

LE SOUS-GROUPE DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX LESSIVÉS A CONCRETIONS *

R. FAUCK

*Directeur de Recherches ORSTOM, Chef du Centre de Recherches Pédagogiques
de Dakar-Han*

Dans la classification française (G. Aubert), les sols ferrugineux tropicaux sont une sous-classe des sols à sesquioxydes fortement individualisés et à humus de décomposition rapide. Ces sols comprennent deux groupes.

- sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés,
- sols ferrugineux tropicaux lessivés.

Ce dernier se subdivise en sous-groupes :

- sans concrétions,
- avec concrétions,
- à cuirasses.

Vu l'importance du sous-groupe avec concrétions, nous y limitons l'objet de cette note en passant en revue les différentes conditions dans lesquelles ces sols ont été inventoriés en Afrique occidentale.

CONDITIONS CLIMATIQUES

La grande majorité des sols ferrugineux tropicaux à concrétions de l'Afrique Occidentale se trouve dans la bande climatique à une seule saison des pluies, de pluviométrie annuelle comprise entre 900 et 1.400 mm.

Des profils ont été inventoriés à des pluviométries inférieures à 900 mm, mais leurs caractères semblent toujours hérités de conditions climatiques disparues.

Il y a également des sols ferrugineux à concrétions dans la bande climatique à deux saisons des pluies, (avec P inférieur à 1.400 mm) mais nous ne pouvons assurer pour tous que leur place dans la classification est valable, le caractère de concrétionnement ne pouvant à lui seul définir un sol ferrugineux tropical lessivé.

Une étude générale de tous les sols décrits par les différents auteurs est en cours, l'imprécision de certaines descriptions rendant cependant la comparaison difficile.

LA COUVERTURE VEGETALE

On se trouve toujours dans le domaine de la savane soudano-guinéenne et celui de la forêt claire sèche, mélange d'arbres avec un tapis graminéen

* Document présenté au Colloque de Léopoldville (Lovanium).

qui a la caractéristique de brûler chaque année. Il y a évidemment des variations de faciès entre les différentes régions géographiques, la couverture végétale étant parfois très dégradée par une intense et ancienne occupation humaine ; le point le plus important est que la limite sud semble correspondre assez exactement au domaine des forêts semi-humides qui marquent le début des sols faiblement ferrallitiques. La limite nord des sols concrétionnés ne correspond pas à un faciès végétal bien défini.

LE MODELE

Quelque soit le type de matériau originel, on se trouve pratiquement toujours sur un modelé amorti, à versants très doux, avec quelques ressauts aux affleurements de cuirasse.

Le réseau hydrographique est mal défini sur le terrain et le drainage général ralenti en hivernage dans les bas-fonds. Les pentes sont faibles, rarement supérieures à 6%, cependant plus fortes dans les régions granitiques que sur les grès et les sables. Dans la zone limite de passage, les ferrugineux concrétionnés se trouvent sur les pentes alors que les ferrallitiques se trouvent en position de crête mieux drainée. Le problème de l'explication de ces différences de pédoclimat n'est pas réglé de façon satisfaisante. L'alternance des saisons sèches et humides est probablement un caractère essentiel, plus que la quantité de pluie, étant donné que les sols ferrallitiques se trouvent toujours au sud des ferrugineux sous une pluviométrie moyenne plus élevée.

LES MATERIAUX

Les familles de ferrugineux à concrétions les plus représentées, toujours en Afrique Occidentale, se trouvent sur les matériaux suivants :

- sables, sables argileux, grès argileux soit du Continental Terminal, du Continental Intercalaire, ou des nappes colluvionnaires anciennes ;
- schistes argileux plus ou moins graveleux, parfois micaschistes et séricitoschistes ;
- granites, en particulier les granites calco-alkalins ;
- migmatite à grain grossier ou grain fin ;
- gneiss en particulier ceux du Dahomey ;
- grès siliceux ;
- quartzites et jaspes.

LES CARACTERES MORPHOLOGIQUES ET ANALYTIQUES

Pour essayer de préciser ceux de ces caractères qui sont spécifiques, et en particulier qui les distinguent des sols faiblement ferrallitiques et des autres sols ferrugineux tropicaux (peu lessivés à taches) nous allons prendre trois exemples :

- Profil SF 5 sol beige à taches et concrétions de Moyenne Casamance (Sefa) appelé A par la suite.

— Profil CC 9 sol beige à taches et concrétions de Haute Casamance (Velingara), appelé B.

— Profil JAN 9 sol à concrétions du Nord Dahomey (Djougou), appelé C.

Les matériaux en sont les suivants :

- A) grès argileux du Continental Terminal,
- B) sables argileux du Continental Terminal,
- C) gneiss à biotite à grain fin.

Les conditions climatiques sont :

- A) pluviométrie $P = 1.310$ mm.
- B) „ $P = 1.144$ mm.
- C) „ $P = 1.367$ mm.

Le drainage calculé de Henin $D = \frac{\gamma P^3}{1 + \gamma P^2}$ avec $\gamma = \frac{1}{0,15 T - 0,13}$ donne :

- A) $D = 360$ mm.
- B) $D = 280$ mm.
- C) $D = 430$ mm.

Les conditions morphologiques et les résultats analytiques sont donnés ci-après.

COMPARAISON ET INTERPRETATION DES CARACTERES MORPHOLOGIQUES ET ANALYTIQUES

1°) Epaisseur des profils

Dans les trois exemples, elle varie de 1,50 à 2,35 m mais il est net que dans le cas des matériaux sableux le passage du profil au matériau est très progressive. Dans le cas du profil C, la roche en voie d'altération semble se poursuivre assez profondément puisqu'à trois mètres le gneiss intact n'a pas encore été rencontré.

En règle générale, les ferrugineux concrétionnés ont des profils qui se développent sur 2 à 2,50 m, la limite inférieure étant difficile à préciser dans les matériaux sableux du fait de l'expurgation du fer hors des profils. Sur les roches-mères moins drainantes, dans certains cas, on trouve la roche inaltérée entre 2 m et 3 m. Dans d'autres, la roche en voie d'altération peut se poursuivre en profondeur sur 4 à 5 m, du fait d'une action de nappe. L'action de cette dernière peut jouer à des niveaux différents dans le matériau, amenant souvent la création de niveaux engorgés en profondeur à la limite du profil pédologique proprement dit. De ce fait, la séparation entre la part des caractères morphologiques provenant de la pédogénèse, et ceux provenant de l'action d'une nappe temporaire suspendue n'est pas toujours facile. Il ne faut pas oublier cependant que c'est l'existence de

cette nappe qui est à l'origine de l'approfondissement des profils et de l'apport du fer en bas de pente par drainage oblique.

2°) Différenciation en horizons

La succession type des horizons est la suivante :

— un horizon humifère, bien délimité sur le profil, d'épaisseur moyenne entre 20 et 25 cm, avec matière organique bien mélangée à la fraction fine, de couleur grise à gris clair, cette couleur étant assez caractéristique. La structure, faiblement à moyennement développée, a une tendance grumelo-particulaire ; les agrégats sont de cohésion moyenne ; la microporosité est assez élevée. La matière organique montre très souvent des caractères d'engorgement temporaire d'hivernage, dûs à un drainage interne ralenti par les niveaux d'accumulation argileuse.

