

Signification paléoclimatique des cuirasses et des nappes de nodules ferrugineux dans les sols d'Afrique centrale (rive droite du Zaïre)

D. MARTIN ¹ et B. VOLKOFF ²

RESUME : La région se présente comme un plateau de moyenne altitude couvert de forêt. Dans les sols les accumulations ferrugineuses sont généralisées mais peu visibles. Des cuirasses apparaissent sous forme de rares buttes au milieu du plateau ou en bordure de celui-ci, mais ce que l'on rencontre surtout ce sont des nappes de nodules ferrugineux associées à des cuirasses en blocs de taille variable ensevelis sous une épaisse couverture meuble. L'étude de leur distribution géographique montre qu'elles occupent tout le plateau et qu'elles sont probablement héritées d'une vieille couverture pédologique. On constate que ces accumulations se maintiennent essentiellement sous forme de niveaux nodulaires mais on ne peut pas dire si elles dérivent d'un cuirassement continu antérieur ou si l'accumulation ferrugineuse n'a jamais dépassé le stade nodulaire. De plus les cuirasses et nodules considérés globalement apportent peu d'informations sur les paléoclimats qui ont succédé à la mise en place de ces accumulations. Des connaissances précises portant sur leur structure et leur minéralogie sont nécessaires.

I - INTRODUCTION

Les oscillations climatiques du Quaternaire récent en Afrique Centrale (depuis 30000 ans environ) commencent à être connues grâce aux recherches en sédimentologie, palynologie et paléobotanique, chimie isotopique, archéologie... (Giresse et Lanfranchi, 1984 ; Maley et Livingstone, 1983 ; Schwartz et al., 1986 ; Lanfranchi, 1986 ; Kadomura et al., 1986).

Il est cependant probable que l'origine des paysages actuels de l'Afrique Centrale soit beaucoup plus ancienne et que, tout comme en Afrique de l'Ouest, il soit nécessaire de la rechercher dans les variations paléoclimatiques à l'échelle des millions d'années, sur une période de temps qui s'étend au moins entre le Néogène et le Quaternaire. Des alternances de longues périodes humides à couvert végétal forestier et de périodes moins humides ayant maintenu des paysages végétaux de savane jusqu'à

l'Equateur ont permis le développement d'un cuirassement ferrugineux. Celui-ci a profondément marqué la genèse des modelés et est à l'origine de la plupart des formations superficielles.

La chronologie de ces alternances et leur durée sont encore plus incertaines qu'en Afrique de l'Ouest. Il est cependant possible qu'une analyse du cuirassement permette de préciser les étapes de la mise en place des cuirasses et d'apporter quelques éclaircissements sur les paléoenvironnements responsables de leurs évolutions ultérieures.

Le cuirassement ferrugineux est en effet un phénomène généralisé en Afrique centrale (Martin, 1966 ; Martin et al., 1981 ; Novikoff, 1974 ; Boulvert, 1983, 1985 ; Petit, 1975a, 1975b) mais il y est peu visible car les recouvrements meubles superficiels sont toujours épais et les reliefs cuirassés sont cachés par la forêt.

En Afrique de l'Ouest les cuirasses ferrugineuses ont été l'objet de nombreuses études (Maignien, 1958 ; Leprun, 1979 ; Nahon, 1976) et ont servi de référence à des modèles d'évolution du paysage conduisant à des reconstitutions paléoclimatiques (Michel, 1973).

En Afrique Centrale les connaissances actuelles ne permettent pas de jeter les bases d'une théorie de la mise en place de ces formations. Les inventaires non plus ne sont pas assez avancés pour que leur représentation cartographique, à l'échelle de cette grande région, puisse être envisagée. Les informations disponibles ne permettent que de proposer un schéma préliminaire de leur répartition régionale. Un tel schéma est cependant utile, d'abord comme cadre pour une première discussion du phénomène cuirassement dans la région, ensuite pour orienter les recherches ultérieures.

