

Cuirassements ferrugineux autochtones sur deux types de roches

par JEAN-CLAUDE LEPRUN * et DANIEL NAHON **

Sommaire. — Au Sénégal occidental et en Haute-Volta, des études par puits profonds creusés à travers des cuirasses ferrugineuses sur grès et sur socle permettent de démontrer l'origine autochtone du cuirassement. Ce cuirassement se fait avec dissolution du quartz et modification du faciès de la roche d'origine.

Abstract. — In western Senegal and in Upper Volta, studies in deep pits dug through iron crusts on sandstone and on basement allow to prove that crusts (1) are autochthonous, (2) are brought about with dissolution of quartz and modification of the original rock facies.

A. — INTRODUCTION.

Plusieurs auteurs [8, 5, 10] ont fait l'historique de l'origine des cuirasses ferrugineuses en Afrique tropicale. Schématiquement il apparaît que, pendant la première moitié du siècle, l'origine autochtone des cuirasses par altération tropicale des roches et concentration du fer *in situ* a prévalu. A partir de 1950, sous l'influence de J. d'Hoore [4] et R. Maignien [8] une nouvelle direction apparaît, celle des migrations latérales du fer et de son accumulation absolue dans un matériau autochtone ou allochtone.

A la suite de J. Vogt [15], au Sénégal et en Guinée, P. Michel [10] attribue, dans la majorité des cas, aux glacis étagés cuirassés, une origine allochtone. Après des observations d'affleurements et de coupes naturelles plusieurs auteurs [3, 11, 2 et 1] adoptent un schéma identique pour les cuirasses ferrugineuses du Sénégal occidental et de la Haute-Volta.

Des études récentes par puits profonds agencés en toposéquences apportent des faits nouveaux [7, 12]. Les observations ponctuelles qui suivent concernent la cuirasse du haut glacis.

B. — LES FAITS.

1) Sur le socle cristallin en Haute-Volta orientale.

Une briqueterie artisanale (bancotière) située au NE de Ouagadougou à la sortie de Kaya (fig. 1) permet l'observation d'un front de taille de 8 m dans une butte cuirassée. Les roches originelles sont des gneiss basiques birrimiens [14] à filons et veines quartzitiques fréquents. Le climat est de type soudano-sahélien et la pluviométrie annuelle voisine

B.S.G.F., (7), XV, 1973, n° 3-4.

700 mm. La coupe présente de bas en haut les horizons suivants (fig. 2).

Niveau 1 (0-150 cm). — *Altération argileuse bariolée*, de type ferralitique, non indurée, farineuse, à texture conservée de la roche. Matrice jaune et blanche argilo-sableuse à structure massive. Mouchetures et ségrégations ferrugineuses à limites non individualisées, violettes et ocre, finement litées (micacées), non indurées, à quartz inclus peu visibles, anguleux, hyalins, sains, de 1 à 2 mm. Quelques poches et tubulures d'origine biologique rouge vif uniquement argileuses.

Niveau 2 (150-220 cm). — *Même altération*. Même matrice mais dont la structure est à légère tendance polyédrique fine millimétrique. Les ségrégations rouge sanguin, ocre safran et violet, ont des contours distincts, anguleux et irréguliers, une taille de 2-3 cm de diamètre, la même structure fine micacée. Elles sont légèrement indurées en surface mais non dans la masse en profondeur. Mêmes tubulures biologiques.

Niveau 3 (220-370 cm). — *Même altération*. Même matrice, mais présentant de nombreux amas ferrugineux irréguliers, anastomosés, de 2 à 3 cm de diamètre, lie-de-vin à violet, restant en relief sur la tranche de la coupe, indurée en surface mais peu en profondeur, à quartz peu visibles, anguleux, peu fissurés. Les tubulures biologiques et les vides se font dans la matrice, sont plus nombreux, et mettent

* Centre O.R.S.T.O.M. de Dakar, B.P. n° 1886, Dakar (Sénégal).