— un horizon de couleur claire, beige généralement lessivé en argile, en fer et en bases échangeables, de structure faiblement développée, d'épaisseur cependant faible (15-25 cm).

— un horizon d'accumulation argileuse, de couleur variant du rougeâtre au beige soutenu, parfois avec une tendance nette à la couleur ocre, de structure nuciforme dans les types les plus sableux à polyédrique moyennement développés et de taille moyenne dans les sols les plus riches en éléments fins.

— un ou plusieurs horizons d'accumulation ferrugineuse, caractérisés par la présence de concrétions.

Ces derniers peuvent avoir des tailles variables de 1/2 à 3 ou 4 cm, mais elles ne sont pas soudées entre-elles, étant séparées par de la terre fine. Les couleurs sont brun-rouge, rouge parfois avec des secteurs ocres et quelques zones noires d'oxyde de manganèse. Elles sont précédées ou accompagnées par des taches plus ou moins indurées selon l'état de siccité du profil, mais il y a des cas où ces taches sont pratiquement absentes.

En profondeur les concrétions sont parfois plus épaisses, mais elles deviennent alors moins nombreuses et toujours plus friables. La transition est progressive vers le bas des profils, alors qu'elle est souvent assez nette vers le haut.

Les accumulations ferrugineuses se poursuivent en dessous du niveau d'accumulation maximum d'argile et pénètrent très profondément dans les matériaux lorsqu'ils sont très drainants, comme dans les sables.

A ce moment, il y a des concrétionnements dûs aux variations des nappes profondes, mais ils sont caractérisés par une grande richesse en produits ocres, ocre-rouille, et par une accumulation de concrétions ou de taches noirâtres de manganèse. Dans les matériaux moins filtrants, sur des roches imperméables, entre celles-ci et le niveau de concrétionnement, il y a une ferrugination dans les produits d'altération avec un net engorgement temporaire dû à une nappe perchée.

Les caractères d'engorgement profonds sont complémentaires de l'évolution pédologique, ils sont dûs parfois au niveau d'arrêt mécanique

de la roche-mère, toujours à un freinage du drainage interne dans le sol par l'accumulation argileuse.

Dans les termes de passage aux sols hydromorphes de bas de pente, ces caractères d'engorgement deviennent dominants en profondeur et quand ils commencent à envahir le profil, les phénomènes de réduction du fer, et surtout de redistribution des hydroxydes, deviennent prédominants. On passe alors à la classe des sols hydromorphes, en fait à tout un groupement des sols hydromorphes qui, associés étroitement aux sols ferrugineux, diffèrent des autres hydromorphes à mode d'engorgement comparable par l'importance des apports obliques de fer. Ce phénomène se surajoute aux caractères particuliers d'une hydromorphie sur un matériau donné.

Pour revenir au ferrugineux typiques il est logique au niveau des séries dans la classification de séparer les sols suivant l'importance du concrétionnement. On s'aperçoit alors qu'il y a une relation nette d'une part avec la qualité du matériau, en particulier sa teneur en éléments fins, et son drainage interne, d'autre part, avec la position topographique, enfin avec l'âge du sol. Ainsi, aux profils peu concrétionnés de bas de pente, et aux sols bien concrétionnés correspondent des niveaux nettement plus cuirassés de bas ou de moyenne pente.

3°) Couleurs

Les trois profils sont de couleurs fondamentale beige, dans les gammes de 7,5 et 5 YR (Code Munsell). C'est en effet un cas général dans les sols ferrugineux concrétionnés, les teintes dépendant dans une certaine mesure des matériaux de départ mais s'étageant toujours dans les feuilles 10-7,5 et 5 YR du Code. La couleur varie également dans les profils, en particulier dans les horizons B toujours plus rouges ou plus ocres.

Cependant la couleur n'est pas un caractère fondamental car il y a des sols jaunes ferrallitiques avec niveaux de concrétions.

4°) Textures

Les trois profils étudiés ont des teneurs différentes en argile dans les horizons profonds. Le profil A est le plus argileux (35-40% d'argile) tandis que le profil B varie entre 30 et 35% et C entre 25 et 33%. Mais les trois sont lessivés en argile et présentent un horizon d'accumulation B, ce B textural étant très visible sur le profil. Il se présente aux profondeurs suivantes :

A = 79-117 cm.

B = 100-160 cm.

C = 50-70 cm.

Dans tous les cas, les horizons de surface sont appauvris en éléments fins, les teneurs en argile n'y dépassant pas 12%. L'existence de ce B textural est essentielle, les sols faiblement ferrallitiques étant également appauvris en surface en éléments fins mais présentant une augmentation très progressive d'argile dans le profil, et jamais un B textural aussi net par

rapports aux horizons supérieurs et inférieurs. Ce B est également un B structural, ce qui n'est pas le cas pour les ferrallitiques.

Notons que les sols ferrugineux lessivés à taches présentent également ce B textural, mais les coefficients de lessivage sont plus faibles, à matériau équivalent.

— La profondeur de l'accumulation argileuse est variable.

Dans les sols à drainage interne facile, c'est-à-dire sur les matériaux argilo-sableux ou sablo-argileux, l'accumulation se fait d'autant plus profondément que la texture est plus sableuse.

Dans les profils où le matériau limite le drainage hors du profil vers la profondeur, comme sur les gneiss, l'accumulation semble se faire nettement plus proche de la surface. Cependant il est difficile de faire la part de l'érosion, le profil C ayant peut-être subi une érosion en nappe très importante.

Il faut donc observer que, sauf à matériau équivalent, les profondeurs d'accumulation argileuse semblent plus en corrélation avec la texture du matériau et les possibilités de drainage en profondeur, qu'avec les données pluviométriques.

Malgré la netteté de cette accumulation dans aucun cas nous n'avons observé de revêtements argileux dans les profils caractéristiques.

Les seuls revêtements décrits l'ont toujours été dans les horizons profonds d'altération C de gneiss ou de granite lorsqu'ils étaient engorgés par la présence d'une nappe plus ou moins permanente.

Il s'agit donc alors d'un caractère d'hydromorphie et non d'une preuve de lessivage. La part des phénomènes de néosynthèse par rapport à ceux de lessivage dans l'augmentation des teneurs en éléments fins, serait peut-être à préciser.

Une étude de la composition de la fraction argileuse dans les différents horizons est prévue pour préciser ce point.

— Les rapports limon sur argile sont déterminés après analyse mécanique par la méthode pipette Robinson. Dans les exemples étudiés, et c'est un cas assez général, ils sont supérieurs dans les horizons B et C à 0,11. Mais ils dépendent nettement du matériau originel, sur gneiss ce rapport étant toujours supérieur à 0,25 tandis que sur de nombreux profils sur sables il est de l'ordre de 0,12 à 0,15. Ce rapport semble dépendre également du taux d'argile, les teneurs en limon restant souvent constantes dans tout le profil. En moyenne il semble cependant plus élevé que dans les sols faiblement ferrallitiques, tout au moins les sols rouges du Sud Sénégal et ceux du Dahomey, mais dans ces derniers des valeurs supérieures à 0,20 ont parfois été notées dans les horizons profonds.

Ce rapport limon sur argile est donc un caractère intéressant mais guère utilisable comme critère de classification.

Un point assez fréquent est la richesse du limon grossier 20-50 microns, mais ce caractère est également très lié aux caractéristiques du matériau originel.

