

CARACTERES ET GENESE DES PRODUITS D'ALTERATION SUR ROCHES
BASIQUES DE KIBAMBALE (Shaba, Zaïre) : ETUDE PRELIMINAIRE

Characters and genesis of weathering products on the basaltic rocks of Kibambale :
a preliminary study.

MASHALA Tumone*, MPIANA Kenababo* et MAKABU Kayembe**

ABSTRACT

Mantle rock on Kibambale dolerites presents two levels with quiet different characters. They have been inferred from morphological, mineralogical and geochemical investigations. They are in correlation with two weathering episodes.

The superficial zone is the remains of an ancient peneplaine with a kaolinite weathering. Ferrallitic products lying at the base of the profile are in relation with a very good drainage due to a relief rejuvenation. There is no relationship between the two levels even if the gibbsitisation has made been possible by the existence of the kaolinite level via the compress effect.

RESUME

L'étude des caractères morphologiques, minéralogiques et géochimiques des produits d'altération sur dolérites de Kibambale permet de définir deux niveaux géochimiques qui correspondent à deux épisodes de l'altération de ces roches.

La zone superficielle représente le vestige d'une ancienne pénéplaine qui aurait favorisé la genèse de la kaolinite. La ferallite à la base du profil se forme en conditions de très bon drainage induit par le changement du relief. Il n'y a donc pas de filiation entre les deux niveaux même si la gibbsitisation s'opère à la faveur du niveau kaolinique sus-jacent par effet de compression.

INTRODUCTION

Le "complexe doléritique" de Kibambale constitue vraisemblablement le plus grand ensemble des roches basiques affleurant au Shaba. DUMONT et CAHEN (1978) ont montré qu'il s'étend, en bordure sud-orientale de la chaîne kibarienne, sur près de 140 km de long couvrant ainsi les feuilles de Sampwe, Mitwaba et Pweto (fig. 1).

* Département de Géologie, UNILU, B.P. 1825, Lubumbashi (Zaïre)

** Département des Mines, UNILU, B.P. 1825, Lubumbashi (Zaïre)

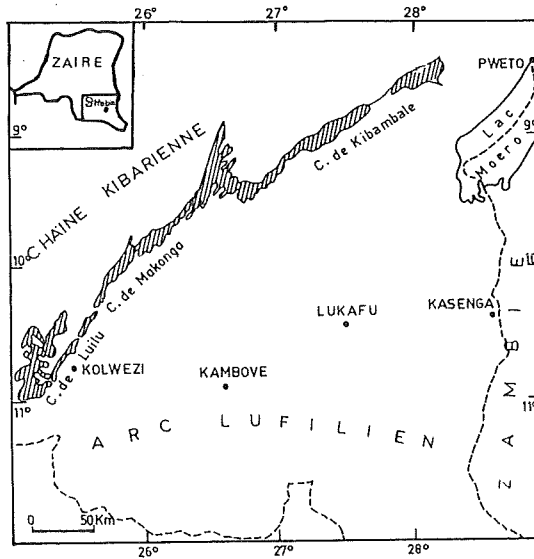


Fig. 1 : Le complexe de Kibambale dans le Shaba central

Il se présente comme une succession SW-NE de collines à sommet relativement plat, constituées essentiellement des dolérites surmontant un complexe sédimentaire d'âge Mwashya et une mixtite dite "inférieure", des laves basiques en coulées empilées, des basaltes en pillow-lavas associés à des hyaloclastites, des brèches et tufs volcaniques ainsi que des roches volcano-détritiques surmontées par la mixtite "supérieure" et de shales du kundelungu (MANTEKA *et al.*, 1985).

Le climat est tropical humide avec une saison sèche de cinq mois. La pluviométrie est de 1300 mm par an.

Soumis à un climat de type tropical qui aurait connu des fluctuations dans le temps et dans l'espace, l'ensemble de ces roches a été l'objet d'une altération ferrallitique assez importante. Les produits qui en résultent sont très caractéristiques. Ils se distinguent de ceux de formations adjacentes notamment par leur couleur rouge vif, propre aux sols formés sur roches basiques.

On se propose ici d'étudier les caractères minéralogiques et géochimiques d'un profil choisi au sommet d'une colline (27°20' E, 9° S) et de tenter d'en expliquer l'évolution.

