

## Structure et site topographique originels des cuirasses latéritiques

Jean ALEXANDRE

### Résumé

Après avoir identifié les principaux types d'environnement topographique et de structure des cuirasses latéritiques *lato sensu*, les relations les plus fréquentes entre les uns et les autres sont envisagées en se fondant sur les processus probables à partir d'une connaissance de terrain et des travaux publiés sur les cuirasses africaines principalement. Les cuirasses à structure gravillonnaire, presque toujours vermiforme, sur une surface d'érosion très faiblement incisée (pénéplanation) sont opposées aux faciès conglomératiques à cailloutis riche en fer des glacis d'érosion (pédiplanation) et aux faciès conglomératiques à cailloutis plus ou moins résistant à l'altération chimique des fonds de vallée. Après une reprise d'érosion verticale de quelque importance, les restes des premiers se disposent comme de larges terrasses de part et d'autre des vallées, les deuxièmes couvrent la presque totalité de la partie conservée de la surface et les derniers forment des *bowals* par inversion de relief.

Certaines structures de cuirasse sont susceptibles d'apparaître dans de nombreuses positions topographiques, par exemple les structures rubanées et les structures rocheuses résiduelles avec ou sans imprégnation. D'autres peuvent résulter de processus convergents. Avec l'âge (depuis le début du Tertiaire), les cuirasses acquièrent une structure de plus en plus complexe dont il convient de discerner les formes premières qui sont souvent en relation avec des formes de terrain ayant aujourd'hui disparu.

### Abstract

*After a short identification of the most prominent types of topographic environment and structure (fabric) of the lateritic crusts lato sensu, the most frequent connections between them are approached with the help of processes known from field observations and from published studies mainly in Africa. The concretionary and often vermiform crusts on a lightly-incised erosion surface are contrasted with the conglomerate facies with iron-rich pebbles on pediments and with the conglomerate facies with weathering-resistant pebbles in the valley bottoms. After a wave of retrogressive erosion, the former lateritic crusts look like wide terraces on both sides of the valley, the remnants of second forms are totally covered by the detrital deposits and the latter crusts are responsible for the bowals in inversions of relief.*

*Some structures are liable to appear in many topographical sites, e.g. the layered structures and the residual structures with or without impregnation. Some structures can be produced by quite different processes. When very old (early Tertiary), the lateritic crust can acquire a more and more complex structure from which the original forms are to be distinguished and related to landforms which have now disappeared.*

### I. INTRODUCTION

Cet article constitue une première synthèse sur la contingence entre la structure d'une cuirasse et le contexte morphologique dans lequel elle s'est élaborée. Toutefois, structure et relief ont presque toujours été défigurés dans la suite. Si dans la plupart des cas, il n'est pas trop malaisé de rétablir, ou du moins d'identifier, la topographie primitive, il n'en est pas toujours de même avec la structure qui peut être fortement modifiée.

### II. INFLUENCE DE L'ENVIRONNEMENT TOPOGRAPHIQUE

Si l'on considère la cuirasse latéritique comme une roche continentale dont la consolidation (effective ou potentielle) est due aux oxydes de fer et dont l'aspect contourné témoigne d'une formation à faible profondeur dans le sol (ALEXANDRE, 1978), on admet implicitement que la topographie peut jouer un rôle non négligeable dans le façonnement d'une cuirasse et l'on élimine par ailleurs,

les bancs de grès ferrugineux cimentés à une certaine profondeur ainsi que certains dépôts de bauxite.

Assez tôt après leur identification par BUCHANAN (1807), les cuirasses ont été, pour une grande part, associées à des surfaces d'érosion relativement planes (entre autres : LAKE, 1891; OLDHAM, 1893 ; *in* MCFARLANE, 1976; SIMPSON, 1912; de CHETELAT, 1938; PALLISTER, 1952; MAIGNIEN, 1958), soit que celles-ci étaient restées intactes depuis la formation de la cuirasse, soit qu'il ait pu être fait abstraction de l'érosion ultérieure. Depuis lors, les observations sur le terrain ont montré qu'il fallait faire la distinction entre les surfaces de pénéplation (grandes surfaces d'aplanissement dites de savane, pénéplaines, adaptées de DAVIS, 1920) et les surfaces de pédiplication (pédiments, glacis d'érosion, Du PREEZ, 1949; KING, 1967; MICHEL, 1969), les unes affectant de larges zones tandis que les autres sont confinées dans des sites de piémont. Des formations cuirassées peuvent être intégrées dans les deux types de surface avec une géométrie qui sera détaillée dans la suite. Certaines cuirasses latéritiques ont cependant dû apparaître dans un contexte topographique très différent de celui d'une surface d'aplanissement. Des dépôts de fond de vallée — quel que soit le degré d'encaissement de cette dernière — ont été ferruginisés, souvent très irrégulièrement, de place en place, ce qui, après dégagement, leur confère des contours assez chaotiques qui les différencient des grès ferrugineux et les rapprochent des cuirasses. Dans des circonstances particulières (abondance de fer), des cuirasses latéritiques couvrent des versants de pente assez forte (jusqu'à 60°). Enfin, des paysages assez vallonnés peuvent acquérir une certaine rigidité à la suite du cuirassement de l'intégralité ou d'une partie de leurs facettes.

Les sites topographiques retenus seront donc, outre ces reliefs disséqués sans aucune forme particulière (*rolling topography*, de MCFARLANE, 1976) : 1. les surfaces de pénéplation; 2. les surfaces de pédiplication; 3. les fonds de vallée; 4. les versants raides. Ceci présume que les cuirasses latéritiques s'inscrivent dans des topographies stabilisées ou évoluant à rythme réduit. Certains auteurs (MCFARLANE, 1976; BEAUDET *et al.*, 1981) ont cependant émis l'hypothèse qu'une incision progressive serait favorable à certains types de cuirassement.

Le site topographique n'est pas le seul facteur à intervenir dans l'agencement des éléments constitutifs de la cuirasse. Cependant, la nature de la roche-mère et le climat viennent rarement masquer les caractères dus au modelé. Au contraire, dans certains cas, la richesse en fer de la roche de départ et la granularité de la roche d'accueil viennent accentuer les effets de l'environnement topographique.

