

OFFICE DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
OUTRE - MER

CENTRE DE LIBREVILLE

SERVICE PEDOLOGIQUE

RÉPUBLIQUE GABONAISE

**EXAMEN DES CARACTERES PHYSICO - CHIMIQUES  
PRINCIPAUX DE QUELQUES SOLS TYPIQUES  
DU GABON**

(Y. Chatelin)

EXAMEN DES CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES  
PRINCIPAUX DE QUELQUES SOLS TYPIQUES  
DU GABON

Y. CHATELIN

S O M M A I R E

Une distinction peut être faite parmi les sols ferrallitiques du Gabon suivant la nature des minéraux argileux.

La première catégorie réunit les sols dont les argiles sont la kaolinite et de faibles quantités d'hydroxydes métalliques. Suivant les conditions de drainage, l'hydrolyse des silicates primaires est suivie d'une perte plus ou moins importante de silice et par conséquent de la formation en quantité variable de gibbsite. Lorsque de la gibbsite se forme en quantités importantes, elle appartient en majeure partie aux fractions  $> 2 \mu$ . Il ne subsiste de minéraux altérables parmi les limons et les sables que dans les sols relativement jeunes.

La deuxième catégorie de sols est définie par la prédominance d'argiles à réseau 2:1; illite, hydromica, chlorite. L'évolution ferrallitique de ces sols est marquée par la formation de kaolinite, en proportion variable par rapport aux argiles 2:1, et parfois par l'apparition d'un peu de gibbsite. Ces sols sont formés sur des roches sédimentaires fines, et la fraction limoneuse apparaît formée principalement de quartz.

*Quelle que*  
~~Quelque~~ soit la nature des minéraux argileux, tous les sols sont fortement désaturés. La faible saturation du complexe d'échange souligne l'identité de l'évolu-

tion imposée à tous les sols par le climat.

=====  
=====

Sur l'ensemble du Gabon, pays équatorial à forte pluviosité et température moyenne élevée, le processus climacique actuel de l'évolution des sols est la ferrallitisation. L'emprise du climat sur les sols est cependant plus ou moins forte suivant les conditions locales de roche-mère et de relief. Des différences importantes apparaissent dans la morphologie des sols. Les critères analytiques doivent préciser l'intensité de l'évolution des sols. Sur quelques profils typiques des sols gabonais, des analyses ont été effectuées dans le but de déterminer la composition de chaque fraction granulométrique. La saturation du complexe d'échange doit également être retenue comme un des critères les plus significatifs. La matière organique ne sera pas étudiée ici; en effet, elle présente de façon constante les caractères généraux de la matière organique des sols ferrallitiques, mais ne permet pas pour l'instant d'apporter de différenciations supplémentaires dans la classification des sols.

- I - MINÉRAUX ARGILEUX - NATURE DES LIMONS ET DES SABLES

- I - a - Les sols à kaolinite et hydroxydes

Dans leur majorité, les sols du Gabon n'ont pas d'autres minéraux argileux que la kaolinite et les hydroxydes métalliques, présents sous forme de goethite et de gibbsite. C'est le cas des sols formés sur granite, qui seront pris comme exemple.

Le terme de "granite hétéromorphe" caractérise un ensemble de faciès assez variables mais surtout très imbriqués couvrant une très grande partie du Gabon. Les variations de faciès du granite ne se traduisent dans les

sols que par des différences mineures, portant surtout sur l'abondance et les dimensions des sables. Par contre, le granite a donné des unités paysagiques fort différentes. Suivant qu'ils appartiennent à des surfaces aplanies ou à des reliefs montagneux plus ou moins rajeunis, les sols issus de granite se différencient par leurs caractères morphologiques et physico-chimiques.

### Morphologie des sols

Trois profils seront étudiés. Ils appartiennent aux trois principaux types de sols sur granite observés au Gabon dont les différenciations sont conditionnées par la morphologie des reliefs.

- Profil WO 22 Il appartient à la pénéplaine du nord Gabon. Le relief fortement aplani de cette région influence l'évolution du sol en limitant le drainage et en favorisant le cuirassement.

- 20cm Gris brun. Argilo-sableux, humifère. Structure nuciforme.
- 70cm Ocre-brun. Argilo-sableux, la matière organique décroît progressivement. Structure polyédrique fine mal définie. Bonne porosité
- 220cm Jaune-ocre. Argilo-sableux. Structure polyédrique fine mal définie. Bonne porosité.
- 300cm Ocre. Même texture que l'horizon précédent, mais structure polyédrique plus large et porosité faible.
- 400cm Ocre à tâches rouille faiblement indurées. Argilo-sableux.
- à400cm Apparition d'une cuirasse ferrugineuse.