1. Pédologues ; Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, (ORSTOM), 213, rue La Fayette, 75010 Paris (France)

II- PRESENTATION GENERALE DE LA REGION

Entre 6° de latitude Nord et 4° de latitude Sud, c'est à dire entre Yaoundé et Brazzaville, on se trouve en pleine forêt équatoriale. La savane n'y apparait qu'en intrusions sur les bordures nord (Boulvert, 1986 ; Letouzey, 1985) et sud (Atlas du Congo, 1969 ; Géographie et cartographie du Gabon, 1983).

Cette région se présente comme un vaste plateau à modelé peu accusé. "Il s'agit d'un ensemble de surfaces d'aplanissement emboîtées, élaborées durant le Tertiaire" (Segalen, 1967) sur une partie du bouclier qui depuis cette période, et jusqu'au Quaternaire, a été caractérisée par une grande stabilité tectonique. Elle présente aussi des niveaux topographiques plus bas : essentiellement les bas-plateaux côtiers sur socle et formations sédimentaires à l'Ouest, la Cuvette congolaise à l'Est. Une partie de ces niveaux pourrait appartenir à une surface d'aplanissement du Quaternaire ancien (Segalen, 1967).

La forêt se trouve dans un domaine à climat équatorial typique : 1600-2000 mm de pluies avec deux courtes saisons sèches. Aux lisières de la forêt on passe à un climat équatorial de transition vers le tropical : 1500-1600 mm de pluies avec 3-4 mois secs consécutifs.

La couverture pédologique est essentiellement ferrallitique*. Sur une coupe verticale on constate qu'elle est constituée par la superposition d'un manteau supérieur meuble, d'un ensemble nodulaire* et cuirassé, d'une altérite très épaisse (Muller et al., 1981 ; Bocquier et al., 1984 ; Yongué, 1986). L'épaisseur de la couverture meuble varie de quelques décimètres à plusieurs mètres (jusqu'à 5 à 6 m). Elle recouvre généralement un niveau à nodules ferrugineux qui a lui-même quelques dm à plusieurs mètres d'épaisseur. Celui-ci peut comporter une cuirasse soit continue en grande dalle métrique, soit discontinue en blocs hétérométriques. En profondeur, au passage à l'altérite*, les nodules* disparaissent rapidement. Dans certaines situations les nodules sont absents ; on peut alors observer, entre la couverture meuble superficielle et l'altérite, un niveau, jamais très épais, de cuirasse seule en blocs de taille variable.

Les séquences le long des versants sont mal connues. On constate que les cuirasses sont plutôt sommitales, que les profils à horizon nodulaire et cuirasse profonde sont plutôt localisés au sommet des interfluvies, mais dans de nombreux cas on les rencontre distribués sur la totalité des versants (Martin, 1866 ; Vallerie, 1973 ; Martin et al., 1981). Les niveaux nodulaires sont souvent décrits comme "nappes de gravats" ou "stone-lines". Leur signification paléoclimatique est depuis longtemps discutée

(Collinet, 1969 ; Peyrot et Lanfranchi, 1984 ; voir également Lanfranchi et Schwartz, p. 248 de cet ouvrage).

Des cuirasses ferrugineuses en affleurement sont très rarement visibles : affleurements hectométriques au nord-ouest de Ouesso ; plateaux cuirassés à végétation forestière dégradée au nord-ouest Congo et sud-ouest Gabon (Novikoff, 1974 ; Collinet et Forget, 1977). Vers l'Adamaoua (Martin et Segalen, 1966 ; Boulvert, 1985) les cuirasses sont plus continues. Elles sont fortement disloquées sur le schisto-calcaire précambrien du Congo-Gabon (Delhumeau, 1975 ; Collinet et Forget, 1977) et toujours sous savanes. Des buttes de hauteur variable et à cuirasses plus ou moins démantelées parsèment le plateau sud-camerounais (Kueté, 1980 ; Martin, 1967 ; Vallerie, 1973), mais sont également présentes à l'Ouest de Ouesso et surtout dans l'Adamaoua.

III - DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE DES ACCUMULATIONS FERRUGINEUSES

En Afrique Centrale on ne peut pas dissocier les cuirasses ferrugineuses des niveaux de nodules ferrugineux. Les deux sont intimement liés dans leur distribution et, dans un travail préliminaire, on devra les considérer ensemble.

