

## **ÉTUDE DES CUIRASSES LATÉRITIQUES DANS LA RÉGION DE DEMBIA-ZÉMIO EN CENTRAFRIQUE. PÉTROGRAPHIE, MINÉRALOGIE ET GÉOCHIMIE**

Anicet BEAUVAIS\* et Daniel MAZALTARIM\*\*

**RÉSUMÉ** — L'étude pétrographique, minéralogique et géochimique de 56 cuirasses latéritiques a été menée dans la région de Dembia-Zémio en Centrafrique.

D'un point de vue géomorphologique, la région est caractérisée par deux types de modelé cuirassé. Le premier est constitué de deux systèmes cuirassés notés A et B, et du sommet d'un interfluve à une entaille ; les cuirasses se répartissent (i) sur un haut-plateau (1A), (ii) sur un versant boisé (2A), (iii) sur un bas-versant (3B). Sur la seconde unité de modelé ou système cuirassé C, les cuirasses recouvrent des bas-plateaux (1C et 3C) également entaillés, et qui se trouvent, en moyenne, cinquante mètres plus bas que les hauts-plateaux (1A).

D'un point de vue pétrographique, les cuirasses de chacun des trois systèmes cuirassés se distinguent les unes des autres par leur faciès : (1) massif dominant sur les hauts-plateaux, (2) pseudonodulaire sur les bas-versants, (3) pseudonodulaire vacuo-tubulaire sur les versants boisés ou les bas-versants, (4) massif scoriacé vacuolaire dominant sur les bas-versants, (5) nodulaire vacuolaire sur les bas-versants et les bas-plateaux, (6) massif vacuo-tubulaire sur les bas-plateaux.

D'un point de vue minéralogique, et en moyenne, (i) les cuirasses des hauts-plateaux sont les plus riches en hématite et kaolinite, mais ce sont les moins goethitiques, (ii) les cuirasses des versants boisés sont les plus gibbsitiques, mais les moins hématitiques, (iii) les cuirasses des bas-versants sont les plus goethitiques et les moins kaolinitiques.

D'un point de vue géochimique, la composition en éléments traces des cuirasses ne reflète que grossièrement la nature du substrat. La lithodépendance est mieux marquée dans les cuirasses des hauts-plateaux que dans les cuirasses de versants.

Latérites, Cuirasse ferrugineuse, Faciès, Hématite, Goethite, Kaolinite, Gibbsite, Eléments traces

### **Study of lateritic ferricretes in Dembia-Zémio area, Centrafica. Petrography, mineralogy and geochemistry**

**ABSTRACT** — Petrographical, mineralogical and geochemical study of 56 samples of ferricretes was carried out, in the Dembia-Zémio area, Centrafica.

From a geomorphological point of view, the area is characterized by two types of lateritized landscapes. The first is composed by two ferricretes-systems noted A and B. From the top of an interfluve to a cut, ferricretes lie (i) on a high plate (1A), (ii) on a woody slope, and (iii) on a low slope. In the second type of landscape or ferricretes-system C, ferricretes cover low plates (1C and 3C), also cut and lying generally fifty meters lower than high plates.

From a petrographical point of view, 6 facies of ferricretes were distinguished, as follows : (1) massive prevailing on high plates, (2) pseudonodular on the low slopes, (3) pseudonodular vacuo-tubular on the woody and low slopes, (4) massive scoriaceous vacuolar prevailing on low slopes, (5) nodular vacuolar on the low slopes and low plates, and (6) massive vacuo-tubular on the low plates.

From a mineralogical point of view, and usually (i) high plates ferricretes are the richest in hematite and kaolinite, but the least goethitic, (ii) ferricretes of woody slopes are the most gibbsitic, but the least hematitic, and (iii) ferricretes of low slopes are the most goethitic, and the least kaolinitic.

From a geochemical point of view, trace elements composition of ferricretes reveal only roughly the nature of bed rock. The lithodependence is more marked in ferricretes of high plates than in the slope's ones.

Laterite, Ferricrete, Facies, Hematite, Goethite, Kaolinite, Gibbsite, Trace elements

\* Centre ORSTOM, B.P. 893 Bangui, Centrafrique.

\*\* Centre de Sédimentologie et de Géochimie de la Surface (CNRS), 1 rue Blessig, 67084 Strasbourg Cedex, France.

## INTRODUCTION

Le secteur étudié est situé dans la région de Dembia-Zémio (Haut-Mbomou) dans l'Est de Centrafrique (fig. 1). C'est la région la plus cuirassée du monde. Dans cette région les roches n'affleurent que très rarement, et aucun indice minier n'a été signalé. A la suite des travaux pluridisciplinaires phytogéographiques, géomorphologiques, géologiques et pédologiques dispersés dans le temps (AUBREVILLE, 1948 ; SILLANS, 1958 ; MESTRAUD, 1960 ; BOULVERT, 1976, 1982, 1986 et 1987), c'est la carte morphopédologique de BOULVERT (1983) qui donne un premier aperçu de la nature et de la répartition des sols ferrallitiques, et de l'ampleur du cuirassement dans cette région. La première étape du travail présenté ici a porté sur la description pétrographique et la cartographie des principaux faciès des cuirasses latéritiques sur l'ensemble des plateaux cuirassés de la région de Dembia-Zémio. Dans ce secteur, deux grands types de modelés ont été distingués (fig. 2 et 3) et déterminent la morphologie du paysage. Sur ces deux types de modelé, on a différencié six faciès pétrographiques de cuirasses latéritiques, répartis au sein de trois systèmes cuirassés : A, B et C. L'échantillonnage au sol des cuirasses a porté sur les trois systèmes, mais plus particulièrement sur les deux premiers. Les données minéralogiques et géochimiques portent sur un lot de 56 cuirasses appartenant toutes aux systèmes cuirassés A et B. Elles sont toutes ferrugineuses et constituées d'hématite, goethite, kaolinite et d'un peu de gibbsite.

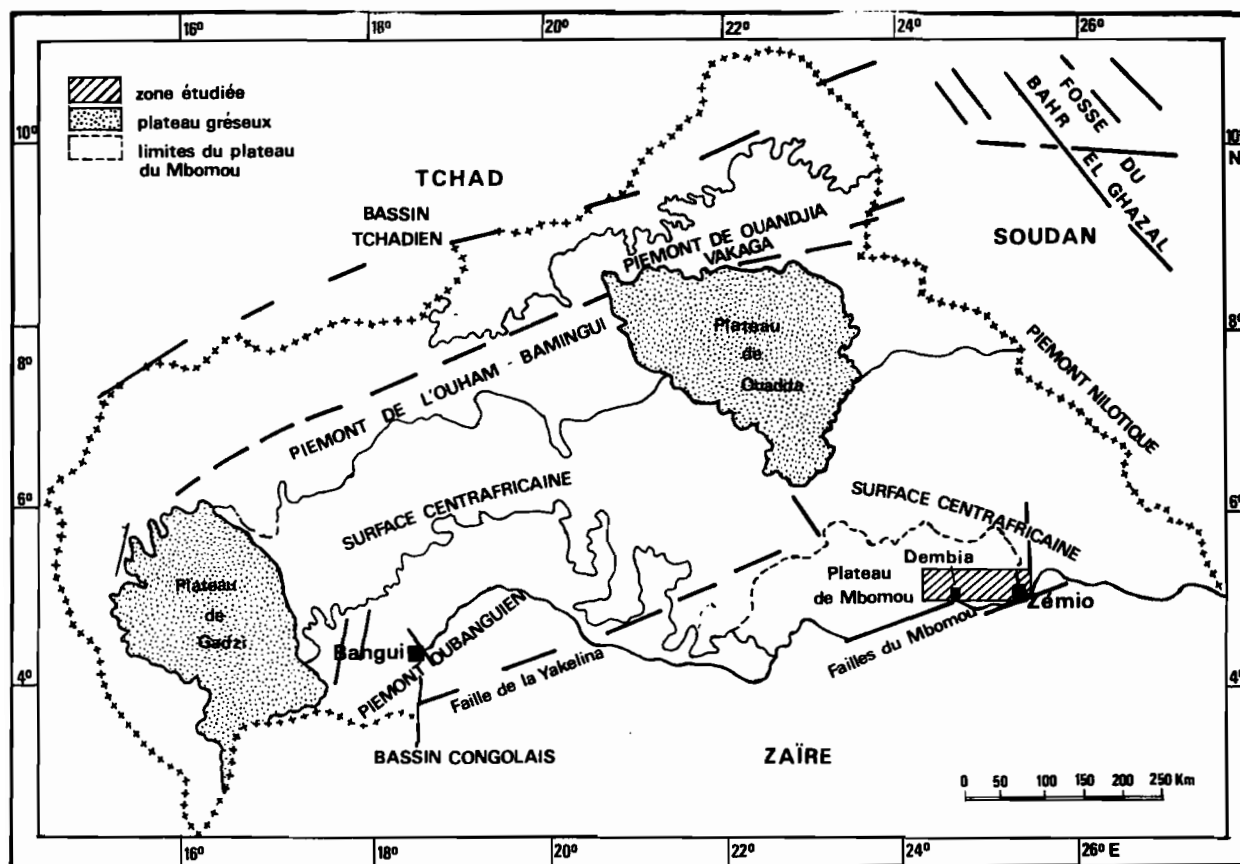


Fig. 1 — Carte de situation géographique du secteur étudié, d'après l'esquisse géomorphologique de Centrafrique de BOULVERT (1982).  
Geographical situation map of studied area from geomorphological map of Centrafica of BOULVERT (1982).

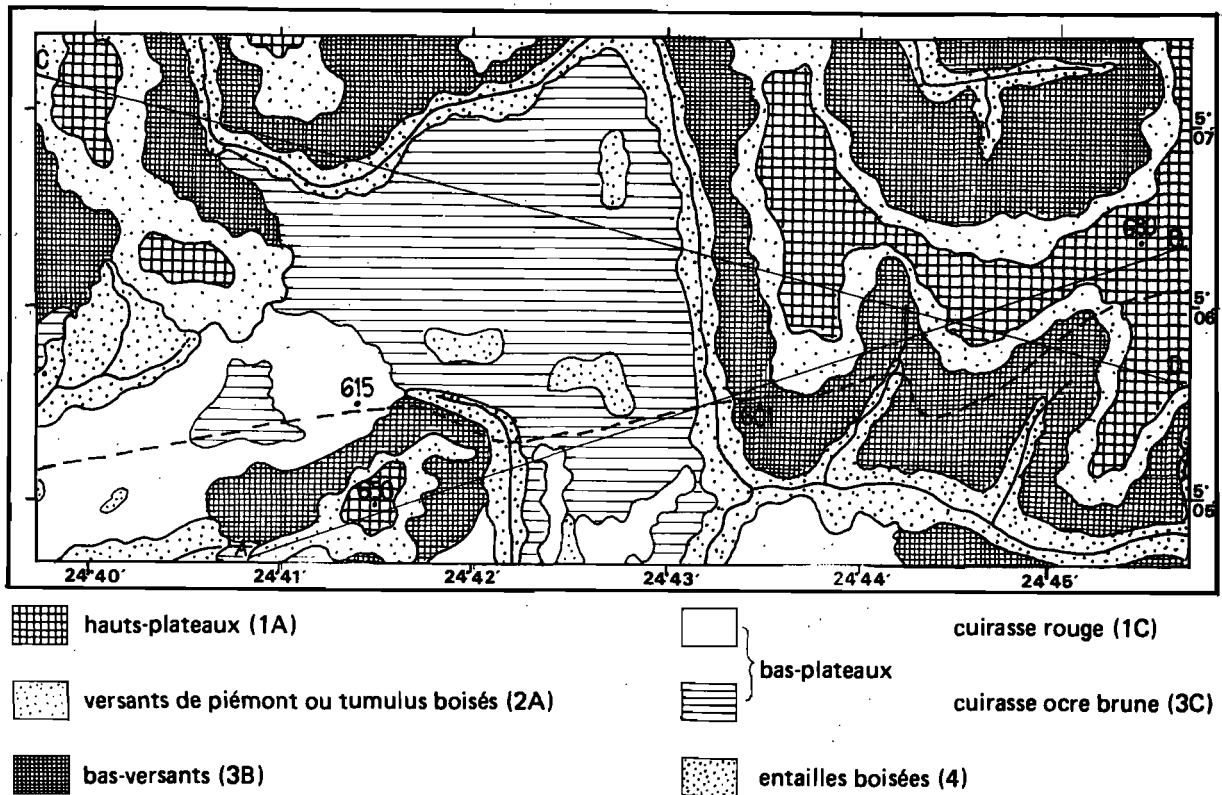


Fig. 2 — Extrait de la carte géomorphologique à 1/50 000 des plateaux cuirassés de la région de Dembia-Zémio, Centrafrique.  
 Extract from the 1/50 000 geomorphological map of ferricrete plates in the Dembia-Zémio area, Centrafrique.