5°) Matière organique et azote

Les taux de carbone en surface varient entre 1 et 1,5% mais jusqu'au fond des profils on trouve toujours des quantités faibles mais non négligeables de matière organique, ou tout au moins d'humus.

Ce caractère n'est pas spécifique car il existe également dans les faiblement ferrallitiques. Cependant il est peut-être à mettre en relation avec la mobilité du fer.

Les taux d'humification en surface sont souvent de l'ordre de 16 à 20% mais comme ceux d'azote, ils sont en relation essentiellement avec le type de végétation et le passé cultural.

Dans les horizons de surface les sols ferrugineux sont plus riches en acides humiques et moins en acides fulviques que les sols ferrallitiques, considérés dans leur zone d'extension normale. Cependant en profondeur le rapport fulvique/humique augmente assez rapidement. Mais les sols ferrugineux concrétionnés et les sols ferrallitiques qui leur sont associés dans un même secteur géographique ont pratiquement les mêmes caractères de formes d'humus.

Il est donc important de constater que les formes de la matière organique ne semblent pas spécifiques des types de sols mais des conditions climatiques et pédoclimatiques. On ne peut donc se baser sur la matière organique et l'humus pour rechercher des critères de classification.

Les rapports C/N semblent varier entre 14 et 18, mais ils marquent une évolution annuelle en rapport avec les saisons des pluies et les saisons sèches qui empêchent de tirer des conclusions plus précises. En hivernage, cependant, ce rapport augmente du fait d'un engorgement temporaire très généralisé de l'horizon supérieur des ferrugineux. Maignien a précisé ce point dans son étude sur le " Passage des Sols Ferrugineux aux Ferrallitiques au Sénégal ". Aucune donnée nouvelle ne peut être apportée pour l'instant, les conséquences de l'engorgement temporaire de l'hivernage sur la mobilité du fer étant peut-être plus importantes que ce qui est admis.

6°) Bases échangeables

Leur teneur est variable selon les matériaux de base, les sols sur grès par exemple étant très pauvres. Cependant, les valeurs de S sont en profondeur généralement comprises entre 3 et 10 meq pour 100 gr.

Les équilibres, en particulier Ca/Mg n'ont pas une valeur spéciale au point de vue classification du moins à un niveau élevé. Le point essentiel est un lessivage important de tous les éléments avec existence d'un horizon nettement lessivé juste sous l'horizon humifère superficiel.

7°) Capacité d'échange et types d'argile

Les capacités d'échange varient dans les trois cas examinés entre 3,5 et 6,0 meq et ne semblent que rarement dépasser cette valeur dans les nombreux autres cas étudiés.

Si en surface la capacité d'échange reflète la richesse en carbone, en profondeur elle est en corrélation étroite avec la teneur en argile.

Ainsi pour A la valeur calculée de la capacité est de 10,6 meq pour 100 gr d'argile.

Pour B elle varie de 10 à 20 meq pour 100 gr.

Pour C elle est de 13 à 15 meq dans les horizons d'accumulation mais atteint 20 meq/100 gr dans le matériau d'altération. Or pour A il y a 100% de kaolinite et des traces d'illite dans tout le profil. La teneur est donc bien en rapport avec la capacité d'échange théorique de la kaolinite (3 à 15 meq).

Pour le profil C il y a 90% de kaolinite et 10% d'illite sauf dans le matériau d'altération où les rapports sont 70 et 30%. L'illite ayant une capacité de 10 à 40 meq, il y a donc bien concordance entre tous ces résultats, puisque la capacité d'échange pour 100 gr d'argile varie de 13 à 15 meq pour atteindre 20 meq en profondeur. Les résultats du profil B ne sont pas encore connus, mais il est probable que les teneurs en illite seront plus importantes que pour A.

La présence assez générale d'illite en faibles quantités à côté de la kaolinite, et l'absence complète de montmorillonite semble être un caractère constant des ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions. Ils s'opposent aux faiblement ferrallitiques où pour l'instant tous les résultats connus ne comportent que de la kaolinite.

8°) Saturation du complexe absorbant et valeur du pH

Dans tous les horizons de tous les profils la saturation est élevée puisque toujours supérieure à 60%.

De plus, cette valeur a souvent tendance à augmenter progressivement vers la profondeur, avec parfois un léger maximum dans les horizons B.

Ce caractère nous semble essentiel et caractéristique des sols ferrugineux, en particulier du sous-groupe lessivé à concrétions. Il permet une bonne différenciation avec les sols faiblement ferrallitiques, où la valeur de V descend très progressivement dans tous les profils, pour se maintenir entre 35 et 50% tant dans les sols rouges faiblement ferrallitiques du Sénégal, que dans les Terres de Barre du Sud Dahomey.

Ces caractères se retrouvent dans les valeurs du pH eau. Il y a souvent dans l'horizon lessivé une diminution de pH puis une remontée dans les horizons d'accumulation, enfin une nouvelle diminution dans le matériau. Le profil sur gneiss cependant ne marque pas ce phénomène. Le point important est que le pH est toujours de l'ordre de 6,0 (ou légèrement supérieur) dans les horizons B.

Or il est remarquable de constater que les sols faiblement ferrallitiques que nous avons étudié ont des valeurs de pH eau très généralement comprises entre 4,5 et 5,5 dans tous les horizons profonds, l'horizon A faisant exception. Quant au pH KCl, il est inférieur de 3 à 4 dixièmes d'unités en moyenne par rapport au pH eau, alors que dans le cas des sols rouges faiblement

ferrallitiques, cette différence semble beaucoup plus importante, de l'ordre d'une unité souvent.

En ce qui concerne les horizons de surface les valeurs du pH eau dépendent surtout du passé cultural et de la couverture végétale mais les variations annuelles sont importantes, parfois de l'ordre d'une unité en surface entre l'hivernage et la saison sèche. Ces variations semblent plus élevées que pour les groupes voisins.

9°) Réserves minérales

Les données analytiques ne sont pas en nombre suffisant pour nous permettre de tirer des conclusions générales. Cependant, l'origine du matériau ou de la roche-mère paraît essentielle et on ne peut comparer les sols évolués sur sables argileux du Continental Terminal provenant de la désagrégation de reliefs d'anciens sols ferrallitiques et ceux formés sur granites calco-alcalins ou gneiss à biotite et amphibole. Dans ces derniers l'horizon bariolé situé sous celui de concrétionnement contient toujours de nombreux minéraux en voie d'altération, tandis que dans les premiers il n'y en a pas.

D'une manière générale cependant, en raisonnant sur des matériaux équivalents, il est exact que les sols ferrugineux ont des réserves minérales supérieures aux sols faiblement ferrallitiques associés, mais ils n'ont pas forcément de minéraux altérables.

Ainsi, dans les cas étudiés, le rapport bases échangeables sur bases totales semble assez élevé.

10°) Le fer libre et le fer total

Les teneurs en fer libre sont assez variables mais le caractère constant est l'augmentation régulière des teneurs de la surface vers la profondeur avec ou sans niveau d'accumulation net.

Dans le profil B qui a été approfondi jusqu'à 4,50 m pour pouvoir étudier le matériau, on observe que le fer sous forme libre (méthode D'Hoore) est entraîné hors du profil dans les matériaux géologiques. Ce point est important car il explique, dans les cas où le drainage en profondeur est mécaniquement impossible, qu'il puisse y avoir concentration très importante à grande profondeur, et surtout, enrichissement très important des niveaux concrétionnés ou cuirassés de bas de pente par l'effet du lessivage oblique.

