

Les sols rouges de la partie nord du bassin du Wabi Schebelle (Ethiopie)

G. RICHÉ

*Anciennement à la mission française d'étude du Wabi Shebelle,
actuellement Université Fédérale de Bahia à Salvador (Brésil)*

P. SÉGALEN, P. QUANTIN et M. LAMOUREUX

*Services Scientifiques Centraux
Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
93140 BONDY (France)*

RÉSUMÉ

Trois sols rouges ont été examinés à proximité de Harar (Ethiopie). Les échantillons prélevés ont été étudiés par les voies chimiques et physiques classiques, les sables ont été examinés par des techniques pétrographiques, les argiles par analyse chimique et par diffraction des rayons X. Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence un certain nombre de caractéristiques :

— les trois profils présentent une discontinuité à un niveau déterminé. Pour l'un d'eux la discontinuité est proche de la surface, avec une stone-line, pour le deuxième, elle est très profonde, sans stone-line, pour la troisième, la discontinuité n'est pas discernable à l'œil et a été mise en évidence par l'analyse des sables.

— tous les profils contiennent de l'illite. Il est difficile d'envisager une autre origine que la genèse dans le profil,

— des différences de structure frappantes existent entre les divers sols. Elles ne peuvent pas être expliquées à partir des constituants minéraux.

Tous ces sols doivent être considérés comme fersiallitiques.

ABSTRACT

Three red soils have been examined near Harar (Ethiopia). The samples taken have been studied by classical physical and chemical analysis. The sands have been examined by petrographic techniques, the clays by chemical analysis and X-ray diffraction. From the results obtained it can be concluded that some conspicuous characteristics are :

— the three profiles show up a sharp discontinuity at a different level. For one of them the discontinuity is near the surface with a stone-line ; as for the second, it is very deep-set, and without a stone-line. As for the third discontinuity, it cannot be distinguished at first sight ; it can only be shown by petrographic examination of the sands,

— the three profiles contain illite. It is difficult to consider another origin than genesis in the profile,

— striking structure differences exist in the various soils. They cannot be explained only by the mineral constituents.

All these soils must be considered as fersiallitic.

PLAN

1. Introduction
2. Données générales sur les sols étudiés
 - 2.1. Localisation des sols et caractéristiques de l'environnement
 - 2.2. Morphologie
 - 2.3. Méthodes analytiques
 - 2.4. Caractéristiques physiques et chimiques
 - 2.5. Caractéristiques minéralogiques des sables et argiles
3. Discussion
4. Conclusion
5. Bibliographie

I. INTRODUCTION

Au cours de la prospection effectuée dans le Bassin du Wabi Shebelle, différents sols ont été classés après examen détaillé des horizons : couleur, épaisseur, structure et consistance, en sols fersiallitiques et en sols ferrallitiques.

Or, les données analytiques (physiques, chimiques et minéralogiques) obtenues plus d'un an après la prospection n'ont pas permis de confirmer la classification effectuée sur le terrain d'après les seuls critères morphologiques.

Il a donc paru intéressant de réunir ces données morphologiques et analytiques et de les comparer avec celles de sols semblables observés dans d'autres régions.

2. DONNÉES GÉNÉRALES SUR LES SOLS ÉTUDIÉS

2.1. Localisation des profils et caractéristiques de l'environnement

Les trois profils sélectionnés pour cette étude sont situés dans la partie nord-ouest du bassin du Wabi Shebelle (fig. 1) dans une région d'altitude comprise entre 1 000 et 2 000 m formant la ligne de partage des eaux entre les bassins de l'Awash au nord et du Wabi Shebelle au sud.

Le régime climatique de la ville de Harar, localité principale de la région, est bien connu et présente les caractéristiques suivantes :

— les précipitations annuelles sont de l'ordre de 900 mm et tombent en 7 mois de mars à octobre,

— la température moyenne mensuelle est modérée, et elle varie peu : de 18°4 à 20°5. Température et amplitude faibles sont dues, d'une part à l'altitude et d'autre part à la proximité relative de l'Equateur.

D'après le climogramme de PEGUY (1961), l'année climatique peut se décomposer comme suit : 3 mois pluviothermiques, 4 mois optimum, 5 mois arides. C'est un climat de transition entre les climats méditerranéen et tropical.

Les conditions climatiques varient dans la zone étudiée, la région de Harar pouvant être considérée comme médiane. En effet, vers l'est dans les régions de Babile et Jijiga les précipitations diminuent sensiblement (jusqu'à 600 mm) alors que la température moyenne augmente. Vers l'ouest par contre, dans la région de Gelemso, la pluviosité atteint 1 200 mm la température moyenne restant sensiblement égale à celle de la région de Harar.