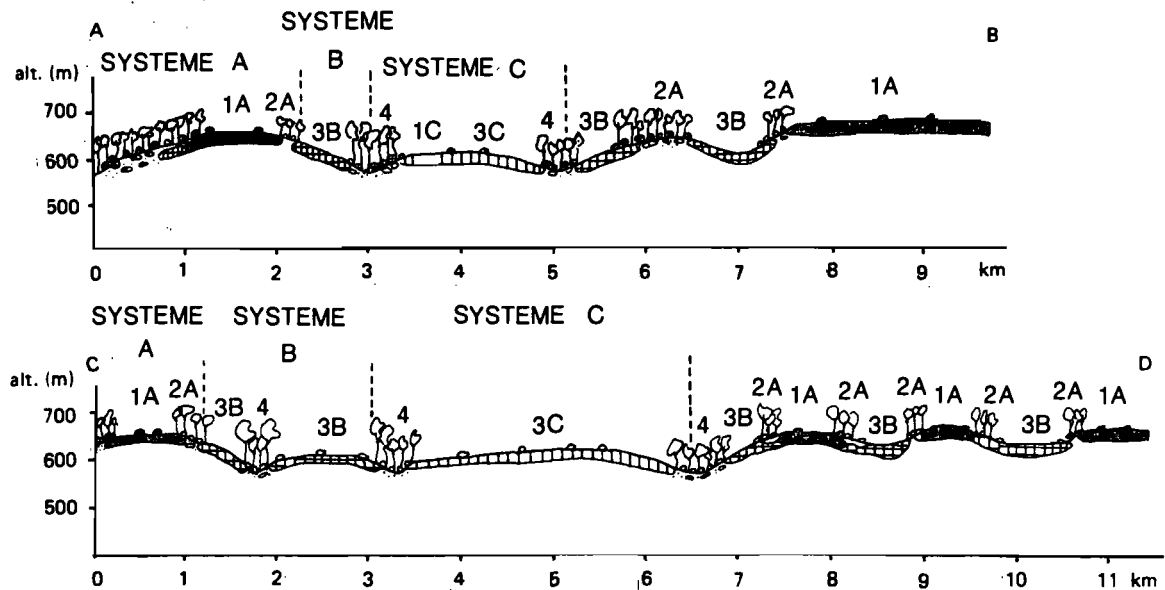


Fig. 3 — Coupes à travers les deux unités du modelé et les trois systèmes cuirassés A, B, C, composantes principales du paysage latéritique dans la région de Dembia-Zémio, Centrafrique  
 Cross sections through the two unities of landform and the three ferricrete systems A, B, C, which are the principal components of the lateritic landscape in the Dembia-Zémio area, Centrafrique.

## I — CADRE NATUREL

## 1. Géologie et morphologie

Du point de vue géologique, le substrat des plateaux cuirassés dans la région de Dembia-Zémio est constitué par le « complexe de base » ou « complexe du Mbomou » (MESTRAUD, 1960, 1982). Cet ensemble est formé par des roches métamorphiques basiques, soit ferrugineuses et de type amphibolite, amphibolo-pyroxénite et pyroxénite, recoupées par des batholites de granite, soit alumineuses et de type schistes, micaschistes et gneiss. De nombreux dykes de dolérites et roches volcaniques recoupent l'ensemble des formations précitées.

Du point de vue morphologique, le premier type de modelé cuirassé est caractérisé, d'amont en aval, par un haut-plateau cuirassé (1A), un versant amont boisé (2A) où la cuirasse n'affleure qu'occasionnellement, appartenant tous les deux au système cuirassé A, et un bas-versant cuirassé (3B) et entaillé (fig. 3 et 4a), correspondant au système B, et toujours dominé par le haut-plateau. Le second type de modelé est caractérisé par de bas-plateaux cuirassés (1C et 3C) et entaillés (fig. 3 et 4b), correspondant au système C. Ils sont toujours séparés des hauts-plateaux par un versant boisé, et parfois des bas-versants par une entaille (fig. 2 et 3).

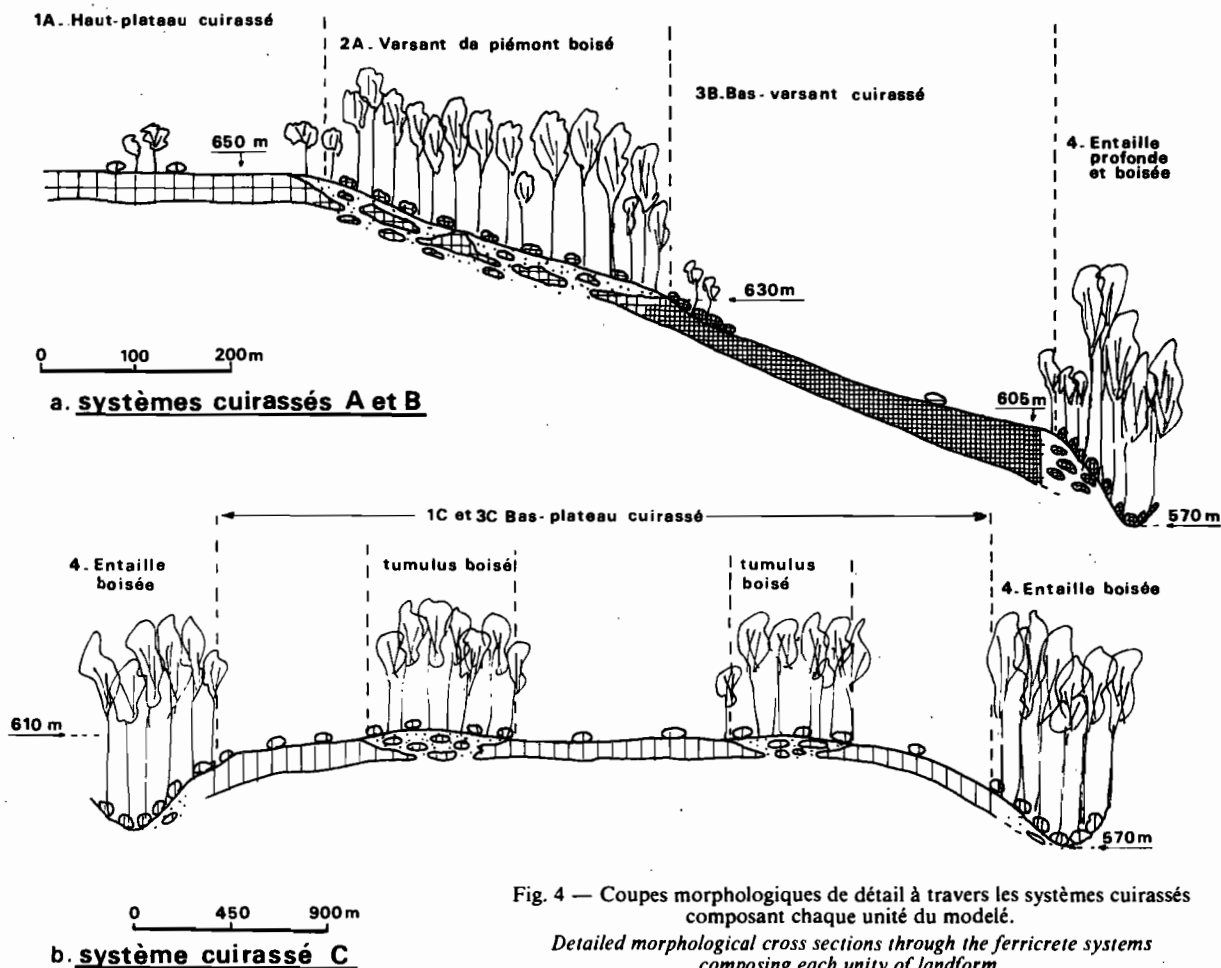


Fig. 4 — Coupes morphologiques de détail à travers les systèmes cuirassés composant chaque unité du modelé.

*Detailed morphological cross sections through the ferricrete systems composing each unity of landform.*

Les hauts-plateaux sont plats ou faiblement convexes. Leur enveloppe dessine une vaste surface de 650 m d'altitude moyenne, légèrement inclinée vers l'axe principal de drainage, le Mbomou au Sud. Les versants entre les hauts-plateaux et l'entaille ou entre deux hauts-plateaux (fig. 3) ont des pentes moyennes de 10° à l'amont et 5° à l'aval.

Les bas-plateaux ont une surface plane très peu ondulée. Ils culminent à une altitude moyenne de 600 m. D'une manière générale, ils sont dominés d'une cinquantaine de mètres par les hauts-plateaux (fig. 3).

Le réseau hydrographique qui entaille tous ces plateaux est dense, et constitué de cours d'eau sinueux dictés par les grandes orientations structurales (N 140° E et 50° E). Le fond des talwegs est plat, souvent jonché de blocs de cuirasse latéritique, et les flancs d'entaille sont fortement inclinés, de 30 à 35° en moyenne.

## 2. Climat et végétation

Il règne aujourd'hui, dans le Haut-Mbomou, un climat tropical humide de type soudano-guinéen (AUBRÉVILLE, 1948). En moyenne, les précipitations annuelles sont comprises entre 1500 mm et 1700 mm, réparties sur une intersaison pluvieuse de mars à avril, et sur une grande saison des pluies de mai à novembre.

Cette région se situe à la transition entre la forêt dense humide guinéenne au Sud, et les savanes arborées soudaniennes au Nord. Les espèces végétales répertoriées sont *Triplochiton scleroxylon*, *Celtis* sp. et *Albizia zygia* dans la forêt dense humide, *Anogeinus leiocarpus* (forêt dense semi-humide), et *Lophyra lanceolata*, *Parkia filicoidea*, *Annona senegalensis*, *Combretum velutinum*, *Terminalia glaucescens*, *Daniellia oliveri* et *Entada abyssinica* dans les savanes arborées (BOULVERT, 1980, 1987).

## II — LE PAYSAGE LATÉRIQUE CUIRASSÉ

### 1. Le premier type de modelé cuirassé

Le premier type de modelé est constitué des deux systèmes cuirassés A et B. A l'amont, le système A est constitué (fig. 2 et 4a) du haut-plateau et de son versant boisé. A l'aval, le système B est représenté par le bas-versant.

— Le haut-plateau (1A) est dénudé ou peuplé par endroits d'îlots de forêt dense semi-humide ou de savane arbustive clairsemée. Il est armé d'une cuirasse ferrugineuse d'aspect massif, et de couleur gris violacé en surface. Il a été appelé « lakéré de plateau » (AUBRÉVILLE, 1948), et corrélé par BOULVERT (1982) au « niveau intermédiaire » défini en Afrique de l'Ouest par les géomorphologues (MICHEL, 1969 ; GRANDIN, 1973). La surface cuirassée de ce haut-plateau est généralement recouverte d'une couche de gravillons ferrugineux peu épaisse (0,10 m à 0,30 m en moyenne) et discontinue, et de quelques blocs de cuirasse épars. Lorsqu'elle n'affleure pas, la cuirasse est associée à des sols ferrallitiques rouges d'épaisseur métrique.