### III. STRUCTURE DES CUIRASSES

Toute structure au sein de la cuirasse est envisagée ici dans son aspect macroscopique telle qu'elle peut être ob-

servée sur le terrain. Dans l'identification de la structure primitive, on se heurte à deux obstacles majeurs :

– l'âge d'une grande partie des cuirasses (à partir du début Tertiaire et peut-être auparavant). Le temps multiplie en effet les occasions de modification plus ou moins profonde, précipitations et dégradations étant dans ce cas, souvent concomitantes;

– l'absence d'une nomenclature rigoureuse, respectée par les différents chercheurs. Un même terme est pris dans des acceptions très différentes. Le qualificatif scoriacé peut être attribué à une cuirasse gravillonnaire présentant une série de vides et à une cuirasse conglomératique dont les éléments ont été corrodés différentiellement, mettant ainsi en relief un réseau entre des cavités fantomatiques. MAIGNIEN (1966) et MCFARLANE (1976) ont passé en revue les termes utilisés par les auteurs francophones et anglophones. Ils ont suggéré des regroupements et procédé à des élagages. Une synthèse qui cadre bien avec le souci du présent article en a été tirée, moyennant de légères adaptations.

a) les **structures discontinues** où des éléments bien individualisés sont soudés entre eux. Ces éléments sont :

– soit des concrétions ou des petits fragments de cuirasse dont on sait à présent qu'ils sont passés par une phase sédimentaire (quelquefois un sédiment résiduel sans transport) et qu'ils peuvent dès lors être considérés comme des gravillons latéritiques : **structure gravillonnaire** (nodulaire, pisolithique *lato sensu*);

– soit des fragments de roche, de filon de quartz, anguleux ou émoussés : **structure conglomératique**.

b) les **structures continues** (monophasées) dotées de cavités de morphologies très diverses mais que l'on peut regrouper en deux types de forme :

– allongées : **structure vermiforme** (vermiculaire, tubulaire);

– plus ou moins équidimensionnelles : **structure alvéolaire** (cellulaire, vésiculaire, vacuolaire).

Les termes entre parenthèses ont été jugés équivalents en l'absence de précision de la part des auteurs quant à l'origine de ces cavités. Le fait que celles-ci soient vides ou remplies (présomption de zones non consolidées) n'a pas été retenu pour les mêmes raisons et contrairement à l'avis de PULLAN (1967). Il conviendrait de caractériser les vides selon les processus qui leur ont donné naissance (enlèvement mécanique, par les termites par exemple; dissolution; crevassement; défaut de déposition).

c) les **structures ordonnées, feuilletées** ou **lamellaires** selon la dimension (centimétrique ou millimétrique), **pisolithique** *stricto sensu* sur des éléments séparés.

d) les **structures rocheuses résiduelles** qui ont subsisté grâce à une induration (positive) ou un départ (structure fantomatique, négative).

Une telle classification demande à être complétée. Il existe, par exemple, des tubulures verticales assez rigides que l'on peut qualifier difficilement de vermiformes. Toutefois, cette classification confère un certain ordre, même s'il est imparfait, dans une terminologie auparavant déroutante. Le fait que deux structures élémentaires puissent être associées ne met pas en cause cette ordonnance mais montre, au contraire, sa commodité dans l'analyse des phénomènes complexes. C'est ainsi que tous les intermédiaires existent entre la structure gravillonnaire et la structure conglomératique, selon la proportion de quartz et de roches moins altérables. Les galeries de la structure vermiforme sont souvent tapissées de précipités rubanés (donc lamellaires). L'altération chimique des éléments grossiers d'une structure conglomératique peut donner la prédominance à une structure fantomatique.

Il convient à présent d'interpréter la relation constatée entre la structure d'un certain nombre de cuirasses latéritiques et leur environnement topographique. Une telle interprétation passe nécessairement par l'enchaînement plus ou moins complexe des processus qui ont donné naissance à la cuirasse. Cet enchaînement peut s'étaler dans le temps, voire exiger une ou plusieurs variations climatiques. Il est donc impossible d'observer la succession et/ou la combinaison des processus élémentaires qui aboutissent à une cuirasse latéritique. Il subsistera donc toujours une part d'hypothèse liée plus particulièrement à certains processus pour lesquels, cependant, un certain consensus s'ébauche progressivement.

#### IV. PROCESSUS DE CURASSEMENT

Parmi les processus élémentaires, il en existe un grand nombre relevant de la géologie ou de la géomorphologie et qui sont parfaitement définis : altération, dissolution, érosion, transport avec dépôt par le creep, le ruissellement, la rivière.

En ce qui concerne le dépôt des oxydes de fer proprement dit, il existe pour désigner ces processus une série de termes qui sont en fait des aspects distincts d'un même processus élémentaire qui est la précipitation dans les pores du substrat à consolider. MAIGNIEN (1966) propose pour ces différents aspects trois termes dont il délimite l'acception de façon nette. En voici le commentaire :

—La cimentation n'affecte que les substrats grossiers jusqu'aux sables y compris. Les oxydes de fer s'introduisent dans le milieu par le moyen des eaux de gravité (rapide) et se précipite lors de la dessiccation que la taille des pores favorise. Selon la proportion des oxydes de fer, la cimentation peut comporter de simples points de soudure entre les éléments, un enrobage complet de ceux-ci ou l'obturation totale des pores.

—L'imprégnation se produit sur des substrats à grain plus fin que le sable. La propagation plus lente des oxydes de fer est favorable à une diffusion à partir de

lignes de moindre résistance où l'eau coule plus librement. La dessiccation est aussi plus malaisée et, comme cela se passe déjà dans les sables, il peut exister un délai relativement long entre le dépôt et l'induration par cristallisation, à telle enseigne que les termites peuvent y creuser leurs galeries.

—Le concrétionnement désigne la concentration du fer en certains points. Il peut se produire dans les sables et dans les substrats de granularité plus fine. Il s'agit en fait d'une imprégnation peut-être aidée par la fixation sur les cristaux d'oxyde de fer. Mais, comme il vient d'être vu, la pectisation, c'est-à-dire un début de cristallisation, a rarement déjà eu lieu à ce moment précis.

Deux autres processus élémentaires doivent être évoqués à côté des précipitations en milieu poreux.

—Le recouvrement est la précipitation d'oxydes de fer à l'air libre ou par une surface en connexion avec celui-ci (diaclose, galerie de termites). Une partie du dépôt est constituée d'oxyde de fer assez pur, souvent en pellicules successives, lui conférant un aspect rubané. Des éléments détritiques assez fins peuvent s'être déposés en même temps que le fer ou en alternance avec lui, soulignant ainsi la fine stratification (ALEXANDRE et TSHIDIBI, 1985).

—La métasomatose (de préférence à l'épigémie souvent citée, qui affecte les minéraux individuellement) remplace particule par particule certaines parties du substrat par des oxydes de fer tout en préservant une partie de la structure. Ce processus constitue, entre autres, une alternative pour expliquer les dépôts d'oxydes de fer dus au recouvrement (NAHON, 1976).

#### V. RELATIONS ENTRE STRUCTURE ET PROCESSUS

Sites topographiques, structures et processus élémentaires relatifs aux cuirasses latéritiques ont été classifiés en se fondant sur des définitions peut-être schématiques mais relativement claires. L'analyse raisonnée des relations entre structure et topographie au moment où la cuirasse s'est formée, peut à présent être entamée.

##### A. Structure gravillonnaire

Une telle structure implique la succession de trois phases :

- un concrétionnement,
- une concentration des concrétions par érosion et sédimentation,
- la soudure des gravillons entre eux.

##### 1. Le concrétionnement

Le profil pédologique dans lequel apparaît le concrétionnement est rarement conservé dans son intégrité, les horizons supérieurs ayant été enlevés lors de la phase d'érosion qui a presque toujours suivi et l'horizon inférieur ayant été lessivé après reprise de l'incision des vallées (*pallid zone*). Un tel profil n'a pu être rencontré que par

deux fois au Shaba, sur le plateau des Bianco avec un substrat sableux.