Les rapports de fer libre et de l'argile sont très importants à considérer. Ramenés en % de fer par rapport à 100 g d'argile on remarque que :

— dans le profil B ce rapport est de 16% en surface, de 11 à 13% dans les horizons lessivés et qu'il croît très progressivement dans la zone des concrétions pour atteindre 25,6% à 3 m tandis qu'il atteint 97% à 4,50 m dans la zone où un cuirassement de nappe est visible ;

— dans le profil C sur gneiss, les rapports croissent de 10,8 à 25,5 g de fer libre pour 100 g d'argile dans l'horizon concrétionné, mais c'est

la méthode de Deb qui a été utilisée, et elle donne des résultats inférieurs de moitié de celle de D'Hoore ;

— dans le profil A les rapports sont nettement plus faibles puisqu'inférieurs à 10% dans la zone de concrétionnement. Malheureusement, le profil n'a pas été assez approfondi pour suivre l'évolution.

Si l'on essaie d'appliquer les conclusions de d'Hoore selon lesquelles la valeur de 12% en Fe_2O_3 correspondrait à la saturation de la surface des argiles en oxydes, on remarque, que c'est entre 12 et 13% que semble se pratiquer le décrochement dans le profil B.

Par contre, pour le profil A, il y a décrochement pour des valeurs nettement plus faibles. Or la comparaison avec les sols rouges faiblement ferrallitiques associés géographiquement aux sols beiges A, montre que dans ces derniers le rapport fer libre/argile reste sensiblement constant dans tout le profil, et entre 12 et 14% sans qu'il y ait apparition de concrétionnement. Ce point sera ultérieurement précisé en étudiant un plus grand nombre de profils mais il est net que la valeur de 12% ne représente qu'un aspect du problème des liaisons fer/argile.

Les teneurs en **fer total** croissent régulièrement dans tous les profils vers la profondeur, mais il ne marquent une accumulation nette que dans le profil C sur gneiss entre 70 et 120 cm. Dans les sols à matériaux plus drainants les teneurs continuent à augmenter très profondément sous le sol lui-même.

— C'est le rapport fer libre/fer total qui nous donne les meilleures indications.

Ainsi, dans le profil B il est toujours supérieur à 70% et il augmente progressivement et régulièrement pour atteindre 94% en profondeur. Cela prouve qu'il s'agit donc bien d'une migration du fer mobile, peut-être de celui lié aux acides humiques fer-alumine (l'urine). D'ailleurs la différence fer total moins fer libre reste très constante, puisque dans tout le profil elle varie entre 1,0 et 1,2% alors que le fer total atteint au maximum 10,5%.

Dans les profils A sur sables argileux et C sur gneiss le rapport fer libre/total montre un maximum net dans l'horizon concrétionné, pour diminuer très nettement dans les horizons profonds d'altération, quant à la différence fer total moins fer libre, elle croît régulièrement en profondeur, mais n'est importante que dans le profil sur gneiss.

Si les teneurs variables en fer total dépendent du matériau originel, la mobilité de fer libre semble être le caractère essentiel de la pédogénèse des ferrugineux tropicaux concrétionnés, le rapport fer libre/total dépassant souvent 80% dans les horizons concrétionnés, les valeurs minimum étant de l'ordre de 65%.

Ce fer a tendance à quitter les profils soit verticalement vers la nappe profonde, soit par lessivage oblique. Le bilan du fer doit donc être fait en tenant compte de tous les profils d'une toposéquence.

Les rapports entre les formes du fer et les argiles sont importants, car il semble que dans les rouges faiblement ferrallitiques, le fer immigre avec

l'argile, tandis que dans les ferrugineux le décrochement est réel, les coefficients de lessivage du fer étant nettement supérieurs à ceux d'argile.

La valeur de D'Hoore de 12% de saturation d'argile semble être une donnée valable, mais, dans l'état actuel de nos connaissances, il semble que cette notion doit être complétée par celle de l'instabilité de la liaison fer-argile même en dessous du point de saturation.

Une étude précise des états du fer dans les taches et concrétions pourra seule faire avancer le problème, étant bien entendu qu'il faudrait préciser le mode de fixation du fer aux argiles.

Dans cette optique, il faudrait également étudier les relations entre le fer libre et les matières humiques ou fulviques. Il est remarquable de constater que dans les horizons de surface, il n'y a pas concrétionnement malgré des teneurs en fer libre parfois supérieures à 16 pour 100 g d'argile. Ces valeurs atteignent 22% dans certains sols rouges faiblement ferrallitiques.

La migration du fer associé aux acides fulviques pourrait expliquer, lorsque ces derniers sont détruits en profondeur, que le Fe_2O_3 ne peut se fixer si les argiles sont déjà saturées. Toute cause d'arrêt provoquera alors une tendance au concrétionnement.

11°) Eléments totaux $SiO_2-Al_2O_3$

Ils ont été dosés par la méthode triacide sur la fraction totale du sol, rarement sur la fraction fine.

Les résultats obtenus sur deux des trois profils concordent assez bien avec ceux d'un certain nombre d'autres déterminations.

Les teneurs en SiO_2 Al_2O_3 croissent progressivement en profondeur pour atteindre 20 à 25% de SiO_2 des silicates et 17 à 20% d'alumine totale. La comparaison des rapports $R_1 = SiO_2/Al_2O_3$ et $R_2 = SiO_2/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ montre que ces rapports décroissent de la surface vers les horizons concrétionnés pour remonter sensiblement en profondeur dans le matériau. L'origine de ce dernier, s'il était déjà ferrallité, peut expliquer les valeurs basses obtenues dans certains cas, et limite donc la portée des conclusions que l'on peut tirer de ces rapports.

Cependant, il semble que dans les sols ferrallitiques, ces rapports restent plus constants en profondeur.

Le rapport SiO_2/Al_2O_3 est légèrement supérieur à 2 ou égal à 2 dans l'horizon B. Dans de rares cas, il peut descendre jusque 1,8. Les différences avec les sols faiblement ferrallitiques ne sont donc pas évidentes, ceux-ci ayant le rapport variant le plus généralement entre 1,7 et 2,1 rapport cependant nettement plus constant dans le profil.

Les rapports $SiO_2/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ varient beaucoup plus selon les matériaux et leur richesse en fer, ils sont toujours nettement inférieurs à 2, de l'ordre de 1,4 à 1,9. En fait, l'utilisation de ces données n'est possible qu'en faisant des moyennes, le mode des courbes de distribution pour le

rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, nous semblant aux environs de 2,0 dans les horizons B des ferrugineux concrétionnés et de 1,8 pour les faiblement ferrallitiques.

