne
 - un degré de saturation moyen
 - un pH moyennement acide à presque neutre.
- .5 - L'influence des processus tels que lessivage, appauvrissement, hydromorphie, induration, interviendront pour la différenciation des groupes et sous-groupes.

Conclusions.

Un nouveau mode de classification des sols à sesquioxides est proposé. Il postule que l'élément dont la dynamique règle la formation des minéraux des sols est non plus l'alumine, mais la silice. Deux classes sont proposées : celle des sols ferrallitiques où la silice est fortement éliminée laissant soit un résidu alumineux, soit un silicate monosilicique ; celle des sols fersiallitiques où la silice est incomplètement éliminée permettant la formation de minéraux argileux bisiliciques.

La nouvelle classe des sols ferrallitiques est subdivisée en trois sous-classes en relation avec les caractéristiques du complexe absorbant qui sont celles qui reflètent le mieux les conditions climatiques dans lesquelles les sols évoluent actuellement. Chaque sous-classe peut être subdivisée en plusieurs groupes, certains d'entre eux sont classiques : humifère, induré, hydromorphe, etc. Les groupes nouveaux : "appauvri", "remanié" et "pénévolué" sont proposés. Ils sont destinés à tenir compte de particularités du profil qu'on a pu parfois considérer comme accidentelles, comme la troncature des profils et le dépôt de matériaux différents "lignes de pierres", "gravats", etc. et que l'expérience que l'on peut avoir des sols de la zone intertropicale montre comme tout à fait normale et très largement répandue. L'existence de ces groupes nouveaux montre que les phénomènes physico-chimiques ne sont pas seuls responsables de la répartition des horizons.

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

- AUBERT (G.) - 1954 - Les Sols Latéritiques. C.R. V^o Cong. Intern. Sc. Sol I, 103-118.
- AUBERT (G.) - 1963 - La classification des sols ; la classification pédologique française, 1962. Cahiers Pédol. O.R.S.T.O.M., n^o 3, 1-7.
- AUBERT (G.) - 1965 - Classification des sols. Tableaux des classes, sous-classes, groupes et sous-groupes de sols utilisés par la section de pédologie de l'O.R.S.T.O.M. Cahiers Pédol. O.R.S.T.O.M., III, 3, 269-288.
- AUBERT (G.), DUCHAUFOR (Ph.) - 1956 - Projet de classification des sols. C.R. VI^o Cong. Intern. Sc. Sol, Paris. D, 597-604.
- BERGER (J.M.) - 1964 - Profils culturaux dans le Centre de la Côte d'Ivoire. Cahiers Pédol. O.R.S.T.O.M., II, 1, 29-40.
- BOISSEZON (P. de), MARTIN (G.) - 1965 - Les sols de la République du Congo (document inédit O.R.S.T.O.M.).
- BRUNT (M.), HAWKINS (D.) - 1961 - Soil and land use survey in West Cameroons. The Bamenda area (en communication privée).
- CHATELIN (Y.) - 1964 - Examen des caractères physico-chimiques principaux de quelques sols du Gabon. Cahiers Pédol. O.R.S.T.O.M., II, 4, 17-28.
- DELHUMEAU (M.) - 1965 - Notes de pédologie gabonaise. 4. Les sols ferrallitiques jaunes formés sur le socle granito-gneissique. Cahiers Pédol. O.R.S.T.O.M., III, 3, 207-221.
- FAUCK (R.) - 1965 - Les Sols Rouges de Casamance. Rapport inédit en communication privée.
- FAUCK (R.), TURENNE (J.F.), VIZIER (J.F.) - 1963 - Etude pédologique de la Haute-Casamance. Rapport O.R.S.T.O.M. 180 p. avec carte 1/200.000e.
- HALLSWORTH (E.G.) - 1963 - An examination of some factors affecting the movements of clay in an artificial soil. J. Soil Sc., 14, 2, 360-371.
- HALLSWORTH (E.G.) - 1965 - The relation between experimental pedology and soil classification. Experimental pedology. Butterworths, London. 354-374.
- HARRISON (J.B.) - 1933 - The katamorphism of igneous rocks. Harpenden, England, 79 p.
- HUMBEL (F.X.) - 1964 - Etude de quelques dépressions circulaires à la surface d'un plateau sédimentaire de Côte d'Ivoire. Cahiers Pédol. O.R.S.T.O.M., II, 3, 27-42.
- LEVEQUE (A.) - 1966 - Les sols développés sur le bouclier antécambrien guyanais. Publ. Ronéo. O.R.S.T.O.M. à paraître dans la série "Mémoires".
- MAIGNIEN (R.) - 1966 - Compte-rendu de Recherches sur les latérites. UNESCO, Paris. 155 p.