La végétation naturelle est la forêt à *Podocarpus gracilor* et *Juniperus procera* dans les régions d'Harar et de Gelemso. Elle a pratiquement disparu pour faire place à la culture et aux pâturages sauf sur les pentes fortes des montagnes où l'on observe encore de très beaux boisements naturels.

Dans la région de Babile où le climat est beaucoup plus sec, la forêt occupe par contre une grande extension : c'est une forêt sèche à dominance d'Acacias.

Les roches-mères appartiennent à quatre familles : basaltes, calcaires, grès et granito-gneiss. Elles sont cependant très variées par leur composition et leur origine. Par ordre chronologique, on observe la succession suivante :

— des granites et des gneiss antécambriens. Ils affleurent notamment dans la région de Babile en formant de grands chaos,

— les grès d'Adigrat, d'âge liasique, peu épais, issus de l'érosion du socle cristallin, quartzo-feldspathiques. Très tendres, ils n'apparaissent que par places, soit protégés par les calcaires sus-jacents, soit à la base des ravins d'érosion recouverts par un épais manteau d'altération (région d'Harar),

— les calcaires de Kebri-Dahar, d'âge jurassique, épais de 300 à 800 m. Formés de calcaires fins très durs, ils sont largement représentés dans le sud du

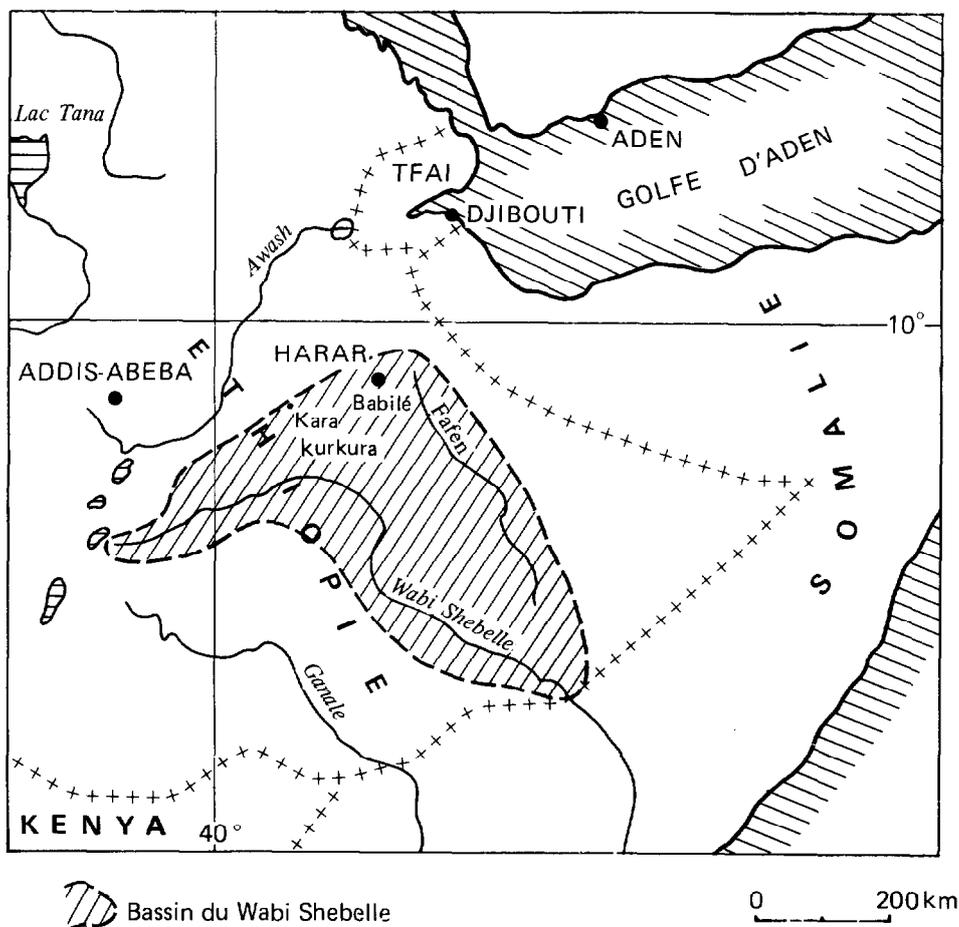


FIG. 1. — Emplacement des profils étudiés.

bassin. Dans la région étudiée, il n'en subsiste que quelques buttes témoins (régions de Harar et de Babilé),

— les trapps basaltiques d'âge tertiaire, roches de coulées très fluides intercalées entre des tufs. Ils couvrent le paysage à l'est et à l'ouest de la région étudiée.

