

LES TRANSFORMATIONS D'UN PAYSAGE CUIRASSÉ DU NORD-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE SUR FORMATIONS GNEISSO-MIGMATITIQUES

E. FRITSCH

RÉSUMÉ

La caractérisation géochimique minéralogique et structurale d'un bassin versant de 140 ha au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire est réalisée dans le cadre du programme "Hydro-Pédologique de recherche sur bassin versant" (HYPERBAV). Cette Unité hydro-pédologique est représentative d'un paysage cuirassé développé sur formations gneisso-migmatitiques d'une savane préforestière du domaine subsoudanais (précipitations annuelles : 1400 mm répartis en une seule saison).

L'analyse structurale a été entreprise d'une façon détaillée au niveau de neuf toposéquences radiales à l'axe de drainage principal (marigot) du bassin versant. Elle a permis de distinguer un domaine de référence regroupant quatre plateaux cuirassés et leurs rebords, soit environ 10 % de la surface du bassin, et un domaine transformant qui occupe le reste du modelé, soit la majeure partie des versants et le bas-fond.

Dans le domaine de référence, les accumulations de fer, propices à l'individualisation et au développement des plateaux cuirassés, ont été influencées et guidées par les textures et les structures lithologiques. En effet, les formations cuirassées ont le plus souvent un faciès altéritique. De plus, les plateaux qui délimitent la zone d'extension de ces formations sont allongés et alignés suivant deux directions régionales, orthogonales entre elles. La première, parallèle à l'axe du marigot, correspond à la direction générale de la foliation des

gneiss et des migmatites. La seconde, qui lui est perpendiculaire, coïncide avec la direction des plans de diaclase et de fissuration du substratum géologique. Par ailleurs, la faible superficie de ces plateaux et le démantèlement, à leur périphérie, des formations cuirassées nous amènent à les considérer comme des reliques d'une surface qui prédomine largement dans le Nord de la Côte d'Ivoire (Haut glanis). La dégradation de ces plateaux est favorable, sur leurs rebords, à l'extension de sols rouges ferrallitiques remaniés.

Dans le domaine transformant, plusieurs séries de nouvelles différenciations apparaissent emboîtées latéralement les unes dans les autres et en discordance sur les différenciations du domaine de référence. Postérieures à ces dernières, les nouvelles différenciations correspondent aux transformations les plus récentes. En se développant soit à partir de la surface, soit en profondeur, elles peuvent être rattachées à deux grands types de système transformant : l'un supérieur, les autres inférieurs. Le système supérieur est caractérisé par une succession latérale de fronts de dégradation traduisant un appauvrissement croissant vers l'aval en fer et en argile (passage du fond matriciel pédoturbé rouge à l'ocre puis au jaune). Les systèmes inférieurs, en se développant et en se rapprochant de la surface vers l'aval, recoupent les différenciations du système supérieur. Ils lui sont donc postérieurs et correspondent dans un ordre chronologique de formation.

- au système de carapacement du versant par accumulation du fer
- au système hydromorphe par ségrégation et exportation partielle du fer
- au système soutirant qui exporte à la fois le fer et les particules argileuses. Il aboutit au stade ultime de l'évolution au développement d'un horizon blanc sableux en forme de langue.

Ces systèmes inférieurs présentent une progression latérale remontante dans le versant. Le troisième système est emboîté dans le deuxième, qui est lui-même discordant sur le premier. L'extension du troisième système dans le modelé s'accompagne d'une érosion chimique plus active et de ce fait d'un affaissement plus marqué de la surface topographique à l'aplomb de ce système. En conséquence, c'est ce dernier qui crée la rupture de pente mi-versant et les grandes dépressions de l'aval. La rupture de pente est elle-même propice à l'affleurement et au cuirassement de la formation indurée du versant. Les directions définies par les alignements des affleurements cuirassés du versant

et par l'axe principal des dépressions aval semblent être en concordance avec les directions structurales des formations géologiques profondes.

L'étude tend ainsi à montrer le rôle déterminant des textures et des structures lithologiques sur l'extension des sols du domaine de référence et sur celles des systèmes transformants dans le versant.

INTRODUCTION

L'étude est réalisée dans le cadre du programme "hydro-pédologique de recherche sur bassin versant" (HYPERBAV) qui regroupe naturalistes (géologues, pédologues, agronomes, botanistes), géostatisticiens et comportementalistes (hydrologues). Elle a pour objet la caractérisation géochimique, minéralogique et structurale d'un bassin versant du Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. Cette unité hydro-pédologique est représentative d'un paysage cuirassé développé sur formations gneisso-migmatitiques d'une savane préforestière du domaine subsoudanais. Seuls, les premiers résultats de l'analyse structurale seront présentés.

CADRE DE L'ETUDE

Le bassin versant de Booro-Borotou, d'une superficie de 136 ha, est situé au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire (Latitude : 8°28' N, Longitude 7°35' W) à 25 km au Nord de la ville de Touba (fig. 1).