** Centre de géologie ouest-africaine, L.A. au C.N.R.S., n° 132, Université de Provence, centre de Saint-Jérôme, Marseille (France) et ASEQUA, Faculté des sciences, Dakar (Sénégal). Note présentée à la séance du 5 février 1973.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° B7045 Peds.

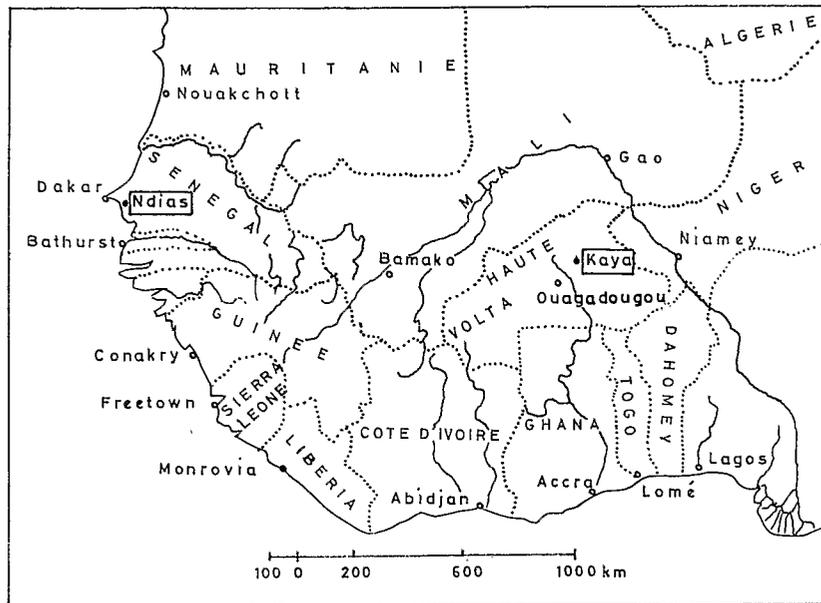


FIG. 1. — Croquis de situation.

ainsi en relief le réseau plus dur des amas ferrugineux violets.

Niveaux 4-4' (370-400 et 460-580 cm). — *Allé-ration des épontes d'une passée quartzitique*. Ségrégations ferrugineuses à individualisation plus faible des nodules de forme subarrondie en surface de la coupe, de 1 à 1,5 cm de diamètre, lie-de-vin foncé, à structure micacée. Assez durs en surface, ces nodules le sont beaucoup moins, 4 à 5 cm, en profondeur de la coupe et ne restent pas en relief sur la tranche. Les tubulures vides augmentent.

Niveau 5 (400-460 cm). — *Passée quartzitique ondulée, diaclasée, non ferruginisée*.

Niveau 6 (460-575 cm). — *Carapace ferrugineuse* à matrice argileuse rouge moyennement indurée, à nombreuses tubulures plus ou moins vides, en trame isolant les nodules ferrugineux. Cette structure donne à ce niveau un aspect scoriacé. Les nodules, bien individualisés en surface de la coupe, sont rattachés à la trame interne par des ponts. Cassés, ces nodules lie de vin à violet foncé et durs montrent à la loupe une structure micacée très fine et des quartz fissurés, blancs, jaunes, de taille inférieure au millimètre, bien apparents. Au sommet, sur 20 cm, les nodules sont disjoints et forment avec des débris de cuirasse de taille variable et une fraction sableuse importante, un niveau meuble.

Niveau 7 (575-700 cm). — *Partie inférieure des blocs de cuirasse ferrugineuse* très dure, massive et à tubulures, à matrice bariolée où le rouge domine. Les faces latérales de la base des blocs sont mame-

lonnées et vernissées. Chaque mamelon est un nodule de forme ronde, assez bien individualisé, de 1 à 1,5 cm de diamètre, lie-de-vin, à reflet métallique chatoyant bleu noir localement, à films concentriques de fer brun foncé sur leur pourtour, à quartz très petits, blancs, anguleux et à petits vides tapissés de noir (visibles à la loupe).