Il n'a toutefois pas été possible de s'assurer si le processus était encore fonctionnel, le ravinement responsable de l'affleurement ayant repiqué le niveau supérieur de la nappe.

Les concrétions occupent la partie supérieure de l'horizon à taches ferrugineuses (*moules*, en anglais), cet horizon se trouvant lui-même inséré entre une partie supérieure où prédomine le lessivage des oxydes de fer et une zone inférieure, domaine permanent de la nappe aquifère où le fer, à l'état précipité mais non induré, imprègne la quasi-totalité du substrat. Le profil est à rapprocher de celui des pseudo-gleys plutôt que de celui des gleys (MAIGNIEN, 1966). Il existe un gradient entre les taches ferrugineuses et les concrétions quant à la taille (diminution) et la concentration en oxyde (augmentation).

Le substrat lui-même peut être de texture sableuse ou limono-argileuse et être constitué de colluvions (dépôts de ruissellement) d'altérites (saprolytes) voire de roche peu altérée. L'épaisseur de l'horizon bariolé varie entre 1 décimètre et 2 — 3 mètres, voire plus, et sa partie supérieure se trouvait, à l'origine, à une profondeur relativement faible qu'il est difficile de préciser, du fait de l'érosion ultérieure. Elle doit varier entre un et quelques mètres (McFARLANE, 1976).

Le battement de la nappe postulé (pseudo-gley), les acides humiques nécessaires à la mobilisation de l'oxyde de fer et la pectisation à une certaine profondeur des précipités colloïdaux de fer ferrique font présumer la présence d'un climat humide à saisons tranchées comme celui de la savane ou de la forêt claire, encore que dans ce milieu, la formation actuelle de concrétions n'ait pu être établie (voir plus haut).

Le site le plus favorable à la formation des concrétions ferrugineuses semble être le bas des versants de vallées à peine encaissées dans une surface d'érosion elle-même de pente faible et que l'on peut assimiler à une surface de pénéplanation. La proximité du thalweg assure à la nappe aquifère faible profondeur et battement limité. Le lessivage oblique (notamment, MAIGNIEN, 1966) y importe l'excédent d'oxyde de fer que ne peut expliquer la teneur globale du profil au départ. On rencontre toutefois des concrétions et des taches ferrugineuses sur des pentes de plus de 10° (RADWANSKY et LIER, 1959; WOOD et BACART, 1961) voire au centre de certaines collines en Afrique Occidentale (NYE, 1954) et en Ouganda (McFARLANE, 1971). Il faudrait, dans ce cas précis, interroger l'histoire géomorphologique de ces régions. Sous un climat tropical humide à saison sèche, le fond de la vallée est lui-même peu propice à la genèse de concrétions. Les sols hydromorphes qui s'y trouvent (TRICART, 1965) altèrent les concrétions amenées par le ruissellement (ALEXANDRE et STREELPOTELLE, 1979); l'oxyde de fer des gleys oxydés est à l'état pulvérulent et amorphe.

Le *groundwater laterite* (cuirasse de nappe?) semble être une variante de l'horizon à concrétions. A quelques mètres de profondeur lorsque l'érosion superficielle n'a pas été excessive, elle affecte presque toujours un substratum en voie d'altération dont elle conserve une part de la structure originelle, l'allure en plaquettes dictée par la schistosité, à titre d'exemple (McFARLANE, 1971). De telles cuirasses se situent également au rebord ou à peu de distance d'une vallée dont l'incision modérée a permis la déshydratation partielle des noyaux ferrugineux ancrés dans les altérites.

## 2. La concentration des concrétions

La concentration des concrétions peut, la plupart du temps, être assimilée à une *stone line* composée essentiellement d'éléments ferrugineux. Sauf pour quelques cas particuliers, la succession des processus qui contribuent à l'élaboration de la *stone line*, est maintenant connue (ALEXANDRE et SOYER, 1989) :

a. Sous l'effet d'un assèchement du climat et d'une végétation au sol moins dense, il se produit une érosion par le ruissellement aréolaire, de l'horizon supérieur lessivé, de l'horizon à concrétions et quelquefois du sommet de l'horizon illuvial.

b. Les concrétions ayant une taille (du millimètre à quelques centimètres) à la limite de la compétence du ruissellement effectuent un trajet limité. Elles peuvent toutefois rester pratiquement sur place : les coupes le long du chemin de fer Comilog au Congo montrent des gravillons sableux ou argileux en conformité avec leur substratum (LAPORTE, 1962). Ailleurs, les concrétions se déposent sur des roches qui n'ont pu leur donner naissance (le calcaire, par exemple). Dans la plupart des cas, les gravillons envahissent le fond de la vallée qui a perdu son hydromorphie. Des fragments de roche, de filon de quartz, voire de cuirasse plus ancienne sont susceptibles de se joindre aux gravillons.

c. La totalité de l'épaisseur de la *stone line* ne doit pas toujours être attribuée à une sédimentation avec accumulation. La remontée en surface de produits fins par les animaux fouisseurs entraîne un épaissement de la *stone line* par le bas. Les concrétions triées et concentrées de cette façon diffèrent des gravillons supérieurs, plus riches en fer, moins émoussés, mieux indurés et plus hétérogènes dans leur composition. Pendant leur séjour à l'air libre, les gravillons se sont souvent couverts d'une fine cuticule ferrugineuse.

d. Avec une phase climatique plus humide, un tapis végétal plus dru a pu retenir une partie des produits remontés en surface par les termites, dans des proportions vraisemblablement accrues. La couche de gravillons est ainsi fossilisée. Une telle disposition a rendu vraisemblable l'hypothèse d'une multiplication *in situ* des noyaux ferrugineux.

Malgré un penchant pour cette dernière hypothèse, MAIGNIEN (1966) a évoqué la possibilité d'une concentration

mécanique des concrétions que WOOLNOUGH (1918) avait déjà imaginée et que MCFARLANE (1976) approuve entièrement.

### 3. La soudure des gravillons entre eux

Cette soudure imaginée par BENZA en 1836 (*in* MCFARLANE, 1976) ne peut être réalisée qu'à faible profondeur dans le sol, les cuirasses apparaissant en affleurement à la suite d'une dénudation ultérieure (MAGNIEN, 1966). Imprégnation et cimentation sont les deux processus élémentaires le plus souvent invoqués.

Si une matrice fine est présente au moment de la soudure, cette dernière se réalise par imprégnation de celle-ci (Photo 1). Cette imprégnation serait généralisée si, avant l'induration, la matrice n'était pas parcourue par les animaux fouisseurs, des termites la plupart du temps. La galerie est comblée le plus souvent à l'aide d'un matériel lointain, provenant du sommet (teintes beiges) ou de la base du profil (teintes plutôt rouges) qui donnent à l'ensemble un aspect complexe. Une telle imprégnation de la matrice fine ne peut se concevoir qu'à faible profondeur dans une topographie peu différenciée, dans un environnement somme toute assez semblable au sommet de l'horizon illuvial, sous l'horizon à concrétions. Dans un dépôt de gravillons non transformé en *stone line*, par contre, la matrice est rare et la soudure est réalisée par cimentation, presque toujours par enrobage (Photo 2). Ce cas est à rapprocher de la structure conglomératique qui sera envisagée plus loin.