— Le versant boisé (2A) débute en bordure du haut-plateau par une rupture de pente marquée d'un talus escarpé, de puissance métrique. La surface de ce versant est pentée de 10° en moyenne. Elle est couverte d'une forêt dense semi-humide appelée « baco » (AUBRÉVILLE, 1948), ou d'une savane arborée dense. Elle est jonchée de blocs de cuirasse épars. Sur l'ensemble de ce versant la cuirasse est discontinue, et elle est associée à des sols ferrallitiques rouges dont l'épaisseur varie de 0,3 m à 3 m. La cuirasse se présente sous un aspect moins massif, plus poreux et de couleur rouge violacé.

— Le bas-versant (3B) à l'aval du versant boisé commence à la lisière du « baco » par un escarpement de puissance métrique, marqué par la présence de nombreux blocs de cuirasse. La surface de ce bas-versant est pentée de 5° en moyenne. La cuirasse y est affleurante ou subaffleurante, avec ou sans termitières « champignons ». Elle est dénudée en saison sèche, et masquée par une savane à graminées en saison des pluies. Par endroits, une couverture peu épaisse (0,10 à 0,30 m), de couleur brune à ocre-brun, avec ou sans gravillons ferrugineux, a pu s'installer. L'origine de cette couverture meuble est peut-être à rechercher dans la destruction des termitières par le ruissellement des eaux de pluie. Sur ce bas-versant, la cuirasse présente un aspect conglomératique, et une couleur rouge à brun rougeâtre. Elle peut renfermer des reliques de cuirasse massive vue sur les hauts-plateaux.

## 2. Le second type d'unité de modelé cuirassé

Le second type de modelé cuirassé est caractérisé par le système cuirassé C, qui est représenté par les bas-plateaux cuirassés, dénudés, ou couverts par endroits d'îlots de forêt semi-humide ou encore de savane arbustive et arborée clairsemée, appelés « tumulus boisés » et notés 2A comme les versants boisés du système cuirassé A (fig. 2 et 4b). Dans les zones dénudées la cuirasse affleure. Dans les zones couvertes de végétation, elle n'affleure plus mais elle est associée à des sols ferrallitiques rouges d'épaisseur métrique. La cuirasse de ces bas-plateaux se présente sous deux aspects différents, bien distincts de ceux des cuirasses des systèmes A et B. Elle est massive, de couleur ocre ou ocre-brun, et présente de nombreux vides vacuolaires et tubulaires. Elle peut être aussi pseudonodulaire à nodulaire, de couleur rouge foncé à brun rougeâtre, avec quelques vacuoles. La surface cuirassée de ces bas-plateaux est parfois recouverte d'une couche de gravillons ferrugineux peu épaisse (0,05 à 0,10 m en moyenne).

Les figures 2 et 3 montrent comment s'agencent dans l'espace les trois systèmes cuirassés décrits. On notera qu'il n'existe aucun contact entre les cuirasses des hauts-plateaux (1A) et celles des bas-plateaux (1C ou 3C).

### III — LES FACIÈS PÉTROGRAPHIQUES DES CUIRASSES LATÉRITIQUES

Dans la région de Dembia-Zémio, on a distingué six faciès pétrographiques de cuirasses latéritiques à partir de l'étude macroscopique de plus de deux-cents échantillons prélevés au sol. Ils sont répartis dans chaque système cuirassé (tabl. I), mais nous avons privilégié les cuirasses des hauts-plateaux (1A) et celles des bas-versants (3B). Les faciès pétrographiques distingués sont les suivants :

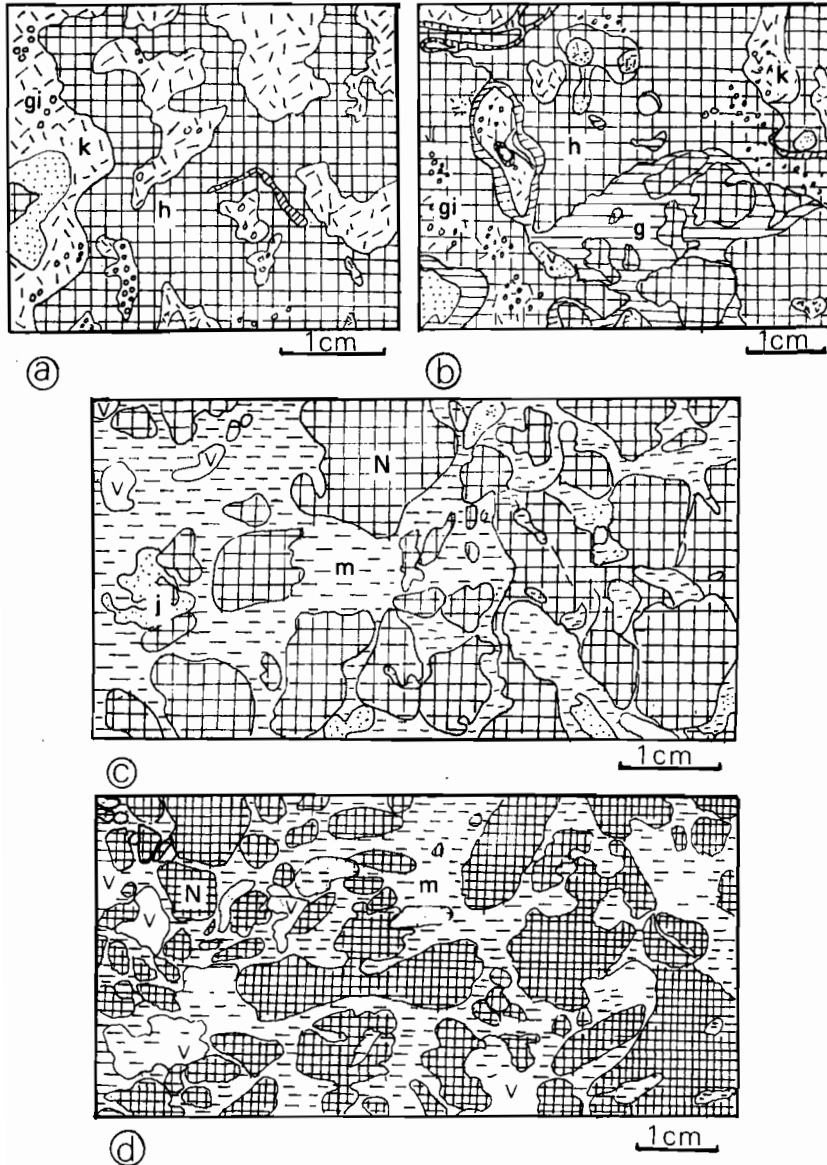
- le faciès massif caractéristique des cuirasses de hauts-plateaux ;
- le faciès pseudonodulaire non vacuolaire, présent dans les systèmes cuirassés A et B ;
- le faciès vacuo-tubulaire, présent dans les trois systèmes cuirassés, et particulièrement dans les cuirasses de bas-versants (3B) ;
- le faciès massif scoriacé vacuolaire, observé également dans les trois systèmes cuirassés, avec une prédominance pour le système B ;
- le faciès nodulaire vacuolaire, représenté dans les trois systèmes cuirassés ;
- le faciès massif vacuo-tubulaire, observé dans les cuirasses du système cuirassé C sur les bas-plateaux (3C).

Tableau I  
Liste des faciès pétrographiques de cuirasses latéritiques échantillonnées et analysées (n)  
List of petrographic facies in studied ferricretes (n)

Site	1A	2A	3B	C	Total
<b>Faciès</b>					
M	82 (19)	6 (6)	5 (5)	0	93 (30)
PNV	14	3	5 (5)	0	22 (5)
PVT	19 (4)	14 (6)	38 (7)	4	75 (17)
MSV	2	2	22 (4)	3	29 (4)
NV	4	1	4	3	12
MVT	0	0	0	3	3
<b>Total</b>	<b>121 (23)</b>	<b>26 (12)</b>	<b>74 (21)</b>	<b>13</b>	<b>234 (56)</b>

(n) : nombre de cuirasses analysées (*number of analysed ferricretes*) ; 1A : hauts-plateaux (*high-plates*) ; 2A : versants boisés (*woody slopes*) ; 3B : bas-versants (*low slopes*) ; C : bas-plateaux (*low plates*) ; M : massif (*massive*) ; PNV : pseudonodulaire non vacuolaire (*pseudonodular non-vacuolar*) ; PVT : pseudonodulaire vacuo-tubulaire (*pseudonodular vacuo-tubular*) ; MSV : massif scoriacé vacuolaire (*massive scoriaceous vacuolar*) ; NV : nodulaire vacuolaire (*nodular vacuolar*) ; MVT : massif vacuo-tubulaire (*massive vacuo-tubular*).

Les faciès les plus représentatifs de notre échantillonnage sont les faciès massif et pseudonodulaire vacuo-tubulaire (tabl. I). Les cuirasses des hauts-plateaux sont très bien caractérisées par le faciès massif. Celles des versants boisés sont bien définies par le faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire, de même que les cuirasses des bas-versants et des bas-plateaux. Les cuirasses du système B sont également bien définies par le faciès massif scoriacé vacuolaire. Dans les cuirasses du système C, le faciès massif vacuo-tubulaire est le plus représentatif.



— Figure 5 —

Aspect macroscopique du faciès massif (a, b), du faciès pseudonodulaire non vacuolaire (c) de cuirasses des hauts-plateaux (1A) et du faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire (d) d'une cuirasse de versant boisé (2A).

gi : gibbsite ; k : kaolinite ; h : ciment hématitique violacé ; g : goéthite brune ; v : vide ; N : nodule violacé hématitique ; m : matrice argilo-ferrugineuse indurée rouge-orangé ; j : matrice argilo-limoneuse jaune-ocre.

Macroscopic aspect of the massive facies (a, b), of the pseudonodular non vacuolar facies (c) of high-plate ferricretes (1A) and of the pseudonodular vacuo-tubular facies (d) of a woody-slope ferricrete (2A).

gi : gibbsite ; k : kaolinite ; h : hematitic cement ; g : brown goethite ; v : void ; N : hematitic nodule ; m : reddish argilo-ferruginous indurated matrix ; j : yellow ochrous clay-silt matrix.

## 1. Le faciès massif

La cuirasse ferrugineuse de faciès massif est très dure et très dense, compacte et homogène, et de couleur rouge foncé à violacé « lie de vin » (10 R 3/6 ou 3/4 du code Munsell). Elle présente une très fine porosité. Les petits vides peuvent être remplis d'un produit fin de couleur blanchâtre, mais aussi par de petits grains d'oxydes de fer. Cette porosité fine se situe dans de grands domaines, de taille pluri-centimétrique et de couleur violacée

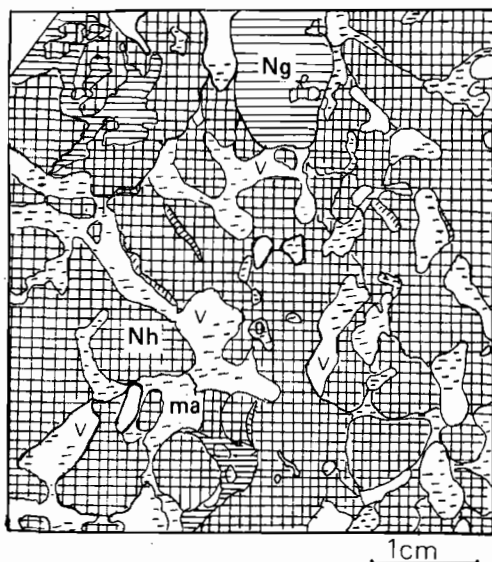
« lie de vin », hématitiques (fig. 5a), quelquefois recoupés d'une trame brune ou ocre-brun de goethite (fig. 5b). Une variante de ce faciès montre des domaines également de grande taille et de couleur rouge foncé ou rouge à brun rougeâtre (2,5 YR 4/8 à 3/5), sans porosité visible. Ces domaines sont recoupés de trames brunes de goethite bien développées, parfois rubanées. De rares vacuoles sont souvent partiellement ou complètement bouchées par des trames concentriques de même nature.