CONCLUSIONS

Cette revue rapide des caractères des ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions a posé le problème de leur classification. Ils représentent en fait le concept central du groupement des ferrugineux lessivés, mais avant de les séparer des autres sous-groupes, nous allons essayer de résumer, les caractères qui les distinguent des sols faiblement ferrallitiques.

a) Couleur

Ils sont clairs mais il y a de nombreux sols ferrallitiques jaunes.

b) Profondeur du profil

Les ferrugineux sont moins profonds. Cependant, la limite du sol est parfois difficile à préciser, et dans certains cas, le matériau d'altération peut-être très profond sans pour cela avoir une évolution du type ferrallitique, qui rappelons-le, est un mode d'altération.

c) Différenciation en horizons

C'est un des caractères les plus nets, les ferrallitiques étant plus homogènes et à horizons nettement moins tranchés, en particulier l'horizon organique et celui d'accumulation d'argile.

d) Lessivage d'argile et de bases échangeables

Il existe chez les faiblement ferrallitiques mais il ne s'y traduit pas par un horizon B textural et structural comme chez les ferrugineux lessivés. Ce caractère est essentiel, la présence d'horizons concrétionnés ne suffisant pas pour définir un ferrugineux.

Cet horizon d'accumulation existe même dans les familles de ferrugineux sur matériaux très drainants, et non pas seulement dans ceux où il y a freinage mécanique du lessivage en profondeur.

e) Capacité d'échange et saturation du complexe

Les résultats sont très concordants.

Si les ferrallitiques ne comportent que de l'argile kaolinitique, les ferrugineux ont presque toujours des quantités faibles ou des traces d'illite. De ce fait, la capacité d'échange de leur argile est légèrement supérieure aux faiblement ferrallitiques. Cependant, les différences étant faibles, c'est la saturation du complexe qui nous semble un des caractères fondamentaux. Dans les ferrugineux la valeur de V dans tout le profil est supérieure à 60% et ne descend que dans le matériau originel.

Chez les faiblement ferrallitiques cette valeur est généralement de 35 à 50% dans les horizons B, et elle descend très progressivement en profondeur.

f) Valeurs du pH

Ils reflètent les résultats précédents, les faiblement ferrallitiques, l'horizon A excepté, ayant le pH eau variant de 4,8 à 5,6 les ferrugineux ayant dans leurs horizons profonds des valeurs comprises entre 5,5 et 6,5.

Ces données semblent caractéristiques,

g) Matières organiques et humus

Leurs caractéristiques semblent être en rapport essentiellement avec les conditions climatiques et le passé cultural.

S'il existe des différences nettes entre les deux groupes au point de vue répartition des acides humiques et fulviques, dans la zone de transition ces différences s'estompent, probablement du fait de la transformation rapide des constituants organiques, les autres caractéristiques des sols en déséquilibre climatique étant plus longues à se transformer.

h) Rapports $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$

La valeur de 2,0 comme limite des ferrugineux aux ferrallitiques reste valable dans les grandes lignes. Mais les variations étant faibles et les analyses moyennement précises, on ne peut se baser sur ce rapport pour lever une indétermination. Cependant, un rapport supérieur à 2,0 dans tout le profil confirme que l'on a affaire à un sol ferrugineux.

i) Fer libre et fer total

Ce sont les liaisons du fer et des argiles qui sont les caractéristiques des ferrugineux, la mobilité du fer étant élevée et se traduisant non seulement par un lessivage, et une accumulation, mais surtout par une élimination élevée hors des profils. Les rapports fer libre/argile, augmentent progressivement en profondeur, ceux de fer libre/fer total accusent au maximum dans les horizons d'accumulation. L'existence d'un concrétionnement est absolument nécessaire, cependant cette condition n'est pas suffisante, certains sols ferrallitiques pouvant avoir un niveau de concrétions.

Ce concrétionnement a des caractéristiques morphologiques assez constantes et qu'un œil averti distingue des concrétionnements d'origine purement hydromorphe, bien qu'il existe une transition progressive entre les deux formes et que les ferrugineux aient toujours une tendance à s'engorger.

Cette tendance est d'abord d'ordre pédologique par création d'un horizon d'accumulation par lessivage, elle peut être accentuée par le type de matériau de départ ou de roche mère.

Les ferrugineux ne sont donc pas caractérisés par un seul lessivage du fer, mais par une séparation rapide du fer des argiles, les liaisons argile-hydroxydes de fer semblant plus stables dans les faiblement ferrallitiques du moins jusqu'à un certain taux relatif. A cette possibilité de départ du fer s'ajoute celle de son accumulation dans les horizons d'accumulations.

Ces points déterminés, quels sont les caractères qui séparent les ferrugineux concrétionnés des autres sous-groupes de sols ferrugineux ?

Dans le **sous-groupe à taches** le fer se répartit dans un horizon d'accumulation sans qu'il y ait apparition de concrétions de dureté variable.

Dans le **sous-groupe induré** il y a formation d'une véritable cuirasse, les concrétions devenant jointives et la teneur totale en hydroxydes très élevée.

En fait il y a toutes les transitions possibles. Dans les sols concrétionnés, il y a toujours une certaine dose de taches tandis que le cuirassement semble souvent l'état final du concrétionnement. Nous avons vu que ce dernier présente plusieurs degrés qui s'expliquent par l'influence des caractères suivants :

A) Age du sol

Sur matériaux très récents du moins ceux qui sont assez filtrants, l'accumulation de fer se limite souvent au stade taches, et cela justifie ce sous-groupe considéré comme le premier stade d'une évolution. Cependant, nous ne pensons pas que le concrétionnement soit un phénomène dont la mise en place soit de durée très longue, comme la ferrallitisation par exemple. Sans être aussi rapide que la création de caractères d'hydromorphie, il nous semble que, vue la mobilité du fer, quelques centaines d'années doivent suffire pour la mise en place des premières concrétions. De ce fait l'âge du sol n'aurait qu'une faible incidence.

B) Intensité de l'évolution

Elle dépend des conditions climatiques, d'une part pluviométrie et température, d'autre part, alternance des saisons sèches et humides.

Les premiers facteurs jouent sur la mobilité du fer et de l'argile, le second sur la possibilité de dessèchement des profils et de dépôt irréversible des hydroxydes. C'est probablement pour cette raison que le concrétionnement semble avoir son amplitude maximum dans les régions soudano-guinéennes.

C) Caractéristiques du matériau originel

Elles nous semblent essentielles.

En effet, sur certains matériaux argileux ou peu filtrants, on trouve surtout des ferrugineux concrétionnés, le stade taches uniques semblant ne pas exister. On passe directement de sols jeunes peu différenciés avec quelques taches à des sols concrétionnés bien que moyennement lessivés en argile.

Sur ces matériaux peu drainants l'arrêt mécanique du fer favorise le concrétionnement par accumulation quantitative de fer libre, d'autre part l'hydromorphie temporaire de profondeur dont l'action favorise la redistribution des hydroxydes et leur concrétionnement lors du dessèchement des profils.

Sur les matériaux plus filtrants et profonds, le fer est entraîné très profondément et son concrétionnement ne se réalise que dans les horizons d'illuviation d'argile. Selon l'intensité du climat on observe alors tous les passages des sols à taches aux sols à concrétions.

Mais le matériau sur lequel s'est formé le sol influence la pédogénèse ferrugineuse non seulement par ses qualités de drainage interne en relation avec la texture, mais aussi par sa richesse initiale en ferromagnésiens.

Lorsque l'on a affaire à un matériau compact et riche en fer comme certains schistes ou certaines roches basiques, le concrétionnement est très important et amène la formation rapide de cuirasses continues à profondeur assez faible.

D) Le modelé et la topographie

L'existence de cuirasses anciennes en position de relief représente des sources de fer complémentaires qui viennent interférer dans la pédogénèse.