Echantillons WO 221 0 à 10cm  
WO 223 à 170cm  
WO 225 à 380cm

- Profil\_KO 7 Il est situé dans le Massif du Chaillu. Les pentes fortes de ce massif montagneux provoquent un fort drainage des sols. Le concrétionnement des hydroxydes n'a pas donné ici de cuirasse continue, mais des horizons à gravillons ferrugineux.

- 60cm Brun, s'éclaircissant en profondeur. Argilo-sableux, le pourcentage de matière organique décroît progressivement. Structure nuciforme puis polyédrique fine.
- 180cm Ocre-jaune. Argilo-sableux. Structure polyédrique fine mal définie. Bonne porosité.
- 300cm Ocre à ocre-rouge. Argilo-sableux. Structure polyédrique plus large que dans l'horizon précédent.
- à 300cm Gravillons ferrugineux violacés à patine superficielle, avec quelques blocs cuirassés.

Echantillons KO 73 à 160cm  
74 à 220cm

- Profil\_KO I Egalement situé dans le Massif du Chaillu, ce profil est dépourvu de tout élément concrétionné, et l'on observe depuis la surface un passage progressif jusqu'aux horizons d'altération. Ce type de profil est caractéristique des reliefs fortement rejeunis; l'évolution des sols est encore peu avancée, et le très fort drainage, facilitant l'exportation hors des profils des éléments mobiles, élimine les possibilités de concrétionnement.

- 20cm Brun. Argilo-sableux, humifère. Structure nuciforme.
- 120cm Brun-jaune encore un peu humifère, puis jaune. Argilo-sableux. Structure polyédrique assez fine à cohésion moyenne. Bonne porosité.

- 250cm Ocre-rouge. Argilo-sableux, avec un pourcentage notable de limon. Structure peu apparente, de type polyédrique. Passage progressif à :

- 450cm Arène granitique grossièrement sableuse.

Echantillons KO IO 0 à IOcm  
KO I2 à 200cm

### Etude de la fraction argileuse

Les trois profils ont des fractions argileuses peu différentes. L'analyse thermique différentielle et l'analyse par rayons X montrent dans tous les échantillons une forte dominance de kaolinite et la présence constante de goethite. De la gibbsite a été décelée dans les profils WO 22 et KO 7.

La composition de la kaolinite étant considérée comme très constante, il est aisé de reconstituer les pourcentages des différents minéraux à partir de la composition chimique obtenue par attaque de l'argile au triacide. Toute la silice solubilisée lors de l'attaque au triacide étant supposée sous forme de kaolinite, on obtient pour ces échantillons des pourcentages de kaolinite compris entre 78 et 83%. Il subsiste toujours un peu d'alumine qui ne peut être combinée à la silice et qui doit donc se trouver sous forme de gibbsite. On obtient par ce calcul des pourcentages de 2 à 5% de gibbsite pour les échantillons ou l'analyse qualitative avait décelé de la gibbsite, et des pourcentages de l'ordre de 1% seulement pour le profil KO IO. Ces différences sont peu sensibles, mais elles sont du même sens que celles qui caractériseront les fractions granulométriques plus grossières.

Les oxydes de fer sont peu abondants dans les argiles de ces sols, les rapports moléculaires  $\frac{Fe_2O_3}{Al_2O_3}$  sont extrêmement bas. Les pourcentages calculés de goethite ne dépassent pas 10%.

Etude de la fraction limon et sable

Les sables sont assez facilement étudiés par l'examen à la loupe binoculaire. La grande dominance des quartz dans les fractions sableuses est ainsi facilement mise en évidence, mais la détermination et l'évaluation quantitative des minéraux altérés reste difficile. La fraction limoneuse reste la plus difficile à analyser.

En fonction des résultats de l'analyse granulométrique, il est possible de calculer le pourcentage de silice combinée et d'oxydes métalliques, provenant de la fraction argileuse, que contient le sol total. On obtient alors, par différence avec le dosage effectué sur le sol total, la composition de la fraction limon et sable. L'imperfection des analyses, et principalement la dispersion des argiles lors de l'analyse granulométrique et du prélèvement des argiles à analyser entraîne dans ce calcul une légère erreur. En négligeant cette erreur, on peut déterminer dans certains cas le pourcentage minimum d'alumine de la fraction limon et sable qui ne peut être liée à la silice.