## 2. Le faciès pseudonodulaire non vacuolaire

Les cuirasses ferrugineuses à faciès pseudonodulaire non vacuolaire sont dures, denses et homogènes. En moyenne, elles sont constituées de 70 % d'éléments figurés de taille centimétrique, pris dans une matrice ferrugineuse et argileuse représentant le volume restant (fig. 5c). Les éléments sont soit de forme polygonale, et s'ils sont bien différenciés ce sont des nodules pédorelictuels, soit en forme « d'amande » et ce sont des nodules lithorelictuels. La couleur de ces nodules est rouge foncé à violacé « lie de vin ». Quelques-uns sont cernés d'un liséré périphérique ocre à ocre-brun de goethite. La matrice ferrugineuse et argileuse est de couleur rouge (10 R 4/6 ou 4/8) tachée de jaune-ocre (7,5 YR 7/6 ; fig. 5c). Dans ces cuirasses, les vides sont rares. Lorsqu'ils sont présents, ils sont de taille centimétrique et de forme alvéolaire ou vacuolaire, et sont remplis d'un produit argilo-ferrugineux rouge (10 R 4/8). Certaines cuirasses sont de couleur plus claire, rouge à rouge jaunâtre (2,5 YR 4/6 ou 5 YR 4/5). Les variations de faciès observées dépendent du nombre et de la taille des nodules, et de la dureté et de la porosité de la matrice.

## 3. Le faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire (fig. 5d)

Les cuirasses ferrugineuses à faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire présentent les mêmes caractères pétrographiques que celles du faciès précédent. Elles s'en différencient par l'abondance des vacuoles et des tubules situés dans la matrice, qui s'en trouve donc ici moins importante. Ces vides sont de taille plurimillimétrique à centimétrique, et sont souvent remplis d'un produit fin, argileux, de couleur rouge ou ocre (7,5 YR 7/8). Vacuoles et tubules peuvent être bordés d'un cerne brun de goethite, d'épaisseur millimétrique, parfois rubané. Les variations observées dans ce faciès sont fonction de la nature des nodules, lithorelictuelle ou pédorelictuelle, de leur nombre et de leur taille (fig. 6, 7b et 7c) ainsi que de la fréquence et du volume des vides.



— Figure 6 —

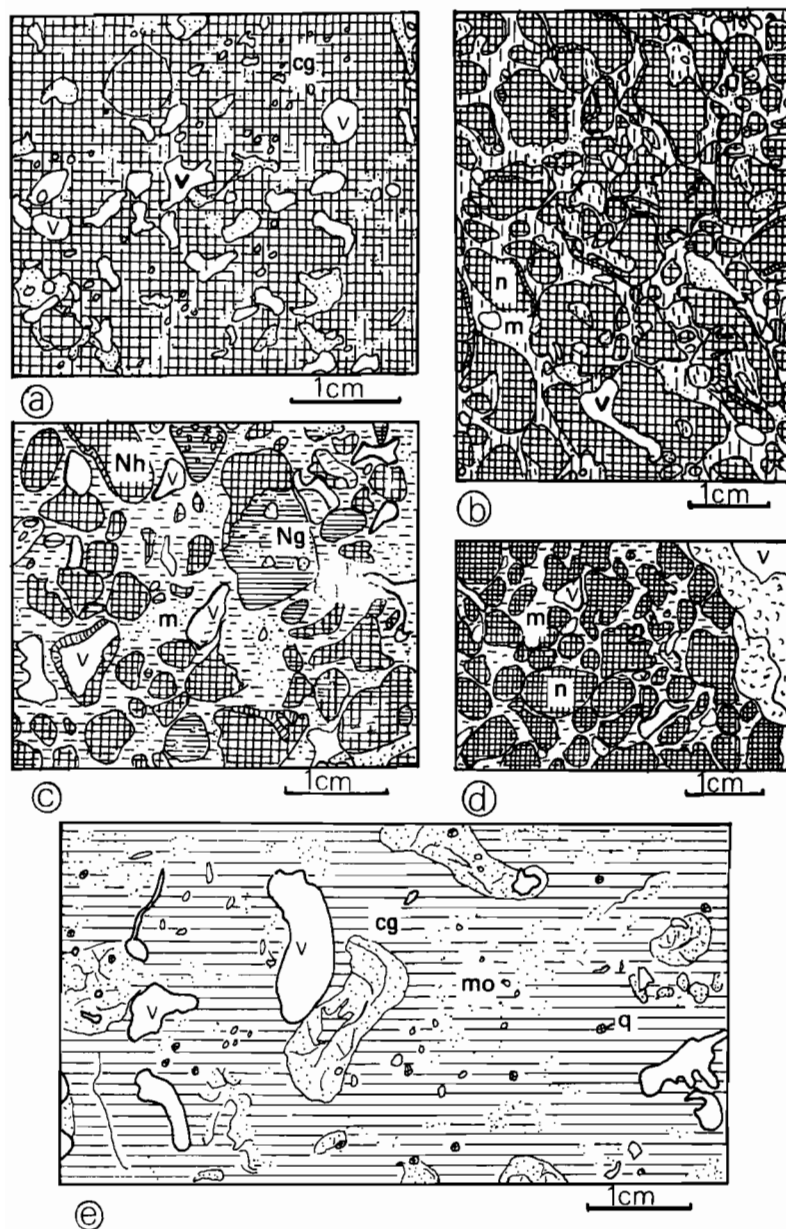
Aspect macroscopique du faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire d'une cuirasse de versant boisé (2A).

v : vide ; Nh : nodule hématitique ; Ng : nodule goethitique ; m : matrice rouge.

*Macroscopic aspect of the pseudonodular vacuo-tubular of a woody-slope ferricrete (2A).*

v : void ; Nh : hematitic nodule ; Ng : goethitic nodule ; m : reddish matrix.





— Figure 7 —

Aspect macroscopique du faciès massif scoriacé vacuolaire (a), du faciès pseudo-nodulaire vacuo-tubulaire (b, c), du faciès nodulaire vacuolaire (d) de cuirasses de bas-versants (3B), et du faciès massif vacuo-tubulaire (e) d'une cuirasse de bas-plateaux (3C).

v : vide ; c : ciment ferrugineux rouge ; j : matrice argilo-limoneuse jaune ; Ng : nodule goéthitique ; Nh : nodule hématitique ; m : matrice rouge ; N : nodule ; cg : ciment ferrugineux goéthitique ; mo : matrice argileuse ocre.

*Macroscopic aspect of the massive scoriaceous vacuolar facies (a), of the pseudonodular vacuo-tubular facies (b, c), of the nodular vacuolar facies (d) of low-slope ferricretes (3B), and of the massive vacuo-tubular facies ferricrete (e) of a low plate (3C).*

v : void ; c : reddish ferruginous cement ; j : yellow clay-silt matrix ; Ng : goethitic nodule ; Nh : hematitic nodule ; m : reddish matrix ; N : nodule ; cg : goethitic cement ; mo : ochrous clay matrix.

#### 4. Le faciès massif scoriacé vacuolaire (fig. 7a)

Les cuirasses à faciès massif scoriacé vacuolaire sont dures, moyennement denses et homogènes. Les vacuoles sont nombreuses : elles peuvent constituer jusqu'à 30 % du volume de la cuirasse. Elles sont de taille pluri-millimétrique, évidées ou remplies d'un produit très fin, argileux, et de couleur ocre. Elles peuvent également être bordées d'un cerne brun de goéthite. La couleur de ces cuirasses est à dominante rouge foncé (10 R 4/6 ou 3/6). Certaines peuvent présenter quelques éléments figurés de petite taille au sein du ciment ferrugineux qui est généralement massif. D'autres sont engrenées de petits quartz de taille millimétrique, et particulièrement celles des bas-plateaux (1C). Les variations de ce faciès dépendent du nombre et de la taille des vacuoles, de la couleur du ciment et de la fréquence des quartz.

### 5. Le faciès nodulaire vacuolaire (fig. 7d)

Les cuirasses à faciès nodulaire vacuolaire sont dures, denses et hétérogènes. Elles sont constituées de nombreux nodules pédorelictuels et plus rarement lithorelictuels (80 % du volume). Ces nodules sont bien circonscrits au sein du ciment ferrugineux. La matrice ferrugineuse et argileuse est peu abondante, indurée, et de couleur rouge (2,5 YR 4/6). Les nodules sont rouge foncé ou bruns à la cassure (10 R 3/3 ou 7,5 YR 5/5), et sont de taille inférieure ou égale au centimètre. Des vacuoles de taille pluri-millimétrique se situent dans la matrice. Elles sont évidées ou remplies d'un produit fin argilo-ferrugineux rouge. Dans certaines cuirasses du système cuirassé B ou C, les nodules bruns sont plus nombreux que les nodules violacés, et de petits quartz peuvent y être présents. Les variations de ce faciès sont fonction des proportions respectives des nodules, vacuoles et quartz.

### 6. Le faciès massif vacuo-tubulaire (fig. 7e)

Les cuirasses ferrugineuses à faciès massif vacuo-tubulaire des bas-plateaux (3C) sont les moins dures, les moins denses et les plus hétérogènes. Vacuoles et tubules de taille moyenne de l'ordre du centimètre, parfois plus, se situent dans des domaines massifs de taille pluri-centimétrique, argilo-ferrugineux indurés, de couleur brune (7,5 YR 5/5), ou argileux ocre (7,5 YR 7/6) (fig. 7e). Ces vides peuvent être bordés de cernes bruns de goethite. Les domaines argileux ocre sont souvent parcourus par un réseau tramé de filonnets bruns. Les domaines nodulaires de taille centimétrique et de couleur rouge à rouge foncé sont rares, mais lorsqu'ils existent ils confèrent un aspect lobé à la cuirasse. De petits quartz blancs, engrenés, sont souvent nombreux (10 % en moyenne). Par ces caractères pétrographiques énoncés, ce faciès doit être essentiellement constitué de goethite, kaolinite et quartz. Les variations de ce faciès reposent sur la taille et le nombre des vacuoles et des tubules, l'existence ou non de domaines nodulaires rouges à rouge foncé hématitiques, et l'abondance des quartz.

### 7. En résumé

Le tableau II résume les principaux caractères pétrographiques de chacun des six faciès décrits : massif, pseudonodulaire, pseudonodulaire vacuo-tubulaire, massif scoriacé vacuolaire, nodulaire vacuolaire et massif vacuo-tubulaire.

Dans les cuirasses des systèmes cuirassés A et B, les plus nombreuses (tabl. I), du faciès massif des hauts-plateaux au faciès nodulaire vacuolaire des bas-versants, on retient les variations suivantes :

- les nodules (pédoreliques et lithoreliques) sont peu abondants à abondants, et leur taille diminue ;
- la matrice ferrugineuse et argileuse est peu abondante à assez abondante, et sa couleur varie du rouge au brun rougeâtre ;
- les vacuoles et les tubules augmentent en nombre et parfois en taille ;
- les trames brunes sont présentes dans tous les faciès, dans les matrices, autour des nodules, et en bordure des vides ;
- les quartz augmentent.

Dans les cuirasses du système cuirassé C, on observe les variations suivantes depuis le faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire (1C) jusqu'au faciès massif vacuo-tubulaire (3C) (tabl. II) :

- la couleur du ciment ferrugineux varie du rouge foncé violacé à l'ocre ou ocre-brun ;
- les nodules sont abondants à très peu abondants ;
- la matrice ferrugineuse et argileuse est de couleur rouge à ocre ;
- la taille des vacuoles et des tubules augmente ;
- les trames brunes présentes dans tous les faciès deviennent très abondantes dans le faciès massif vacuo-tubulaire (3C) ;
- les quartz sont peu abondants à abondants.