Le modelé est accidenté avec les versants convexo-concaves. Les vallées à fond plat « suspendues » et à drainage réduit vers le Nord, se transforment brutalement vers le sud, après des chutes ou des rapides en de véritables cañons qui découpent l'ancien relief. Ainsi, l'érosion intense qui se poursuit encore aujourd'hui laisse à penser que toute cette région a été soulevée au début Quaternaire au moment de la for-

mation de la branche de la Rift Valley occupée aujourd'hui par l'Awash.

L'âge des sols est difficile à évaluer. Cependant leurs caractéristiques morphologiques et physico-chimiques paraissent indiquer qu'ils se sont formés dans des zones plus basses sous des conditions de climat chaud et diversement humides et portés ensuite en altitude par les mouvements tectoniques du Quaternaire.

2.2. Morphologie des sols étudiés

Parmi les sols examinés, les trois profils suivants sont considérés comme représentatifs :

PROFIL 2-42

Localisation : Route de Kuni à Bedessa à 4 km à l'est du village de Karakurkura.

Végétation : arbustive avec tapis graminéen dense.

Pente : modérée vers le sud.

Drainage : bon.

- 0-30 cm Brun rouge foncé (5 YR 3/3 sec) ; argileux, grumeleux moyen, bien développé ; ferme au toucher ; radicelles nombreuses ; transition graduelle et régulière avec
- 30-90 cm Brun rouge foncé (5 YR 3/3 sec) ; argileux ; polyédrique fin, bien développé ; friable, radicelles nombreuses ; transition graduelle et régulière avec
- 90-350 cm Brun rouge foncé (2,5 YR 2/4 sec) ; argileux ; polyédrique moyen à grossier, bien développé ; friable ; petites racines nombreuses ; transition graduelle et régulière avec
- 350-600 cm Brun rouge foncé (2,5 YR 2/4 sec) ; argileux ; polyédrique moyen à grossier, bien développé ; friable ; quelques radicelles et grosses racines ; quelques petites concrétions noires assez tendres ;
- 600 cm et + Basalte altéré en boules ; au centre éléments de teinte bariolée avec écailles.

Ce profil présente un horizon humifère passant graduellement à un horizon (B) brun rouge foncé, argileux, friable, puis à horizon d'altération où subsistent des boules de basaltes. Il a été classé sur le terrain comme sol ferrallitique typique, en raison de l'épaisseur du profil, de la couleur et de la structure de l'horizon (B), et du type d'altération.

PROFIL 3-67

Localisation : aux limites nord-ouest de la ville d'Harar.

Végétation : pelouse pâturée et Eucalyptus.

Pente : 6 % vers le nord.

Erosion en lavaka intense.

- 0-10 cm Brun-rouge foncé (2,5 YR 3/4 sec) ; argileux ; structure en plaquettes moyenne (due aux tassements), passant à polyédrique émoussée moyenne, bien développée ; ferme ; radicelles nombreuses ; transition rapide et régulière avec
- 10-50 cm Brun-rouge foncé (2,5 YR 3/4 sec) ; argileux ; structure prismatique moyenne bien développée, éléments séparés par des fentes de 1 mm de large et très nombreuses ; ces éléments se séparent aisément à la main en fragments prismatiques de plus en plus fins à faces luisantes ; assez friable, passage graduel et régulier avec
- 50-470 cm Rouge foncé (10 R 3/3 sec) ; argileux ; structure prismatique moyennement développée, se séparant en polyèdres moyens, très bien développés ; les éléments structuraux sont très brillants ; transition nette et régulière avec

470-800 cm Brun-rouge ; grès en voie d'altération, sans relation génétique apparente avec la partie supérieure du profil.

Ce sol a été classé sur le terrain comme sol fersiallitique en raison de ses caractères structuraux. La partie supérieure du profil (0 à 470 cm) est considérée comme un recouvrement sur le grès altéré.

En effet, bien que l'on n'observe pas de stone-line, la variation brusque de la granulométrie à 470 cm indique une nette discontinuité dans les matériaux originels.

PROFIL 3-57

Localisation : à 2,2 km à l'ouest de Babile.

Plateau faiblement ondulé dominé par des chaos granitiques de place en place.

Végétation : pelouse graminéenne dense.