Les échantillons des profils WO 22I et KO 7I ont des rapports silice/alumine nettement plus bas pour le sol total que pour la fraction argileuse. Il y a donc nécessairement excès d'alumine en dehors de l'argile. Le calcul exposé précédemment fait apparaître pour l'ensemble limon et sable des valeurs très basses pour le rapport silice/alumine : légèrement supérieur à 1 pour le profil WO 22I, beaucoup plus bas pour le profil KO 7I. Le silicate qui contient le plus d'alumine par rapport à la silice est la kaolinite; <sup>en</sup> supposant toute la silice combinée à l'alumine suivant le rapport moléculaire de la kaolinite, on calcule la quantité d'alumine qui ne peut entrer dans la composition de silicates et qui doit donc se trouver sous forme de gibbsite. Suivant ce calcul, la fraction limon et sable contient, ~~est~~ <sup>selon</sup> ~~est~~ les échantillons, jusqu'à 4% de gibbsite dans le profil WO 22, et jusqu'à 15% dans le profil KO 7. Il en ressort que

pratiquement la totalité des limons déterminés par granulométrie sont constitués par les sesquioxides : gibbsite, à laquelle il convient d'ajouter une partie tout au moins des sesquioxides de fer. Dans le cas du profil KO 7, une partie même des sables apparaît formée par les sesquioxides. Pour ce profil tout au moins, ce résultat ne peut avoir été faussé que dans de faibles proportions par la marge d'erreur des données analytiques qui lui ont servi de base.

Les échantillons du profil KO I donnent des résultats différents. Les rapports silice/alumine diffèrent peu entre l'argile et le sol total. Pour la fraction limon et sable, ce même rapport passe de 1,82 à 2,20 d'un échantillon à l'autre. Il subsiste dans les limons et dans les sables, un pourcentage important de silice combinée, l'excès d'alumine est faible ou nul.

### Interprétation

Ces trois profils sont manifestement caractérisés par la même évolution ferrallitique : formation de kaolinite, gibbsite et goethite qui constituent la totalité de l'argile du sol. Le fer, élément relativement mobile, semble s'être éliminé des profils dans de grandes proportions. Pour tous les échantillons, le rapport  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  est très peu élevé.

Malgré l'imperfection de la méthode, l'étude des limons et sables donne des résultats qui <sup>concordent</sup> ~~se coordonnent~~ <sup>avec</sup> ~~les~~ observations de terrain. Le profil WO 22 appartient à une surface très ancienne. Son profil s'est fortement développé, et différencié par la constitution d'une cuirasse. Il ne subsiste aucun minéral altérable ; dans la fraction limon et sable, il ne reste que très peu de silice combinée que l'on doit supposer être sous la forme de kaolinite par suite du rapport silice/alumine. Le drainage du sol, conditionné par le modelé plat du relief, est relativement faible.

Cette condition du drainage explique que la silice, difficilement exportée du profil, se combine à l'alumine disponible. Il n'existe que très peu d'alumine libre, sous forme de gibbsite, aussi bien dans sables et limons que dans l'argile.

Le profil KO 7 montre également un sol très évolué et différencié. Il se distingue du précédent par le mode de concrétionnement qui n'a pas donné une cuirasse continue mais des gravillons, et par un drainage fort. La silice libérée a été pour une part importante exportée hors du profil, et des quantités importantes d'alumine subsistent dans le sol sous forme de gibbsite. Fait notable, la fraction argileuse a un rapport silice/alumine qui ne se distingue pratiquement pas de celui trouvé pour les autres profils. La gibbsite, peu abondante dans la fraction argileuse, forme un pourcentage important des fractions granulométriques plus grossières. Le rapport silice/alumine des limons et des sables s'abaisse à 0,14 et 0,26 pour les deux échantillons du sol.

Seul le profil KO 10 possède dans les fraction  $> 2 \mu$  des silicates en quantités importantes, dont le rapport silice/alumine oscille autour de 2. Ces silicates ne peuvent être identifiés; il semble logique de supposer qu'ils sont pour une bonne part des minéraux encore altérables, et que, si le rapport silice/alumine est relativement peu élevé, c'est qu'un peu de gibbsite se trouve comme dans les autres profils dans la fraction  $> 2 \mu$ . La conservation de minéraux altérables paraît logique pour ce profil encore peu différencié et que l'on suppose être relativement jeune.