Les cuirasses ferrugineuses de la région de Dembia-Zémio observées sur chaque système cuirassé se différencient les unes des autres par leur position topographique (tabl. I) et par leur faciès pétrographique (tabl. II). Cette diversité de faciès souligne soit la variété des roches mères, soit des cuirasses d'âges différents, ou peut-être les deux à la fois.

Tableau II  
 Comparaison des faciès pétrographiques des cuirasses échantillonnées  
 Comparison of the petrographic facies of ferricretes studied

Traits péto. Faciès	Couleur code Munsell	Nodules		Matrice	Porosité	Traces brunes	Q
		P	L				
M	violacé 10R 3/4	R	R	A, TI	fine	AA	TR
PNV	rouge 10R 3/6	R	A	AA, I	fine	PA	TR
PVT	rouge 10R 3/6	AA	AA	AA, I	vacuoles tubules	PA	TR
MSV	rouge foncé 2,5YR 3/6	R	TR	A, I	vacuoles	PA	AA
NV	brun rouge 2,5YR 3/4	A	PA	PA, I	vacuoles	AA	R
MVT	ocre brune 7,5YR 6/6 ou 4,5/4	R	TR	A, I	vacuoles tubules	TA	A

péto : pétrographiques (*petrographic*) ; P : pédoreliques (*pedorelicts*) ; L : lithoreliques (*lithorelicts*) ; Q : quartz ; TA : très abondant (*very abundant*) ; A : abondant (*abundant*) ; AA : assez abondant (*abundant enough*) ; PA : peu abondant (*little abundant*) ; R : rare ; TR : très rare (*very rare*) ; I : induré (*indurated*) ; TI très induré (*very indurated*)

#### IV — MINÉRALOGIE ET GÉOCHIMIE

Cinquante-six cuirasses latéritiques appartenant aux systèmes cuirassés A et B ont été analysées minéralogiquement et chimiquement (majeurs et traces) au Centre de Sédimentologie et de Géochimie de la Surface (CNRS) de Strasbourg.

##### A — MINÉRALOGIE DES CUIRASSES LATÉRIQUES

Dans leur ensemble les cuirasses latéritiques de la région de Dembia-Zémio sont constituées d'hématite, goethite, kaolinite et gibbsite dans des proportions variables suivant leur faciès pétrographique et leur situation dans le paysage (tabl. III et IV). Les teneurs en quartz sont inférieures à 5 %, ce qui correspond à la limite de détection par la méthode de diffraction des rayons X. Les teneurs de chacune des phases minérales ont été calculées à partir des mesures de leurs pics aux rayons X les plus intenses. Les résultats obtenus ont été validés

par un calcul normatif permettant de comparer les teneurs en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  correspondant à celles obtenues par l'analyse chimique.

Tableau III  
Compositions minéralogiques moyennes  
des cuirasses à faciès massif  
*Average mineralogical compositions  
of massive ferricretes*

site	1A		2A		3B	
	moy.	Et	moy	Et	moy	Et
kaolinite	37	6	29	9	27	6
goethite	13	11	34	13	29	15
hématite	47	9	30	17	36	9
gibbsite	3	2	7	9	7	6
Total	100		100		100	

Tableau IV  
Compositions minéralogiques moyennes  
des cuirasses à faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire  
*Average mineralogical compositions  
of pseudonodular vacuo-tubular ferricretes*

site	1A		2A		3B	
	moy.	Et	moy.	Et	moy.	Et
kaolinite	29	10	32	8	22	7
goethite	41	29	14	7	24	12
hématite	29	20	42	13	46	11
gibbsite	1	5	12	8	8	4
total	100		100		100	

1A : hauts-plateaux (*high plates*) ; 2A : versants boisés (*woody slopes*) ; 3B : bas-versants (*low slopes*) ; moy : moyenne (*mean*) ; Et : écart type (*mean deviation*)

### 1. Les cuirasses à faciès massif (tabl. III)

En moyenne, les cuirasses des hauts-plateaux (1A) sont essentiellement constituées d'hématite et de kaolinite. Les cuirasses des versants boisés (2A) sont bien représentées par la goethite et la kaolinite ; elles sont moins hématitiques mais plus gibbsitiques que les précédentes (tabl. III). Les cuirasses des bas-versants (3B) sont constituées d'hématite, de goethite et de kaolinite ; elles sont moins hématitiques que celles des hauts-plateaux mais plus gibbsitiques.

### 2. Les cuirasses à faciès pseudonodulaire non vacuolaire (tabl. V)

Elles appartiennent toutes au système cuirassé B des bas-versants. En moyenne, elles sont bien représentées par l'hématite et la kaolinite. Elles sont également goethitiques et renferment un peu de gibbsite. Elles se rapprochent beaucoup des cuirasses à faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire (tabl. IV).

Tableau V  
Compositions minéralogiques moyennes des cuirasses de bas-versants  
à faciès pseudonodulaire non vacuolaire (PNV)  
et à faciès massif scoriacé vacuolaire (MSV)  
*Average mineralogical compositions of low-slope ferricretes  
with pseudonodular non vacuolar (PNV)  
and massive scoriaceous vacuolar (MSV) facies*

faciès	PNV		MSV	
	moy.	Et	moy.	Et
kaolinite	21	4	21	3
goethite	28	15	41	16
hématite	43	13	32	12
gibbsite	8	4	6	6
Total	100		100	

moy : moyenne (*mean*) ; Et : écart type (*mean deviation*)

### 3. Les cuirasses à faciès pseudonodulaire vacuolaire (tabl. IV)

En moyenne, les cuirasses des hauts-plateaux sont constituées par la goéthite, la kaolinite et l'hématite ; elles sont plus goéthitiques mais moins riches en kaolinite et en hématite que celles à faciès massif (tabl. III). Les cuirasses des versants boisés sont constituées d'hématite, de kaolinite et de goéthite ; de plus, elles sont gibbsitiques ; elles sont moins goéthitiques mais plus riches en hématite et en gibbsite que les précédentes et que celles à faciès massif. Les cuirasses des bas-versants sont bien représentées par l'hématite ; elles sont également constituées de kaolinite, de goéthite et de gibbsite ; elles sont plus riches en hématite que les précédentes et que celles à faciès massif.

### 4. Les cuirasses à faciès massif scoriacé vacuolaire (tabl. V)

Là encore, ce ne sont que des cuirasses de bas-versants (3B). En moyenne, elles sont riches en goéthite et constituées aussi d'hématite, de kaolinite et d'un peu de gibbsite. Comparées aux autres cuirasses des bas-versants, ce sont les plus goéthitiques mais les moins riches en hématite et en kaolinite.

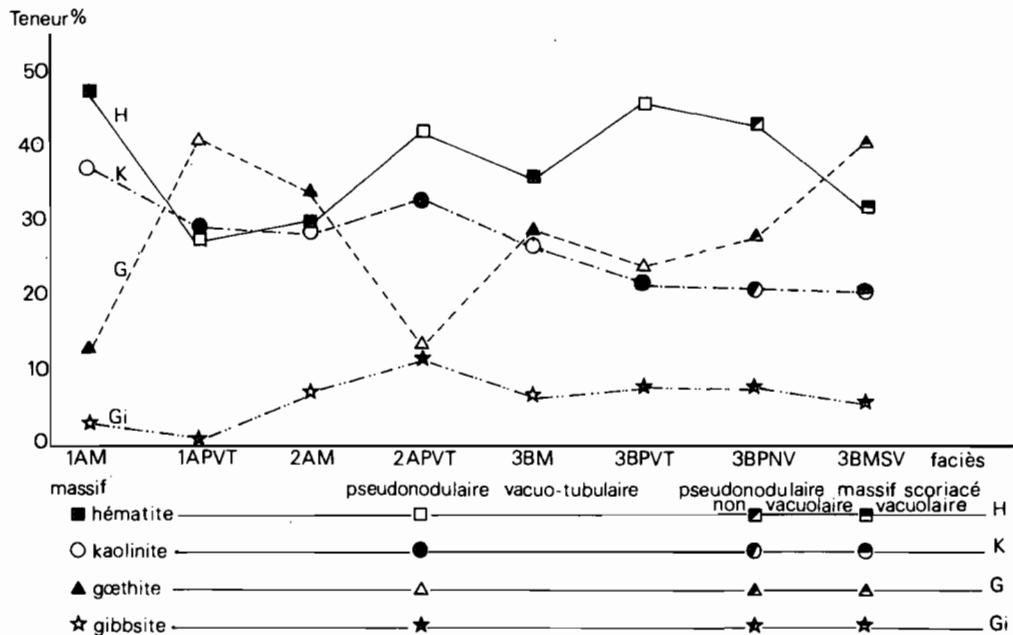


Fig. 8 — Représentation graphique des moyennes minéralogiques des faciès de cuirasses étudiés dans la région de Dembia-Zémio, Centrafrique.  
Graphic diagram of mineralogical means of ferricrete facies in the Dembia-Zémio area, Centrafica.

Dans l'ensemble et en moyenne (fig. 8), la minéralogie des cuirasses étudiées se présente de la façon suivante. Les cuirasses des hauts-plateaux à faciès massif sont les plus riches en hématite et en kaolinite mais les moins goéthitiques. Celles à faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire sont les moins hématitiques et les moins gibbsitiques, elles peuvent être riches en goéthite. Les cuirasses des versants boisés à faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire sont les plus riches en gibbsite. Les cuirasses des bas-versants à faciès massif scoriacé sont les plus goéthitiques mais les moins riches en kaolinite, comme celles à faciès pseudonodulaire non vacuolaire. Les cuirasses à faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire sont riches en hématite et aussi peu riches en kaolinite que les précédentes (fig. 8).

Globalement et en moyenne (fig. 9 et 10), les cuirasses des hauts-plateaux (1A) présentent le maximum de kaolinite, les minimums de gibbsite et d'oxyhydroxydes de fer, hématite et goéthite. Elles montrent les rapports goéthite/hématite et gibbsite/kaolinite les plus faibles. Les cuirasses des versants boisés présentent le maximum de gibbsite et un rapport kaolinite/oxyhydroxydes de fer comparable à celui des cuirasses des hauts-plateaux.

Les cuirasses des bas-versants présentent le maximum en oxyhydroxydes de fer et les rapports goethite/hématite et gibbsite/kaolinite les plus élevés.

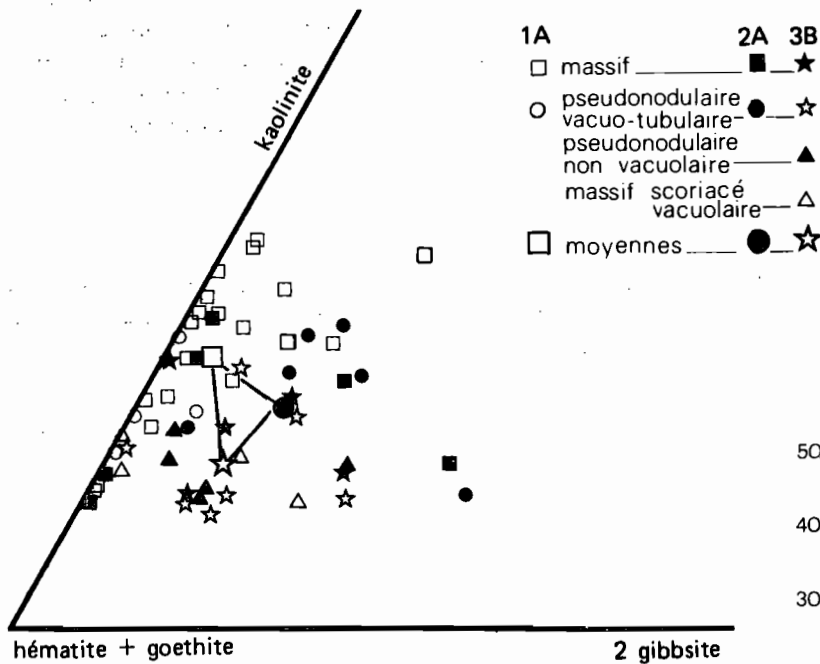
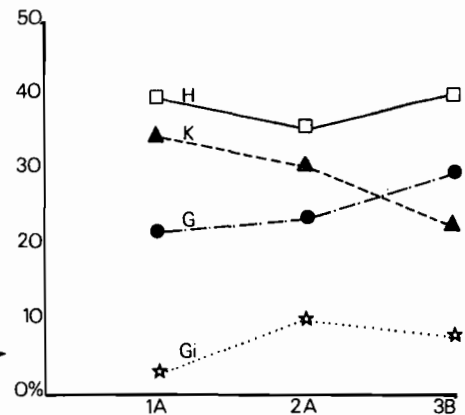


Fig. 9 — Diagramme triangulaire des compositions minéralogiques des faciès de cuirasses étudiés.