L'étude est menée à plusieurs niveaux. Après les observations de terrain (description des profils), les échantillons prélevés ont été étudiés minéralogiquement et pétrographiquement selon les méthodes classiques, c'est-à-dire au microscope polarisant, et par diffraction des rayons X. Ensuite, ils ont été soumis à l'analyse chimique totale.

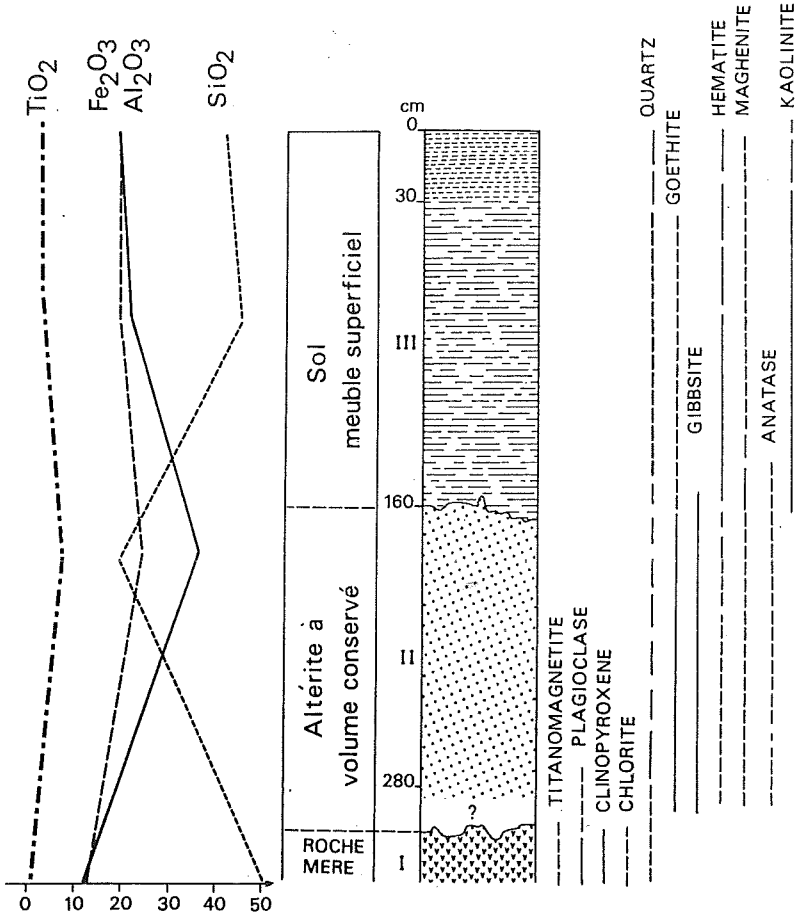


Fig. 2 : Structure, minéralogie et principales caractéristiques géochimiques des profils d'altération (profil K-7)

CARACTERES MORPHOLOGIQUES, PETROGRAPHIQUES ET MINERALOGIQUES DU PROFIL

On distingue de bas en haut du profil (fig. 2) :

- Horizon I : roche mère;
- Horizon II : altérite à volume conservé;
- 1- Horizon III : sol meuble superficiel.

a) La roche mère (I)

C'est une dolérite gris foncé, microgrenue, parfois légèrement "variolitique" mais généralement homogène. A l'affleurement, la dolérite se présente en blocs disloqués se débitant en fragments polyédriques qui s'altèrent en boules.

Au microscope polarisant, la dolérite présente une texture ophitique. Les cristaux trapus de clinopyroxènes sont parfois transformés partiellement en chlorite verte. Localement, ils sont aciculaires, frais, et s'organisent en rosettes qui dénoteraient une cristallisation un peu plus tardive. Les plagioclases en petites lattes de 0,1 à 1,34 mm de long ont une composition qui va de bytownites aux andésines et sont souvent transformés en albite (MANTEKA *et al.*, 1985). La chlorite, associée souvent au quartz et parfois à l'épidote, remplit les vacuoles de roches à faciès variolitique. Les minéraux opaques, peu abondants, sont des titanomagnétites dont la composition varie de Usp 57 à Usp 98,2 (MANTEKA *et al.*, 1985). Les clivages et les contacts entre les minéraux sont souvent soulignés par des exsudations de fer.