En conclusion, il convient de souligner la portée de certains critères couramment utilisés pour apprécier le degré d'évolution des sols et pour les classer. La détermination qualitative ou même quantitative des minéraux de l'argile ne met pas nécessairement en évidence une

individualisation même importante de l'alumine dans le sol. Il est admis que la fraction limoneuse puisse renfermer des particules de kaolinite liées par des oxydes métalliques. Il apparait, de plus, que la gibbsite peut constituer une fraction limoneuse importante. Le rapport limon/argile est fréquemment considéré comme significatif du degré d'évolution des sols. Pour le premier des profils que nous venons d'examiner, ce rapport est très bas, et il correspond effectivement à un sol ayant perdu toute réserve minérale altérable. Le rapport limon/argile relativement élevé pour les deux autres profils traduit en fait, pour l'un, une accumulation de gibbsite, et pour l'autre, une réserve probable de minéraux altérables. Pour apprécier véritablement le stade d'évolution de ces sols, des analyses très complètes sont nécessaires.

COMPOSITION DE L'ARGILE

N°	Composition chimique					Minéraux		
	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	Résidu	SiO <sub>2</sub> Silicates	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Kaolinite	Gibbsite	Goethite
WO 223	13,90	2,72	36,30	34,52	8,45	78,04	5,57	9,29
WO 225	13,38	6,78	36,63	32,75	8,20	78,75	2,46	9,02
KO 73	14,97	0,55	38,18	34,79	9,30	82,08	3,55	10,23
KO 74	15,05	0,74	37,70	33,53	9,40	81,05	2,26	10,34
KO 10	13,89	11,33	37,05	31,98	4,80	79,65	0,74	5,28
KO 12	19,21	0,82	38,78	33,77	6,00	83,37	1,23	6,60

N°	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
WO 223	1,79	1,54	0,15
WO 225	1,89	1,63	0,15
KO 73	1,86	1,59	0,17
KO 74	1,91	1,62	0,17
KO 10	1,96	1,79	0,09
KO 12	1,94	1,74	0,11

COMPOSITION DU SOL TOTAL

N°	Granulométrie				Composition chimique					
	Argile	Limon	Sable fin	Sable grossier	H <sub>2</sub> O+	Residu	SiO <sub>2</sub> Silicotes	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
WO223	54,1	3,6	13,4	28,8	8,60	44,53	21,33	21,01	5,00	0,35
WO225	60,5	3,6	11,7	24,1	10,02	32,73	25,47	25,29	6,80	0,10
KO 73	61,9	7,8	11,4	18,3	12,38	26,88	24,73	28,62	7,30	0,45
KO 74	58,8	9,3	11,9	19,7	12,78	25,33	23,13	30,94	8,00	0,10
KO 10	46,7	9,7	22,8	20,6	12,05	41,32	22,89	19,24	4,10	
KO 12	29,8	17,8	23,0	29,3	8,53	41,86	24,03	21,66	3,90	0,10

N°	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
WO223	1,72	1,49	0,15
WO225	1,70	1,45	0,17
KO 73	1,46	1,26	0,16
KO 74	1,26	1,08	0,16
KO 10	2,02	1,77	0,13
KO 12	1,88	1,69	0,16

REPARTITION DES CONSTITUANTS PRINCIPAUX DU SOL  
SUIVANT LES FRACTIONS GRANULOMETRIQUES

N°	Argile				Limon et sable			
	Résidu	SiO <sub>2</sub> Silicates	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Résidu	SiO <sub>2</sub> Silicates	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
WO 223	1,47	19,63	18,67	4,57	43,06	1,70	2,34	0,43
WO 225	4,10	22,16	19,81	4,96	28,63	3,31	5,48	1,84
KO 73	0,34	23,63	21,53	5,75	26,54	1,10	7,09	1,55
KO 74	0,43	22,16	19,71	5,52	24,90	0,97	11,23	2,48
KO 10	5,29	17,30	14,93	2,24	36,03	5,59	4,31	1,86
KO 12	0,24	11,55	10,06	1,78	41,62	12,48	11,60	2,12

Limon et ~~argile~~ <sup>sable</sup>

N°	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Gibbsite %
WO 223	1,23	0,11	1,36
WO 225	1,02	0,21	4,05
KO 73	0,26	0,13	9,36
KO 74	0,14	0,14	15,82
KO 10	2,20	0,27	
KO 12	1,82	0,11	1,52

- I - b - Les sols à argiles de réseau . 2:I

Des argiles à réseau 2:I existent dans certains sols issus de roches sédimentaires fines, telles que schistes ou pélites, argilites, marnes et calcaires marneux. Ces argiles sont l'illite, des hydromicas, et assez rarement de la chlorite; elles sont généralement associées à des quantités variables de kaolinite, goethite et gibbsite. Nous prendrons comme exemples de ces sols trois profils formés sur des roches sédimentaires du crétacé.