Les cuirasses gravillonnaires ont des teneurs en fer que ne pourraient expliquer le contenu du profil primitif. Cette concentration a été assurée par le lessivage oblique et le déplacement des gravillons.

S'il existe un enchaînement logique entre les trois phases, dû en grande partie au site de surface de pénélplanation, leur succession peut toutefois être interrompue, entre autres, à la suite d'une incision prématurée des vallées. Une interruption après la première phase peut engendrer deux formations caractéristiques :

— Lorsque l'apport latéral d'oxyde de fer est abondant, le concrétionnement peut faire place à une imprégnation généralisée à l'exception de quelques zones tubulaires, d'une manière assez semblable à la soudure par imprégnation de la matrice. Si la teneur en fer est suffisante, le résultat en sera une cuirasse de structure monophasée (Fig. 1a) à cavités vermiformes ou alvéolaires occupées ou non par un matériel fin souvent beaucoup plus récent.

— Le *groundwater laterite*, qui n'est pas une cuirasse à proprement parler, a pu être conservé en maints endroits parce que la profondeur à laquelle il a été formé l'a mis à l'abri de l'érosion de la deuxième phase.

Par ailleurs, la cuirasse gravillonnaire présente des variations de faciès. Les gravillons sont alors remplacés, en tout ou en partie, soit par des taches ferrugineuses (*moules*) à forte teneur, soit par des plaquettes dérivées

de l'imprégnation de schistes peu altérés, d'origine sédimentaire (ALEXANDRE-PYRE, 1971) ou métamorphique (BEAUDET *et al.*, 1977).

La forte teneur des taches ferrugineuses pourrait être également liée au lessivage oblique. Dans la plupart des cas observés, l'abondance est due à un substratum riche en fer. La structure des cuirasses qui en résultent est des plus complexes car il est particulièrement malaisé de faire le départ entre une tache ferrugineuse de départ et la matrice imprégnée, l'une et l'autre étant parcourues par des cavités vermiformes.

L'imprégnation de la roche en place sera envisagée ultérieurement. Il convient toutefois de noter dès à présent l'état de fraîcheur de ces plaquettes de même que, dans la cuirasse, celui de certains débris de roche altérable, fait qui vient corroborer la sécheresse du climat lors de la concentration des gravillons.

Les surfaces de pénélplanation ne sont donc pas couvertes dans leur totalité par une cuirasse de structure gravillonnaire ou assimilée (Fig. 1 b et b'). Cette dernière se dispose, en fait, de part et d'autre des axes hydrographiques. Formes de terrain et formations ferrugineuses ont quelquefois été conservées ou presque dans leur disposition première. Au Shaba, il en est ainsi au fond de larges dépressions, celle de la Lufira, par exemple (ALEXANDRE et ALEXANDRE-PYRE, 1987) et le long de petits vallons suspendus, sans écoulement continu depuis que les grandes vallées se sont encaissées. L'érosion aréolaire due au ruissellement a, depuis lors, mis en légère inversion de relief certaines de ces dalles latéritiques plus ou moins allongées.

Ailleurs, les rivières se sont enfoncées dans le fond de leur vallée laissant de part et d'autre des lambeaux plus ou moins larges de cuirasse à la façon des terrasses fluviales. Sauf dans les zones de soulèvement tectonique, cette reprise d'érosion a été presque toujours très modérée car les seuils rocheux ont résisté au faible pouvoir érosif des rivières tropicales.

### B. Structure lamellaire

Une telle structure que l'on désigne par différents termes (cuticule, cortex, cutane, enduit) se présente avec une telle discrétion qu'elle ne modifie en rien et bien souvent, souligne les traits d'une autre structure, plus marquante. Localement, elle peut toutefois s'imposer et prendre des formes propres. Elle résulte de recouvrements successifs par des oxydes de fer relativement purs à l'intervention de bactéries ferrugineuses (DO RN et OBERLANDER, 1982; ALEXANDRE et TSHIDIBI, 1985). Ces recouvrements ne sont pas sans montrer une certaine similitude avec le vernis désertique et les enduits sur bedrock émergeant dans les chutes et les rapides de régions plus humides. Ils affectent toutes les surfaces à l'air libre et même jusqu'à une certaine profondeur dans le sol (1 ou 2 m) pour autant qu'elles soient susceptibles d'être aérées.

Les enduits superficiels affectent principalement les cuirasses dénudées mais également des affleurements rocheux ou même le sommet de colluvions argilo-limoneuses. Sur ce dernier support, les enduits sont très fragiles et subsistent rarement. Un cas particulier se présente au sommet de certains glacis, une structure feuilletée (BEAUDET *et al.*, 1977; MAIGNIEN, 1966; TRICART, 1961) peut provenir de l'alternance de colluvions fines et d'enduits ferrugineux. Des recouvrements ferrugineux sur substratum peu ou non altéré se rencontrent dans tous les sites : sommet de colline, versant et piémont.

Il est vraisemblable que les cuirasses qui se sont trouvées un jour en affleurement ont toutes été couvertes par un sinon par plusieurs enduits successifs, pour les plus anciennes.

Les enduits rubanés les plus notoires se sont probablement déposés au cours de trois phases assez arides du Tertiaire et peut-être du Secondaire pour la première. Chacun de ces enduits présente des caractères spécifiques, les bactéries ferrugineuses et les conditions extérieures ayant probablement été différentes (ALEXANDRE, 1986). Entre deux phases arides, les enduits existants ont été fortement corrodés par les acides humiques. Il n'est cependant pas rare d'observer la superposition de deux enduits, en conformité ou, souvent, en discordance pour les plus anciens. Une succession des enduits a pu ainsi être établie qui s'est également aidée de la position en altitude des cuirasses qui leur servaient de substrat. Du plus ancien au plus récent, les enrobages ferrugineux présentent les caractères suivants :

(a) très épais (0,5 cm), brun foncé en surface; (b) plus mince (1 mm) et rouge violacé; (c) d'une épaisseur moyenne (> 1 mm) également brun foncé mais très souvent affecté de crevasses suturées qui forment un réseau en surface.

L'enduit particulièrement épais de la cuirasse la plus ancienne confère à la partie supérieure de celle-ci une structure particulière. En effet, en prenant comme support les éléments libres (gravillons, petits galets de quartz en particulier) ou les formes contournées de la surface de la cuirasse, il a ainsi créé des pisolithes (Fig. 1c) quelquefois assez grands (plus de 1 cm de diamètre). La structure pisolithique (Photo 3 et 5) a dû apparaître avant toute dissection du relief original car seul un site bas est capable d'assurer un tel apport d'oxydes de fer.