Niveau 8 (700-800 cm). — *Partie supérieure des blocs précédents*. Matrice bariolée jaune rouge moins indurée, moins bien représentée et pouvant manquer par augmentation des vides. Très nombreux nodules distincts, arrondis, à films concentriques périphériques fréquents. Très durs, ces nodules une fois cassés sont violet foncé et présentent soit rarement des quartz très fins anguleux et blancs soit le plus souvent de petits vides à remplissage noir mamelonné (loupe). Cassé, le sommet des blocs de cuirasse présente des nodules parfaitement ronds et très bien individualisés sur 5 cm à sa surface supérieure et une absence totale de matrice bariolée.

2) Sur les grès sédimentaires du massif de Ndias (Sénégal occidental).

Le massif de Ndias est situé à environ 50 km à l'E de Dakar (fig. 1). C'est un anticlinal faillé à cœur maestrichtien. Il se présente comme un plateau disséqué par des talwegs à fond plat. Le climat est de type soudano-sahélien et la pluviométrie moyenne annuelle est de 700 mm. Les cuirasses ferrugineuses recouvrant ce massif ont fait l'objet de nombreuses études [13, 3, 11].

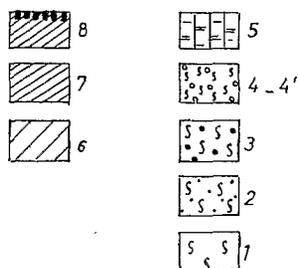
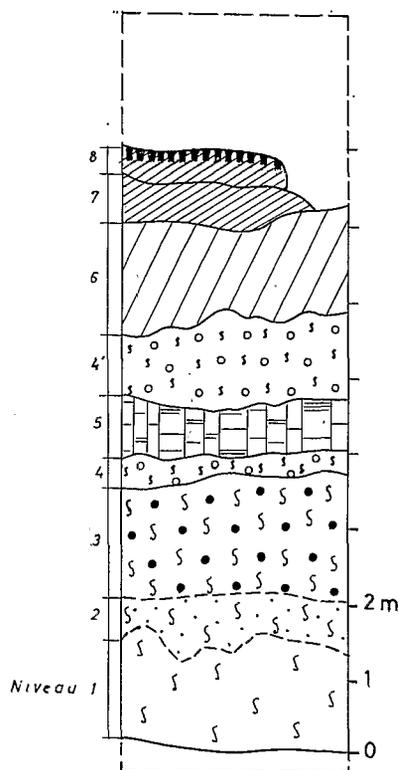


FIG. 2. — Coupe de la briqueterie de Kaya.

1-2-3 : niveaux d'altération bariolée ; 4-4' : épontes altérées ; 5 : passée quartzitique ; 6 : carapace ferrugineuse ; 7-8 : cuirasse ferrugineuse.

Les observations suivantes ont été effectuées dans un puits creusé sur une butte tabulaire de 50 m d'altitude.

Dans ce puits on distingue de bas en haut (fig. 3) :

Niveau 1 (0 à 20/10 cm). — Grès fin grisâtre tendre à rares tubulures fines rougeâtres. On peut observer localement des figures sédimentaires (essentiellement la stratification).

Niveau 2 (20/10 à 170 cm). — Même grès, mais la couleur devient plus rougeâtre à taches ocre et jaunes, les tubulures sont plus nombreuses.

Niveau 3 (de 170 à 470 cm). — Même grès, la B.S.G.F., (7), XV, 1973, n° 3-4.

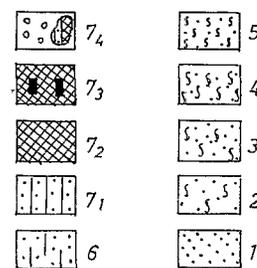
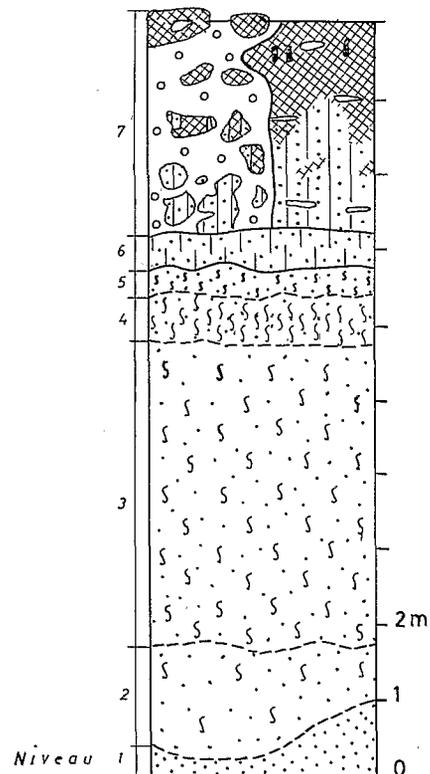