- 0-40 cm Brun (7,5 YR 5/4 sec) ; sableux à sable grossier dominant ; graviers de quartz anguleux translucide et feldspaths blanchis ; friable à sec ; racines fines denses ; transition graduelle et régulière avec
- 40-90 cm Brun-rouge (5 YR 5/4) ; sablo (grossier)-argileux ; petites fentes de retrait de 1 à 2 mm de largeur délimitant des prismes se débitant en agrégats polyédriques émoussés moyens, bien développés ; transition brusque.
- 90-110 cm Graviers de quartz anguleux et feldspaths blancs ; micas noirs mordorés ; sec, assez friable ; radicelles assez nombreuses ; transition rapide et régulière avec
- 110-180 cm Alternance de granite altéré bariolé avec poches de sol rouge (2,5 YR 4/6) friable ; quelques radicelles transition graduelle et irrégulière avec
- 180 et + granite altéré à structure conservée un peu humide, friable.

Ce profil présente un horizon humifère, un horizon B brun rouge à structure prismatique, un horizon graveleux et un horizon d'altération.

Le sol a été classé sur le terrain en fersiallitique. En effet, la structure prismatique laisse penser qu'à côté d'hydroxydes de fer, il existe une quantité notable de minéraux argileux de type 2/1.

Cet ensemble de données morphologiques avait donc permis de proposer pour chaque sol l'appartenance à une classe ou sous-classe de sols.

2.3. Méthodes analytiques

Les méthodes physiques et chimiques utilisées sont celles des laboratoires de pédologie de l'ORSTOM. Les analyses ont été réalisées au laboratoire des sols du Water Resources Department à Addis Abeba sous la direction de J.O. JOB.

Analyse mécanique avec dispersion par l'hexamétophosphate de sodium, matière organique totale par oxydation suivant la méthode Walkley et Black, l'azote par une attaque sulfurique de type Kjeldahl ; le pH est mesuré par potentiomètre à électrode de verre avec un rapport sol/eau de 1/2,5 ; les bases échangeables sont extraites par l'acétate d'ammonium (N) ; la capacité d'échange de bases est déterminée après déplacement de l'ammonium fixé par l'acétate.

L'examen des sables, identification et comptage, a été effectué au laboratoire de géologie des S.S.C. de l'ORSTOM par Mme DELAUNE ; les minéraux argileux ont été déterminés par G. FUSIL au laboratoire de spectrographie des S.S.C. à l'aide d'un appareil C.G.R. à anticathode de cobalt. L'analyse centésimale de la fraction argile a été réalisée au laboratoire de chimie des S.S.C. sous la direction de P. PELLOUX, par attaque triacide.

2.4. Caractéristiques physiques et chimiques (Tableau 1)

Granulométrie. Les trois profils ont des caractéristiques différentes. Le profil de Karakurkura sur basalte présente une répartition des différentes fractions granulométriques relativement homogène sur les six premiers mètres : l'argile dépasse 70 %, tandis que le limon fin est compris entre 11 et 15 %.

Le profil de Harar présente une répartition encore relativement homogène sur les cinq premiers mètres avec des teneurs en argile comprises entre 45 et 55 % et en limons fins de 12,1 à 15,8 %. Au-dessous de cinq mètres, la teneur en argile descend à 22 % alors que celle des sables totaux dépasse 60 % ce qui correspond bien à la discontinuité morphologique observée sur le terrain.

Le profil de Babilé présente de très fortes variations granulométriques. Les teneurs en argile, faibles en surface (11 %), atteignent 24 % dans l'horizon B.

Les teneurs en matière organique varient dans les horizons de surface de 4,1 à 2,1 %. Le sol le plus humifère est celui qui provient de la région la plus humide ; le moins humifère est celui de la région la plus sèche. Les horizons humifères de Babilé de Harar se classent comme « pallides », celui de Karakurkura comme « mélanique » (1).

Le pH est pratiquement neutre dans les profils de Karakurkura et Harar, dépasse par contre 8,0 en profondeur dans le profil de Babilé.

Le complexe absorbant est toujours bien pourvu en calcium et en magnésium ; les taux de potassium

(1) FAO - 1968 - Definitions of soil units for the soil map of the world.

World soil resources reports n° 33, 72 p.