- MARTIN (D.) - 1959 - Les sols ferrallitiques jaunes dérivés de roches métamorphiques du Sud-Ouest du Cameroun. 3e Cong. interaf. Sols Dalaba, I, 227-232.
- MARTIN (F.J.), DOYNE (H.C.) - 1927 - Laterite and lateritic soils in Sierra Leone. J. Agric. Sc. 20, 135-143.
- MILLOT (G.) - 1964 - La géologie des argiles. Masson, 499 p.
- PEDRO (G.) - 1966 - Essai sur la caractérisation géochimique des différents processus zonaux résultant de l'altération des roches superficielles (cycle aluminosiliciques). C.R. Ac. Sc. 262, 1828-1831.
- PLAISANCE (G.), CAILLEUX (A.) - 1958 - Dictionnaire des sols. 604 p. La Maison Rustique, Paris.
- QUANTIN (P.) - 1965 - Les sols de la République Centrafricaine. Mém. O.R.S.T.O.M., 16, 113 p.
- ROBINSON (W.O.), HOLMES (R.S.) - 1924 - The chemical composition of soil colloids. U.S. Dept. Agric. 1311.
- ROOSE (E.), CHEROUX (M.) - 1966 - Les sols du bassin sédimentaire de Côte d'Ivoire à paraître dans Cahiers Pédol. O.R.S.T.O.M.
- SEGALEN (P.) - 1957 - Les sols dérivés de roches volcaniques basiques à Madagascar. Mém. Inst. Scient. Madag. VIII, D, 1-181.
- SEGALEN (P.) - 1965 - Compte Rendu sur le Symposium sur la classification des sols des régions tropicales. Gand (Belgique), 5-8 Avril 1965. Bull. Biblio. Pédol. O.R.S.T.O.M., XIV, 3, 5-8.
- SEGALEN (P.) - 1965 - Les produits alumineux dans les sols de la zone tropicale humide. Cahiers Pédol. O.R.S.T.O.M., III, 2, 149-176 ; 3, 179-205.
- SMITH (G.) - 1965 - Lectures on Soil classification. Pedologie. 4 (special), 135 p.
- SYS (C.) et al. - 1961 - La cartographie des sols au Congo. Publ. I.N.E.A.C. n° 66, 141 p.
- U.S.D.A. - 1960 - Soil classification. A comprehensive system. 7th approximation. Soil survey staff. Soil conservation service. Washington, 265 p.
- VIEILLEFON (J.) - 1966 - Etude pédohydrologique au Togo. Vol. II. Les Sols de la région maritime et de la région des savanes, à paraître en 1966 (F.A.O.-ORSTOM).
- VIGNERON (J.) - 1959 - Premières études de sols dans le territoire du Gabon. Rapport O.R.S.T.O.M., 96 p.
- WILLAIME (P.) - 1963 - Notice explicative de la carte des sols au 1/1.000.000e de la République du Dahomey. Mém. O.R.S.T.O.M., 63 p.
- WOLLAST (R.) - 1961 - I. Aspect chimique du mode de formation des bauxites dans le bas Congo. Bull. Séan. Acad. Roy. Belge Sc. O.M. VII, 3, 468-489.
- WOLLAST (R.) - 1963 - II. Confrontation des données thermo-dynamiques et expérimentales. Bull. Séan. Acad. Roy. Belge Sc. O.M. 2, 392-412.