Morphologie des sols

Trois profils seront étudiés. Les profils OPE I et 3 sont issus de marnes calcaireuses. Ce sont des sols jaunes, caractérisés par une structure très affirmée, qui passe de polyédrique moyenne ou large dans la partie supérieure du profil, à polyédrique nettement anguleuse et fine en profondeur. Aux horizons meubles relativement peu épais, succèdent un niveau peu développé de plaquettes ferruginisées, puis les horizons d'altération.

- Profil\_OPE\_I

- 15cm Gris-brun foncé, puis brun clair. Argileux à sables fins, humifère. Structure fine en surface puis polyédrique de taille moyenne, arrondie à cohésion assez forte.
- 30cm Brun-orangé. Argilo-limoneux à sables fins, légèrement humifère. Agrégats élémentaires polyédriques anguleux fins associés dans une macrostructure large à cohésion forte.
- 55cm Horizon de transition. La macrostructure disparaît progressivement.
- 180cm Ocre vif. Argilo-limoneux. Structure polyédrique anguleuse fine très bien individualisée. En profondeur, les agrégats sont

légèrement marbrés de beige et d'ocre.  
à 180cm Plaquettes de marnes ferruginisées, peu indurées.

Echantillon OPE 15 à 70cm

- Profil\_OPE\_3

- 6cm Gris-brun puis brun. Argilo-finement sableux, humifère. Structure nuciforme puis polyédrique moyenne, arrondie, cohérente.
  - 20cm Beige-brunâtre. Argilo-limoneux à sables fins, légèrement humifère. Structure polyédrique moyenne, arrondie, à cohésion assez forte.
  - 40cm Horizon de transition légèrement humifère.
  - 70cm Ocre-jaune. Argilo-limoneux à sables fins. Structure polyédrique fine, anguleuse, très bien individualisée.
  - 140cm Jaune-ocre à très légères marbrures ocre-rouille. Même texture et même structure que le précédent.
- à 140cm Plaquettes de marnes, friables, peu ferruginisées.

Echantillons OPE 31 0 à 6cm  
OPE 33 à 100cm

Le profil OPE 7 s'est formée sur une roche argilo- très finement gréseuse. Sa texture, dominée largement par les sables fins et les limons, est peu favorable à l'élaboration d'une bonne agrégation. En surface, le sol a une tendance massive nette et son drainage difficile se traduit par la présence de fines trainées rouille; la matière organique ne pénètre que très peu. En profondeur, les trainées rouille disparaissent, la structure est à tendance polyédrique.

- Profil\_OPE\_7

- 2 cm Gris-brun. Finement sablo- peu argileux, humifère. Agrégats nuciformes.

- 6cm Marbré de gris-beige dominant, de gris, et de rouille clair. Finement sablo- peu argileux, légèrement humifère. Tendance massive à débit en polyèdres. Faible porosité.
- 15cm Gris-beige clair avec marbrures rouille accentuées autour des passages de racines. Même texture et même structure que le précédent, peu humifère.
- 40cm Beige-ocre. Finement sablo-argileux, faible pénétration humifère par des trainées grises. Structure polyédrique moyenne à fine, sub-anguleuse, peu individualisée. Porosité moyenne à faible.
- 65cm Se distingue du précédent par la disparition progressive de la pénétration humifère par trainées, Passage brutal à :
- 160cm Petits débris de roche altérés et légèrement ferruginisés, de couleur rouille.  
Echantillon OPE 75 à 60cm

### Etude de la fraction argileuse

Le minéral argileux dominant est l'illite pour le profil OPE 3I, dans les deux autres profils des hydromicas sont dominants. Kaolinite ou métahalloysite et goethite se retrouvent dans les trois profils. La gibbsite n'est décélée qu'à l'état de traces uniquement dans le profil OPE II.

Ce mélange de minéraux argileux est d'autant plus complexe que les formules des hydromicas et illites sont assez variables : il n'est pas possible de calculer à partir du dosage des éléments totaux, les pourcentages des différents minéraux. Le rapport silice/alumine est nettement supérieur à 2, il atteint 3,1 pour OPE 33 malgré la présence d'un peu de kaolinite. L'élimi-

nation du fer est beaucoup moins intense que pour les sols traités au paragraphe précédent, les rapports  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  de la fraction argileuse sont assez élevés.