Les données que l'on peut recueillir par des observations ponctuelles sur le terrain — il faut souligner les difficultés que rencontrent les études qui ne peuvent être réalisées qu'à l'aide de puits profonds et rapprochés — concernent : (1) l'importance de l'accumulation ferrugineuse mesurée par l'épaisseur de l'ensemble nodulaire qui comporte, ou ne comporte pas, de cuirasse ; (2) l'épaisseur du recouvrement meuble ; (3) la généralisation de l'accumulation, c'est à dire la distribution des accumulations dans le paysage.

Lorsque l'ensemble nodulaire présente une épaisseur décimétrique (10 cm à 1 m) on a décidé de le qualifier de peu épais ; lorsqu'il a une épaisseur métrique il sera considéré comme épais. On peut, selon les mêmes critères, différencier des couvertures meubles superficielles épaisses et peu épaisses.

On définit ainsi un certain nombre d'unités qui ont, l'expérience le prouve, une réalité géographique (fig. 1).

On constate que les accumulations ne sont présentes que sur le socle ancien (cristallin et sédimentaire précambrien) et qu'elles sont liées aux surfaces d'aplanissement. Les accumulations sont importantes sur les sur-

faces anciennes (plateau sud-camerounais au Nord de l'Ogooué jusqu'en Centrafrique) ; on peut dans ce cas les mettre en relation avec de très vieilles couvertures pédologiques. Elles sont inexistantes, ou extrêmement réduites, dans les paysages rajeunis à couverture pédologique récente : entailles des plateaux, zones de reprise d'érosion quaternaire. Elles sont peu épaisses sur certains bas-plateaux.

Sur le plateau sud-camerounais deux épisodes, ou niveaux d'accumulations, peuvent être identifiés ; des reliefs cuirassés isolés dominant en effet de 20 à 80 m des collines à accumulations ferrugineuses de profondeur (Martin, 1970).

A l'Ouest de Ouessou le démantèlement accentué d'une surface indurée à 600-700 m est particulièrement signalé par l'existence de hautes collines (100-200 m) couvertes de reliques cuirassées.

Au sud de l'Ogooué la géologie et la géomorphologie sont plus complexes, mais une grande partie du massif granitique du Chaillu présente d'importantes accumulations ferrugineuses sur au moins deux niveaux : l'un à plus de 800 m, l'autre à 600-700 m d'altitude. Sur les bordures sédimentaires précambriennes, les accumulations ferrugineuses s'étagent sur des plateaux entre 200 et 500 m, mais ceux-ci sont souvent fortement érodés latéralement, tout en ayant conservé leur recouvrement meuble.

Au Gabon, le Bassin sédimentaire crétacé et tertiaire semble avoir présenté une accumulation ferrugineuse dont une grande partie (nord de l'Ogooué) a été complètement enlevée par l'érosion.

Dans la Cuvette congolaise les matériaux sont en général trop sableux pour avoir pu donner lieu à une accumulation ferrugineuse sous forme de nodules ou de cuirasses.

On note également qu'en bordure de la zone forestière les recouvrements peuvent être peu épais et que des cuirasses continues peuvent affleurer avec plus de fréquence.

La carte montre en définitive que l'essentiel des accumulations ferrugineuses (cuirasses et nodules ferrugineux) appartient à une vieille surface, que ces accumulations sont enfouies sous une épaisse couverture meuble d'où émergent de rares "buttes cuirassées". Cette surface est par endroits entaillée. Les entailles dégagent alors d'autres buttes cuirassées qui sont des buttes de bordure.

De façon très globale on constate que les formations meubles de couverture, épaisses au coeur de la forêt, peu-

vent devenir relativement minces et même disparaître lorsqu'on se rapproche des lisières. Mais dans le détail il y a peu de relations entre le cuirassement, la profondeur de son enfouissement et la nature du couvert végétal.

IV - DYNAMIQUE DES ACCUMULATIONS FERRUGINEUSES

La généralisation des accumulations ferrugineuses signifie donc que l'ensemble de la région a été soumis à un même processus d'enrichissement superficiel en fer. S'agissant de mécanismes très lents on peut supposer que ce processus a démarré tôt au tertiaire.