FIG. 3. — Coupe d'un puits dans le massif de Ndias.

1 : grès fin grisâtre ; 2-3-4-5 : niveaux de grès bariolés à tubulures ; 6 : horizon nodulaire ferrugineux ; 7₁-7₂-7₃-7₄ : cuirasse ferrugineuse.

couleur rouge est plus soutenue, les taches sont ocre, jaunes ou blanches, d'autant plus friables que claires. Les tubulures sont abondantes.

Niveau 4. — Même grès, la couleur est rouge foncé, les taches sont lie-de-vin, les taches blanches sont moins nombreuses que dans le niveau 3, les tubulures sont abondantes, tapissées ou remplies d'une argile ou d'une argile finement sableuse rouge vif.

Niveau 5. — Même grès, la couleur est rouge foncé, les tubulures sont très abondantes, revêtues ou remplies d'une argile sableuse rouge vif ; les taches blanches sont très rares.

Niveau 6 (590 à 650 cm). — *Horizon ferrugineux nodulaire* rouge foncé. La matrice est un grès du même type que celui des niveaux sous-jacents. Les vides (pores, fissures, capillaires et tubulaires) sont souvent tapissés ou remplis par une argile limoneuse rouge vif. Cette matrice est encore tendre. Les nodules ont des tailles variant de 0,5 à 1 cm et ont un faciès gréseux du même type que celui de la matrice. Ces nodules sont indurés et ont, soit la même couleur que la matrice, soit une couleur plus foncée. Localement on peut observer de petits nodules à texture fine de couleur lie-de-vin, de même type de faciès que l'argile limoneuse remplissant les vides de la matrice.

Niveau 7 (650 à 980 cm). — *Cuirasse ferrugineuse*. La limite inférieure avec l'horizon ferrugineux nodulaire sous-jacent est nette, légèrement ondulée. Cette cuirasse ferrugineuse présente de bas en haut les faciès suivants :

7₁ : *Cuirasse ferrugineuse, gréseuse à structure massive*. Cette cuirasse est composée de grains de quartz fins, du même type que celui des niveaux sous-jacents et cimentés entre eux par une matrice ferrugineuse brun rouge.

Dans cette cuirasse gréso-ferrugineuse on peut observer certaines figures sédimentaires (stratification, très fin classement granulométrique des quartz dans le sens vertical) et des fossiles marins épigénisés par le fer.

7₂ : *Cuirasse ferrugineuse, gréseuse* présentant en son sein de petites zones ou nodules à texture fine rouge, rouge violacé à violet foncé. Ces zones ou nodules sont très pauvres en quartz et sont le plus souvent fortement indurés.

La limite entre le niveau 7₁ et le niveau 7₂ est très progressive. Ces zones ou nodules rouge violacé, peu abondants à la base du niveau, augmentent très vite en montant dans le niveau, s'anastomosant en haut de profil en un réseau dense, pour aboutir à un faciès de cuirasse ferrugineuse où les zones gréseuses sont peu abondantes au profit des zones et nodules rouge violacé à texture fine.

7₃ : La cuirasse ferrugineuse du sommet du niveau 7₂ peut présenter localement au sein de son réseau de nodules violacé à texture fine, des petits îlots de faciès très induré brun, rubané, en *pseudopisolithes* fortement soudés les uns aux autres.

— *Un réseau de taches* rouges, ocre, jaunes et blanches parcourt les zones à faciès gréseux de cette cuirasse. La friabilité du matériau augmente avec l'éclaircissement jusqu'à donner un sable blanc pur.