TABLEAU 1

Résultats de l'analyse physique et chimique sur les trois sols 2-42, 3-67, 3-57

	N° du profil	Prof. en cm	Arg. (%)	Lim. F (%)	Lim. G (%)	Sable F (%)	Sable G (%)	Hum. (%)	Mat. Org. (%)	N (‰)	pH		mé/100 g						V (%)
											H ₂ O	KCl	Ca	Mg	K	Na	S	T	
Karakurkura	2-421	0-30	67,3	15,0	5,1	3,0	1,1	5,0	4,1	0,25	6,9	—	18,0	10,0	0,7	0,3	29,0	56,0	51
	422	30-40	71,2	13,3	5,2	3,0	0,5	5,2	1,9	0,16	6,8	—	17,0	10,0	0,6	0,4	28,0	37	76
	423	90-170	74,3	11,4	3,2	2,5	0,5	5,4	1,6	0,09	6,9	—	16,0	9,0	0,6	0,4	26,0	35	75
	424	170-350	75,2	15,3	3,1	1,5	0,5	5,0	0,5	0,04	7,0	—	15,0	10,0	0,6	0,4	26,0	33	78
	425	350-500	75,1	11,4	3,0	3,1	4,0	5,4	0,4	0,03	7,1	—	15,0	9,0	0,7	0,4	25,0	32	78
Harar	3-671	0-10	55,0	12,1	5,3	11,9	5,3	7,0	3,5	0,50	7,2	6,0	18,3	9,2	0,4	0,1	28,0	28,0	100
	672	10-50	52,0	14,1	5,5	12,3	5,2	7,5	2,0	0,10	6,8	5,5	15,3	9,5	0,3	0,2	25,3	25,5	100
	673	50-200	45,1	15,8	6,4	15,8	7,5	8,8	0,3	—	6,7	5,6	10,0	7,7	0,2	0,2	18,1	17,6	100
	674	200-490	54,3	14,3	3,0	14,9	5,8	9,2	0,1	—	6,6	5,6	8,3	6,4	0,2	0,1	15,0	16,2	92
	675	500-800	21,9	13,1	2,8	26,3	31,4	3,6	—	—	6,5	5,5	4,1	4,7	0,1	0,1	9,0	—	—
Babilé	3-571	0-40	11,0	7,5	8,7	0,2	65,6	2,4	2,1	0,12	7,7	6,7	7,1	4,0	0,5	0,1	11,7	11,0	100
	572	40-100	24,0	7,5	6,0	17,0	40,2	3,8	1,2	0,08	7,5	6,2	11,8	6,0	0,3	0,2	18,3	18,0	100
	573	100-180	10,0	4,2	6,0	8,2	67,0	3,4	0,6	0,05	8,0	7,1	27,7	5,0	0,2	0,1	33,0	—	—
	574	180-250	2,0	8,4	6,1	17,5	65,0	1,4	—	—	7,8	6,9	11,2	4,0	0,1	0,1	16,1	—	—

et sodium restent faibles. La somme des bases échangeables est comprise entre 15 et 30 mé/100 g. Le profil de Babilé montre une répartition irrégulière des bases qu'on peut mettre en relation avec la granulométrie. Le degré de saturation est de 75-80 % pour le profil de Karakurkura, de 100 % pour les deux autres.

2.5. Caractéristiques minéralogiques des sables et des argiles

Les études ont porté sur les sables (fraction comprise entre 50 et 500 μ) et sur l'argile (fraction < 2 μ).

L'examen de la fraction sableuse (tableau 2) donne les indications suivantes :

le profil 2-42 (Karakurkura) montre deux parties distinctes. La partie supérieure (horizons 2-421 et 2-422), contient des minéraux de roches volcaniques tels que pyroxènes et amphiboles et des minéraux ubiquistes. La fraction légère contient un peu de quartz et du verre. La partie inférieure (2-423 et 424) contient très peu de minéraux lourds. Il subsiste encore quelques minéraux résistants et quelques hornblendes. La fraction légère contient le quartz.

Ce profil comprend deux parties : la partie supérieure, qui contient des minéraux altérables en quantité notable, paraît plus jeune que la partie inférieure où l'altération est beaucoup plus avancée. Il y aurait donc eu mise en place de roches volcaniques en deux temps. Mais la présence de tourmaline, rutile et

TABLEAU 2

Composition des minéraux lourds de différents horizons des sols étudiés.
Pourcentages de minéraux transparents dans la fraction 50 à 500 μ .

N° Ech.	Hyper- sthène	Pyroxène monocl.	Horn- blende	Epidote	Stauro- tide	Grenats	Tourma- line	Rutile	Anatase	Zircon	Monazite	% de minéraux lourds du sol total
2-421	1	2	23	45			5	4		18	1	1,4
2-422	1	10	22	43	2		12	2	1	6		0,5
2-423			+	++			++	+		++		0,8
2-424		+	++		+		+	++		++		0,4
3-672			36	17			7	5	+	35	+	0,3
3-674										++		
3-571			40	13		3				25	19	1,7
3-572	+		53	6		2	1	+	3	21	14	1,5
3-573			36	3		2			1	39	19	0,8
3-574	2		22	5		1			3	40	27	0,8

zircon indiquerait une contamination par un autre matériau.