La géologie n'est connue que par les affleurements rocheux. Peu nombreux dans le bassin, ils deviennent beaucoup plus fréquents et de plus grande dimension (Inselbergs) au Nord-Ouest vers la Guinée. Dans la frange amont du bassin, les affleurements appartiennent à un gneiss migmatitique à hypersthène. Le premier faciès présente un litage frustré de direction Nord (N 360 - 370 grd). Le litage du deuxième faciès, plus affirmé, est parallèle à l'axe du marigot (direction N 35 - 40 grd). Un réseau de diaclases et de fissures lui est sensiblement orthogonal. Des premières données de la prospection géologique effectuée par B. MOREL, nous déduisons que le premier faciès est probablement en contact par faille avec le deuxième faciès car franchement différents d'un point de vue minéralogique et structural. Enfin une pyroxéno-amphibolite plagioclasique s'observe soit en lentille dans le gneiss migmatitique à hypersthène (affleurement en dalle) soit plus fréquemment seule (affleurement en boule). Il semblerait que ces deux derniers faciès, les plus basiques, soient intimement liés l'un à l'autre dans une série métamorphique fortement plissée et redressée. Les pyroxéno-amphibolites seraient présentes sous forme de lentille, comme coeurs d'anticlinaux ou de synclinaux, dans une série où alternent gneiss-migmatitique et pyroxéno-amphibolite.

La géomorphologie du bassin est représentée dans la figure 2.

A l'échelle régionale, les plateaux cuirassés (altitude moyenne de 475 m) sont des témoins du niveau Haut Glacis (ESCHENBRENNER, 1969, 1978 ; ESCHENBRENNER et GRANDIN, 1970) qui constitue un repère morphologique majeur. De plus grande dimension au Nord-Ouest, ils sont parfois raccordés, par une courte pente concave, au relief de commande-

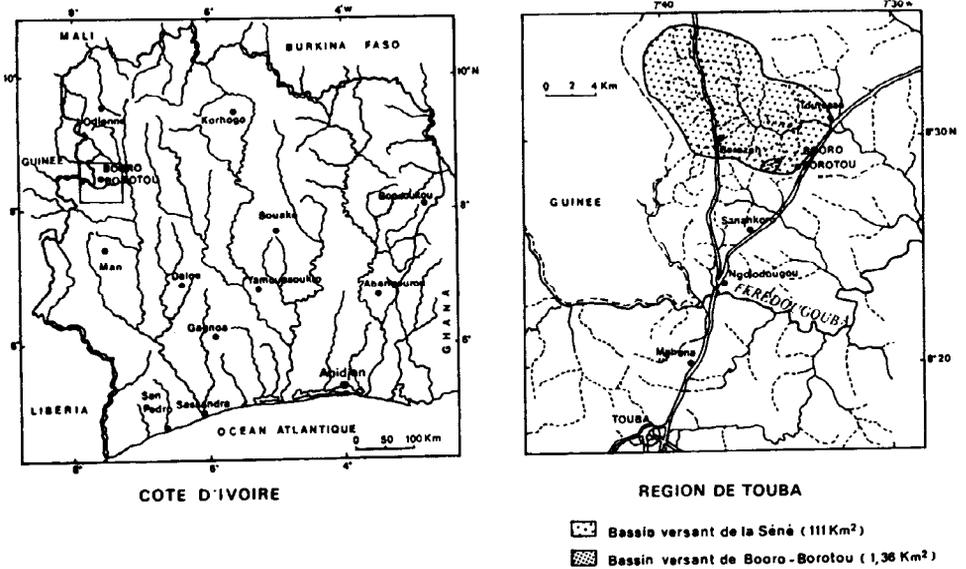


Fig.1 - Localisation de l'étude (programme HYPERBAV)

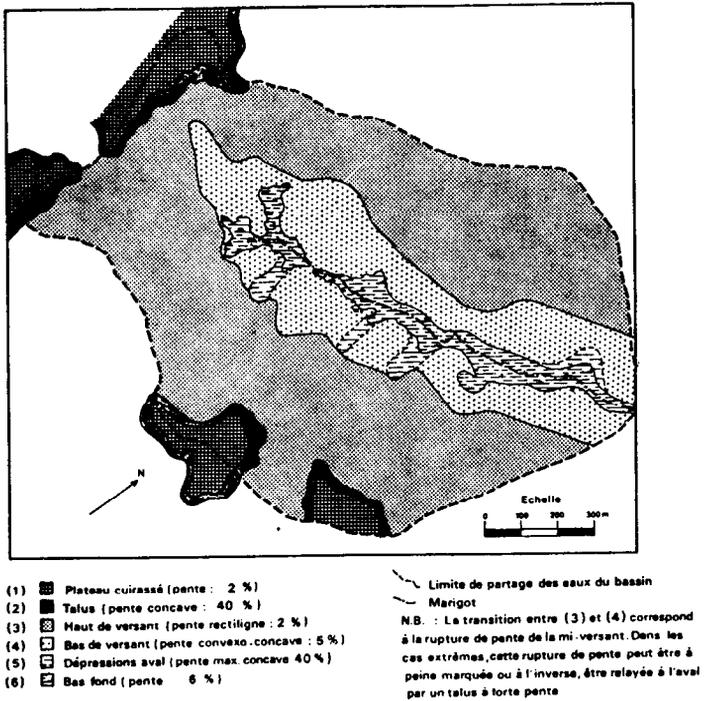


Fig. 2 - La géomorphologie du bassin versant de Booro Borotou

ment guinéen. Ces témoins sont alignés suivant une direction SUD-EST - NORD-OUEST, parallèle à l'orientation générale du réseau hydrographique

A l'échelle du bassin, les quatre plateaux cuirassés ont une extension limitée et sont souvent démantelés à leur périphérie. Ils sont allongés et alignés suivant deux directions (N 360 grd, W 60-70 grd) qui coïncident avec celles définies par les structures lithologiques profondes. Le haut de versant se présente comme une surface plane à pente faible. Raccordé au Haut Glacis par un talus concave à pente généralement forte, il est limité à l'aval par une légère rupture de pente où affleure en discontinuité une cuirasse. Ce haut de versant est généralement attribué au moyen glacis (ESCHENBRENNER, 1978). Il est relayé à l'aval soit par un bas de versant convexo-concave (rupture de pente de mi-versant peu marquée) soit par une grande dépression (rupture de pente souvent marquée par un rebord cuirassé) qui se raccorde progressivement au bas-fond. Ce bas-fond, d'extension limitée, à nombreuses digitations, s'observe en discontinuité à l'amont du bassin. A ce niveau, il rejoint la rupture de pente de la mi-versant.