*Triangular diagram of mineralogical compositions of studied ferricrete facies.*

Fig. 10 — Représentation graphique des moyennes minéralogiques des cuirasses de chacun des systèmes cuirassés (1A, 2A et 3B).

*Graphic diagram of mineralogical means of each ferricrete system (1A, 2A and 3B).*



Les écarts types obtenus (tabl. III, IV et V) et la figure 9 montrent que les teneurs varient parfois beaucoup d'un faciès et d'un site à un autre.

## B — GÉOCHIMIE DES CUIRASSES LATÉRITIQUES

### 1. Géochimie comparée des faciès pétrographiques

#### a) Le faciès massif

En moyenne, les cuirasses des hauts-plateaux (1A) sont les plus riches en  $\text{SiO}_2$  parce que les plus riches en kaolinite (fig. 8), en  $\text{TiO}_2$  et La. Elles présentent les teneurs les plus faibles en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ , perte à  $1000^\circ\text{C}$  et V, Ni, Cr, Zn, Cu (tabl. VI). Les cuirasses des versants boisés (2A) sont les plus riches en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  parce que les plus riches en gibbsite (fig. 8), à égalité avec celles des faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire (tabl. VII). Ce sont également les plus riches en Zr et Ce. Les cuirasses des bas-versants (3B) sont les plus riches en Sc. Elles présentent les teneurs les plus faibles en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ,  $\text{TiO}_2$ , Co et Zr.

#### b) Le faciès pseudonodulaire non vacuolaire (tabl. VIII)

En moyenne, les cuirasses de ce faciès sont les plus riches en  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Sr, Ba et Co. En revanche, elles présentent les plus faibles teneurs en Nb. Ce sont les plus alumineuses de toutes les cuirasses de bas-versants.

Tableau VI  
 Compositions chimiques moyennes des cuirasses à faciès massif  
 Average chemical compositions of massive ferricretes

Site	1A		2A		3B	
Oxydes %	moy.	Et	moy.	Et	moy.	Et
SiO <sub>2</sub>	15.9	2.8	13.6	3.2	11.0	1.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.3	2.5	18.3	2.9	16.0	2.8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	58.2	5.5	55.1	5.2	80.1	4.3
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.05	0.02	0.08	0.03	0.05	0.02
TiO <sub>2</sub>	1.6	0.5	1.5	0.2	1.5	0.3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.4	0.2	0.3	0.1	0.4	0.08
H <sub>2</sub> O 1000°C	6.8	1.5	10.6	1.4	10.2	1.4
Total	99.25		99.46		99.25	
élt. ppm						
Sr	34	29	18	17	32	74
Ba	30	20	50	104	28	43
V	1181	245	1413	272	1427	395
Ni	30	23	33	18	44	13
Co	9	6	9	9	13	7
Cr	302	179	478	246	382	147
Zn	65	31	68	21	69	17
Cu	134	108	188	93	210	133
Sc	56	22	60	17	55	21
Y	9	4	8	3	11	5
Zr	263	82	292	75	263	47
La	49	41	23	23	27	31
Ce	133	64	211	126	140	100
Nb	15	3	16	4	16	4

élt. : éléments traces (*trace elements*)

**c) Le faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire (tabl. VII)**

En moyenne, les cuirasses des hauts-plateaux sont les plus riches en Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cr, Zn et Nb. Elles présentent des teneurs en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et V comparables à celles des cuirasses à faciès massif. En revanche, elles sont moins siliceuses parce que moins riches en kaolinite (fig. 8). Les cuirasses des versants boisés sont les plus alumineuses. Elles présentent une teneur en Cr comparable à celle des précédentes et une teneur en Ba proche de celle des cuirasses à faciès massif scoriacé vacuolaire. En revanche, elles sont les moins riches en Sr, Ni et La, et sont moins siliceuses et plus ferrugineuses que les cuirasses à faciès massif. Les cuirasses des bas-versants sont les plus ferrugineuses parce que les plus riches en oxyhydroxydes de fer (fig. 8) et ce sont les plus nickélifères. Ce sont les moins siliceuses et les moins riches en Ba. Elles sont plus alumineuses que celles à faciès massif.

**d) Le faciès massif scoriacé vacuolaire (tabl. VIII)**

En moyenne, les cuirasses de ce faciès présentent la perte au feu la plus forte. Ce sont les plus riches en V, Cu et Y. Ce sont aussi les moins ferrugineuses de toutes les cuirasses de bas-versants.

Globalement et en moyenne (tabl. IX), les cuirasses des hauts-plateaux sont les plus siliceuses et les plus

Tableau VII

Compositions chimiques moyennes des cuirasses à faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire

Average chemical compositions of ferricretes with pseudonodular vacuo-tubular facies

Site	1A		2A		3B	
	moy.	Et	moy.	Et	moy.	Et
SiO <sub>2</sub>	13.7	1.7	12.3	1.6	10.3	1.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.3	1.2	18.3	2.7	15.7	2.0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	56.3	3.8	57.1	3.4	62.2	3.0
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.07	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02
TiO <sub>2</sub>	1.5	0.5	1.5	0.2	1.5	0.8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.5	0.2	0.3	0.1	0.4	0.09
H <sub>2</sub> O 1000°C	10.7	2.0	10.2	1.4	8.7	1.2
Total	99.07		99.75		98.85	
élts. ppm						
Sr	28	19	8	6	12	6
Ba	23	13	71	150	11	5
V	1198	121	1435	181	1348	271
Ni	34	37	30	17	53	13
Co	9	8	6	7	15	4
Cr	566	110	558	223	409	124
Zn	96	54	59	23	69	15
Cu	180	160	156	56	167	107
Sc	60	30	54	14	46	15
Y	14	7	7	2	7	3
Zr	312	78	263	28	259	44
La	27	18	8	5	9	7
Ce	94	10	195	117	110	28
Nb	19	5	14	2	16	3

Tableau VIII

Compositions chimiques moyennes des cuirasses à faciès pseudonodulaire non vacuolaire (PNV) et à faciès massif scoriacé vacuolaire (MSV)

Average chemical compositions of ferricretes with pseudonodular non vacuolar facies (PNV) and massive scoriaceous vacuolar facies (MSV)

faciès	PNV		MSV	
	moy.	Et	moy.	Et
Oxydes %				
SiO <sub>2</sub>	11.1	1.8	11.5	1.6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.1	1.9	16.8	5.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	58.8	4.5	57.3	6.3
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.05	0.03	0.08	0.03
TiO <sub>2</sub>	1.6	0.3	1.4	0.4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.5	0.05	0.4	0.1
H <sub>2</sub> O 1000°C	10.1	1.5	11.5	1.2
total	89.25		98.98	
élts ppm				
Sr	95	143	9	5
Ba	72	77	16	4
V	1520	222	1878	809
Ni	48	14	33	6
Co	17	6	15	5
Cr	451	136	250	131
Zn	73	21	60	26
Cu	156	74	304	236
Sc	43	8	68	35
Y	10	3	17	8
Zr	283	44	279	71
La	51	55	20	16
Ce	189	121	164	191
Nb	11	7	18	7

riches en TiO<sub>2</sub>, Sr et La. Les cuirasses des versants boisés sont les plus alumineuses et les plus riches en Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, perte au feu à 1000 °C et en Ba, Cr, Sc, Zr et Ce. Les cuirasses des bas-versants sont les plus ferrugineuses et les plus riches en V, Ni, Co, Zn, Cu et Y.

La figure 11 montre que :

- les cuirasses latéritiques sont d'autant plus riches en éléments traceurs des roches basiques, Mn, V, Ni, Co, Cr et Cu qu'elles sont plus riches en fer. En revanche, on n'observe pas de variations des éléments traceurs des roches acides tels que Sr, Ba, Y, Zr, La et Ce ;
- en moyenne, les cuirasses des hauts-plateaux sont les moins riches en éléments traces, celles des versants boisés sont les plus riches, les cuirasses des bas-versants présentent des teneurs intermédiaires ;
- on met en évidence deux grands pôles géochimiques : l'un est le moins ferrugineux et le moins basique (fig. 11, A et C), et une majorité de cuirasses du système A s'y réunissent. L'autre est le plus ferrugineux et le plus basique (fig. 11, B et D), et bien qu'il concerne une majorité de cuirasses du système B, on y trouve également quelques cuirasses du système A. Ce sont donc les cuirasses du système cuirassé A et particulièrement celles des hauts-plateaux qui apparaissent géochimiquement les mieux différenciées.



Tableau IX  
 Compositions chimiques moyennes des cuirasses en fonction de leur situation topographique  
 Average chemical compositions of ferricretes as related to their topographic situation

site	1A		2A		3B	
	moy.	Et	moy.	Et	moy.	Et
SiO <sub>2</sub>	16.4	2.8	15	4.0	11.5	2.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.3	2.7	16.3	3.5	14.8	1.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	56.2	5.9	53.0	6.1	60.8	3.5
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.04	0.02	0.08	0.01	0.04	0.01
TiO <sub>2</sub>	1.7	0.3	1.5	0.1	1.3	0.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.3	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1
H <sub>2</sub> O 1000°C	8.5	1.0	11.0	1.4	10.0	1.2
Total	99.44		99.18		99.84	
élt.s. ppm						
Sr	36	31	27	28	17	8
Ba	32	21	28	16	11	10
V	1177	280	1392	353	1245	68
Ni	29	21	38	19	40	11
Co	8	8	12	11	-	-
Cr	247	137	398	261	383	170
Zn	58	19	77	15	72	6
Cu	124	100	221	116	247	80
Sc	55	22	66	19	68	15
Y	7	2	10	3	12	4
Zr	277	64	321	97	236	27
La	53	44	38	25	35	14
Ce	141	70	226	143	105	31
Nb	15	3	17	5	13	4

## 2. Analyse factorielle en composante principale

Ce traitement statistique (SAS, 1986) a été effectué sur l'ensemble des 56 échantillons, et seuls les deux premiers facteurs ont été combinés, expliquant respectivement 21 % et 13 % de la variance totale. Le résultat de cette analyse est reporté sur la figure 12, où s'individualisent quatre principaux groupes de variables.

Le premier groupe est celui de la goethite, accompagnée de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cu, Zn, V, Sc, Y et Yb. Ce groupe caractérise bien les cuirasses des versants (2A et 3B). Le second associe la kaolinite à l'hématite ainsi que SiO<sub>2</sub>, Sr et La. Il caractérise plutôt les cuirasses à faciès massif des hauts-plateaux. Le troisième est celui de la gibbsite, et il exprime un pôle essentiellement alumineux, avec la présence de Nb. Il caractérise les cuirasses des versants boisés (2A). Le dernier concerne le quartz et le manganèse avec Mg, Co et Ni. Il marque la nature basique dominante du substratum.