A une certaine profondeur dans le sol, les enduits suivent des diaclases et surtout des galeries sinueuses de la même taille que celles de certains termites actuels. Leur dépôt après imprégnation des parois, consolide ainsi une structure vermiforme vraisemblablement d'origine biologique. D'autre part, ils affectent non seulement la cuirasse qui, dans ce cas, possède elle-même une structure propre de type souvent gravillonnaire, mais aussi le substrat de la cuirasse qui n'est autre le plus souvent que la base non érodée du profil à concrétions (PRESCOTT et PENDLETON, 1952; MCFARLANE, 1971). Ici aussi, le

phénomène a dû être assez hâtif, car le creusement des galeries n'a pu se produire que dans un matériel non induré, c'est-à-dire avant la reprise de l'érosion verticale.

Aux structures lamellaires ne correspond donc aucun site propre. Toutefois, les structures feuilletées oolithiques et vermiformes peuvent aller de pair avec des cuirasses mieux ancrées dans leur contexte morphologique.

### C. Structure conglomératique

Les sédiments grossiers dont la cimentation produit ce type de cuirasse, se rencontrent dans deux sites distincts : sur les glacis d'érosion et dans les fonds de vallée. Dans les deux cas, le fer est allochtone et le bed-rock peut en être dépourvu au départ mais avoir ensuite hérité d'une partie de ces apports. Dans les cuirasses de glacis une forte proportion des cailloux est assez riche en fer : il s'agit de fragments de roche basique, d'itabirite, de quartzite métamorphique ferrugineux, de cuirasses plus anciennes.

#### 1. Dépôts de glacis (Fig. 1d, Photo 4)

Le cailloutis couvre le glacis en une nappe d'épaisseur variable, de l'ordre de quelques mètres (MICHEL, 1973). La taille des éléments contrôle la pente et dans sa partie supérieure le glacis, couvert de blocs, peut atteindre 18° (ALEXANDRE-PYRE, 1967), voire plus.

Pour la cimentation de ce dépôt, il existe en principe, deux sources de produits ferrugineux : (a) l'altération des sédiments eux-mêmes, avec libération du fer dont une partie reprécipite dans les interstices; (b) l'arrivée du fer à l'état dissous par le moyen d'un écoulement proche de la surface. Les reliefs dominant le glacis fournissent à la fois le fer contenu dans les débris et dans la nappe (DAVEAU *et al.*, 1962). Il semble que le rôle de la nappe a été prépondérant car (1) certains glacis ne sont cuirassés que dans leur partie supérieure (PELLISSIER et ROUGERIE, 1953; BEAUDET *et al.*, 1977), en conséquence d'un apport en fer assez médiocre dû au climat ou aux roches de l'amont, (2) la nature pétrographique de certains cailloux n'a pas permis une grande altération sur place. Il est donc vraisemblable que la structure fantomatique des cuirasses à forte proportion de roches basiques ne soit qu'un épiphénomène car l'altération a eu la possibilité de se poursuivre ultérieurement.

Quoi qu'il en soit, si les épandages se sont produits sous un climat relativement sec, la mobilisation du fer n'a pu se réaliser que dans des conditions nettement plus humides. Sans nécessairement arrêter l'arrivée du fer, la dissection des glacis, sous un climat encore plus humide, n'a pu que lui être néfaste. Bien souvent, l'érosion ultérieure a détaché le glacis cuirassé du versant raide auquel il était associé.

Si l'on fait exception des zones où les apports de fer se sont révélés insuffisants, les cuirasses de glacis protègent la totalité de la surface d'aplanissement alors que les

cuirasses gravillonnaires ne couvrent qu'une partie des surfaces de pénéplanation.

Les cuirasses de pente (Fig. 1e) occupent des versants assez raides, au-delà de 20° et jusqu'à 60° (TRICART, 1961). Plus que pour les cuirasses de glacis, le fer doit être très abondant. La matrice fine des dépôts de pente est fortement imprégnée au point de résister aux assauts des érosions ultérieures.

## 2. Dépôts de fond de vallée

A côté des sédiments fluviaux, les fonds de vallée accueillent fréquemment des colluvions de nature beaucoup plus fine, apportées des versants tout proches par le ruissellement ou un agent de transport en masse. Dans ce cas, seule la présence de débris grossiers dans ces dépôts peut engendrer une structure de type conglomératique.

L'origine des oxydes de fer est souvent plus lointaine que pour les cuirasses de glacis, et dans certaines régions du Sahel, la cimentation des alluvions fluviales existe encore là où celle des nappes de glacis n'est plus possible (BEAUDET *et al.*, 1977). Dans la plupart des terrasses récentes, la consolidation se limite aux graviers (Fig. 1f) et aux sables (Photo 5). Pour les niveaux très anciens, elle a gagné les colluvions fines sans qu'il ait pu être fait le départ entre les ferruginations d'origine et celles acquises ultérieurement. Toutefois, la reprise de l'érosion verticale a rarement percé ces niveaux anciens et s'est plutôt localisée du part et d'autre des sédiments indurés, portant ceux-ci en inversion de relief. La pente longitudinale étant relativement faible, les collines résiduelles allongées, des bowals, donnent l'illusion, après la disparition des interfluvies non protégés, de fragments des surfaces d'aplanissement (TRENDALL, 1962; MAIGNIEN, 1966). D'autre part, la localisation des incisions implique une consolidation hâtive des sédiments.

On hésite à donner le nom de cuirasse à de tels conglomérats ferrugineux, du moins sous ses formes les plus récentes (ALEXANDRE et STREEL-POTELLE, 1979) car il serait osé de débaptiser la cuirasse conglomératique d'un bowal. De plus, tous les intermédiaires existent entre les cuirasses conglomératiques de glacis et celles de vallée.

## D. Structure résiduelle

Sont prises en compte ici, les parties du substratum qui conservent leur structure géologique propre par le fait qu'elles sont riches ou enrichies en fer et auxquelles, par ailleurs, une évolution à faible profondeur dans le sol a conféré l'aspect contourné d'une cuirasse. Deux ensembles de processus concourent vers un tel résultat :

1) L'imprégnation précédée par la légère altération chimique d'une roche qui peut être assez pauvre en fer (Fig. 1g et Photo 6). L'altération accroît la porosité et prépare la roche à recevoir un surcroît d'oxyde de fer et donc à s'indurer ultérieurement. Le fer est allochtone et arrive par l'intermédiaire soit d'une nappe dans un mi-

lieu poreux (du sable voire des altérites), soit de sédiments ferrugineux surincombants qui s'altèrent ensuite. A faible profondeur, la bioturbation nettoie les parties trop altérées ou mal indurées. Plus bas, et c'est souvent le cas sous les altérites, l'aspect contourné des premiers ne peut être acquis. Par ailleurs, il arrive que l'altération surimpressionne avant imprégnation la roche en place de sa propre structure, en écailles concentriques par exemple.

2) L'altération chimique d'une roche dotée d'une teneur en fer non négligeable. L'évolution présente pas mal de points communs avec le premier cas avec toutefois les différences suivantes :

- La source du fer est sur place ou presque car les bancs voisins ont la possibilité d'en bénéficier.
- L'altération peut être plus poussée étant donné l'afflux d'oxydes de fer.
- L'imprégnation n'est plus nécessaire pour conférer à la roche en place la rugosité propre à la préservation de l'aspect contourné en surface.