La distribution des grands types de couverts végétaux respecte grossièrement la topographie du bassin de l'amont vers l'aval, la savane boisée cède la place à la savane arborée, puis arbustive, herbeuse, enfin à une forêt galerie discontinue. De nombreuses causes de variations viennent toutefois modifier ce type de distribution : les affleurements cuirassés et glébulaires sur les plateaux à la mi-versant, les cultures et les jachères d'âges variés (15 % du bassin) (VALENTIN, FRITSCH, PLANCHON, ce colloque).

Le climat est de type tropical de transition (1350 mm), à une saison des pluies (Mai à Octobre). Il est cependant influencé par la présence proche des reliefs guinéens au Nord-Ouest et de ceux de la région de Man-Danané au Sud. Les températures sont relativement douces, les vents modérés (CHEVALLIER, LAPETITE, MAHIEUX, 1985).

METHODE D'ETUDE ET ORGANISATION GENERALE DE LA FORMATION SUPERGENE DU BASSIN VERSANT DE BOORO-BOROTOU

L'analyse structurale des organisations internes de la formation supergène a d'abord été entreprise au niveau de neuf toposéquences radiales au marigot. Par la suite, de nombreuses observations complémentaires ont été réalisées entre ces toposéquences. Celles-ci nous permettent d'explorer la troisième dimension de l'espace et donc de délimiter en projection verticale (documents cartographiques en cours) l'extension des différenciations dans la formation supergène. Au total, 350 fosses d'1 à 6 m de profondeur, 450 sondages de 2 m de profondeur et 1700 trous de 60 cm de profondeur (ces derniers nous ayant permis de délimiter avec précision la profondeur d'apparition des formations glébulaires et cuirassées à deux endroits : sur le plateau et à la mi-versant) ont été ouverts et décrits.

Cette analyse nous a permis de différencier deux domaines (cf. fig. 3). Un domaine ferrallitique qui regroupe les quatre plateaux cuirassés et leurs rebords, soit environ 10 % de la surface du bassin et un domaine transformant qui occupe le reste du modelé soit la majeure partie des versants et le bas-fond.

Le domaine ferrallitique est caractérisé par une séquence verticale d'altérites et d'horizons parallèles ou subparallèles à la surface topographique. Les organisations qui leur sont associées correspondent aux formations les plus anciennes.

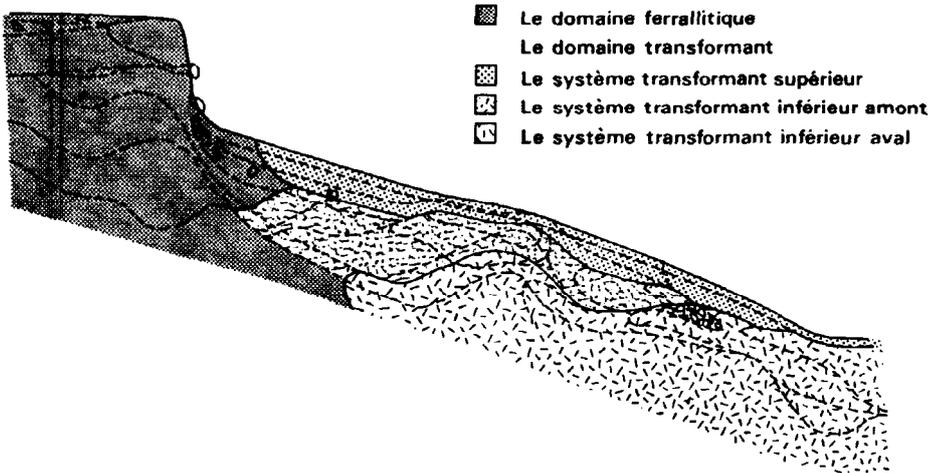


Fig. 3 - L'extension des sols du domaine de référence et des systèmes transformants dans le versant de la formation supergène

Le domaine transformant est discordant sur les organisations du domaine ferrallitique. Il lui est donc postérieur et comprend trois systèmes transformants : un système supérieur qui se développe à partir de la surface et deux systèmes inférieurs (amont et aval) qui s'individualisent en profondeur. Le système inférieur aval est toujours emboîté dans le système inférieur amont qu'il transforme. Il lui est donc postérieur et correspond aux différenciations les plus récentes. Son développement est lié à l'action de la nappe phréatique et à son écoulement vers l'axe de drainage principal (marigot).

Chaque système transformant est caractérisé par une succession ordonnée de différenciations secondaires. Emboîtées les unes dans les autres, elles se surimposent par transformation entre elles puis aux organisations périphériques encaissantes. Par leur enveloppe la plus externe, ces différenciations reproduisent généralement la structure élémentaire du système auquel elles sont apparentées. L'emboîtement structural permet d'établir la chronologie relative de la formation de ces différenciations : la différenciation la plus externe est la plus ancienne, la plus interne la plus récente.