— *Un réseau de vides* (alvéoles, tubulaires, cellules dépourvues de quartz) parcourt essentiellement les zones de cuirasse à faciès gréseux.

— On observe tous les intermédiaires entre la tache décolorée, l'alvéole remplie de sable blanc bouillant, et l'alvéole vide.

— Les alvéoles, tubulaires et cellules sont le plus souvent vides mais présentent localement des tapisages d'argile finement sableuse rouge tendre, localement indurée, prenant alors une teinte rouge violacé à violet foncé.

Exceptionnellement ces remplissages présentent une microstratification.

7₄ : Entre les zones de cuirasses, se développent des horizons à éléments ferrugineux (graviers, gravillons) de même faciès que celui de la cuirasse encaissante.

C. — INTERPRÉTATIONS.

1) *Cuirassement ferrugineux sur le socle cristallin.*

Plusieurs interprétations peuvent être dégagées.

— La plus importante est celle de la filiation des ségrégations, des altérites aux nodules de la cuirasse. Cette filiation se suit de la base au sommet de la coupe. Un passage graduel est noté entre les ségrégations rouge sang des niveaux 1 et 2, les amas ferrugineux lie-de-vin du niveau 3, la trame nodulaire et carapacée (niveaux 4, 4' et 6), et les nodules violets arrondis de la cuirasse sommitale (7 et 8). Il est aisé de montrer que cette nodulation s'effectue au sein des altérites en place. En effet, la texture conservée de la roche, très apparente à la base de la coupe, s'estompe vers la cuirasse, mais reste toujours observable dans des îlots reliques reconnaissables. Bien plus, les filons de quartz qui parcourent la roche, qu'ils soient subverticaux, obliques ou horizontaux subsistent non disloqués. On observe seulement un tassement au contact cuirasse-carapace. D'autres interprétations peuvent être formulées.

— Ce sont préférentiellement dans les passées micacées que s'individualisent les ségrégations et nodules ferrugineux.

— Les tubulaires biologiques se vident de leur remplissage argileux vers le haut de la coupe, et le volume des vides est maximal dans la cuirasse.

— Les grains de quartz des ségrégations et nodules passent des altérites à la cuirasse par des stades de jaunissement et blanchiment, fissuration, diminution de taille, pour aboutir à leur élimination dans la cuirasse.

— L'aspect conglomératique de surface de la cuirasse est trompeur. L'individualisation nodulaire est maximale en surface par élimination de la matrice par les eaux de ruissellement, déchaussant ainsi les nodules.

— La partie supérieure meuble de la carapace sur laquelle reposent les blocs de cuirasse, correspond à un horizon de démantèlement sur place de la cuirasse. Ce phénomène a déjà été vu et interprété par ailleurs [6].

Le creusement de la bancotière s'est montré favorable à ces interprétations. En effet, si l'on fore la

dalle de cuirasse en place, la même filiation nodulaire est observée mais elle ne commence que un ou deux mètres sous la carapace. Ici la mise au jour de la coupe depuis trois ans provoque la nodulation sur cinq mètres sous la carapace. L'étalement des phénomènes sur une plus grande épaisseur favorise l'observation et leur compréhension.

2) Cuirassement ferrugineux sur grès.

Compte tenu des faits observés, plusieurs interprétations peuvent être dégagées.

— Le grès fin constituant le niveau 1, par sa position géographique, morphologique et par ses caractères sédimentologiques est à rattacher à la série gréseuse du Cap Rouge attribuée au Maestrichien supérieur [13, 9].

— Les niveaux 1, 2, 3, 4 et 5 présentent un grès à caractères sédimentologiques analogues. Les transitions entre ces horizons sont très progressives en ce qui concerne leur rubéfaction et leur tubularisation. On peut donc considérer que le matériau gréseux constituant ces horizons correspond à la même série sédimentaire.