De même sur un versant les nappes perchées s'écoulent obliquement et viennent enrichir les sols en bas de pente. On a donc classiquement les toposéquences suivantes du haut en bas des pentes en fonction du climat et des matériaux :

— sol concrétionné faiblement à moyennement — sol concrétionné de plus en plus fortement en bas de pente ;

— sol fortement concrétionné de plateau — sols cuirassés de bas ou de moyenne pente.

Lorsque l'on a affaire à des matériaux drainants le cuirassement de pente est plus rare, les solutions de fer viennent enrichir les nappes profondes qui amènent la formation de cuirasses de nappe. Selon la topographie celles-ci peuvent affleurer ou non.

Lorsque l'on a affaire à un matériau compact et riche en fer, comme certains schistes ou certaines roches basiques, le concrétionnement est très important, à relativement faible profondeur. L'érosion a vite fait de mettre à nu ces cuirasses créant ce que l'on appelle les Bowe qui dans certains pays, couvrent de très grandes surfaces.

Il nous paraît en effet caractéristique que l'évolution des sols ferrugineux concrétionnés porte en elle-même le germe de la mort de ces sols. Ce concrétionnement fossilise le sol, et l'équilibre érosion superficielle—approfondissement est faussé. Peu à peu, bien que les matériaux profonds, sous l'action des nappes, continuent dans de nombreux cas d'évoluer, les niveaux concrétionnés viennent en surface. S'ils restent peu concrétionnés on obtient des sols gravillonnaires. S'ils le sont plus, on passe au cuirassement par dessèchement irréversible des hydroxydes.

Pour ces raisons nous pensons que la raison de l'importance du cuirassement dans les zones comprises entre 500 et 1.000 mm s'explique par l'existence ancienne de sols ferrugineux lessivés qui s'étaient formés sous un climat différent nettement plus humide. Les conditions actuelles plus sèches favorisant l'érosion, celle-ci dénude ces cuirasses, les met en relief

sous formes de buttes par inversion de relief et, dans nombreux cas, les a même fait disparaître lorsqu'elles étaient moins indurées.

Les sols ferrugineux tropicaux lessivés, sous-groupe concrétionnés, méritent donc une étude attentive, car leur évolution est essentielle pour comprendre la mise en place de tout le modelé des régions soudano-guinéennes.

REFERENCES PRINCIPALES

- BOULET, M. Contribution à l'étude des sols ferrugineux tropicaux de Côte d'Ivoire (rapport de stage Déc. 1962).
- D'HOORE, J. L., FRIPIAT, S. J., et GASTUCHE, M. C. Les argiles tropicales et leur oxyde de fer de recouvrement. 2^e Conf. Interafricaine des Sols, 1954 — Léopoldville.
- FAUCK, R. Etude pédologique de la région de Sedhiou (Casamance). *Agro. Trop.*, vol. n^o 6.
- FAUCK, R. Rapport préliminaire sur les sols de la région des Dongas (Déc. 1962), Dahomey.
- LENEUF, N., et RIOU, G. Sols rouges et sols jaunes de Côte d'Ivoire — Colloque CCTA/FAO, Juillet, 1961.
- MAIGNIEN, R. 1960. Influences anciennes sur la formation, l'évolution et la répartition des sols en Afrique de l'Ouest. 7^e Congrès Int. Sc. Sol, Madison, U.S.A.
- MAIGNIEN, R. Le passage des sols ferrugineux tropicaux aux sols ferrallitiques dans les régions S-O du Sénégal (*Sols Africains* — vol. VI, n^o 2 et 3).
- SMYTH. Sols rouges et sols jaunes du Nigéria Occidental (Colloque CCTA/FAO, Juillet 1961).
- WILLAIME, P. Les sols du Dahomey (rapport annuel 1962).

Description de profil

Type de sol	Classe	Sols à hydroxydes individualisés	N° profil : SF 5
	Sous-classe	Ferrugineux tropicaux	
	Groupe	Ferrugineux tropicaux lessivés	
	Sous-groupe	Avec taches et concrétions	

Familie : Sur sables		Serie : Beige de Sefa			
Topographie Plateau	Région	Sedhiou-Sefa	Coordonnées		
Climatologie P = 1.350 mm	Localité	Station expérimentale	Lat	12°45' N	
Matériau originel	Végétation ou culture	Ferme	Long	15°30' O	
Sables et grès du Continental	Jachère à graminées à côté de forêt à <i>Combretacées</i> et <i>Cordyla</i>		Alt	40 m	
Terminal					

N° échantillon	Profondeur cm	Description
50	0- 6	Brun gris (Munsell 5 YR 5/3), humifère, texture sableuse, structure finement nuciforme, compacité faible, drainage interne bon, porosité tubulaire, nombreuses racines et canaux d'insectes.
51	6- 13	Brun gris clair (5 YR 6/2), texture sablo-légèrement argileuse, structure nuciforme fine à polyédrique, toujours une certaine richesse organique, compacité moyenne plus élevée que le précédent, porosité bonne, racines nombreuses.
52	13- 31	Beige jaunâtre (5 YR 6/4) encore très faiblement humifère, texture sablo-légèrement argileuse, structure nuciforme, macroporosité due à racines et insectes, compacité moyenne à forte.
53	31- 79	Beige à jaune rougeâtre, teinte plus foncée (5 YR 8/4), texture argilo-sableuse à argileuse, accumulation nette d'argile (B2) structure polyédrique, compacité assez forte, porosité faible à moyenne type tubulaire fin.
54	79-117	Jaune beige (5 YR 7/6) texture argilo-sableuse, structure nuciforme à polyédrique, compacité moyenne, début d'individualisation de taches ferrugineuses rouges, bien délimitées.
55	117-150	Couleur de fond beige (5 YR 8/4) avec bariolage rouge et ocre, texture argilo-sableuse, structure grossièrement polyédrique à débit nuciforme, compacité moyenne, porosité d'agrégats faible à moyenne, présence de très nombreuses taches et concrétion de dureté moyenne à faible, rouge à rouge foncé et plus rarement violet foncé, vers le bas les taches ocres deviennent progressivement plus importantes, avec concrétions peu durcies, à centre ocre légèrement durci. A partir de 150 — bariolage continu, texture avec couleur de fond beige, apparition de taches gris clair sans limites nettes, concrétions très nombreuses de couleur rouge, dominante, ou rouille, certaines s'écrasant entre les doigts avec un point central plus dur, structure à tendance polyédrique, débit irrégulier en fonction des agrégats porosité moyenne d'agrégats, cohésion moyenne à forte.

Prélèvement exécuté par : DOMMERCUES — POULAIN — MOUREAUX
à : SEFA
Date : 2/62.