#### Etude de la fraction limon et sable

De même que précédemment, on peut calculer avec une approximation suffisante la composition chimique de la fraction  $> 2 \mu$ . Elle apparait caractérisée par la prépondérance considérable du résidu insoluble au triacide. Il n'y a que très peu de silice combinée, par rapport à laquelle l'alumine est nettement en excès puisque les rapports  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  ne dépassent pas 0,53 dans les échantillons analysés.

Les limons, au sens granulométrique du terme, sont très abondants dans ces trois profils. La composition chimique fait apparaitre que la plus grande part des limons appartient au résidu insoluble au triacide. L'essentiel de la fraction limoneuse est formée par des quartz très fins, issus sans transformation d'une roche dans laquelle les éléments détritiques sont de petite taille. L'étude morphoscopique des sables a révélé l'existence, dans les profils OPE 1 et 3, de pseudo-sables de couleur rouille, très poreux, se présentant souvent en très fines plaquettes reproduisant le litage de la roche. L'analyse chimique laisse supposer que ces pseudo-sables sont des formes pseudo-morphiques de petits fragments de roche, formés par le départ des éléments mobiles, et l'accumulation relative de sesquioxydes de fer et d'alumine.

#### Interprétation

Les processus de ferrallitisation n'ont pas atteint dans ces sols leur aboutissement, puisqu'ils ont laissé subsister beaucoup de minéraux argileux à réseau 2/1. L'apparition de kaolinite ou de métahalloysite

et dans certains échantillons de gibbsite, laisse supposer une transformation progressive dont le stade final pourra être la présence pratiquement exclusive de kaolinite et de sesquioxydes métalliques. On doit considérer que les minéraux comme l'illite et à plus forte raison les hydromicas, ne sont pas des minéraux de néoformation, mais des minéraux résiduels hérités de la roche-mère. Les sols qui possèdent ces minéraux proviennent en effet toujours de roches sédimentaires plus ou moins fortement micacées. Ces minéraux résiduels altérables ne subsistent que dans des sols appartenant à des surfaces relativement récentes; sur les plateaux anciens de même constitution géologique, les sols ne possèdent que de la kaolinite et des hydroxydes.

Ces sols présentent la particularité d'être incomplètement évolués et de posséder de forts pourcentages de limons. Il n'y a cependant pas de relations directes entre ces deux particularités, les limons étant essentiellement des quartz. En dehors du quartz, la fraction limon et sable ne renferme que très peu de silicates (moins de 1% de silice combinée pour chacun des trois échantillons étudiés), les hydroxydes métalliques comparativement beaucoup plus abondants (rapport silice/alumine) devant entrer principalement dans la constitution des pseudo-sables. Tout au plus peut-on admettre que les limons, par leur comportement dans la structuration des sols, diminuent la porosité et de ce fait réduisent indirectement l'intensité des phénomènes hydrolytiques provoquant la destruction des silicates. Ceci semble particulièrement important pour le profil OPE 7 dont la structure est massive et la porosité faible. Pour les profils OPE 1 et 3, la macroporosité due à l'agrégation est forte, mais chaque agrégat semble effectivement n'avoir qu'une porosité interne très réduite.

Il en est donc pour ces sols comme pour ceux que caractérise la dominance de la kaolinite : la frac-

tion limoneuse ne constitue pas une réserve de minéraux inaltérés. Le dosage des éléments totaux sur l'argile et sur le sol entier sont nécessaires pour donner une signification à la présence de limons dans le sol. Peu d'analyses aussi complètes ont été faites sur les sols du Gabon. Ces premiers résultats qui viennent d'être exposés tendent à montrer que si subsistent parfois encore dans les sols des minéraux qui n'ont pas atteint le dernier stade de leur évolution, ils sont suffisamment fragmentés pour n'exister que dans la fraction la plus fine du sol. Par contre, les sesquioxides libérés tendent à s'agréger fortement et à passer dans les fractions granulométriques plus grossières.