LES DEUX DOMAINES DE LA FORMATION SUPERGENE

1) Le domaine ferrallitique

La distribution des organisations du domaine ferrallitique est résumé dans la figure 4. Les formations carapacées des plateaux ont le plus souvent un faciès altéritique. De ce fait, les accumulations de fer propices à l'individualisation et au développement des plateaux se seraient faites dans le manteau d'altération. Latéralement, les carapaces sont relayées par des cuirasses affleurantes à subaffleurantes. Actuellement, ces cuirasses et carapaces sont généralement séparées du manteau d'altération par un ensemble glébulaire et un ensemble pédoturbe rouge A. La tendance actuelle serait donc propice à l'approfondissement de la zone de différenciation (activité faunique importante) et à la dégradation des formations indurées.

La dégradation de ces plateaux est favorable, sur leurs rebords, à l'extension des sols rouges ferrallitiques remaniés. Des formations indurées, il ne subsiste plus que l'ensemble glébulaire (blocs de cuirasse, nodules, concrétions).

2) Le domaine transformant

a) le système transformant supérieur

Le système transformant supérieur se développe à partir de la surface. Il affecte et transforme de ce fait à la fois les horizons humifères et l'horizon rouge A du domaine ferrallitique. Il présente une structure en lame discontinue et deux séries de différenciations emboîtées l'une dans l'autre (cf. fig. 5).

Ces deux étapes dans la transformation traduisent un appauvrissement croissant vers l'aval des teneurs en fer et en argile. Le système serait de ce fait exclusivement soustractif.

b) le système transformant inférieur amont

Le système transformant inférieur amont se développe en profondeur. A l'amont des versants, il se forme principalement au-dessus de la zone d'altération et au détriment de l'horizon rouge A du domaine

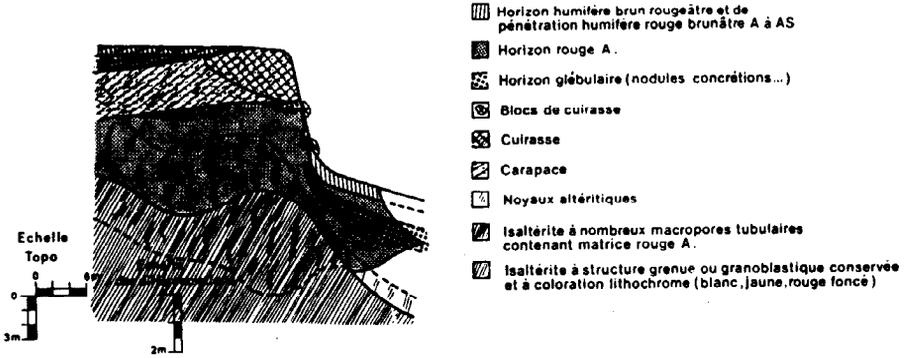


Fig. 4 - Les altérations et les différenciations des sols du domaine ferrallitique (plateau, talus)

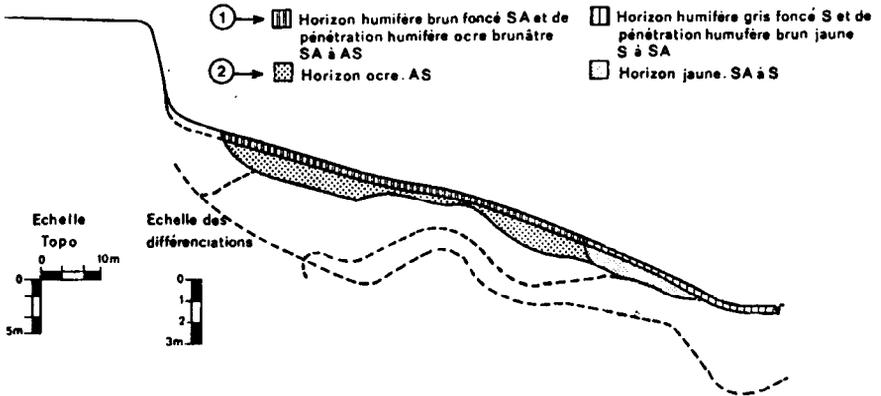


Fig. 5 - Les différenciations du système transformant supérieur

ferrallitique. Sa structure élémentaire est en forme de chapeau de gendarme ou de coiffe. De l'amont vers l'aval, cinq différenciations apparaissent successivement emboîtées l'une dans l'autre (cf. fig. 6).

Les deux premières différenciations sont le siège d'une redistribution du fer et probablement d'une exportation limitée de cet élément vers l'aval (système soustractif à l'amont). A l'inverse, les trois autres différenciations traduisent une imperméabilisation croissante par le fer (système cuirassé additif). Le système cuirassé se reproduit fréquemment à deux endroits. Le premier endroit coïncide exactement avec la rupture de pente de la mi-versant. A ce niveau, nous constatons systématiquement une remontée du manteau d'altération. Le système cuirassé coiffe ce manteau. La cuirasse en position apicale est subaffleurante à affleurante. Le deuxième endroit est localisé plus à l'aval en profondeur.