La rubéfaction progressive du bas vers le haut du profil, la tubularisation et les remplissages argilo-sableux de ces tubulures sont attribués à un phénomène d'altération pédogénétique d'une même série gréseuse dans lequel les phénomènes biologiques et les phénomènes de migration d'argile, de fer et de silice jouent un rôle primordial.

— Le niveau nodulaire ferrugineux correspond au même type de niveau que ceux sous-jacents dans lequel la ferruginisation plus intense s'est traduite par une nodulation. Cette ferruginisation se fait préférentiellement dans le faciès gréseux, cependant elle peut affecter les zones argilo-sableuses de remplissage des vides donnant une nodulation à texture fine rouge violacé.

— Le niveau 7₁ est une cuirasse grésio-ferrugineuse à structure massive. La ferruginisation conserve les caractères sédimentologiques du grès hôte. Ces caractères sont les mêmes que ceux des grès des niveaux sous-jacents. Donc la cuirasse grésio-ferrugineuse, que nous conviendrons de nommer cuirasse ferrugineuse à faciès gréseux simple, la nodulation gréseuse du niveau 6 et les niveaux gréseux sous-jacents, montrent une filiation très nette. Cette filiation est le résultat de la ferruginisation d'une série gréseuse sédimentaire en place (série du Cap Rouge).

— Les nodulations rouge violacé à texture fine qui se développent au sein de la cuirasse grésio-ferrugineuse en montant dans le profil (niveau 7₂) traduisent une évolution de la partie supérieure de cette cuirasse ferrugineuse.

Dans ces nodulations à texture fine, la rareté des quartz et leur petite taille et bien plus, l'abon-

dance de cette nodulation à texture fine vers le haut du profil aux dépens de la cuirasse gréseuse simple, sont les témoins d'une élimination du quartz accompagnant l'évolution de la cuirasse grésio-ferrugineuse.

Les phénomènes observés de décoloration, d'alvéolisation de la cuirasse gréseuse simple, puis d'accumulation (revêtement et remplissage des vides par de l'argile puis induration par le fer) semblent être les facteurs essentiels intervenant dans la genèse de la nodulation rouge violacée à texture fine.

— Le niveau 7₃ traduit un apport de fer abondant au sein des nodulations à texture fine, aboutissant à un concrétionnement dense de ce fer en pseudopisolithes fortement soudées entre elles.

— Le niveau 7₄ reflète au point de vue faciès ceux de la cuirasse encaissante. Les éléments ferrugineux (graviers, gravillons) proviennent du démantèlement sur place des différents faciès constituant la cuirasse ferrugineuse.

D. — ÉTUDE COMPARATIVE.

Sur socle comme sur grès, l'altération, la nodulation et le cuirassement se font dans un matériau *en place*.

La nodulation augmente vers le haut et est toujours maximale dans la cuirasse. L'induration s'intensifie vers le haut avec la nodulation, en même temps que la couleur passe du rouge au violet foncé.

Quelle que soit la richesse en quartz de la roche, on observe vers le haut des coupes une diminution du pourcentage des grains de quartz pouvant aboutir localement à leur disparition.

Les différences importantes portent principalement sur la filiation verticale progressive des nodules sur socle, tandis que sur grès cette nodulation verticale n'est pas continue. Dans ce cas on distingue deux générations de nodules : des nodules gréseux et des nodules à texture fine. La différenciation de ces derniers semble postérieure à celle des nodules de type gréseux. Sur socle, la nodulation se fait toujours dans les zones à structure et à texture fine du matériau.

E. — CONCLUSION.

Les observations de coupes détaillées et profondes de cuirasses ferrugineuses sur des formations aussi différentes que le socle birrimien et les grès maestrichiens, montrent les analogies de deux modes de cuirassement au sein de matériau en place. Dans les deux cas, la nodulation se fait *in situ*. Elle se fait avec dissolution du quartz, ce qui efface le faciès d'origine. Elle s'exprime au mieux dans la cuirasse jusqu'à aboutir à un aspect conglomératique. Mais on voit bien que cet aspect conglomératique est une conséquence. Et l'on parvient à une *interprétation autochtone* du cuirassement dans les cas étudiés.