L'analyse minéralogique par diffraction des rayons X confirme la présence de tous ces minéraux à l'exception de l'épidote et de titanomagnétite qui n'apparaissent pas sur le diagramme de poudre, probablement à cause de leur faible teneur (fig. 3 A).

Il apparaît donc que la roche mère doléritique a été l'objet d'une transformation minéralogique après sa mise en place et avant son altération superficielle. Cette transformation, qui relève probablement d'un métamorphisme léger, se traduit par la néoformation de chlorite, d'épidote et même de quartz, et décale la composition des plagioclases vers le pôle acide.

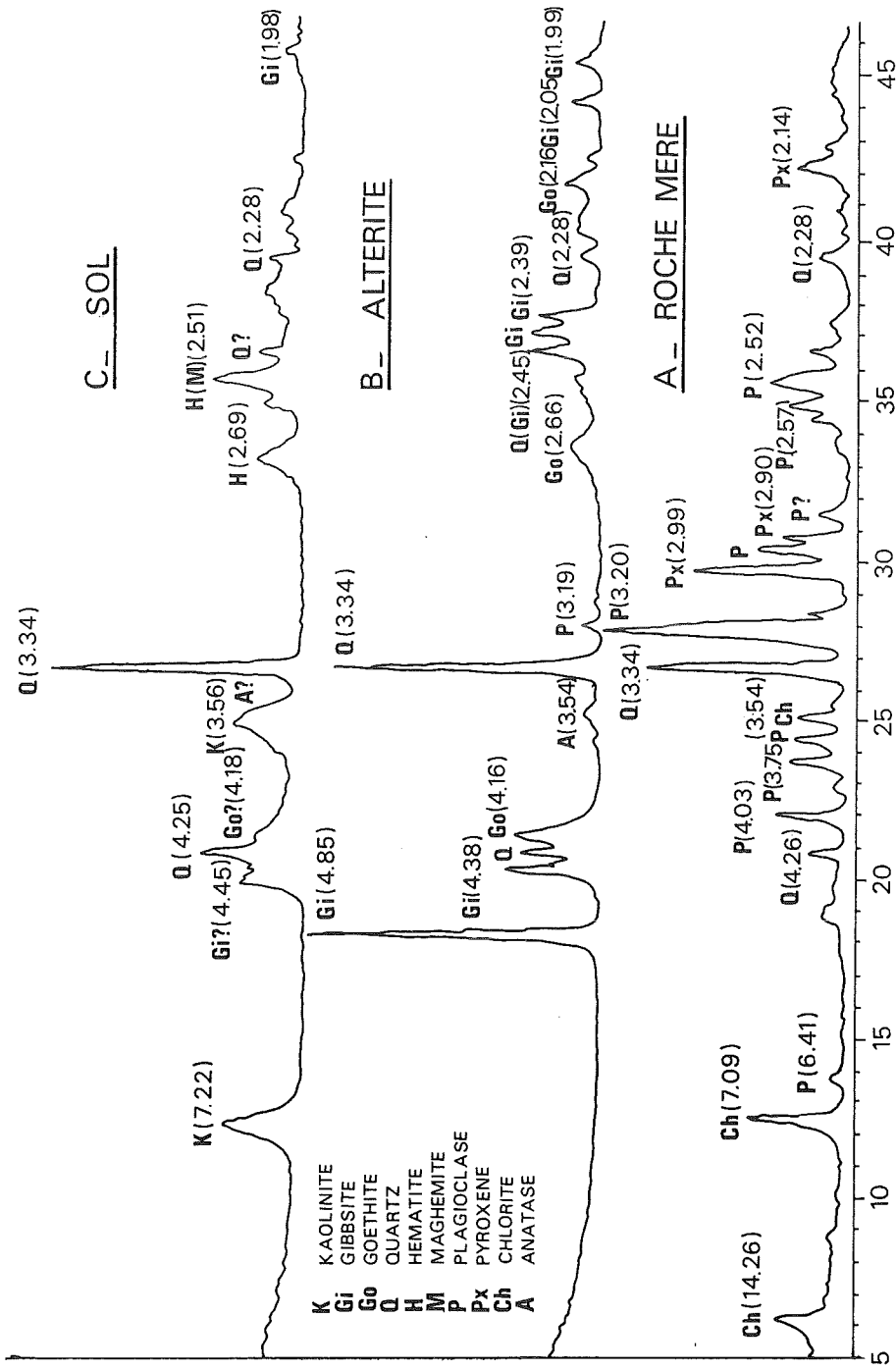


Fig. 3 : Diagrammes de diffraction des rayons X : profil K7

b) L'altérite à volume conservé (II)

C'est un horizon homogène, constitué par des boules totalement altérées en pain-d'épices, friables, poreux et jaune rougeâtre (5 YR 4/8) à l'état sec, avec par endroits de minuscules taches blanchâtres. Les vides entre les boules sont remplis de la matrice argilo-limoneuse rouge (2,5 YR 4/8).