Le profil 3-67 comprend lui aussi deux parties distinctes : la partie supérieure (3-672) est caractérisée par une association hornblende-épidote-zircon dont l'origine n'est pas connue, tandis que la partie inférieure (3-674), dérivée de grès, ne contient que du quartz.

Le profil 3-57 est homogène du point de vue des minéraux lourds qui proviennent tous des granito-gneiss du socle. Le remaniement du sol, souligné par une stone-line ne se traduit pas par une variation notable des constituants ; les parties supérieure et inférieure sont donc bien issus de la même roche.

L'examen des fractions argile a été effectué par diffraction des rayons X (tableau 3), et par analyse chimique (tableau 4).

Le profil 2-42 (Karakurkura) contient de la métahalloysite et de l'illite ouverte, minéral argileux caractérisé par un pic à 10 Å, dissymétrique et ouvert vers les petits angles (LUCAS, 1962). Il témoigne, en ce qui concerne les minéraux argileux d'une grande similitude dans tous les horizons.

Le profil 3-67 (Harar) n'a été échantillonné que dans la partie supérieure, il ne montre aucun changement avec la profondeur. Il contient de la métahalloysite et de l'illite.

TABLEAU 3
Contenu de la fraction argileuse

N° Echantillon	Minéraux argileux	Oxydes et hydroxydes
2-421	Métahalloysite, Illite ouverte	Hématite
422	Métahalloysite, Illite ouverte	Hématite
423	Métahalloysite, Illite ouverte, traces minéral 14 Å	Hématite
424	Métahalloysite, Illite ouverte	Hématite
425	Métahalloysite, traces Illite ouverte	Hématite
3-672	Métahalloysite, Illite	Hématite
673	Métahalloysite, Illite	Hématite
674	Métahalloysite, Illite	Hématite
3-571	Illite, Kaolinite ou Fire-Clay, traces de Montmorillonite	Hématite peu importante
572	Illite, Kaolinite ou Fire-Clay, Montmorillonite peu impor- tante	Hématite — —
573	Illite, Montmorillonite, Kaolinite ou Fire-Clay	Hématite — —
574	Montmorillonite, Kaolinite ou Fire-Clay, Illite	Hématite — —

TABLEAU 4
Composition centésimale de fraction argile (< 2 µ) extraite des trois profils étudiés

Echan- tillon	Résidu (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	MnO (%)	CaO (%)	MgO (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	Perte au feu (%)	Total (%)	$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$
2-423	1,00	39,4	26,2	15,5	1,5	0,1	0,25	0,70	1,03	0,34	12,9	98,9	2,54
3-674	0,80	41,5	28,5	13,6	1,3	0,1	0,32	0,74	1,43	0,36	10,6	99,2	2,47
3-572	0,98	44,7	26,2	10,8	1,15	0,1	0,31	1,94	1,70	0,50	10,8	99,2	2,89

Le profil 3-57 (Babilé) est le seul à montrer une évolution des minéraux argileux. La montmorillonite, qui apparaît à la base du profil, disparaît graduellement lorsqu'on approche de la surface.

Les échantillons extraits des trois profils montrent une grande similitude de composition centésimale. Ils contiennent de 1,0 à 1,7 % de potasse, ce qui peut correspondre à des teneurs en illite variant de 14 à 24 %.

3. DISCUSSION

Ces trois sols rouges qui s'échelonnent sur environ 200 km, présentent les principales caractéristiques suivantes :

- discontinuité à un niveau déterminé,
- présence d'illite qui pose le problème de son origine,
- structure fragmentaire.

a) Discontinuité des profils

Le profil 2-42 (Karakurkura) ne montre pas de discontinuité morphologique. Il en apparaît une cependant à l'examen minéralogique des sols, vers 80 cm de profondeur. La partie supérieure contient des minéraux altérables : pyroxènes, hornblendes, épidotes, tandis que la partie inférieure n'en contient que des traces. On pourrait penser à l'altération successive de deux roches volcaniques de nature assez voisine, dont la plus récente, en surface n'est pas encore totalement altérée.

Par contre, il existe dans les deux parties du profil, des minéraux comme tourmaline, rutile et zircon qui pourraient correspondre à une contamination par des éléments d'autres roches, suivant un mécanisme difficile à préciser. Quoiqu'il en soit, ce profil d'apparence homogène, s'est probablement développé dans les matériaux d'altération de deux roches de nature voisine.