Enfin, ce système cuirassé se démantèle à la fois à partir de la surface mais aussi en profondeur sous l'action remontante du système transformant inférieur aval. Il nourrit sur place de nouvelles séquences d'évolutions glébulaires (blocs de cuirasse, de carapace, nodules tortueux...).

c) le système transformant inférieur aval

Le système transformant inférieur aval est emboîté dans le précédent. Il se forme de ce fait au détriment de sa zone de différenciation mais aussi au détriment de la zone d'altération du domaine ferrallitique. Il présente une structure en langue dans laquelle quatre séries de différenciations en horizons et en altérites apparaissent successivement emboîtées l'une dans l'autre (cf. fig. 7).

Les deux premières séries de différenciations sont caractérisées par une intense redistribution du fer et une exportation partielle de cet élément vers l'aval (système déferruginisant à l'amont). Dans les deux dernières séries de différenciations, il y a :

- exportation du fer mais aussi de l'argile dans la zone de différenciation,
- parfois néoformation d'argile gonflante, principalement dans la partie apicale de la zone d'altération.

Le système devient soutirant pour le fer et l'argile à l'aval. Il peut être soit exclusivement soustractif soit soustractif puis additif (système éluvial-illuvial). La néoformation d'argile gonflante est propice à une imperméabilisation localisée de la zone d'altération.

L'EXTENSION DES SYSTEMES TRANSFORMANTS DANS LA FORMATION SUPERGENE ET LES RELATIONS AVEC LES STRUCTURES GEOLOGIQUES

Les schémas évolutifs présentés sont tirés d'exemples réellement observés en différents lieux du bassin versant (les échelles sont respectées). Ils retracent dans l'espace mais aussi dans le temps les différentes étapes de la dégradation interne de la formation supergène. Pour chaque système, l'évolution résulte à la fois d'une extension spatiale du système dans la formation supergène et d'une extension relative de sa différenciation la plus interne. Tous les systèmes ont globalement une progression latérale remontante dans le versant. Enfin, les structures élémentaires des systèmes transformants nous renseignent indirectement sur le sens et les vitesses de propagation des composantes des fronts de transformation qui leur sont associés.

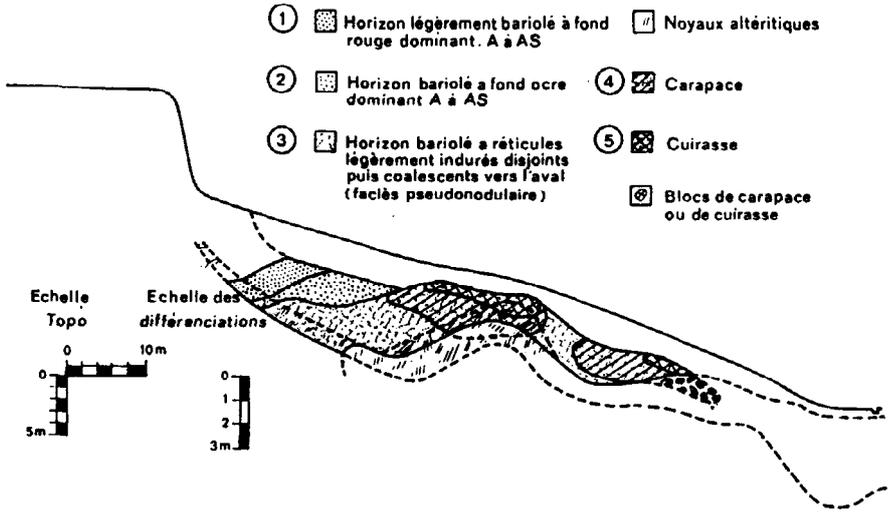


Fig. 6 - Les différenciations du système transformant inférieur amont

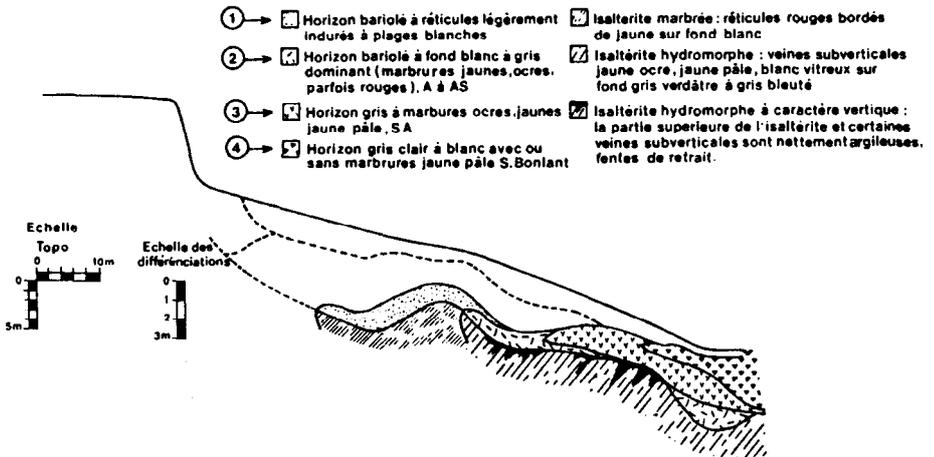


Fig. 7 - Les différenciations du système transformant inférieur aval

Le système transformant supérieur (structure en lame discontinue) présente une progression latérale centrifuge dominante par rapport à l'axe du marigot, mais aussi verticale descendante. Au 1er stade de l'évolution (cf. fig. 8), son extension spatiale est limitée à l'aval du versant. Au 2ème stade de l'évolution, le système se reproduit à l'amont de la rupture de pente de la mi-versant (différenciation en cuvette puis en lame discontinue). Des reliques du domaine de référence s'observent alors de part et d'autre de cette rupture de pente. Au stade ultime de l'évolution et du fait d'une progression latérale centrifuge, les systèmes supérieurs amont et aval se rejoignent.