Ce pain-d'épices constitue un faciès massif qui conserve la structure et donc le volume de la roche mère. Lorsque la boule présente encore un noyau frais, le passage du cortex pain-d'épices à ce noyau est brutal et n'est souligné que par une mince zone millimétrique blanchie dénommée par LACROIX (1913) in BOULANGE (19984) "zone d'hydrolyse".

Sur collines à très faible couverture pédologique, l'horizon II est cependant réduit à un cortex altéré d'ordre centimétrique.

L'examen pétrographique et microscopique de la "zone d'hydrolyse" permet d'observer la transformation de petites lattes de plagioclases à partir de bordures et de fractures en produits isotropes, probablement du type silico-alumineux, aux dépens desquels la gibbsite que l'on observe abondamment dans le cortex pain-d'épices s'individualiserait. L'altération affecte les cristaux de clinopyroxènes à partir de plans de clivage, et tend à individualiser des îlots de plus en plus petits et envahis par le plasma ferrugineux. La chlorite se transforme en produits rouges. Le quartz, rare, apparaît noyé dans la trame ferrugineuse. Mais la texture doléritique de la roche mère est encore reconnaissable.

Le cortex pain d'épice dérive de l'évolution centripète de l'altération. Il montre un fond matriciel dans lequel on distingue un plasma rouge brunâtre plus ou moins isotrope avec de la gibbsite en plages limpides sans orientation spécifique apparente, et un squelette quartzique peu abondant. Les grains de quartz dont la taille peut atteindre 80 microns paraissent fissurés et noyés dans le plasma. Les différents fragments conservent une extinction commune qui suggère qu'ils appartiennent à un même cristal. Aucun autre minéral primaire n'est plus observé.

Même, si la texture originelle est difficilement reconnaissable, la structure massive de la roche mère reste conservée et permet de définir une altération isovolume au sens de MILLOT et BONIFAS (1955).

L'analyse par diffraction de RX indique, pour la "zone d'hydrolyse", la présence en faible quantité - mais significative - de la gibbsite à côté des minéraux primaires. Elle

révèle en outre que le cortex altéré de boules à noyau conservé est l'horizon où se développe la gibbsite, et montre également que le plasma ferrugineux est constitué d'une goethite assez bien cristallisée. Les pics principaux de cette goethite sont décalés respectivement des valeurs 4,18 Å et 2,69 Å (fichier JCDS 29-713) aux valeurs 4,15 Å et 2,66 Å (fig. 3B). Ce décalage est d'ordinaire interprété comme étant dû à la substitution du fer par l'aluminium dans la structure de la goethite. Le taux de substitution calculé suivant la méthode graphique de KARPOFF (1975) *in* LEPRUN (1979), est ici d'environ 18 % molaire de Al(OH). Il s'agit donc d'une goethite alumineuse qui, avec la gibbsite, domine l'assemblage minéralogique où s'ajoutent le quartz et l'anatase mais aussi les traces d'hématite et de plagioclase.

c) Le sol meuble superficiel (III)

C'est un sol argileux à argilo-limoneux rouge (2,5 YR 4/8), meuble à structure fine. Il est surmonté par un horizon humifère riche en chevelu racinaire et apparemment soumis à un remaniement pluvial et biologique qui lui confère une certaine compacité à l'état sec. Le passage de l'altérite sous-jacent à cet ensemble est brutal et bien tranché.

Etude minéralogique par diffraction des RX : Les diagrammes de poudre sur échantillons broyés révèlent la présence de la kaolinite dont les raies larges et parfois mal résolues témoignent de sa médiocre cristallinité, celle du quartz, de l'hématite et/ou de la maghémite. En fait le pic à 2,52 Å anormalement plus intense que celui à 2,69 Å (fig. 3C), fait penser à l'association de ces deux minéraux déjà pressentie par la sensibilité à l'aimant ordinaire et la couleur rouge vif des échantillons. Ces pics ne montrent pas de décalage perceptible par rapport aux valeurs de fichier JCDS.