La production de fer mobile est concomitante de l'altération et le produit final peut être une cuirasse par accumulation relative. BEAUDET *et al.* (1981, p. 81) ont ainsi décrit en milieu sahélien, un modelé de croupes et de fortes collines presque entièrement moulé par une cuirasse semblable. Toutefois, si la roche ferrugineuse est résistante, le relief sera plutôt du type structural.

Aucune de ces cuirasses à structure résiduelle ne prend naissance dans un contexte topographique unique et bien identifié. S'il fallait faire une exception à cette règle, ce serait pour les cuirasses d'imprégnation alimentées par une nappe. Les circonstances peuvent en effet être assimilées à celles de la soudure des gravillons latéritiques, c'est-à-dire une association avec une surface d'aplanissement avec peut-être déjà une légère reprise d'érosion.

## VI. CONCLUSION

La synthèse qui vient d'être tentée est essentiellement fondée sur une connaissance africaine des cuirasses latéritiques tant sur le terrain que dans les travaux publiés. Elle n'est donc pas exhaustive et elle ne se voulait pas exhaustive. Un continent comme l'Australie où les cuirasses sont intimement liées aux silicifications, est susceptible de livrer des compléments en ce qui concerne les relations entre structure des cuirasses et formes topographiques.

La position des cuirasses dans le paysage avait été noté depuis longtemps. GOUDIE (1973, p. 117), entre autres, en a fait une revue rapide qui s'étend de 1891 (LAKE) à 1962 (ALEXANDER et CADY). On y oppose principalement les cuirasses sur des surfaces de plateau (de niveau supérieur) à celles de surface de piémont (de niveau inférieur). Les premières sont réputées s'être formées d'abord, *in situ*, sur une pénéplaine. Les secondes sont censées être secondaires, détritiques, en position sur une

pédiplaine. Ces associations entre caractères sont, en fait, statistiques, mais nous savons maintenant qu'une cuirasse sur surface de pénéplanation peut contenir des débris d'une cuirasse antérieure et donc être secondaire et, par ailleurs, peut être observée dans de larges dépressions. Notons cependant le souci précoce de considérer les sites originels (pénéplaine dégagée en plateau) et déjà les structures rencontrées sur certaines formes de terrain (sédimentaires sur les glacis). Sous l'impulsion de géomorphologues, formes de terrain et formations cuirassées ont été envisagées dans les trois dimensions — et non plus en profil — et surtout dans leur dynamique (MCFARLANE, 1976, p. 6-8). Avec un lexique unifié, la description raisonnée des types de cuirasse dans leur cadre primitif pourrait être abordée plus systématiquement.

Pour un site déterminé, il existe non pas une structure mais un complexe de structures dont il faut extraire celle qui est caractéristique du modelé. La prédiction de la topographie au départ de la structure est souvent un exercice malaisé sinon presque impossible, car il existe des convergences. Une structure en plaquettes peut être proche de la *groundwater laterite* ou de l'imprégnation d'une roche schisteuse; une structure feuilletée peut se trouver en piémont ou dans certaines alluvions sableuses (DENISOFF, 1957) et une structure conglomératique à éléments riches en fer, typique des glacis, peut également se retrouver près des rivières. Un autre caractère que la structure peut aider à faire le départ entre les sites : la granularité pour la disposition feuilletée, par exemple, qui est limono-argileuse sur les bas de versant et sableuse dans les alluvions fluviales. Par ailleurs, certaines structures sont présentes dans certains sites mais ne constituent que des épiphénomènes. La structure vermiculaire à enduit se rencontre ailleurs que sur les surfaces de pénéplanation à cuirasse gravillonnaire avec laquelle elle est cependant étroitement liée. De même, la structure fantomatique n'affectera que les cuirasses de glacis dont le conglomérat contient des éléments altérables. La structure pisolithique qui caractérise la cuirasse la plus ancienne ne nous donne, en fait, aucune indication quant à la mise en place de cette cuirasse.

Il n'empêche que chacun des sites géomorphologiques — surface de pénéplanation ou de pédiplanation, fond de vallée, versant raide, ou collines — a en propre sa cuirasse de structure déterminée, lorsque les circonstances sont favorables pour les deux derniers, de modelé mal caractérisé.

Si le type de modelé est l'élément principal de l'environnement à influencer la structure de la cuirasse, la nature des constituants rocheux, le climat et l'âge, ne restent pas inopérants et apportent des nuances quelquefois déterminantes quant au diagnostic à poser.

L'opposition entre milieu sableux et milieu argileux ne revêt pas l'importance suggérée par certains (TRICART, 1961), surtout vis-à-vis de la teneur en fer du substratum ou des éléments apportés. Une cuirasse de glacis ou de

versant raide ne peut se concevoir sans l'appui d'une importante quantité de fer, la structure restant le critère sélectif.

La plupart des structures bien caractérisées résultent de l'alternance de mise en place d'un matériel grossier sous un climat relativement sec et d'une mobilisation des oxydes de fer sous un climat plus humide mais avant la reprise d'érosion des rivières qui marque un nouveau degré dans l'amélioration des précipitations. Une préparation par altération avec ou sans pédogenèse a parfois été nécessaire. L'édification d'une cuirasse et subséquemment sa structure s'inscrivent donc dans une oscillation climatique dont les différentes phases peuvent être plus ou moins espacées. Toutefois, de telles oscillations semblent s'être produites avec la même efficacité dans les différentes zones intertropicales. Seuls les apports en fer dissous semblent moins abondants sur les glacis en zone sahélienne, lorsque la teneur en fer du milieu est modérée.

Préciser ces climats pour des périodes reculées est, pour le moins, malaisé alors que leur alternance est assurée. Pour la plus ancienne des cuirasses qui date probablement du début du Tertiaire sinon du Secondaire, les processus géomorphologiques qui ont préparé le terrain ne sont pas toujours discernables et les relations avec la structure deviennent moins nettes. Encore aurait-on pu s'inspirer des principes révélés par topographies et cuirasses plus récentes si la structure n'avait été obturée par les altérations, bioturbations, érosions superficielles, imprégnations et enrobages ultérieurs.

"Since laterite structures vary with topography this may provide the geomorphologist with a useful tool" écrivait MCFARLANE en 1976 (p. 38). Le présent essai a tenté d'explorer les possibilités offertes par un tel outil. Comme on l'a vu, les faits sont complexes et la méthode doit être appliquée avec beaucoup de précaution. Une analyse améliorée mais non simplifiée passera nécessairement par deux axes : la multiplication des observations sur le terrain et une connaissance approfondie des structures, voire des microstructures.