Les accumulations ferrugineuses de l'Afrique centrale ne sont ni des cuirasses continues comme en Centrafrique ni des nappes de nodules ferrugineux superficiels comme en Afrique soudano-guinéenne. Elles sont représentées par des cuirasses fragmentées et des nodules ferrugineux toujours ensevelis sous d'épaisses formations meubles. On peut rechercher une explication à cela.

On constate en effet dans la plupart des situations une parfaite continuité verticale entre les altérites et les niveaux à nodules d'une part, entre les altérites, les niveaux à nodules et les cuirasses d'autre part. On note aussi, de façon quasi-systématique, une parfaite continuité macro- et micromorphologique, entre les phases fines qui se différencient au sommet de l'altérite ainsi qu'au sein des niveaux gravillonnaires et le matériau meuble de couverture (Bocquier et al., 1984 ; Yongué, 1986).

Ceci signifie que la cuirasse a évolué et s'est fragmenté pour donner naissance à des nodules ferrugineux. Les ensembles nodulaires peuvent se perpétuer en se régénérant au fur et à mesure de l'enfoncement du profil (Nahon, 1976 ; Beauvais et Nahon, 1985). Le niveau nodulaire est donc bien un horizon pédologique et non pas le résultat de la fragmentation mécanique d'une cuirasse par des phénomènes érosifs de surface. Il témoigne de l'évolution *in situ* d'un héritage reçu sous forme de stock de fer.

Ainsi au coeur de la zone forestière, les cuirasses sont peu fréquentes alors que l'accumulation ferrugineuse se maintient sous forme d'un niveau nodulaire enseveli sous une épaisse couverture meuble. On ne peut cependant pas affirmer avec certitude que tous ces niveaux nodulaires dérivent d'une cuirasse initiale car l'accumulation ferrugineuse a très bien pu se réaliser et se conserver à l'état nodulaire sans jamais atteindre le stade cuirassé.