Bibliographie

- [1] BOULET R. (1970). — La géomorphologie et les principaux types de sols en Haute-Volta septentrionale. *Cah. Off. Rech. sci. techn. Outre-Mer, Pédol., Fr.*, vol. 8, n° 3, p. 245-271.
- [2] BOULET R. et LEPRUN J.-C. (1969). — Étude pédologique de la Haute-Volta, région Est. *Rapp. Rech. sci. techn. Outre-Mer, Dakar*, 331 p. (ronéotyp.), 1 carte.
- [3] DÉMOULIN D. (1970). — Étude géomorphologique du massif de Ndias et ses bordures. Thèse 3^e cycle, Fac. Lettr. Sci. hum., Univ. Dakar, 228 p., 41 fig., 2 cartes h.-t., bibl. (107 réf.).
- [4] HOORE J. D' (1954). — L'accumulation des sesquioxydes libres dans les sols tropicaux. *Publ. I.N.E.A.C.*, Bruxelles, sér. Sci. n° 62, 132 p., 23 fig., bibl.
- [5] LAMOTTE M. et ROUGERIE G. (1962). — Les apports allochtones dans la genèse des cuirasses ferrugineuses. *Rev. Géomorphol. dynam.*, Fr., t. 13, n° 10-12, p. 145-160, 13 fig., bibl., rés. franç. angl.
- [6] LEPRUN J.-C. (1971). — Premières observations sur des toposéquences à amont cuirassé en Haute-Volta orientale : rôle de la pédogenèse dans la destruction des cuirasses et le façonnement du modelé. *Bull. Liaison Thème B, Off. Rech. sci. techn. Outre-Mer*, n° 2, p. 39-53, 3 pl.
- [7] LEPRUN J.-C. (1972). — Cuirasses ferrugineuses autochtones et modelé des bas-reliefs des pays cristallins de Haute-Volta orientale. *C. R. Ac. Sci., Fr.*, D (sous presse).
- [8] MAIGNIEN R. (1958). — Le cuirassement des sols en Guinée, Afrique occidentale. Thèse Sciences Strasbourg, *Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr., Strasbourg*, 239 p., 24 fig., 3 pl. fotogr., bibl. (350 réf.).
- [9] MARTIN A. (1967). — Alimentation en eau de Dakar. Étude hydrogéologique du horst de Ndias. Rapport de synthèse. *Rapp. B.R.G.M., Dakar*, n° DK 67-A 9. Dir. énergie hydraul. Sénégal, 2 t. multigr.
- [10] MICHEL P. (1969). — Les bassins du fleuve Sénégal et Gambie. Études géomorphologiques. Thèse Doc., Fac. Lettres Univ. Strasbourg, 3 t., 1 169 p., 170 fig., 9 pl. h.-t.
- [11] NAHON D. et DÉMOULIN D. (1971). — Contribution à l'étude des formations cuirassées du Sénégal occidental (pétrographie, morphologie et stratigraphie relative). *Rev. Géogr. phys. Géol. dynam., Fr.*, vol. 13, n° 1, p. 35-54, 6 fig., bibl. (30 réf.), rés. franç., angl.
- [12] NAHON D. (1971). — Contribution à l'étude de la genèse des cuirasses ferrugineuses quaternaires sur grès ; exemple du massif de Ndias (Sénégal occidental). *Rapp. Dépt. Géol. Fac. Sci. Univ. Dakar, Sénégal*, n° 31, vii-81 p., 18 fig., bibl. (10 réf.), rés. franç. angl.
- [13] TESSIER F. (1965). — Les niveaux latéritiques du Sénégal. *Ann. Fac. Sci., Marseille*, t. 37, p. 221-237, 2 fig., bibl. (17 réf.).
- [14] VAN EYK H. (1964). — Recherches dans la région de Kaya (Haute-Volta). *Rapp. B.R.G.M.*, 1 carte 1/200 000.
- [15] VOGT J. (1959). — Aspect de l'évolution morphologique récente de l'Ouest africain. *Ann. géogr., Fr.*, n° 367, p. 193-206, 2 fig.