## VII. BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDER, L.T. et CADY, J.G., 1962. Genesis and hardening of laterite in Soils. *U.S. Department of Agriculture, Techn. Bull.*, 1282, 90 p.
- ALEXANDRE, J., 1978. Les stades de la formation des cuirasses latéritiques au Haut-Shaba (Zaïre) et leur signification géomorphologique. *Trav. Doc. Géogr. trop., CEGET, Bordeaux*, 33, 134-149.
- ALEXANDRE, J., 1986. Critère pour une datation relative des cuirasses latéritiques. *Acad. roy. Sc. O-M*, 30, 157-169.
- ALEXANDRE, J. et ALEXANDRE-PYRE, S., 1987. La reconstitution à l'aide des cuirasses latéritiques de



- l'histoire géomorphologique du Haut-Shaba. *Z. Geomorph.*, suppl. Bd 64, 119-131.
- ALEXANDRE, J. et SOYER, J., 1989. Les stone-lines. Conclusion de la Journée d'étude, in ALEXANDRE J. et SYMOENS, J.J. (Eds) *Journée d'étude sur les stone-lines. Acad. roy. Sc. O-M, et Géo-Eco-Trop 11*, 229-239.
- ALEXANDRE, J. et STREEL-POTELLE, A., 1979. Les alluvions anciennes de la Lupembashi inférieure (Shaba, Zaïre) et l'évolution d'une plaine alluviale de région intertropicale à saison sèche pendant la fin du Quaternaire, *Géo-Eco-Trop*, 3 (3) : 169-184.
- ALEXANDRE, J. et TSHIDIBI, N., 1985. Les enduits ferrugineux associés aux cuirasses latéritiques successives du Haut-Shaba. Nature, structure et mode de formation. in ALEXANDRE, J. et SYMOENS, J.J. (Eds) Les processus de latéritisation. *Acad. roy. Sc. O-M, et Géo-Eco-Trop*, 8, 37-46.
- ALEXANDRE-PYRE, S., 1967. Les processus d'aplanissement de piémont dans les régions marginales du plateau des Bianco. *Publ. Univ. off. Congo, Lubumbashi*, 14, 3-51.
- ALEXANDRE-PYRE, S., 1971. Le plateau des Bianco (Katanga). Géologie et géomorphologie. *Acad. roy. Sc. O-M, Cl. Sc. nat et méd., Mém.*, 18 (3) : 151 p.
- BEAUDET, G., COQUE, R., MICHEL, P. et ROGNON, P., 1977. Altérations tropicales et accumulations ferrugineuses entre la vallée du Niger et les massifs centraux sahariens (Aïr et Hoggar). *Z. Geomorph.*, N.F., 21 (3) : 297-322.
- BEAUDET, G., COQUE, R., MICHEL, P. et ROGNON, P., 1981. Reliefs cuirassés et évolution géomorphologique des régions orientales du Mali. 2. La Gourma et le Plateau de Bandiagara, son contact avec le Macina. *Z. Geomorph.*, suppl. Bd 38, 63-85.
- DAVEAU, S., LAMOTTE, M. et ROUGERIE, G., 1962. Cuirasses et chaînes birrimiennes en Haute-Volta. *Ann. Géogr.*, 71, 460-482.
- DAVIS, W.M., 1920. Physiographic relations of laterite. *Geol. Mag.*, 57, 429-431.
- DENISOFF, I., 1957. Un type particulier de concrétionnement en cuvette centrale congolaise. *Pédol.*, 7, 119-123.
- DE CHETELAT, E., 1938. Le modelé latéritique de l'Ouest de la Guinée française, *Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.*, 11, 5-120.
- DE SWARDT, A.M.J., 1964. Lateritisation and landscape development in parts of Equatorial Africa. *Z. Geomorph.*, N.F., 8 (3) : 313-333.
- DORN, R.I. and OBERLANDER, T.M., 1982. Rock varnish. *Progress in physical Geogr.*, 6 (3) : 317-367.
- Du PREEZ, J.W., 1949. Laterite : a general discussion with a description of Nigerian occurrences. *Bull. agric. Congo belge*, 40 (1) : 53-66.
- GOUDIE, A., 1973. *Duricrusts in tropical and subtropical landscapes*. Clarendon Press, Oxford, 174 p.
- KING, L.C., 1967. *The morphology of the Earth*. Oliver and Boyd, Edinburgh, 699 p.
- LAKE, P., 1891. The geology of South Malabar between the Baypore and Ponnani Rivers. *Geol. Survey of India, Mem.*, 24(3) : 201-246.
- LAPORTE, G., 1962. Reconnaissance pédologique le long de la voie ferrée Comilog (République du Congo). *ORSTOM, Service Pédologique, Brazzaville*, rapport interne, 149 p.
- MAIGNIEN, R., 1958. Le cuirassement des sols en Guinée (Afrique Occidentale). *Mém. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, 16, 231 p.
- MAIGNIEN, R., 1966. *Compte rendu des recherches sur les latérites*. Unesco, Paris, 155 p.
- MCFARLANE, M.J., 1971. Lateritization and landscape development in parts of Uganda. *Quat. J. Geol. Soc.*, 126, 501-539.
- MCFARLANE, M.J., 1976. *Laterite and landscape*. Academic Press, 151 p.
- MICHEL, P., 1969. Morphogenesis and pedogenesis. *African Soils*, 14, 109-141.
- MICHEL, P., 1973. Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique. *ORSTOM, Mém.*, 63, 752 p + 9 p1. et 6 cartes h.t.
- NAHON, D., 1976. Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal occidental et en Mauritanie. Système évolutifs : géochimie, structures, relais et coexistence. *Sc. géol. Univ. L. Pasteur, Strasbourg*, Mém. 44, 232 p. + 12 p1.
- NYE, P.H., 1954. Some soil forming processes in the humid tropics. I. A field study of a catena in the West African forest. *J. Soil Sc.*, 5 (1) : 7-21.
- PALLISTER, J.W., 1952. Erosion levels and laterite in Buganda Province, Uganda. *C.R., XIX Congrès international Géol.*, Alger, 21, 193-199.
- PELLISSIER, P. et ROUGERIE, G., 1953. Problèmes morphologiques dans le bassin de Siguiiri (Haut-Niger). *Bull. ifan, Série A*, 15, 1-47.
- PRESCOTT, J.A. and PENDLETON, R.L., 1952. *Laterite and lateritic soils*. Commonwealth Agricultural Bureaux, Bucks, 51 p.
- PULLAN, R.A., 1967. A morphological classification of lateritic ironstones and ferruginised rocks in Northern Nigeria. *Nigerian J. Sc.*, 1 (2) : 161-174.
- RADWANSKY, S.A. and OLLIER, C.D., 1959. A study of an East Africa capital catena. *J. Soil Sc.*, 10 (2) : 149-168.
- SIMPSON, E.S., 1912. Notes on laterite in Western Australia. *Geol. Mag.*, 49, 399-406.
- TRENDALL, A.F., 1962. The formation of "apparent pe-neplains" by a process of combined lateritisation and surface wash. *Z. Geomorph.*, N.F., 6, 183-197.

TRICART, J., 1961. Le modelé du Quadrilatère Ferrifère au sud de Belo Horizonte (Brésil). *Ann. Géogr.*, 70, 255-272.