Prélèvements	50	0- 6 cm	53	40- 60 cm
	51	6-13 cm	54	90-110 cm
	52	15-25 cm	55	130-150 cm

Fiche analytique — Profil N° SF 5 (Sénégal)

400

ANALYSE PHYSIQUE							ANALYSE CHIMIQUE						
N° échantillon	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	Numéro	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
Profondeur cm	0-6	6-13	13-31	31-79	79-117	117-150	Bases échangeables ME pour 100 g de Sol						
Refus 2 mm %	—	—	—	—	—	—	Ca	2,25	1,70	1,70	2,10	1,30	1,70
Analyse mécanique							Mg	1,05	0,65	1,05	1,50	2,30	1,85
Argile %	9,4	9,4	21,5	35,1	43,7	40,1	K	0,15	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05
Limon fin %	4,0	4,1	4,9	5,3	5,3	5,6	Na	0,05	0,05	tr.	tr.	0,05	tr.
Limon grossier %	11,1	9,8	10,2	8,5	8,7	10,7	S	3,50	2,50	2,80	3,65	3,70	3,60
Sable fin %	47,1	43,9	38,6	28,0	23,7	25,0	T (Capacité d'échange)	4,80	4,05	4,45	5,15	4,65	4,85
Sable grossier %	26,1	31,1	23,3	21,3	16,6	17,0	S/T = V	73	62	63	71	80	74
Mat. org %	1,8	1,2	0,7	0,6	0,5	0,4	P.P.M. Acide phosphorique						
Humidité %	0,5	0,5	0,8	1,2	1,5	1,2	P ₂ O ₅ Truog (1)	5	tr.	tr.	10	tr.	13
CO ₂ Ca %	N	N	N	N	N	N	P ₂ O ₅ total % (2)	0,22	0,12	0,17	0,23	0,17	0,18
Matière organique							Eléments totaux						
Carbone %	1,05	0,68	0,38	0,33	0,29	0,20	Ca (meq.)	3,65	2,30	2,45	2,55	2,40	2,85
Azote %	0,755	0,530	0,325	0,350	0,345	0,30	Mg	2,30	1,70	2,70	2,70	4,30	3,90
C/N	13,9	13,0	11,7	9,4	8,4	6,7	K	0,50	0,35	0,40	0,65	0,95	0,85
Mat. humiques en C %	1,72	1,80	0,92	0,97	0,76	0,58	Na	0,50	0,30	0,25	0,30	1,85	0,40
A.H.	1,24	1,22	0,55	0,29	0,22	0,27	St	6,95	4,65	5,80	6,20	9,50	8,00
A.F.	0,48	0,58	0,37	0,68	0,54	0,31	Perte au feu	3,30	2,61	3,78	5,75	6,77	7,15
Acidité alcalinité							Résidu	86,32	87,20	75,44	60,69	53,66	49,44
pH eau	6,5	5,6	5,6	6,2	6,3	6,3	SiO ₂ (3)	4,47	4,53	9,76	16,49	19,19	20,47
pH KCl	6,1	5,8	5,4	5,3	5,4	5,5	Al ₂ O ₃	3,30	3,40	8,50	14,80	18,00	17,25
Structure porosité							Fe ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—
Instabilité Is	0,87	1,34	2,58	2,36	2,60	2,41	TiO ₂	—	—	—	—	—	—
Perm. K cm/h	1,4	1,7	0,8	1,8	2,5	1,1	MnO	—	—	—	—	—	—
Poids sp. réel	—	—	—	—	—	—	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	2,32	2,28	1,95	1,88	1,81	2,03
Poids sp. appar.	—	—	—	—	—	—	SiO ₂ /R ₂ O ₃	1,95	1,93	1,78	1,74	1,68	1,83
Porosité %	—	41,9	45,9	49,6	44,4	44,8	Fer total	2,21	2,59	3,07	3,26	3,84	4,90
pF 3	8,1	7,2	11,1	16,0	19,6	19,5	Fer libre Deb	0,83	0,55	0,09	1,17	1,29	1,92
pF 4,2	5,1	4,6	7,8	12,5	15,4	15,4	Fer libre d'Hooore	1,47	1,60	1,86	2,11	2,50	3,33
pF 2,5	—	—	—	—	—	—	Microbiologie	—	—	—	—	—	—
Eau utile	3,0	2,6	3,3	3,5	4,2	4,2	Ig. glucose	44,4	18,3	2,2	0	2,2	0
Argile							Rich. minérale	92	33	163	146	150	107
							P. enzymatique	803	363	75	75	—	—
							CO ₂	112	57,6	25,5	15,0	11,9	7,7
							P. Nitrificateur	68,5	47,4	14,2	8,4	4,8	2,5
							N. Nitrique	35,4	27,0	6,5	5,2	0,8	3,1
							Fixateurs N	620	+	0	0	0	0
							(1) Méthode : (2) Att. Nitrique : (3) Triacide :						
							Prélevé par : M. FAUCK						

Argile Kaolinite 100% pour tous horizons
 Illite Traces
 Montmorillonite NEANT

Description de profil

Profil . . . JAN 9	Sous classe . . . Ferrugineux tropicaux
Groupe . . . Lessivé	Sous groupe . . . Taches et concrétions
Famille . . . Sur nappe de recouvrement	Série
Topographie . . . Pente faible en dessous du niveau d'un affleurement de cuirasse.	Région . . . Dahomey
Climatologie . . . P = 1.350 mm environ	Localité . . . Dongas
Matériau original . . . Recouvrement sur gneiss à biotite altéré.	Végétation ou culture . . . Savane arborée assez dense
	Coordonnées Lat. 9°40 N Long. 1°50 E Alt. 330 m

N° échantillon	Profondeur cm	Description
91	0- 5	Gris, sableux, particulière, structure friable, compacité faible, nombreuses radicelles, assez riche en matière organique.
92	5- 15	Horizon de transition progressive.
93	15- 30	Beige, sablo légèrement argileux, structure lamellaire, taches rouge vif peu nombreuses, petites concrétions noires, et d'autre rouges plus dures, compacité moyenne.
94	30- 50	Beige, sablo-argileux à argilo-sableux, très riche en concrétions de dureté moyenne, de 1/2 cm d'épaisseur. Certaines plus grosses ont le centre très dur riche en Mn.
95	50- 70	Bariolage généralisé de l'horizon, progressivement plus argileux, structure de plus en plus compacte; concrétions de dureté moyenne très nombreuses.
96	70-120	Bariolage très important, rouge dominant avec un peu de beige ocre, concrétions noires assez grandes, quelques gros quartz, quelques concrétions à centre très dur.
97	120-200	Le bariolage s'enrichit en ocre et gris, argilo-limoneux, riche en micas blancs, des taches noires, cependant la structure de la roche n'est pas reconnaissable. Un lit de pegmatite à 180.
98	260	Gneiss riche en muscovite verdâtre en décomposition. Présence de taches ocre.
99	320	idem mais plus gris.