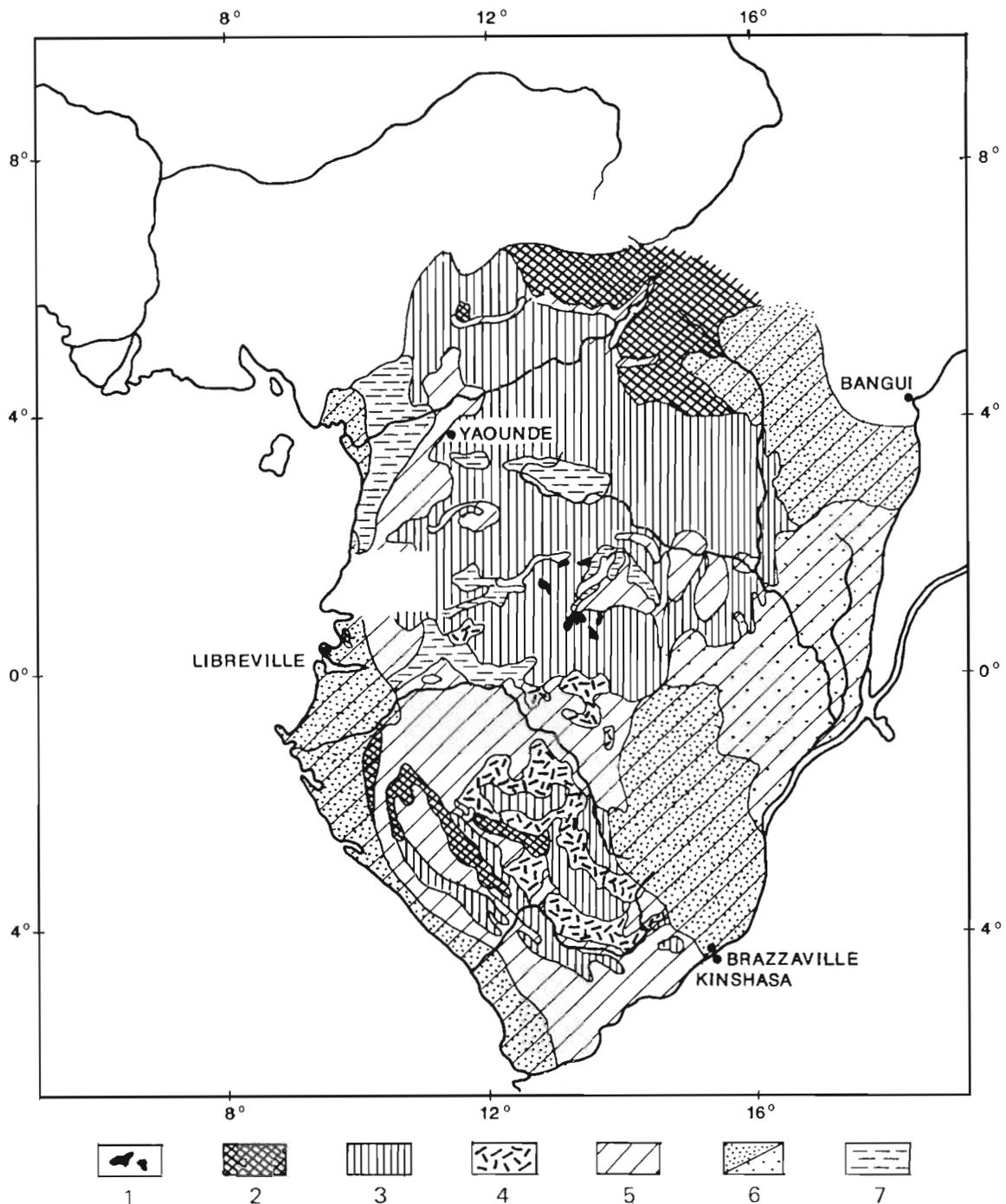


Figure 1 : Répartition géographique des accumulations ferrugineuses dans les sols d'Afrique Centrale ; (1) Minerais de fer à accumulations ferrugineuses associées ; (2) Plateaux et collines à accumulations épaisses (nodules et/ou cuirasse) : recouvrement peu épais, affleurements fréquents ; (3) Plateaux et collines à accumulations épaisses (nodules et/ou cuirasse) : recouvrement épais, affleurements limités ; (4) Collines et plateaux à accumulations épaisses (nodules et/ou cuirasse) mais partielles (pentes sans accumulations) ; (5) Collines à accumulations très réduites ou inexistantes ; (6) Formations sédimentaires : (Secondaire à Quaternaire) ; Cuvette congolaise (6a: couches sablo-gréseuses du Secondaire et du Tertiaire ; 6b : dépôts quaternaires et bassins côtiers) ; (7) Collines et plateaux à accumulations peu épaisses (plus de nodules que de cuirasses).

L'épaisse couverture meuble, sa formation et mise en place, posent encore bien des problèmes ; la présence d'outils préhistoriques au dessus ou dans certaines "stone-lines" n'a pas, non plus, encore reçu d'explications satisfaisantes (voir Lanfranchi et Schwartz, p. 283 de cet ouvrage).

Sous savane et dans les marges forestières l'évolution superficielle paraît bloquée par le cuirassement ferrugineux subaffleurant. Il est probable que la cuirasse se perpétue par redistribution du fer sur les versants, par enfoncement des cuirasses anciennes en position dominante dans le paysage et alimentation en fer des cuirasses aval plus jeunes, suivant le schéma décrit sous savanes et forêts sèches guinéennes (Maignien, 1958).

On a montré que de telles évolutions se manifestent aussi bien sous savane (Nahon, 1976) que sous forêt (Boulangé, 1984) et qu'elles s'expriment par des séquences verticales et latérales de faciès pétrographiques et minéralogiques parfaitement définies.

Dans les paysages les cuirasses se différencient ainsi d'une part suivant leur faciès (pétrographique, minéralogique et géochimique), qui est l'expression de leur degré d'évolution donc de leurs âges relatifs, et d'autre part, partiellement seulement, suivant leurs roche-mères.

En limite des zones forestières on peut donc envisager une évolution par différenciations latérales avec formation de cuirasses et de carapaces dérivées des accumulations plus anciennes et présentant des caractéristiques minéralogiques et structurales différentes.