Certaines variables ont une position intermédiaire entre ces groupes. Le fer est « partagé » entre la goethite et l'hématite, bien qu'étant plutôt corrélé avec l'hématite suivant le facteur 3. Ce facteur représente 12 % de la variance totale, et oppose le groupe de la kaolinite associée à la silice à celui du fer associé au cobalt et au nickel (tabl. X). De la même manière, la perte au feu se place entre la gibbsite et la goethite, TiO<sub>2</sub> et Zr se placent entre la kaolinite et la gibbsite. Titane et zirconium traduisent, outre la persistance des minéraux lourds dans les

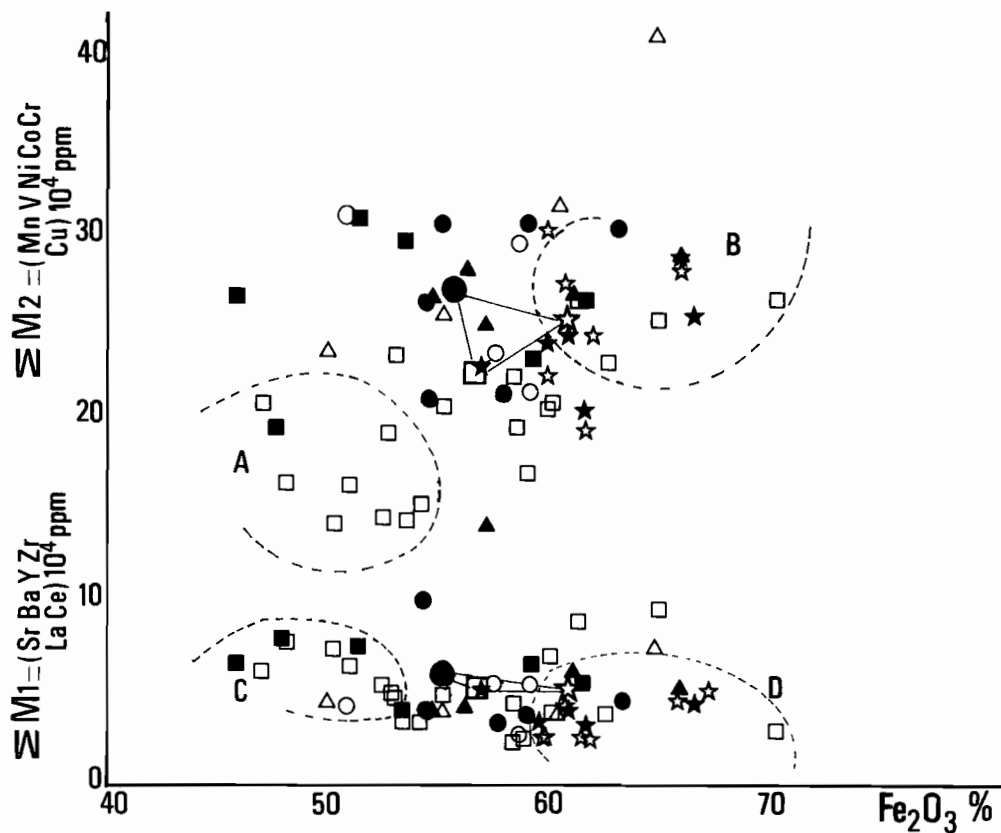
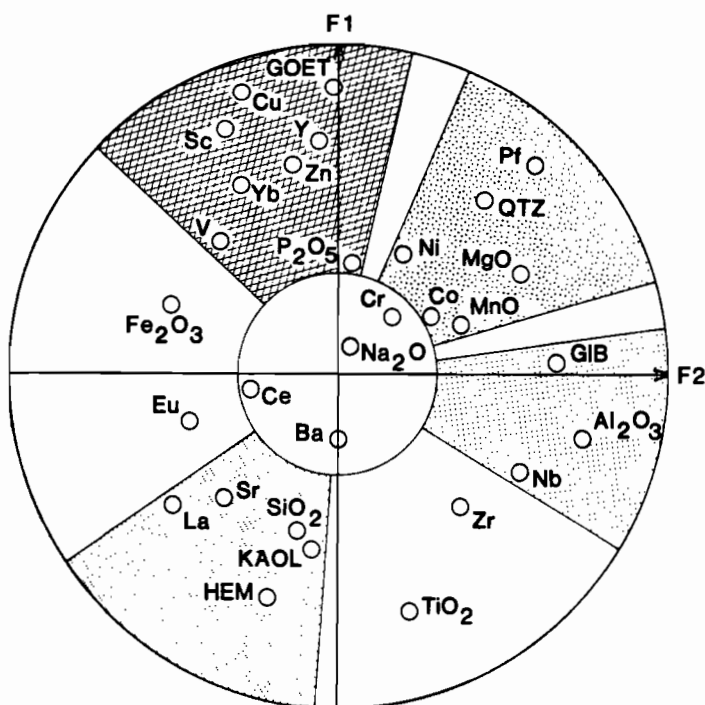


Fig. 11 — Représentation chimiographique des cuirasses latéritiques dans la région de Dembia-Zémio, Centrafrica (même légende que pour la figure 9).  
 Chemiographic diagram of ferricretes in the Dembia-Zémio area, Centrafrica (same legend as for figure 9).



— Fig. 12 —  
 Analyse factorielle en composante principale des compositions chimiques des cuirasses.  
 Factorial analysis in principal component of ferricrete chemical compositions.  
 HEM : hématite ; GOET : goethite ; KAOL : kaolinite ; GIB : gibbsite ; QTZ : quartz ; F1 : axe factoriel 1 (factorial axis 1) ; F2 : axe factoriel 2 (factorial axis 2)

cuirasses, une affinité géochimique du titane avec les principales phases alumineuses (BESNUS, 1977). Dans notre analyse, le titane est associé à l'hématite dans le facteur 1 (tabl. X).

Tableau X  
 Mise en évidence des groupes géochimiques à partir des axes factoriels  
 List of geochemical groups after factorial analysis

corrélation	positive	négative	Xvar.
facteurs			
facteur 1	G Q Zn Cu Sc Yb	H Ti	22
facteur 2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Mg Nb	La Eu	13
facteur 3	K SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Co Ni	12
facteur 4	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Sr Ba V Ce		10.5
facteur 5	Eu Yb	Na <sub>2</sub> O	9
facteur 6		Gi	5.5
facteur 7		Zr	5
facteur 8	Cr		3
total var.			80

G : goethite ; H : hématite ; K : kaolinite ; Gi : gibbsite ; Q : quartz ;  
 % var. : pourcentage représentatif de la variance totale (*representative percentage of total variance*)

Le premier facteur oppose le premier et le second groupe (tabl. X et fig. 12), illustrant peut-être de cette manière les différences pétrologiques entre les deux systèmes cuirassés A et B, entre les cuirasses des hauts-plateaux essentiellement hématitiques et kaolinitiques, et celles des bas-versants qui sont beaucoup plus goéthitiques. Le second facteur oppose l'alumine exprimée sous forme de gibbsite et La associé à Eu. La gibbsite n'est pas discriminante vis-à-vis de la goéthite et de l'hématite, et sa présence, bien que plus importante dans les cuirasses des versants boisés, est commune à l'ensemble des cuirasses. Le facteur 4 qui représente 10,5 % de la variance met en évidence un groupe constitué de Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Sr, Ba, V et Ce. Le facteur 5 qui représente 9 % de la variance oppose Na<sub>2</sub>O à Eu et Yb (tabl. X). Les facteurs 6 et 7 représentent respectivement 5,5 et 5 % de la variance et caractérisent la gibbsite pour l'un et le zirconium pour l'autre. Le facteur 8 ne représente que 3 % de la variance et fait ressortir le chrome (tabl. X).

## V — CONCLUSIONS ET DISCUSSION

1. La géomorphologie des plateaux de la région de Dembia-Zémio en Centrafrique, recouverts de formations superficielles, latéritiques et cuirassées, est caractérisée par deux unités de modelé. La première est commandée par des hauts-plateaux à cuirasse latéritique affleurante, qui dominent en moyenne d'une cinquantaine de mètres les bas-plateaux de la seconde. La première unité de modelé, constituée de deux systèmes cuirassés A et B, s'étend des hauts-plateaux à l'amont, aux bas-versants à l'aval. La seconde unité de modelé ou système cuirassé C est caractérisée par les bas-plateaux.

2. L'étude macroscopique des cuirasses appartenant aux trois systèmes cuirassés a permis de distinguer six faciès pétrographiques : massif, pseudonodulaire non vacuolaire, pseudonodulaire vacuo-tubulaire, massif scoriacé vacuolaire, nodulaire vacuolaire et massif vacuo-tubulaire. Les quatre premiers cités sont les plus

répandus sur la première unité de modelé. Du faciès massif au faciès massif scoriacé vacuolaire, (i) la couleur varie du rouge foncé violacé au rouge brunâtre et (ii) les vacuoles et les petits quartz augmentent en nombre. Du faciès massif au faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire, (i) la matrice devient moins abondante et moins indurée parce que plus argileuse, (ii) les nodules et les vacuoles augmentent en nombre. Les trames brunes goethitiques sont présentes dans tous les faciès, et particulièrement dans certaines cuirasses des hauts-plateaux et des bas-plateaux. Les faciès des cuirasses de la seconde unité de modelé se différencient nettement de ceux des cuirasses de la première unité par (i) un plus grand nombre de vides et de petits quartz et (ii) souvent une couleur différente.

3. Ces différences géomorphologiques (deux unités de modelé) d'une part, et pétrographiques (cuirasses de A, B ou C) d'autre part, révèlent soit l'existence de roches mères de natures différentes, soit la présence de cuirasses d'âges différents, soit les deux à la fois. Dans le premier cas, on se situe d'emblée dans une hypothèse de lithodépendance des paysages ayant évolué sous les mêmes climats mais sur des substrats de natures différentes (LELONG, 1967 ; MILLOT *et al.*, 1976 ; LEPRUN, 1979 ; MILLOT, 1980). Dans le second cas, on fait intervenir des périodes d'altération et d'érosion successives au gré des bouleversements climatiques pouvant engendrer la formation de cuirasses de faciès pétrographiques et d'âges différents sur une même roche mère (MICHEL, 1969 ; GRANDIN, 1973). Enfin, dans le troisième cas, on sait depuis longtemps que les cuirasses développées et encore présentes sur roches basiques sont toujours plus hautes dans le paysage et plus anciennes que les cuirasses développées sur roches acides (DELVIGNE, 1965 ; BOULET, 1970 ; PION, 1979).

4. Les cuirasses ferrugineuses de la première unité de modelé se différencient les unes des autres par leur situation dans le paysage (1A, 2A ou 3B), leur faciès pétrographique, et par leurs compositions minéralogique et chimique. De plus, sur une même surface (1A, 2A ou 3B), les cuirasses ferrugineuses peuvent être différentes par leur pétrologie. Là encore, ces variations suggèrent soit des roches mères de natures différentes (NAHON, 1976 ; LEPRUN, 1979 ; PION, 1979 ; AMBROSI, 1984 ; AMBROSI et NAHON, 1986), soit des faciès de cuirasses d'âges différents (TARDY *et al.*, 1988), les faciès pseudonodulaires pouvant alors être interprétés comme dérivant du faciès massif par dégradation et évolution latérale en même temps que verticale (MAIGNIEN, 1958, 1966).

5. Depuis les cuirasses des hauts-plateaux à faciès massif dominant, jusqu'aux cuirasses des bas-versants à faciès pseudonodulaire vacuo-tubulaire dominant : (i) les teneurs en kaolinite et en hématite diminuent, et les teneurs en gibbsite et goethite augmentent ensemble (cuirasses 2A), puis la goethite et l'hématite sont dominantes (cuirasses 3B) ; (ii) on note aussi une augmentation des teneurs en  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  et en éléments traces V, Ni, Co, Cr, Zn, Cu, Sc et Ce.