COMPOSITION DE L'ARGILE

N°	Composition chimique						Minéraux identifiés par A.T.D. et Rayons X
	H <sub>2</sub> O+	Résidu	SiO <sub>2</sub> Silicates	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	
OPE 15	11,50	0,45	41,90	27,90	14,00	0,90	Hydromica - Goethite Traces métalloysite et gibbsite
OPE 33	10,20	0,60	44,60	24,20	13,80	0,90	Illite - Traces kaolinite Goethite
OPE 75	11,60	1,15	43,15	29,55	9,40	1,50	Hydromica - Kaolinite un peu de goethite

N°	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
OPE 15	2,55	1,93	0,32
OPE 33	3,12	2,28	0,36
OPE 75	2,48	2,06	0,20

COMPOSITION DU SOL TOTAL

N°	Gronulométrie				Composition chimique					
	Argile	Limon	Soble fin	Soble grossier	H <sub>2</sub> O+	Résidu	SiO <sub>2</sub> Silicates	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
OPE 15	67,4	18,7	13,2	0,7	10,05	30,60	28,85	20,75	10,55	1,20
OPE 33	59,7	25,5	10,3	4,5	9,10	26,80	27,40	18,35	13,20	0,35
OPE 75	33,3	14,2	49,7	2,5	5,10	63,65	14,75	11,90	3,70	0,15

N°	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
OPE 15	2,10	1,59	0,32
OPE 33	2,53	1,73	0,45
OPE 75	2,09	1,75	0,19

REPARTITION DES CONSTITUANTS PRINCIPAUX DU SOL  
SUIVANT LES FRACTIONS GRANULOMETRIQUES

N°	Argile				Limon et sable			
	Résidu	SiO <sub>2</sub> Silicates	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Résidu	SiO <sub>2</sub> Silicates	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
OPE 15	0,30	28,24	18,80	9,43	30,30	0,61	1,95	1,12
OPE 33	0,35	26,62	14,47	8,23	26,45	0,78	3,88	4,97
OPE 75	0,38	14,36	9,84	3,13	63,27	0,39	2,06	0,57

*sable*  
Limon et ~~argile~~

N°	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Gibbsite %
OPE 15	0,53	0,36	2,18
OPE 33	0,34	0,81	4,89
OPE 75	0,32	0,17	2,62

- II - LE COMPLEXE D'ECHANGE ET SON TAUX DE SATURATION

La liaison entre la nature des minéraux argileux et la capacité d'échange est très étroite. Les sols à kaolinite ont une faible capacité d'échange. En l'absence de méthodes plus précises qui ne sont pas pratiquées couramment, la capacité dosée sur le sol total est ramenée au pourcentage d'argile. On obtient ainsi pour les fractions argileuses à kaolinite des capacités d'échange comprises suivant les échantillons entre les chiffres extrêmes de 4 à 10 meq/100gr; ces chiffres correspondent bien à la capacité théorique, déjà assez variable, de la kaolinite. Les sols qui possèdent de l'illite ou des hydromicas ont une capacité d'échange beaucoup plus élevée; la capacité estimée pour l'argile passe suivant les échantillons de 15 à 30 meq.

Le degré de saturation est par contre toujours extrêmement faible dans les horizons non humifères, aussi bien pour les sols à kaolinite que pour les sols à illite. Pour ces horizons de profondeur non humifère, on obtient un degré de saturation de 2 à 3 % pour le profil WO 22, formé sur granite et à argile kaolinitique, comme pour le profil OPE 3 issus de marnes calcareuses et à argilles illitiques.

Dans les horizons de surface, la capacité d'échange et son degré de saturation sont plus variables. Ils dépendent de la matière organique et sont étroitement liés aux façons culturales et à l'évolution du couvert végétal. La matière organique, caractérisée par la dominance générale des acides fulviques sur les acides humiques et par un rapport carbone/azote peu élevé, a une capacité d'échange qui, estimée très approximativement, varie de 80 à 180 meq/100gr. Sous forêt très ancienne, la somme des bases échangeables est fortement diminuée par suite de leur assimila-

tion par les végétaux. La matière organique qui s'accumule ne pouvant être suffisamment saturée, contribue alors à acidifier la surface du sol qui peut voir son pH descendre jusqu'à 3,8. C'est le cas du profil WO 22. L'abattage de la forêt restitue au sol les éléments minéraux assimilés, et relève fortement le pH; cet effet reste sensible assez longtemps, sous recru forestier d'une dizaine d'année le pH est encore loin d'être revenu à la valeur primitive observée sous forêt ancienne. C'est ainsi que le profil OPE 3 prélevé après défrichement de la forêt, a un degré de saturation de 27 en surface, alors qu'il est seulement de 2 en profondeur. Seul le degré de saturation des horizons profonds qui ne participent pas aux cycles de la matière organique et minérale déterminés par l'état de la végétation, constitue une caractéristique stable.