Le profil 3-67 présente, au contraire, une discontinuité bien visible vers 5 m de profondeur. Un matériau argilo-sableux recouvre l'altération des grès d'Adigrat. Cette observation de terrain est confirmée par l'examen de la nature des sables. La partie supérieure qui contient hornblende et épidote, associés à tourmaline, rutile et zircon, fait penser à l'altération d'une roche basique, contaminée par des matériaux issus d'autres roches provenant des sommets qui couronnaient les environs de Harar. Elles auraient maintenant disparu. La partie inférieure du profil dérive de l'altération du grès d'Adigrat ; seuls y sont observés du quartz et quelques zircons. Le passage d'un niveau à l'autre n'est pas matérialisé par un niveau de cailloux, comme cela est fréquent dans l'Harar (RICÉ et SÉGALEN, 1973 *b*). Il s'agit d'un profil complexe développé dans deux matériaux différents.

Le profil 3-57 comme le précédent, présente une discontinuité nette, mais soulignée par une stone-line vers 90-110 cm. Le contenu des sables est ici assez homogène. Tous les horizons contiennent des hornblendes, de l'épidote, des grenats, de l'anatase, du zircon et de la monazite. L'origine de ces minéraux peut être attribuée au socle sous-jacent. Cependant, il s'agit bien ici d'un sol remanié. Une partie du profil s'est développée dans un matériau ayant subi un léger transport, mais analogue à celui de la partie inférieure.

Les différences ou similitudes dont le contenu minéralogique de la fraction 50-500 μ donne des indications intéressantes sur le mode de formation des sols. Dans le cas du profil 2-42, il fait apparaître une discontinuité qui n'avait pas été reconnue sur le terrain. Par contre, il pose le problème de l'origine de certains minéraux. On ne peut avancer que des hypothèses non vérifiables.

b) L'origine de l'illite

Ce minéral est présent dans tous les profils ; dans le 2-42, il s'agit d'une illite ouverte. Les analyses centésimales des fractions argile (< 2 μ) permettent d'estimer sa teneur à 14-24 %.

Des déterminations sur les principaux sols du bassin

par des observations très dispersées, ont montré que sur neuf profils examinés, huit contenaient de l'illite. Il est certes hasardeux de généraliser à partir d'un si petit nombre de déterminations. Toutefois, il faut se rappeler encore qu'à l'extrémité ouest du même bassin (RICÉ et SÉGALEN, 1973 *a*), l'illite est présente aussi et en abondance, dans les chernozems de la plaine du Gédébe. Dans ce cas, l'illite apparaît synthétisée dans le sol après altération du verre d'un tuf andésitique.

Il est difficile d'envisager un héritage, d'y voir un résidu micacé de petite taille (TARDY, 1969), comme c'est le cas dans les sols ferrallitiques dérivés de roches plutoniques ou métamorphiques (CHATELIN, 1964). Il ne s'agit pas davantage de l'héritage d'une roche-mère calcaire, comme cela se produit dans certains sols du Liban (LAMOUREUX, 1972). L'hypothèse d'une pollution par des poussières d'origine éolienne, qui a été envisagée par TAMURA, JACKSON et SHERMAN (1953) puis par DYMOND, BISCAYE et ROBERT (1974) pour les sols des Hawaii, ne saurait être retenu. En effet, l'illite n'est pas présente seulement à la partie supérieure des profils, mais dans l'ensemble de ceux-ci, et certains ont plusieurs mètres d'épaisseur.

On est donc conduit à proposer l'hypothèse de la synthèse du minéral dans le profil. SWINDALE et UEHARA (1966), puis JUANG et UEHARA (1968), ont estimé que dans certains sols des Hawaii l'illite pouvait être formée dans le sol à partir de solutions. Il apparaît vraisemblable que l'illite est synthétisée dans les profils à partir de minéraux, comme les feldspaths, susceptibles de fournir les éléments nécessaires à sa formation.

c) *Les caractéristiques structurales des divers profils* sont assez différentes. Dans le profil 2-42, la structure est polyédrique émoussée fine jusqu'à 90 cm, puis moyenne à grossière. Ce sol contient des pseudosables qui lui confèrent très probablement sa consistance friable. Le profil 3-67 a une structure prismatique se séparant en polyèdres luisants. Le profil 3-57 présente une structure prismatique nette.

La relation entre la structure et la nature minéralogique des argiles, n'apparaît pas toujours nettement. Si le profil 3-57 contient une smectite, à laquelle on peut attribuer la structure prismatique du B, par contre les deux premiers sols qui contiennent métahalloysite, illite et hématite présentent des différences structurales nettes. Ces variations structurales sont donc dues à d'autres causes, comme une organisation interne différente des constituants.