Fiche analytique

Type de sol . . .	Ferrugineux tropical lessivé Concrétions sur gneiss Dahomey						N° profil : JAN 9		
N° échantillon . . .	Jan 91	92	93	94	95	96	97	98	99
Profondeur cm . . .	0-15	5-15	15-30	30-50	50-70	70-120	120-200	260	320

Analyse mécanique

Argile % . . .	12,5	11,8	17,7	23,1	33,5	27,5	32,7	24,8	21,4
Limon fin % . . .	6,0	5,0	5,2	6,7	8,5	9,9	16,3	15,8	13,4
Limon grossier % . . .	3,8	6,4	7,5	7,4	8,7	8,8	8,5	5,6	5,1
Sable an % . . .	34,5	35,4	33,5	27,3	22,7	22,1	21,4	23,4	29,1
Sable grossier % . . .	39,7	39,5	35,0	34,5	25,3	30,1	19,9	29,4	30,1

Matière organique

Mat. org. totale % . . .	2,5	1,2	0,3	négl.	négl.	négl.	négl.	négl.	—
Mat. humiques () . . .	1,0	0,7	0,8	1,0	1,3	1,6	1,2	1,0	0,9
Carbone % . . .	1,47	0,72	—	—	—	—	—	—	—
Azote % . . .	0,84	0,53	—	—	—	—	—	—	—
C/N . . .	17,5	13,6	—	—	—	—	—	—	—

Fer

Fe ₂ O ₃ libre % Deb. . .	—	—	—	2,49	4,18	7,03	5,12	2,00	—
Fe ₂ O ₃ total % . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fer libre/Fer total . . .	—	—	—	66	68	73	65	—	—

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium . . .	5,95	—	—	1,40	1,70	1,50	1,00	0,80	—
Magnésium . . .	1,55	—	—	0,80	1,15	1,20	1,75	1,95	—
Potassium . . .	0,25	—	—	0,15	0,20	0,25	0,20	0,20	—
Sodium . . .	0,05	—	—	0,05	0,05	0,05	—	—	—
S . . .	7,80	—	—	2,40	3,10	3,00	3,00	2,90	—
T . . .	—	—	—	3,60	4,45	4,35	4,90	4,35	—
S/T = V % . . .	—	—	—	67	70	69	61	67	—

Acidité alcalinité

PH eau . . .	7,2	6,8	6,6	6,3	6,3	6,2	5,6	5,4	5,3
pH KCl . . .	7,0	6,4	6,2	6,0	6,3	6,3	5,8	5,3	5,3

Eléments totaux

Solubles . . .	81,16	82,90	75,93	69,95	52,86	43,20	39,09	41,06	—
Silicates . . .	7,20	6,71	10,06	11,45	18,04	20,57	23,69	23,94	—
Al ₂ O ₃ . . .	5,70	5,20	7,50	9,68	15,30	17,60	19,00	18,35	—
Fe ₂ O ₃ . . .	1,85	1,85	2,65	3,80	6,20	9,60	7,85	5,85	—
TiO ₃ (dif.) . . .	0,20	0,90	0,55	—	—	—	—	—	—
Perte au feu . . .	4,45	3,41	3,89	4,31	6,48	7,50	7,76	6,95	—
SiO ₂ /Al ₂ O ₃ . . .	1,76	1,76	1,84	1,59	1,58	1,46	1,67	2,20	—
SiO ₂ /R ₂ O ₃ . . .	2,14	2,18	2,26	2,00	1,99	1,98	2,11	—	—

Description de profil

TYPE de SOL	Sous classe: Ferrugineux tropical Groupe: Lessivé à taches et concrétions non indurées sur sables argileux	N° Profil: CC 9
N° échantillon	Profondeur cm	Description
	0- 10	Gris clair, sableux légèrement argileux, structure macrostructure grumeleuse fondue à débit à microstructure particulière — bonne porosité — peu cohérent — friable — bon enracinement de nombreux graminés, transition assez nette à
	10- 30	Horizon de transition progressive — couleur légèrement plus claire peu le précédent — sableux légèrement argileux particulière — bonne porosité — peu cohérent — friable, transition nette à
	30- 60	Horizon lessivé beige foncé — sablo-argileux — structure massive à débit polyédrique peu net — bonne porosité — assez consistant, transition nette à
	60- 90	Beige foncé argileux structure massive — forte compacité — porosité tubulaire — traces matière organique amenée par animaux, transition assez nette à
	90-120	Assez humide — beige rougeâtre — argileux — structure moins massive que le précédent peu poreux — assez plastique, apparition de concrétions ferrugineuses couleur rouille rares — friables de taille très réduite, durcissement net de la partie exposée à l'air, transition assez nette à
	120-190	Beige à taches beige clair et ocres moins argileux que le précédent moins massif — peu poreux — concrétions assez régulièrement réparties non indurées. Les taches s'agrandissent vers le bas de l'horizon décrit. Toujours des galeries d'animaux aux parois revêtues de matière organique (assez nombreuses).
	190-235	Assez humide — beige — taches rouges — sans taches blanchâtre. argilo-légèrement sableux — assez meuble — friable — peu cohérent — concrétions moins friables et non jointives — encore nombreuses racines, transition nette à
	235-400	Taches rouges jointives à la base de l'horizon en même temps que les taches blanchâtres augmentent — toujours argileux — légèrement sableux — structure assez massive — assez compact.
	400-450	Taches ocres formant hachage — toujours de fines racines. Concrétionnement de plus en plus dur à la base du profil — nodules durcis entourés de plages ocres de dimension atteignant 3 cm — forte compacité — forte résistance au piochon.
Prélèvements	CC 90 . . . 0- 10 cm CC 91 . . . 35- 50 cm CC 92 . . . 70- 80 cm CC 93 . . . 100-110 cm	CC 94 . . . 150-160 cm CC 95 . . . 210-230 cm CC 96 . . . 300-320 cm CC 97 . . . 450 cm

Fiche analytique

Type de sol	Ferrugineux tropical lessivé à concrétions						N° profil : CC 9	
N° échantillon	90	91	92	93	94	95	96	97
Profondeur cm	0-10	35-50	70-80	100-110	150-160	210-230	300	450
Humidité %	0,3	0,5	0,7	1,0	0,9	0,8	0,8	0,5

Analyse mécanique

Argile %	11,0	15,5	29,5	35,0	36,0	27,0	27,5	18,0
Limon fin %	5,0	8,5	10,0	16,5	12,5	14,5	14,5	13,5
Limon grossier %	—	—	—	—	—	—	—	—
Sable fin %	42,4	38,0	28,5	25,8	28,4	33,9	34,0	31,5
Sable grossier %	40,2	37,0	30,6	21,1	21,7	23,4	22,9	36,3

Matière organique

Mat. org. totale %	1,10	0,53	0,69	0,62	0,50	0,41	0,29	0,19
Mat. humiques %	—	—	—	—	—	—	—	—
Carbone ‰	6,1	3,1	4,0	3,6	2,9	2,4	1,7	1,1
Azote ‰	0,43	0,31	0,43	0,41	0,37	0,36	0,22	0,15
C/N	14,2	10,0	9,3	8,8	7,8	6,7	7,7	7,3

Fer

Fe ₂ O ₃ libre ‰	18,6	25,0	34,6	44,8	48,0	61,4	70,4	114,7
Fe ₂ O ₃ total ‰	25,9	35,5	47,0	56,6	58,6	71,0	81,6	185,3
Fer libre/fer total	72	70	74	79	82	86	86	94

Bases échangeables ME pour 100 g de sol

Calcium	2,31	1,96	3,26	3,37	2,85	3,08	2,31	1,05
Magnésium	1,01	1,13	1,30	1,68	1,31	1,87	1,32	1,23
Potassium	0,61	0,12	0,18	0,15	0,15	0,13	0,09	0,07
Sodium	0,18	0,10	0,16	0,14	0,16	0,14	0,17	0,12
S	4,11	3,31	4,90	5,34	4,47	5,22	3,89	2,47
T	4,4	3,7	5,9	6,6	3,5	5,9	5,3	4,6
S/T = V %	93	89	83	81	—	88	73	54

Acidité Alcalinité

pH eau	7,2	6,2	6,7	6,6	6,6	6,3	6,2	5,0
pH KCl	6,2	5,2	5,7	5,7	5,6	5,4	5,6	4,3