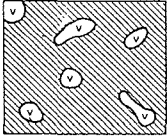

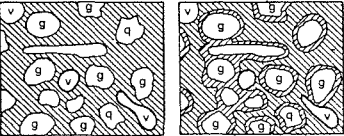
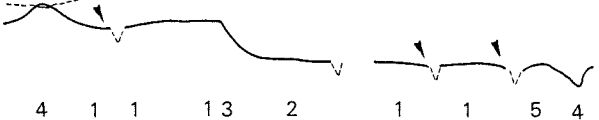
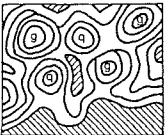
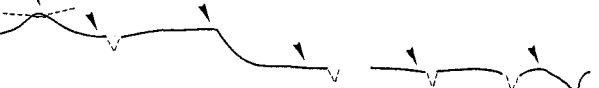
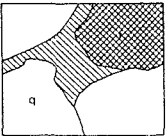
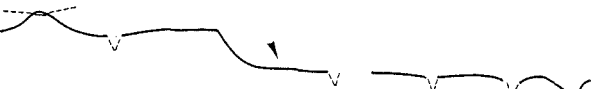
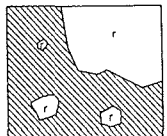

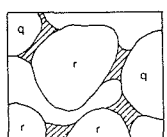

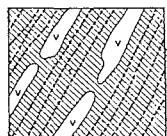
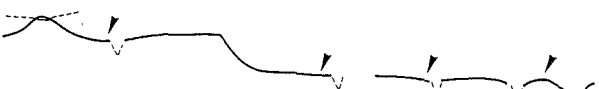
TRICART, J., 1965. *Le modelé des régions chaudes, forêts et savanes*. SEDES, Paris, 322 p.

WOOD, T.W.W. and BECKETT, P.N.T., 1961. Some Sarawak soils. II. Soils of the Bintulu coastal area. *J. Soil Sc.*, 12 (2) : 212-233.

WOOLNOUGH, W.G., 1918. The physiographic significance of laterite in Western Australia. *Geol. Mag.*, 5, 385-393.

Adresse de l'auteur : Jean ALEXANDRE  
Laboratoire de Géographie physique  
Université de Liège  
Place du 20-Août, 7  
B - 4000-LIEGE

**Figure 1 :** Structures, processus élémentaires et sites topographiques des cuirasses latéritiques. **Structures :** f. roche altérée; g. gravillon; q. quartz; r. roche; y. vide. Traits épais : structure rubanée; hachures obliques : imprégnation ou cimentation par le fer. **Sites topographiques :** 1. surface de pénélplanation; 2. surface de pédiplanation; 3. versant raide; 4. fond de vallée; 5. collines.

STRUCTURE	PROCESSUS	SITE TOPOGRAPHIQUE	
	monophasée vides alvéolaires ou vermiciformes	imprégnation ou cimentation (matériel homogène)	 a
	gravillonnaire + vermiforme (+ lamellaire) ph. 1 et 2	concrétionnement + concentration mécanique + soudure (imprégnation ou cimentation) (+ enrobage)	 bb'
	lamellaire sur gravillonnaire et/ou conglomératique ph. 3 et 5	enrobage	 c
	conglomératique (fer) (+ fantomatique) ph. 4	cimentation (+ dissolution)	 d
	conglomératique (fer) (bréchique) (+ fantomatique)	imprégnation (+ dissolution)	 e
	conglomératique ph. 5	cimentation	 f
	résiduelle (roche) ph. 6	altération + imprégnation	 g

**Photo 1 : Structure gravillonnaire et vermiforme.**

Site : surface de pénéplanation dans les dépressions de la Lufira (Kabiashia).

Age probable : fin Tertiaire.

Gravillons de différents tons de brun foncé, débris de roche gréseuse imprégnée. Gravillons jointifs (partie supérieure) ou au sein d'une matrice abondante (partie inférieure). La matrice est polygénique : après une première imprégnation (rouge violacé, rétrogradé au centre en noir), crevasses remplies par un matériel ocre jaune. Nombreuses galeries comblées ou non, tapissées ou non d'un cortex rubané.

**Photo 2 : Structure gravillonnaire avec enrobage non rubané.**

Site : rebord de surface pénéplanée sur substrat précambrien sableux et arkosique (plateau des Bianco, Shisinkwa).

Age probable : mi-Tertiaire.

Gravillons de différentes natures : débris de roche gréseuse imprégnée de fer, concrétions sableuses, grains de quartz. En outre, présence d'un débris d'arkose complètement altéré (structure fantomatique). Les gravillons sont soudés par un enrobage sableux, non rubané, de couleur violacée. Une partie des interstices ont été comblés par des sables ocre, parcourus ultérieurement par des galeries.

**Photo 3 : Structure pisolithique.**

Site : probablement fond de vallée aujourd'hui porté en relief et point culminant du plateau des Kundelungu (Kibwe wa Sanga).

Age probable : début du Tertiaire.

La structure rubanée est développée à partir d'éléments libres au départ et d'une surface sinueuse qui a abouti à une soudure générale de tous les éléments. La structure rubanée montre des allures en discordance (érosion contemporaine du dépôt). Le rubanement est souligné par des corps étrangers (grains de sable). L'alternance des colorations est due à l'état plus ou moins hydraté des oxydes de fer. Le coeur des pisolithes est occupé par des débris de roche. Les débris mal protégés par un cortex peu épais sont altérés plus ou moins profondément. L'ensemble de la cuirasse est crevasé à travers ses différents composants (témoignage de l'âge ancien).

**Photo 4 : Structure conglomératique (cailloutis riche en fer) et structure fantomatique.**

Site : Pédiment au pied du Grand Dyke d'Afrique australe (au nord de Harare, Zimbabwe).

Age probable : Quaternaire.

Des débris peu émoussés de roche basique sont fortement altérés (disparition des minéraux ferro-magnésiens produisant des vides de différentes tailles). Les cailloux sont soudés entre eux par un liseré d'oxydes de fer, assez sombre et non rubané. La matrice interstitielle sableuse mise en place ultérieurement est elle-même cimentée.

**Photo 5 : Structure conglomératique (cailloutis résistant à l'altération) et structure pisolithique.**

Site : Passe de Zongwe sur le Lualaba dans la dépression tectonique du Kamalondo.

Age probable : début Tertiaire (?).

Par leur rubanement très contourné, les pisolithes semblent avoir comblé des vides. Cependant, a) le centre des pisolithes est parfois occupé par des débris de roche imprégnés de fer, b) les laies extérieures peuvent être érodées. Les pisolithes se sont donc déposés en même temps que graviers et sables composés presque exclusivement de quartz non émoussé. Certains grains de quartz ont été fracturés après le dépôt.

**Photo 6 : Structure rocheuse résiduelle.**

Site : haut du versant d'une vallée du plateau des Bianco (Kiesangie).

Age probable : fin Tertiaire.

Les lames de la roche schisteuse sont bien conservées. Après une légère altération, le schiste a été imprégné par les oxydes de fer acheminés par l'intermédiaire d'une couverture sableuse peu épaisse. Avant l'induration, certaines zones ont été dégagées, probablement par les termites et remplies par du matériel venant du haut (sable) ou du bas (matériel argileux rouge). Les cavités sont soulignées par un liseré jaune ocre dû à la mobilisation partielle des oxydes de fer. Un cortex (enduit) de structure lamellaire apparaît dans la partie inférieure droite.