Ainsi, si l'on considère la dynamique évolutive des accumulations ferrugineuses, dynamique dont les fondements théoriques ont été précisés (Tardy et Nahon, 1985), on peut supposer que, partant d'un héritage commun — une importante accumulation ferrugineuse probablement cuirassée —, les sols et les paysages de l'Afrique Centrale actuellement forestière ont pu, au gré des fluctuations climatiques passées, évoluer tantôt en conservant le cuirassement, tantôt par démantèlement des cuirasses avec cependant conservation de leur stock de fer dans un horizon nodulaire épais.

Une translation vers le sud des actuelles zones climatiques se traduirait par une mobilisation du fer et la reconstitution de certaines cuirasses dans le cas où un stock suffisant de fer a été préservé. Le cuirassement aval serait favorisé, ce qui conduirait à l'atténuation du modelé convexe et le passage à des versants plans ou concaves. Qu'advient-il de la couverture meuble ? Elle aurait tendance à disparaître par érosion dès qu'une cuirasse de pente est individualisée.

Un retour à la situation initiale et une remontée vers le Nord des actuelles zones climatiques accentueraient la dégradation des cuirasses et une morphologie à modelé convexe.

Rien ne prouve cependant que ces translations des zones climatiques, si elles ont eu lieu, soient synonymes de translations de conditions favorables au cuirassement. Il est probable que si les totaux pluviométriques ont varié, la distribution saisonnière des pluies, elle, n'a pas subi d'altérations importantes par rapport à la situation actuelle. Dans ces conditions seules les intensités du cuirassement, là où actuellement il se perpétue, et de dégradation des cuirasses, là où aujourd'hui les cuirasses se dégradent, ont effectivement pu varier. On peut alors se demander comment apprécier une accélération ou un ralentissement des phénomènes dans le temps sans qu'il y ait alternance.

Seules donc des cartographies très détaillées portant sur les caractéristiques minéralogiques, pétrologiques et géochimiques des accumulations ferrugineuses peuvent permettre de préciser les séquences évolutives, leurs chronologies et les éventuels basculements d'évolution liés à des modifications de l'environnement bioclimatique.

V - CONCLUSION

L'Afrique centrale forestière (Cameroun, Gabon, Congo, Centrafrique) est couverte de sols ferrallitiques dans lesquels les concentrations ferrugineuses sous forme de nodules et de cuirasses sont importantes mais sont cachées sous des recouvrements meubles épais.

Ces accumulations sont l'héritage d'une vieille surface d'aplanissement qui semble avoir été largement cuirassée comme en témoignent les vestiges distribués sur l'ensemble de la zone.

Au niveau régional on constate que la distribution des accumulations ferrugineuses conservées est liée à la nature du substratum sous-jacent et aux soulèvements tectoniques postérieurs à la phase de leur mise en place.

Les accumulations ont été plus fortes sur certaines roches cristallines, insignifiantes sur les roches sédimentaires ; des mouvements épirogéniques ont d'autre part provoqué des reprises d'érosion, l'entaille du plateau supérieur et l'individualisation de buttes cuirassées et, en certains endroits, le façonnement d'un niveau d'aplanissement inférieur à couverture pédologique actuelle relativement pauvre en fer.

Les cuirasses et les nodules ferrugineux sont donc l'héritage d'une longue période d'intense altération au cours de laquelle les formations superficielles ont accumulé une importante quantité de fer. Il est probable aussi qu'une longue période climatique a été favorable au cuirassement. Ces accumulations sous forme de cuirasse et de nappes de nodules témoignent donc d'un épisode important dans l'histoire des paysages de l'Afrique Centrale. Mais si on les considère globalement on y trouve peu d'informations sur ce qui s'est passé après la mise en place du stock de fer.

On constate simplement que dans de très nombreuses situations l'héritage a pu se perpétuer. La région, dans son ensemble, n'a donc pas été soumise à des actions érosives très intenses.

On peut cependant supposer que ces accumulations ferrugineuses une fois constituées n'ont pas subi une évolution pédo-bio-géochimique régulière et uniforme dans le temps. Les fluctuations climatiques y ont très certainement laissé quelques traces. Des périodes de climat tropical ont pu générer des cuirasses à l'aval des versants et rectifier les versants convexes. Les périodes de climat équatorial et de couvert forestier ont, au contraire, favorisé les processus de transformation des paysages cuirassés à longs versants rectilignes en paysages à versants convexes par démantèlement des cuirasses, formation d'une couverture meuble et incorporation de résidus grossiers dans une "stone-line".