Le système transformant inférieur amont (structure en chapeau de gendarme ou en coiffe) présente une progression latérale centrifuge dominante par rapport à la zone de remontée du manteau d'altération (mi-versant), mais aussi verticale ascendante. La dissymétrie de sa structure résulte d'une double évolution ferruginisante (latéralement, deux niveaux cuirassés dans un seul continuum ferrugineux). Dans le premier stade de cette évolution ferruginisante (cf. fig. 9), la carapace de la mi-versant coiffe le manteau d'altération. Les stades plus évolués se caractérisent par un développement spatial des formations carapacées puis cuirassées.

Le stade ultime de la transformation de ce système (la cuirasse) étant systématiquement situé à proximité de la surface du sol (du moins pour la cuirasse de mi-versant), le document cartographique localisant les zones d'extension des formations cuirassées et carapacées de la mi-versant est susceptible de nous renseigner sur les zones de remontée du manteau d'altération. Ce document (cf. fig. 10) fait apparaître des orientations générales très nettes (parallèles ou obliques à l'axe du marigot) et de nombreux décrochements en forme de baïonnette. L'individualisation et le développement du système transformant inférieur amont sont de ce fait fortement influencés par les structures géologiques profondes.

Le système transformant inférieur aval (structure en langue) présente une progression latérale centrifuge par rapport à l'axe du marigot mais aussi par rapport à l'axe du système (progression verticale ascendante et descendante). Son développement (cf. fig. 11) résulte à la fois d'une extension du système vers l'amont (stades I et II) et d'une extension relative de sa différenciation la plus interne (Horizon blanc S : stade III). Au stade ultime de l'évolution, les trois dernières séries de différenciation viennent "butter" à la mi-versant au niveau de la remontée du manteau d'altération.

Cette évolution s'accompagne d'une modification de la topographie du bas de versant. D'un versant rectiligne (stade I), nous constatons l'apparition d'un bas de versant convexo-concave (stade II), limité à l'amont par une légère rupture de pente. Cette dernière est plus affirmée dans le stade III. Simultanément, le bas de versant devient concave, il est raccordé progressivement au bas-fond. De ce fait, l'extension du système inférieur aval serait à l'origine de la rupture de pente de la mi-versant. Cette rupture de pente résulterait d'une érosion chimique qui est surtout active dans les deux dernières séries de différenciations du système (partie nettement soutirante). Le stade ultime de cette évolution correspond aux grandes dépressions de l'aval. Ces dépressions sont orientées perpendiculairement à l'axe du marigot (fig.). Il est probable qu'elles se soient formées à l'aplomb des zones de plus grande fracturation ou de diaclase du socle. Ces zones serviraient de drains aux eaux de la nappe qui favoriseraient les processus d'altération et le développement du système soutirant.

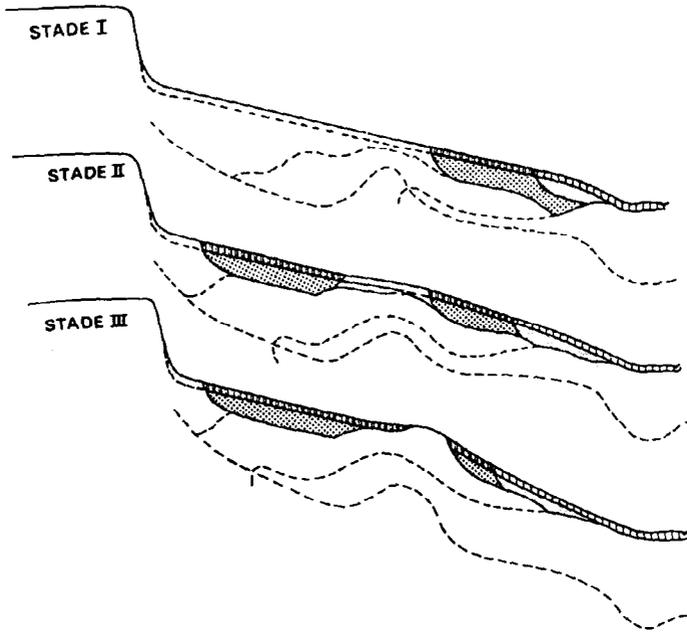


Fig. 8 - L'extension dans l'espace et dans le temps des différenciations du système transformant supérieur dans la formation supergène