Le degré de saturation de ces horizons profonds est toujours extrêmement faible. Un exemple des plus caractéristiques de cette saturation faible est donné par l'échantillon NGO IO97 provenant de l'horizon d'altération d'une roche cristalline très mélanocrate dans lequel subsistent beaucoup de muscovites, biotites et feldspaths. Les bases extraites par acide nitrique concentré à chaud sont en quantités très importantes. 171 meq de calcium sont ainsi extraits, mais sous forme échangeable n'existe que 0,11 meq de calcium, qui ne sature ainsi que pour à peine 2% une capacité d'échange de 5,6 meq.

La faible saturation du complexe d'échange apparaît donc indépendante de la réserve en bases et de la nature des minéraux argileux. On peut considérer que cette faible saturation est un caractère nettement climacique qui confère son unité à un ensemble de sols par ailleurs diversement évolués.

COMPLEXE D'ÉCHANGE ET TAUX DE SATURATION

		Capacité d'échange en meq		Bases échangeables en meq				Degré de saturation	pH (H <sub>2</sub> O)
		Sol	Argile	Ca	Mg	K	Na		
Sol d kaolinite	WO221	8,6		0,15	ε	0,16	0,03	4	3,8
	WO223	3,3	6,2	0,05	ε	0,02	0,03	3	4,5
	WO225	2,8	4,7	0,03	ε	0,02	0,01	2,1	4,6
Sol d illite	OPE 31	14,0		2,7	0,77	0,25	0,10		5,6
	OPE 33	17,2	28	0,20	0,02	0,07	0,07	2,0	5,0

NGO 1097 Horizon d'altération d'une roche mélanocrate

Bases totales en meq				Bases échangeables en meq				Capacité d'échange en meq	Taux de saturation
Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na		
171,6	76,0	11,1	4,1	0,11	ε	0,02	0,03	5,7	2,8

- III - CONCLUSION

La classification des sols fait largement appel aux déterminations physico-chimiques. La nature des minéraux argileux, le degré d'individualisation des hydroxydes métalliques, l'état de saturation du complexe d'échange, entrent dans la définition des sols ferrallitiques, et sont utilisés dans la distinction des Groupes et Sous groupes.

Les sols qui n'ont d'autres silicates que la kaolinite, qui possèdent des quantités plus ou moins importantes de gibbsite, et dont le complexe d'échange est très désaturé, peuvent être classés parmi les sols fortement ferrallitiques ou parmi les sols ferrallitiques lessivés en bases. C'est le cas des profils WO 22 et KO 7 qui ont été examinés ici. De tels sols sont fréquents dans les pays équatoriaux, ils trouvent facilement leur place dans la classification des sols.

Le cas des sols à complexe d'échange également très désaturé mais qui conservent des silicates altérables comme le profil KO I, ou dont les argiles sont à réseau 2/1 comme les profils OPE I et 3, sont par contre difficiles à classer. En effet, les sols faiblement ferrallitiques, s'ils peuvent posséder de tels minéraux silicatés, ont dans leurs horizons B un taux de saturation qui peut atteindre 40% et qui est donc considérablement plus élevé que celui des sols que nous venons d'étudier.

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

- AUBERT (G.) - Cours de Pédologie - O.R.S.T.O.M.  
- Classification pédologique utilisée par  
les pédologues français - Cahiers O.R.  
S.T.O.M. 1963
- BOTELHO DA COSTA (J.V.), POVOAS (J.C.) - pH-base satu-  
ration relationship for ferrallitic,  
tropical ferrallitic and tropical semi  
arid soils of Southern Angola - 3e Conf.  
Interafric. des sols 1959
- d'HOORE (J.) - Carte des sols de l'Afrique au 1/5.000.000  
Sols Africains 1964
- FAUCK (R.) - Les Sous-groupes des sols ferrugineux  
tropicaux lessivés à concrétions 4e Conf.  
Interafric. des sols 1963
- PAQUET (H.), MAIGNIEN (R.), MILLÔT (G.) - Les argiles des  
sols des régions tropicales semi-humides  
d'Afrique Occidentale - Bull. Serv. Carte  
géol. Als.Lorr. 1961
- SEGALEN (P.) - Etude des sols dérivés de roches volca-  
niques basiques à Madagascar - Mém. Inst.  
Sc. de Madagascar 1957
- Van WAMBEKE (A.) - Le rapport limon/argile, mesure  
approximative du stade d'altération des  
matériaux originels des sols tropicaux  
3e Conf. Interafr. des sols 1959