Si l'on désire faire une reconstitution historique complète, sachant que les modifications de l'environnement pédoclimatique orientent des différenciations qui se font à l'échelle des versants, il est nécessaire de quitter l'échelle régionale et passer à des échelles de détail. En effet, seules les études très précises de la nature des nodules ferrugineux et des cuirasses résiduelles et de leurs variations spatiales à l'échelle du paysage, celle des versants notamment, seront susceptibles d'apporter des informations sur les paléoevolutions, les paléofformes et les paléoclimats qui ont succédé à la mise en place des accumulations ferrugineuses.

BIBLIOGRAPHIE

- Atlas du Congo, 1969. Planche phytogéographique et Notice. ORSTOM, Paris.
- BEAUVAIS A. et NAHON D., 1985.- Nodules et pisolithes de dégradation des profils d'altération mangésifères sous conditions latéritiques. Exemples de Côte d'Ivoire et du Gabon. *Sci. Géol. Bull.*, 38, 4, 359-381.
- BOCQUIER G., MULLER J.P. et BOULANGE B., 1984.- Les latérites, connaissances et perspectives actuelles sur les mécanismes de leur différenciation. In: Livre Jubilaire du Cinquantenaire, AFES, Plaisir, p. 123-138.
- BOULANGE B., 1984.- Les formations bauxitiques latéritiques de Côte d'Ivoire. Les faciès, leur transformation, leur distribution et l'évolution du modèle. *Trav. et Doc. n° 175, ORSTOM, Paris*, 341 p.
- BOULVERT Y., 1983.- Carte pédologique de la République Centrafricaine à 1:1.000.000. Notice explicative n° 100, ORSTOM, Paris, 126 p.
- BOULVERT Y., 1985.- Aplanissements en Afrique centrale. Relations avec le cuirassement, la tectonique, le bioclimat. *Bull. Ass. Géogr. Franç.*, Paris, 4, 301-309.
- BOULVERT Y., 1986.- Carte phytogéographique de la République Centrafricaine. Notice explicative n° 104, ORSTOM, Paris, 131 p.
- COLLINET J., 1969.- Contribution à l'étude des "stone-lines" dans la région du Moyen-Ogooué (Gabon). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, VII, 1, 3-42.
- COLLINET J. et FORGET A., 1977.- Carte pédologique N'Dendé à 1/200.000. Notice explicative n° 63, ORSTOM, Paris, 118 p.
- DELHUMEAU M., 1975.- Carte pédologique de reconnaissance du Gabon à 1/200.000. Fougamou. Notice explicative n° 59, ORSTOM, Paris, 54 p.
- Géographie et Cartographie du Gabon, 1983. *Végétation*, p. 35. EDICEF, Paris, 135 p.
- GIRESSÉ P. et LANFRANCHI R., 1984.- Les climats et les océans de la région congolaise pendant l'holocène - Bilans selon les échelles et les méthodes de l'observation. *Palaeocol. Africa*, 16, 77-88.
- KADOMURA H., HORI N., KUETE M., TAMURA T., OMI G., HARUKI M. et CHUJO H., 1986.- Late Quaternary environmental changes in Southern Cameroon. In : H. Faure, L. Faure et E.S. Diop (éds.), *Changements globaux en Afrique. Passé - Présent - Futur. Symp. Int. INQUA/ASEQUA*, Dakar, *Trav. Doc. n° 197, ORSTOM, Paris*, p. 217-219.