En résumé, sans chercher à revenir sur les modalités de formation des minéraux déterminés pour lesquels on peut se référer à BONIFAS (1959), DELVIGNE (1965), TARDY (1969), TARDY et NAHON (1985), les remarques suivantes peuvent néanmoins être dégagées :

- L'altération des dolérites de Kibambale aboutit à l'individualisation de deux ensembles bien distincts de par leur morphologie, leur couleur et leur composition minéralogique.
- La gibbsite et la goethite-Al sont caractéristiques et exclusives aux faciès massifs à la base du profil.

La teneur en SiO_2 diminue de trois quarts environ dans l'altérite. Elle représente pratiquement le quartz résiduel. Mais elle réaugmente sensiblement dans l'ensemble sus-jacent en rapport avec la synthèse de la kaolinite à ce niveau. Le comportement de MnO ressemble à celui de la silice. Les bases sont dans l'ensemble quasi lixiviées du profil.

b) Calcul des bilans géochimiques

Présentation : Les données du tableau I ont permis de faire des calculs géochimiques. Les structures lithologiques conservées dans l'ensemble altéritique justifient l'emploi de la méthode isovolumétrique préconisée par MILLOT et BONIFAS (1955). Dans l'ensemble des horizons meubles superficiels, la structure lithologique effacée n'autorise pas le raisonnement isovolumétrique. Les bilans ont été approchés en se référant à l'alumine comme "élément invariant". Toutefois, les calculs isovolumétriques (Tab. II) indiquent pour cet élément une perte d'environ 21 % dans l'altérite. Nous en avons tenu compte en retranchant de la roche-mère la part de l'alumine destinée à être exportée, et cela en présumant que l'essentiel des pertes n'intervient qu'à ce niveau, ce qui est plus que vraisemblable. Il s'agit donc ici d'un raisonnement à "alumine constante corrigée".

Les résultats : Ils sont consignés dans le tableau II. L'examen de ce tableau permet de constater que :

- 1°. Les deux méthodes convergent remarquablement là où elles ont été appliquées de façon concomitantes.
- 2°. La dynamique géochimique est soustractive dans son ensemble.
- 3°. Mais, contrairement à ce qui est connu du processus de latérisation, ici, les taux de soustraction diminuent (au lieu d'augmenter) du bas vers le haut, en ce qui concerne la silice et le manganèse. Ce fait se traduit par un enrichissement de 31 à 36 % de SiO_2 et de 35 à 54 % de MnO au sommet du profil, tandis que le fer et le titane y sont lessivés.
- 4°. Le titane est le seul élément dont le bilan reste positif dans tous les niveaux.
- 5°. Le fer s'accumule à la base (+ 29 %) au même titre que le titane. Cette accumulation paraît à la fois relative et absolue si l'on s'imagine qu'en plus du départ massif des

autres éléments, Ti et Fe lixiviés au sommet du profil se stabilisent à la base où les conditions sont beaucoup plus oxydantes.

Niveaux	N°	Méthode	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
Altérite	K7C	isovolume	-88	-21	+29	+118	-97	-100	-100	-99	-82
		isoalumine	-88	0	+29	+118	-97	-100	-100	-99	-82
sol meuble	K7B	isoalumine	-52	0	-5	+35	-62	-99	-100	-100	-94
superficiel	K7A	isoalumine	-57	0	-14	+22	-43	-99	-99	-100	-99

Tab. II : Bilans géochimiques de l'altération des dolérites de Kibambale en % de gain (+) et perte (-) par rapport à la roche mère (K7R).

6°. La synthèse de la gibbsite dans l'altérite serait précédée d'un départ d'alumine dont une partie s'incorpore à la goéthite. La perte calculée (-21 %) est comparable à celles que donnent DELVIGNE (1965), GENSE (1970) et BOULANGE (1984) pour des roches de nature semblable et dans des conditions climatiques assez proches de celles qui président à l'altération des dolérites de Kibambale.

7°. Ca, Mg, Na sont totalement et brutalement lixiviés. Seul K révèle des pertes croissantes et régulières du bas vers le haut.