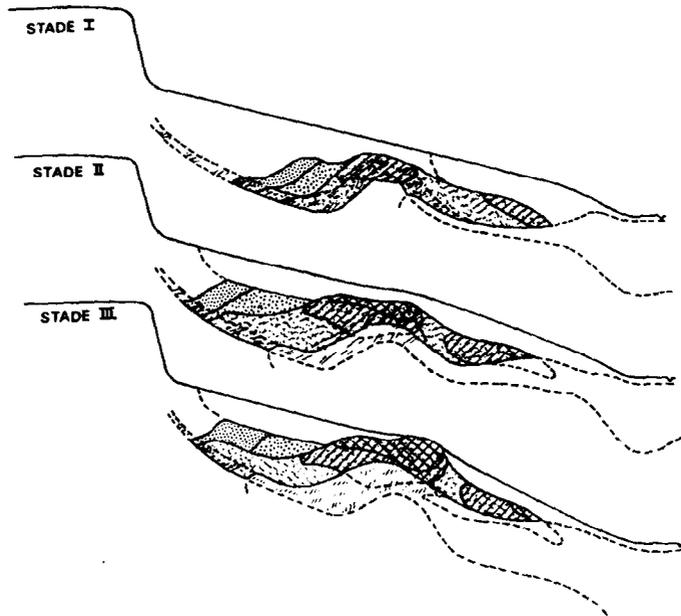
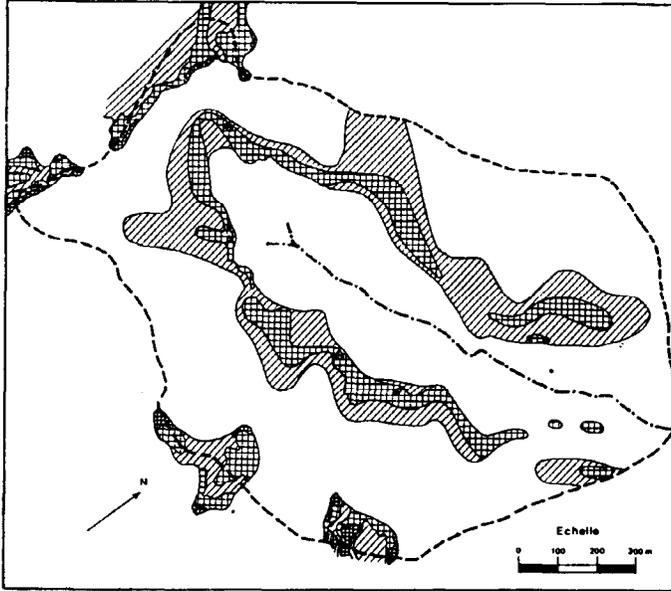


Fig. 9 - L'extension dans l'espace et dans le temps des différenciations du système transformant inférieur amont dans la formation supergène



- Cuirasse affleurante
- ▣ Cuirasse ou carapace comprise entre 0 et 45 cm de profondeur
- ▨ Carapace à plus de 45 cm de profondeur

Fig. 10 - L'extension des formations cuirassées et carapacées dans le bassin versant de Booro Borotou (Plateaux : Haut glacis, Haut de versant : Moyen glacis)

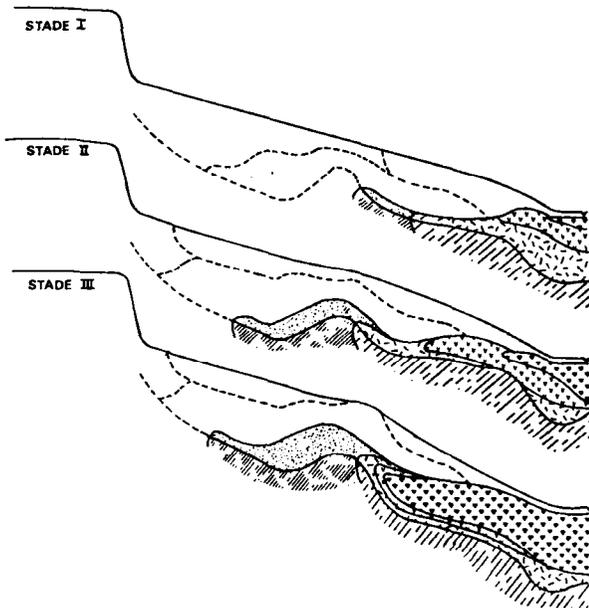


Fig. 11 - L'extension dans l'espace et dans le temps des différenciations du système transformant inférieur aval dans la formation supergène

CONCLUSION

L'étude tend à relier la distribution des organisations pédo-
logiques internes du bassin versant aux structures lithologiques.
Ces organisations appartiennent soit aux reliques du domaine ferralli-
tique amont, soit aux trois systèmes du domaine transformant aval.

Les gneiss migmatitiques du bassin seraient à la fois plissés
et fissurés. Les accumulations ferrugineuses se seraient produites pré-
férentiellement dans les parties sommitales (les plus proches de la
surface topographique) des dômes convexes du manteau d'altération.
Cette ferruginisation des altérites (MILLOT et BONIFAS, 1955 ; FRANKEL
et BAYLISS, 1966) s'est produite à deux endroits dans le bassin (cui-
rasses des plateaux, cuirasses de la mi-versant). Toutefois, les cui-
rasses les plus anciennes (plateaux) seraient en cours de dégradation,
les plus récentes (mi-versant) en cours de formation à l'amont et de
démantèlement à l'aval ; chaque système cuirassé étant alimenté par
celui qui le relaye à l'amont (MAIGNIEN, 1958 ; NAHON, 1976). En pro-
fondeur à l'aval des versants, les exportations de fer et d'argile se
feraient à l'inverse dans les parties concaves (les plus profondes) du
toit de l'altérite et/ou au niveau des zones de fissuration et de dia-
clase.

Une campagne géophysique en cours de réalisation devrait con-
firmer, étayer ou modifier les hypothèses formulées.

BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDER L.T., CADY J.G., 1962. Genesis and hardening of laterites in soils. Soils Conserv. Ser., USDA. Washington, 1282, DC, 90p.
- AVENARD J.M., ELDIN M., GIRARD G., SIRCOULON J., TOUCHEBEUF P., GUILLAUMET J.L., ADJANOHOUN E., PERRAUD A., 1971. Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mémoire ORSTOM, n° 50, Paris.
- BOCQUIER G., 1971. Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Thèse, ORSTOM, Paris, 364p.
- BOCQUIER G., MULLER J.P., BOULANGE B., 1984. Les latérites: connaissances et perspectives actuelles sur les mécanismes de leur différenciation. Livre jubilaire du cinquantenaire de l'A.F.E.S., pp. 123-138.
- BOULANGE B., DELVIGNE J., ESCHENBRENNER V., 1973. Descriptions morphoscopiques, géochimiques et minéralogiques des faciès cuirassés des principaux niveaux géomorphologiques de Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM sér. Géol., vol. V, n° 1, 1973, pp. 59-81.
- BOULANGE B., 1983. Les formations bauxitiques, latéritiques de Côte d'Ivoire. Les faciès, leur transformation, leur distribution et l'évolution du modelé. Thèse Université de Paris VII, 341p.
- BOULET R., 1974. Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibres dynamiques et bioclimatiques. Thèse Fac. Sci. Strasbourg, multigr. (n° CNRS AO 9953), 330p.
- BOULET R., 1981. Etude pédologique des bassins versants Ecerex. Bilan de la cartographie. Bulletin de liaison ECEREX n° 4, ORSTOM, Cayenne, pp. 4-22.
- CHATELIN Y., MARTIN D., 1972. Recherche d'une terminologie typologique applicable aux sols ferrallitiques. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. X, n° 1, pp. 22-43.
- CHAUVEL A., 1977. Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. ORSTOM, Paris. Coll. Trav. et Doc. n° 62, 532p.
- CHEVALLIER P., LAPETITE J.M., MAHIEUX A., 1985. Observations climatologiques à la station de Booro-Borotou. Année 1984. ORSTOM, Adiopodoumé, multigr., 36p.
- ESCHENBRENNER V., 1969. Etude géomorphologique et pédologique de la région de Tanda (Côte d'Ivoire). ORSTOM, Abidjan, 83p., multigr.
- ESCHENBRENNER V., GRANDIN G., 1970. La séquence de cuirasses et ses différenciations entre Agnibélékrou (Côte d'Ivoire) et Diébougou (Haute-Volta). Cah. ORSTOM, sér. Géol., vol. 11, n° 2, pp. 205-245.
- ESCHENBRENNER V., BADARELLO L., 1978. Etude pédologique de la région d'Odienné (Côte d'Ivoire). Carte des paysages morpho-pédologiques. Feuille ODIENNE à 1/200.000e.
- FRANKEL J.J., BAYLISS P., 1966. Ferruginized surface deposits from Natal and Zululand. South Africa. J. Sedim.

- FRITSCH E., 1984. Les transformations d'une couverture ferrallitique en Guyane Française. Thèse 3ème cycle Université de Paris VII, 190p.
- FRITSCH E., 1985. Les systèmes transformants d'une formation supergène de Guyane Française et leurs modes de représentation. ORSTOM, Adiopodoumé (C.I.), multigr., 58p.
- KALOGA B., 1976. Contribution à l'étude du cuirassement : relations entre les gravillons ferrugineux et leurs matériaux d'emballage. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XIV, n° 4, pp. 299-319.
- LACROIX A., 1914. Les latérites de la Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés. Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat., Paris, 1913, sér. 5, V, p. 255-356.
- LEPRUN J.C., 1979. Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique Occidentale sèche. Génèse. Transformations. Dégradations. Thèse Sci. Nat., Strasbourg, 203p.
- LEVEQUE A., 1975. Pédogénèse sur le socle granito-gneissique du Togo. Différenciation des sols et remaniements superficiels. Thèse Sci. Nat., Strasbourg, multigr., 301p.
- MAIGNIEN R., 1958. Le cuirassement des sols en Guinée (Afrique Occidentale). Mém. Serv. Carte Géol. Als-Lorr., Strasbourg, 16, 239p.
- MULLER D., BOCQUIER G., NAHON D., PAQUET H., 1980. Analyse des différenciations minéralogiques et structurales d'un sol ferrallitique à horizons nodulaires du Congo. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XVIII, n° 2, pp. 87-109.
- MILLOT G., BONIFAS M., 1955. Transformations isovolumiques dans les phénomènes de latérisation et de bauxitisation. Bull. Serv. (Carte Géol. Al.-Lorr. Strasbourg, 8, 1 : pp. 3-20.
- NAHON D., 1976. Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal Occidental et en Mauritanie. Systèmes évolutifs : géochimie, structures, relais et coexistence. Thèse Doc. es Science, Mémoire n° 44. Univ. L. Pasteur de Strasbourg. Institut de Géologie, 232p.
- POSS R., ROSSI O., 1985. Systèmes de versants et évolution morphopédologique au Nord Togo. ORSTOM, Lomé, multigr., 28p.
- SOUNGA J.D., 1982. Etude des différenciations structurales, géochimiques et minéralogiques, dans une toposéquence de sols dérivés de roches ultrabasiques de Côte d'Ivoire. Thèse Spéc., Univ. Paris VII, 135p.
- VALENTIN C., FRITSCH E., PLANCHON O., 1986. Sols, surfaces et formes d'érosion en milieu ferrallitique de savane (exemple d'un bassin versant du Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). Séminaire Régional sur les latérites. Colloques et Séminaires de l'ORSTOM, 10p. (à paraître).