- KUETE M., 1980.- Le phénomène de cuirassement au sud de Yaoundé (Étude géomorphologique). *Rev. Géogr. Cameroun*, 1, 1, 45-63.
- LANFRANCHI R., 1986.- Les industries préhistoriques congolaises dans le contexte du Quaternaire récent. In : H. Faure, L. Faure et E.S. Diop (éds.), *Changements globaux en Afrique. Passé - Présent - Futur. Symp. Int. INQUA/ASEQUA*, Dakar, Trav. Doc. n° 197, ORSTOM, Paris, p. 247-249.
- LEPRUN J.C., 1979.- Les cuirassements ferrugineux des pays cristallins de l'Afrique occidentale sèche. *Genèse. Transformations. Dégénération. Sci. Géol. Mém.* n° 58, Strasbourg, 224 p.
- LETOUZEY R., 1985.- Carte phytogéographique du Cameroun au 1/500.000. ICIV, Toulouse, France.
- MALEY J. et LIVINGSTONE D.A., 1983.- Extension d'un élément montagnard dans le sud du Ghana (Afrique de l'Ouest) au Pléistocène supérieur et à l'Holocène inférieur: premières données polliniques. *C.R. Acad. Sci. Paris, sér. II*, t. 296, 1287-1292.
- MAIGNIEN R., 1958.- Contribution à l'étude du cuirassement des sols en Guinée française. *Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lor.*, n° 16, Strasbourg, 239 p.
- MARTIN D., 1966.- Etude pédologique dans le Centre Cameroun (Nanga-Eboko à Bertoua). *Mémoire* n° 19, ORSTOM, Paris, 91 p.
- MARTIN D., 1967.- Géomorphologie et sols ferrallitiques dans le Centre Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* V, 2, 189-218.
- MARTIN D., 1970.- Quelques aspects des zones de passage entre surfaces d'aplanissement du Centre-Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, VIII, 2, 219-239.
- MARTIN D. et SEGALIN P., 1966.- Carte pédologique du Cameroun Oriental au 1/1.000.000. *Notice explicative* n° 26, ORSTOM, Paris, 125 p.
- MARTIN D., CHATELIN Y., COLLINET J. et GUICHARD E., 1981.- Les sols du Gabon. *Pédogenèse, répartition et aptitudes. Cartes* à 1/2.000.000. *Notice explicative* n° 92, ORSTOM, Paris, 66 p.
- MICHEL P., 1973.- Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. *Etude géomorphologique. Mém.* n° 63, ORSTOM, Paris, 3 vol., 752 p.
- MULLER D., BOCQUIER G., NAHON D. et PAQUET H., 1981.- Analyse de différenciations minéralogiques et structurales d'un sol ferrallitique à horizons nodulaires du Congo. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, XVIII, 2, 87-109.
- NOVIKOFF A., 1974.- Altération des roches dans le Massif du Chaillu (Rép. Pop. du Congo). *Formation et évolution des argiles en zone ferrallitique. Thèse Doct. Sciences Naturelles, Univ. Strasbourg*, 297 p.
- NAHON D., 1976.- Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires du Sénégal occidental et en Mauritanie. *Sci. Géol. Mém.* n° 44, Strasbourg, 232 p.
- PETIT M., 1975a.- Le massif granitique du Chaillu et ses enveloppes gréseuses. *Trav. Doc. Géogr. Trop., CEGET*, 22, 3-108.
- PETIT M., 1975b.- Les paysages du calcaire dans la vallée du Niari et de la Nyanga. *Trav. Doc. Géogr. Trop., CEGET*, 22, 109-143.
- PEYROT B. et LANFRANCHI R., 1984.- Les oscillations morphoclimatiques récentes dans la vallée du Niari (République Populaire du Congo). *Palaeocol. Africa*, 16, 265-281.
- SCHWARTZ D., MARIOTTI A., LANFRANCHI R. et GUILLET B., 1986.- 13C/12C ratios of soil organic matter as indicators of vegetation changes in the Congo. *Geoderma*, 39, 97-103.
- SEGALEN P., 1967.- Les sols et la géomorphologie du Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, V, 2, 137-190.
- TARDY Y. et NAHON D., 1985.- Geochemistry of laterites, stability of Al-goethite, Al-hematite and Fe³⁺ - kaolinite in bauxites and ferricretes : an approach to the mechanism of concretion formation. *Am. J. Sci.*, 285, 865-903.
- VALLERIE M., 1973.- Contribution à l'étude des sols du Centre-Sud Cameroun, types de différenciation morphologique et pédogénétique sous-climat sub-équatorial. *Trav. et Doc.* n° 29, ORSTOM, Paris, 111 p.
- YONGUE R., 1986.- Contribution à l'étude pétrologique de l'altération et des faciès de cuirassement ferrugineux des gneiss migmatiques de la région de Yaoundé. *Thèse, Université de Yaoundé, multigr.*, 214 p.