4. CONCLUSIONS

L'étude détaillée de trois profils, prélevés en Ethiopie (région de Harar), démontre l'intérêt de certains examens de laboratoire dont les résultats ne confirment pas les observations du terrain. Elle soulève également des problèmes nouveaux : origine des matériaux, genèse de l'illite, genèse de la structure, problèmes qui n'ont d'ailleurs pas été encore résolus.

De plus, cette étude soulève le problème des relations entre les sols observés et les conditions actuelles de l'environnement. Les sols étudiés ont sans doute une histoire dont on ne saisit qu'une partie très faible. La région a été le théâtre d'événements tectoniques importants, accompagnés de variations climatiques. A l'heure actuelle, les conditions climatiques sont intermédiaires entre celles des milieux tropical et méditerranéen. On sait encore peu de choses sur l'effet qu'un tel type de climat s'exerçant pendant un temps inconnu, peut avoir sur l'altération des roches et la différenciation pédologique. Ces conditions climatiques ne semblent pas permettre le dévelop-

pement d'altérations aussi profondes que celles observées ici. Leurs caractéristiques morphologiques, physiques, chimiques et minéralogiques ne correspondent pas à celles des sols ferrallitiques (AUBERT et SÉGALEN, 1966), observées à des latitudes identiques en Afrique Occidentale ou Centrale mais à une altitude plus basse. Ils ne présentent pas d'horizon d'altération très puissant, pas de concrétionnement, ni de cuirassement. Leur caractéristique commune est une abondance constante de minéraux argileux 2/1 et 1/1 à côté des oxydes de fer. Ces sols se rapprochent de ceux observés par LAMOUREUX (1972) dans les régions subhumides du Liban, par MARTIN, SIEFFERMANN et VALLERIE (1966) dans le nord du Cameroun, par QUANTIN (1972) dans les parties les plus sèches de l'île de Vaté aux Nouvelles Hébrides. Nous trouvons là des sols caractérisés par des minéraux argileux 1/1 et 2/1 et des oxydes de fer, minéraux qui sont probablement responsables de la structure particulière de ces sols prismatique ou polyédrique large. Ils contiennent encore un peu de minéraux altérables ; leur pH est proche de la neutralité, le calcium domine dans le complexe absorbant, qui est proche de la saturation ou saturé. Il s'agit donc bien de sols ferrallitiques saturés.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.), SÉGALEN (P.), 1966. — Projet de classification des sols ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, IV, 4 : 97-112.
- CHATELIN (Y.), 1964. — Notes de pédologie gabonaise. 3 Examens de quelques caractères physico-chimiques de sols typiques du Gabon. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, IV, 4 : 45-60.
- DYMOND (J.), BISCAYE (P.E.), REX (R.W.), 1974. — Eolian origin of mica in Hawaiian soils. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 85 : 37-40.
- JUANG (T.C.), UEHARA (G.), 1968. — Mica genesis in Hawaiian soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 32 : 31-35.
- LAMOUREUX (M.), 1972. — Etude de sols formés sur roches carbonatées ; pédogenèse ferrallitique au Liban. *Mém. ORSTOM*, n° 56. Paris, 266 p.
- LUCAS (J.), 1962. — La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation. Etude sur les argiles du Trias. *Mém. Serv. Carte Géol. Als-Lorr.* n° 23. Strasbourg, 202 p.
- MARTIN (D.), SIEFFERMANN (G.), VALLERIE (M.), 1966. — Les sols rouges du nord-Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, IV, 1 : 3-26.
- PÉGUY (Ch. P.), 1961. — Précis de climatologie. Masson et Cie, Paris, 348 p.
- QUANTIN (P.), 1972. — Archipel des Nouvelles-Hébrides. Sols et quelques données du milieu naturel ; Vaté, notice explicative, 1 carte h.t., ORSTOM, Paris, 22 p.
- RICHÉ (G.), SÉGALEN (P.), 1973a. — Les chernozems de la plaine du Gedeb (Province d'Arussi, Ethiopie). *Cah. ORSTOM sér. Pédol.*, XI, 1 : 19-27.
- RICHÉ (G.), SÉGALEN (P.), 1973b. — Les sols et le modelé dans le Nord-est du Bassin du Wabi Shebelle. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, XI, 3 : 237-248.
- SWINDALE (L.D.), UEHARA (G.), 1966. — Ionic relationships in the pedogenesis of Hawaiian soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 30 : 726-730.
- TAMURA (T.), JACKSON (M.L.), SHERMANN (G.D.), 1953. — Mineral content of low humic, humic and hydrol humic latosols of Hawaii. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 17 : 343-346.
- TARDY (Y.), 1969. — Géochimie des altérations. Etude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. *Mém. Serv. Carte Géol. Als-Lorr.* n° 31. Strasbourg, 199 p.