Ordre de mobilité de principaux oxydes : Les taux d'exportation calculés (Tabl. II) permettent de classer les oxydes dans l'ordre croissant de leur mobilité relative. Les séquences d'altération des dolérites de Kibambale sont donc les suivantes (fig. 4) :

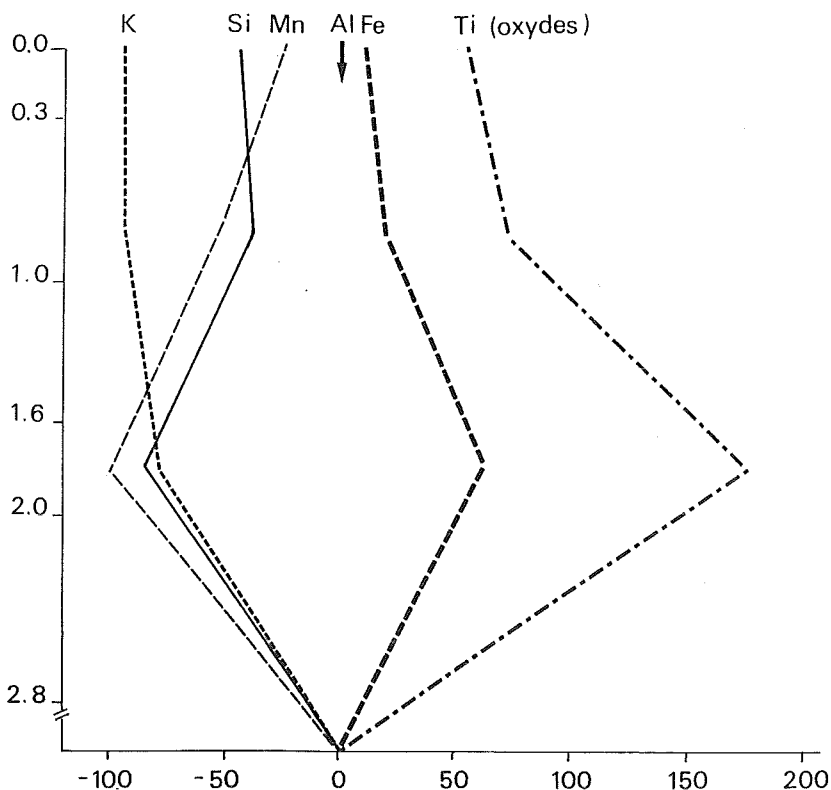
- Altérite K7C : TiO₂<Fe₂O₃<Al₂O₃<K₂O<SiO₂<MnO<Na₂O<MgO, CaO.

- Sol meuble :

K7B : TiO₂<Al₂O₃<Fe₂O₃<SiO₂<MnO<K₂O<MgO<CaO, Na₂O

K7A : TiO₂<Al₂O₃<Fe₂O₃<MnO<SiO₂<K₂O, MgO, CaO<Na₂O

Il apparaît ainsi que Ti est l'élément le plus stable dans cette altération. MnO tend à devenir beaucoup plus stable que SiO₂ vers les horizons les plus superficiels où la matière organique créant des conditions réductrices, joue un rôle important sur son comportement (NAHON, 1976).



Ordonnées : Profondeur (en m); Abscisses : bilan géochimique (en % de gain {+} ou de perte {-} par rapport à la roche mère

Fig. 4 : Evolution des éléments chimiques dans le profil d'altération (calculs isoalumineux).

INTERPRETATION ET CONCLUSION

A Kibambale, l'altération des dolérites aboutit à l'individualisation de deux ensembles d'horizons autochtones, différents l'un de l'autre par leurs caractères morphologiques, minéralogiques et géochimiques respectifs.

- Le niveau altéritique à structure massive originelle conservée, jaune rougeâtre, se caractérise par l'abondance de la gibbsite et de la goethite alumineuse qu'accompagne l'anatase en trace.

- L'ensemble d'horizons meubles superficiels et rubéfiés a pour paragenèse minéralogique kaolinite, maghémite et/ou hématite.