6. D'une manière générale, les éléments traces contenus dans les cuirasses ne sont pas de bons indicateurs de la nature des roches mères, d'autant moins que ces cuirasses sont plus ferrugineuses et situées à l'aval du paysage (cuirasses 3B). Cependant, sur un même haut-plateau, on a pu mettre en évidence deux pôles géochimiques, l'un plus ferrugineux et plus basique parce que plus riche en Mn, V, Ni, Co, Cr et Cu, et l'autre moins ferrugineux et moins basique parce que moins riche en Mn, V, Ni, Co, Cr et Cu, mais en revanche plus riche en Sr, Ba, Y, Zr, La et Ce. Il semble donc que ce soient les cuirasses des hauts-plateaux qui reflètent le mieux la nature et les variations de faciès pétrologique du substratum. Ce sont les cuirasses les plus riches en kaolinite, et l'on sait que cette argile conserve bien le spectre géochimique des roches mères (MOSSER *et al.*, 1974, 1985). Sur les versants (2A et 3B) des hauts-plateaux (1A), les cuirasses sont plus ferrugineuses et plus goethitiques, plus alumineuses et plus gibbsitiques. Elles sont également plus enrichies en Mn, V, Ni, Co, Cr et Cu, et la lithodépendance chimique apparaît moins bien marquée. Cela est peut-être dû aux apports latéraux (NALOVIC, 1977), aux transformations par dégradation chimique du faciès massif des hauts-plateaux, à l'amont, en faciès pseudonodulaire des bas-versants, à l'aval.

Un plus grand nombre d'analyses au sol et au laboratoire devrait permettre de confirmer bientôt ces premières conclusions, et de réaliser une cartographie pétrographique, minéralogique et géochimique plus précise sur l'ensemble des plateaux cuirassés de la région de Dembia-Zémio en Centrafrique, comparable à ce qui existe déjà dans d'autres pays d'Afrique ou d'autres régions du monde, elles-aussi latéritisées (BLOT *et al.*, 1978 ; ZEEGERS, 1978 ; ZEEGERS et LEPRUN, 1979 ; WILHELM et KOSAKEWITCH, 1979 ; BUTT, 1979 ; DAVIES et BLOXHAM, 1979 ; MATHEIS, 1981). Ce n'est qu'en multipliant et en confrontant de plus en plus les observations faites sur le terrain avec (i) les résultats de la télédétection sur photos aériennes et satellites (BOULVERT, 1976,

1977) et avec (ii) les données pétrologiques et géochimiques de plus en plus nombreuses acquises au laboratoire et traitées par les méthodes modernes de l'informatique (ROQUIN, 1979, 1984 ; ROQUIN *et al.*, 1987 ; FREYSSINET, 1985 ; TARDY, 1986), que l'on pourra dresser des cartes thématiques plus précises, et plus utiles pour l'exploitation des ressources minières masquées par les manteaux d'altération latéritiques et cuirassés.

REMERCIEMENTS — Les auteurs remercient l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM) et le centre de Bangui (Centrafrique) pour son aide technique et logistique, l'Institut Pasteur de Bangui pour son aide technique, MM. Y. Tardy, J.J. Trescases et B. Volkoff pour leur soutien et leurs suggestions scientifiques, M. Y. Boulvert pour son aide dans la télédétection, le Laboratoire de géochimie du Centre de Sédimentologie et de Géochimie de la Surface (CNRS) de Strasbourg pour la partie analytique de cette étude.

*Manuscrit déposé le 5 janvier 1987 ; accepté le 25 janvier 1988*

## BIBLIOGRAPHIE

- AMBROSI J.P. (1984) — Pétrologie et géochimie d'une séquence de profils latéritiques cuirassés ferrugineux de la région de Diouga, Burkina Faso. Thèse 3e cycle, Univ. Poitiers, 223 p.
- AMBROSI J.P. et NAHON D. (1986) — Petrological and geochemical differentiation of lateritic iron crust profiles. *Chemical Geology*, 57, p. 371-393.
- AUBREVILLE A. (1948) — Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Soc. Ed. Géogr. mar. col., Paris, 351 p.
- BESNUS Y. (1977) — Etude géochimique comparative de quelques gisements supergènes de fer. *Sci. Géol., Mém.*, Strasbourg, 47, 145 p.
- BLOT A., LEPRUN J.C. et PION J.C. (1978) — Corrélations géochimiques entre les cuirasses ferrugineuses et les roches du socle cristallin au Sénégal et en Haute-Volta. Lithodépendance et héritage géochimique. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 286, D, p. 1331-1334.
- BOULET R. (1970) — La géomorphologie et les principaux types de sols en Haute-Volta septentrionale. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédologie*, VIII, 3, p. 245-272.
- BOULVERT Y. (1976) — Types de modelés cuirassés. Intérêt morphopédologique des « lakérés ». Finesse, précision de la télédétection avec le couvert végétal (région de Dembia). *Rev. Photo interprétation*, Technip, Paris, 4, p. 18-29.
- BOULVERT Y. (1977) — Utilisation de la télédétection pour la cartographie de régions mal connues. Application au Centrafrique. C. R. Coll. « Pédologie et Télédétection », FAO, Rome, 10 p.
- BOULVERT Y. (1980) — Végétation forestière des savanes centrafricaines. *Rev. Bois et Forêts des Tropiques*, 191, p. 21-45.
- BOULVERT Y. (1982) — Notes géomorphologiques régionales en Centrafrique. Rap. ORSTOM, Bangui, t. 2, 296 p.
- BOULVERT Y. (1983) — Notice explicative de la carte pédologique de la République Centrafricaine à 1:1 000 000. ORSTOM, Paris, notice n° 100, 126 p.
- BOULVERT Y. (1987) — Inventaire du cuirassement centrafricain. Extension et importance à partir de l'atlas du milieu naturel centrafricain. Problèmes posés. Coll. Colloques et Sém. Région. Latérites. ORSTOM, Paris, p. 93-107.
- BOULVERT Y. (1987) — Notice explicative de la carte phytogéographique à 1:1 000 000 de la République Centrafricaine. ORSTOM, Paris, notice n° 104, 126 p.
- BUTT C.R.M. (1979) — Some aspects of geochemical exploration in lateritic terrains in Australia. Laterisation process. Internat. sem., Trivandrum. Ed. IBA, Oxford, (1981), p. 369-380.

- DAVIES T.C. et BLOXHAM T.W. (1979) — Heavy metal distribution in laterites, southwest of Regent, Freetown igneous complex, Sierra Leone. *Econ. Geol.*, 74, 3, p. 638-644.
- DELVIGNE J. (1965) — La formation des minéraux secondaires en milieu ferrallitique. *Mém. ORSTOM*, 13, 177 p.
- FREYSSINET P. (1985) — Etude préliminaire des formations latéritiques de Kangaba (Sud Mali). Rap. DEA, Univ. Strasbourg, 58 p.
- GRANDIN G. (1973) — Aplanissements cuirassés et enrichissement des gisements de manganèse dans quelques régions d'Afrique de l'Ouest. Thèse Sci. Univ. Strasbourg et *Mém. ORSTOM*, 82, (1976), 349 p.
- LELONG F. (1967) — Nature et genèse des produits d'altération des roches cristallines sous climat tropical humide (Guyanne française). *Mém. Sci. Terre*, Nancy, 14, 188 p.
- LEPRUN J.C. (1979) — Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique Occidentale sèche. Genèse. Transformations. Dégénération. *Sci. Géol., Mém.*, Strasbourg, 58, 224 p.
- MAIGNIEN R. (1958) — Les cuirasses des sols en Guinée, Afrique occidentale. *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 16, 239 p.
- MAIGNIEN R. (1966) — Compte-rendu de recherches sur les latérites. Recherches sur les ressources naturelles. UNESCO, Ed. Vaillant-Carmanne, Liège, 155 p.
- MATHEIS G. (1981) — Trace element patterns in lateritic soils applied to geochemical exploration. *J. Geochem. Explor.*, 15, 1-3, p. 471-480.
- MESTRAUD J.C. (1960a, b) — Rapport de fin de mission 1959 sur la coupure Zémio-Djéma. *Géol. Appl.*, inédit, Arch. DMG, Bangui, 14 cartes, 55 p. et 5 cartes, 15 p.
- MESTRAUD J.C. (1982) — Géologie et ressources minérales de la République Centrafricaine. Etat des connaissances fin 1963. *Mém. Bur. Rech. géol. min.*, Orléans, 60, 185 p.
- MICHEL P. (1969) — Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. Thèse Sci. Univ. Strasbourg et *Mém. ORSTOM*, 63, (1973), 752 p.
- MILLOT G., BOCQUIER G. et PAQUET H. (1976) — Géochimie et paysages tropicaux. *La Recherche*, 65, p. 236-244.
- MILLOT G. (1980) — Les grands aplanissements des socles continentaux dans les pays subtropicaux, tropicaux et désertiques. *Mém. h. sér. Soc. Géol. France*, 10, p. 295-305.
- MOSSER C., WEBER F. et GACJ.Y. (1974) — Eléments traces dans les kaolinites d'altération formées sur granite et schiste amphibolitique en République Centrafricaine. *Chemical Geology*, 14, p. 95-115.
- MOSSER C., LEPRUN J.C. et BLOT A. (1985) — Les éléments traces des fractions inférieures à 2  $\mu\text{m}$  à kaolinite et smectite formées par altération des roches silicatées acides en Afrique de l'Ouest (Sénégal et Haute-Volta). *Chemical Geology*, 48, p. 165-181.
- NAHON D. (1976) — Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal occidental et en Mauritanie. Systèmes évolutifs : géochimie, structures, relais et coexistence. *Sci. Géol., Mém.*, Strasbourg, 44, 232 p.
- NALOVIC L. (1977) — Recherches géochimiques sur les éléments de transition dans les sols. Etude expérimentale de l'influence des éléments traces sur le comportement du fer et l'évolution des composés ferriques au cours de la pédogenèse. *Trav. et Doc. ORSTOM*, 66, 235 p.
- PION J.C. (1979) — L'altération des massifs cristallins basiques en zone tropicale sèche. Etude de quelques toposéquences en Haute-Volta. *Sci. Géol., Mém.*, Strasbourg, 57, 215 p.
- ROCQUIN C. (1979) — Analyse structurale de la carte géochimique en prospection régionale. *Bull. Bur. Rech. géol. min.*, (2), II, 2-3, p. 161-174.
- ROCQUIN C. (1984) — Traitement de données en prospection géochimique. Facteurs de variation du signal et sélection de la composante anormale. Thèse Sci., Univ. Orléans, 108 p.
- ROQUIN C., TOUNDE D., FREYSSINET P., PION J.C. et TARDY Y. (1987) — Premiers résultats de cartographie des couvertures latéritiques par images Spot, région de Kangaba (Sud Mali). *C. R. Acad. Sci. Paris*, 304, sér. II, 8, p. 321-326.
- SAS Institute Inc., Cary, N.C. 27511, USA.
- SILLANS R. (1958) — Les savanes de l'Afrique Centrale. Essai sur la physionomie, la structure et le dynamisme des formations végétales ligneuses des régions sèches de la RCA. *Encycl. Bio.* Ed. P. Lechevalier, Paris, 400 p.
- TARDY Y. (1986) — Dynamique géochimique des vieux paysages latéritiques cuirassés. Programme Pirat.

- Opérat. Lat. Afrique. INSU, CNRS, Univ. Strasbourg, ORSTOM, 36 p.
- TARDY Y., MAZALTARIM D., BOEGLIN J.L., ROCQUIN C. et PION J.C. (1988) — Lithodépendance et homogénéisation de la composition minéralogique et chimique des cuirasses ferrugineuses. *C. R. Acad. Sci. Paris*, en préparation.
- WILHELM E. et KOSAKEWITCH A. (1979) — Utilisation des chapeaux de fer comme guides de prospection. *Bull. Bur. Rech. géol. min.*, (2), II, 2-3, p. 109-140.
- ZEEGERS H. (1978) — Regional geochemical prospecting in equatorial areas : an example in French Guiana. 7th internat. Geochem. Explor. Symp., Golden Colorado, J.R. WATTERSON & P.K. THEOBALD (Eds), p. 209-225.
- ZEEGERS H. et LEPRUN J.C. (1979) — Evolution des concepts en altérologie tropicale et conséquences potentielles pour la prospection géochimique en Afrique soudano-sahélienne. *Bull. Bur. Rech. géol. min.*, (2), II, 2-3, p. 229-240.