- Les bilans géochimiques indiquent pour l'altérite une nette accumulation de titane et de fer, une légère lixiviation d'alumine et une expurgation totale des bases et de la silice dont il ne subsiste que du quartz résiduel. Par contre, l'ensemble d'horizons meubles superficiels se caractérise par un "regain" en silice et en MnO par rapport à l'ensemble sous-jacent, mais aussi par une lixiviation appréciable de fer et de titane.

L'ensemble de ces caractères tend à montrer que les deux niveaux géochimiques ainsi définis peuvent ne pas dériver génétiquement l'un de l'autre. Ils pourraient au contraire représenter chacun un épisode tout à fait différent de l'altération des roches de Kibambale.

Ainsi, le niveau superficiel, le plus ancien, se serait formé dans des conditions de pénéplaine ou de climat moins humide qui favorisent le maintien de la silice et donc la formation de la kaolinite, l'oxydation lente des titanomagnétites en maghémite et l'individualisation de l'hématite. De telles conditions ont déjà été mises en évidence dans le Haut-Shaba (ALEXANDRE-PYRE, 1971; TSHIDIBI, 1985). Il est donc très probable que ce niveau corresponde au vestige d'une ancienne pénéplaine qui aujourd'hui apparaît localement au sommet de quelques collines.

Quant à l'altérite, il constitue le niveau le plus récent même s'il est le plus évolué. Il se forme à la faveur du précédent par effet de compresse, en conditions sinon très humides, du moins très oxydantes et lessivantes qui préservent les volumes originels.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement le Professeur T. KRUSZEWSKI pour nous avoir facilité l'analyse chimique et minéralogique des échantillons traités dans cette étude.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE-PYRE, S., 1971. *Le plateau des Bianco (Katanga). Géologie et géomorphologie*. Acad. Roy. Sci. d'Outre-Mer, N.S.XVII-3, 151 p.
- BESNUS, Y., 1977. L'étude géochimique comparative de quelques gisements superficiels de fer. *Sci. Géol. Mém.*, 47, 145 p.
- BONIFAS, M., 1959. *Contribution à l'étude géochimique de l'altération latéritique*. Serv. Cart. Géol. Als. Lorr. Mém. 17, 159 p.

- BOULANGE, B., 1984. *Les formations bauxitiques latéritiques de Côte d'Ivoire. Les faciès, leur transformation, leur distribution et l'évolution du modelé*. Trav. Doc. ORSTOM, N° 175, 363 p.
- DUMONT, P. & CAHEN, L., 1978. Les complexes conglomératiques de la bordure sud-orientale de la chaîne kibarienne et leurs relations avec les couches katanguienne de l'arc lufilien. *Rapp. ann. 1977, Mus. Roy. Afr. Centr.*, Tervuren, Belgique.
- GENSE, C., 1970. Altération du basalte dans une basse colline de la Côte est de Madagascar (Unité morphologique de cette région). *Cah. ORSTOM, Ser. géol. II, 2*, 249-258.
- LEPRUN, J.C., 1979. Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique occidentale sèche. Genèse. transformation. Dégradation. *Sci. Géol. Mém.* 58, 244p.
- MANTEKA, B., LUBALA, R.T., KAPENDA, D., CARON, J.P.H. & KAMPUNZU, A.B., 1985. Caractères et signification géotectonique des formations basiques affleurant à Kibambale (Shaba, Zaïre). *C.R. Acad. Sci. 301, sér. II, 3*, 171-1776.
- MILLOT, G. & BONIFAS, M., 1955. Transformations isovolumétriques dans les phénomènes de latéritisation et bauxitisation. *Bull. serv. géol. Als.-Lorr. VIII, 1*, 1-10.
- NAHON, D., 1976. Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal occidental et en Mauritanie. Systèmes évolutifs : géochimie, structures, relais et coexistence. *Sc. Géol. Mém.* Strasbourg, 44, 232 p.
- TARDY, Y., 1969. *Géochimie des altérations, étude des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique*. Mém. Carte géol. Als.-Lorr., 31, 199 p.
- TARDY, Y. & NAHON, D., 1985. Geochemistry of laterites, stability of Al-goethite, Al-hematite, and Fe⁺⁺⁺ -kaolinite in bauxite and ferricretes : an approach to the mechanism of concretion formation. *American journal of science*, Vol. 285, 865-903.
- TSHIDIBI, N.B., 1985. Les cuirasses latéritiques du Haut-Shaba. Structure et composition. Thèse, Liège, 353 p.

