

IV

PRÉSENTATION DES SOLS DU SUD CAMEROUN. ORGANISATION ET MISE EN PLACE À L'ÉCHELLE DE L'UNITÉ DE PAYSAGE

Henri ROBAIN ¹

Résumé

Le plateau du Sud Cameroun est occupé par des sols ferrallitiques. Ces sols sont extrêmement complexes car ils se mettent en place depuis des millions d'années (au moins depuis la fin de l'éocène). Ceci a deux conséquences principales. D'une part, ces sols sont très épais. D'autre part, ils ont subi d'importantes variations paléoclimatiques. En particulier, les changements de pluviométrie et de température ont modifié les conditions géochimiques d'altération des roches et de formation des sols. Ces sols sont donc fréquemment polycycliques car ils peuvent conserver des reliques formées dans des conditions géochimiques très différentes de celles qui règnent actuellement. De plus, ces reliques sont rarement figées. Elles subissent généralement une lente dégradation et/ou des transformations plus ou moins importantes. Il existe aussi des hétérogénéités lithologiques qui peuvent encore compliquer le système car elles sont à l'origine de différenciations pédologiques litho-dépendantes. Il est toutefois possible de distinguer 5 grands types de matériaux (les matériaux humifères plus ou moins appauvris, les matériaux argileux homogènes de couleur vive, les matériaux indurés par les oxy-hydroxydes de fer, les matériaux argileux bariolés et les matériaux d'altération), et de proposer un modèle général d'organisation à l'échelle du paysage.

Abstract

The plateau of south Cameroon is covered by ferrallitic soils. These soils are extremely complex because their evolution began some millions of years ago (at least the end of eocene). This has two main consequences: firstly, ferrallitic soils are very thick and, secondly, important paleoclimatic changes have occurred in the meanwhile. As the geochemical processes of rock weathering and soil formation closely depends on rainfalls and temperature, ferrallitic soils are often polycyclic with remnant materials formed in geochemical conditions differing a lot from the present. Furthermore, those remnant materials are seldom unvarying but generally show slow degradation and/or transformation. The bedrock heterogeneity leading to litho-dependent differentiation of soils, can also complicate the system. Nevertheless five main material types are distinguished from the top to the bottom of these soils (oragano-materials, homogeneous clayey materials vividly coloured, indurated ferruginous materials, variegated clayey materials and saprolite) and a general model of organisation along hillslopes is proposed.

1. Pédologue, Orstom, BP 1857, Yaoundé.

INTRODUCTION

Il semble utile de définir ce qu'est un sol. Un sol est une formation superficielle se développant aux dépens d'un substrat rocheux. Il faut toutefois distinguer fondamentalement les sols et les alluvions. En effet, les sols sont des systèmes qui fonctionnent essentiellement en perte, puis en redistribution à relativement courte distance, alors que les alluvions sont des systèmes qui fonctionnent essentiellement en redistribution à grande distance puis en accumulation.

Le phénomène de développement des sols se nomme la pédogenèse. Il comporte deux grandes étapes :

- ◆ l'altération qui est un processus essentiellement géochimique de transformation des minéraux primaires, constitutifs des roches, en minéraux secondaires, constitutifs des sols. Ce sont les processus de néogenèse et de paragenèse. Le bilan de l'altération est très largement soustractif.
- ◆ la pédoturbation qui est un ensemble complexe de processus de natures très différentes (géochimiques, mécaniques et biologiques). En comparaison avec le bilan de l'altération, le bilan de la pédoturbation est à peu près nul. La pédoturbation ne correspond en fait qu'à une réorganisation des produits de l'altération. Cette réorganisation est cependant très importante. En effet, à mesure qu'il évolue, le sol se différencie en couches successives, les horizons, de plus en plus nombreuses et de plus en plus épaisses et distinctes.

I. — Présentation des grands traits du plateau du Sud Cameroun

Les grands traits du plateau du Sud Cameroun seront rapidement esquissés pour fixer le cadre géographique de cette présentation, mais aussi pour montrer quels sont les principaux éléments que les pédologues prennent en considération lorsqu'ils étudient les sols d'une région.

1.1 — Géomorphologie

Le plateau du Sud Cameroun a une altitude comprise entre 600 et 900 m (Figure 4.1). C'est une surface qui est présente dans toute l'Afrique centrale. C'est la surface africaine I, datée de la fin de l'éocène, c'est-à-dire vieille de 35 millions d'années. On peut y distinguer 4 grands types de paysage (Morin, 1979) :

- ◆ des massifs montagneux situés à proximité de la bordure ouest du plateau ;
- ◆ une importante zone inondable dans le haut bassin versant du Nyong ;
- ◆ Un modelé avec des interfluves étendus (plusieurs km) de forme très émoussée. Ce modelé occupe la majeure partie du nord du plateau à partir de la Sanaga et pratiquement tout le haut bassin versant du Dja. C'est dans ce paysage, au nord-est, que se trouvent les accumulations ferrugineuses les plus puissantes. Ces accu-

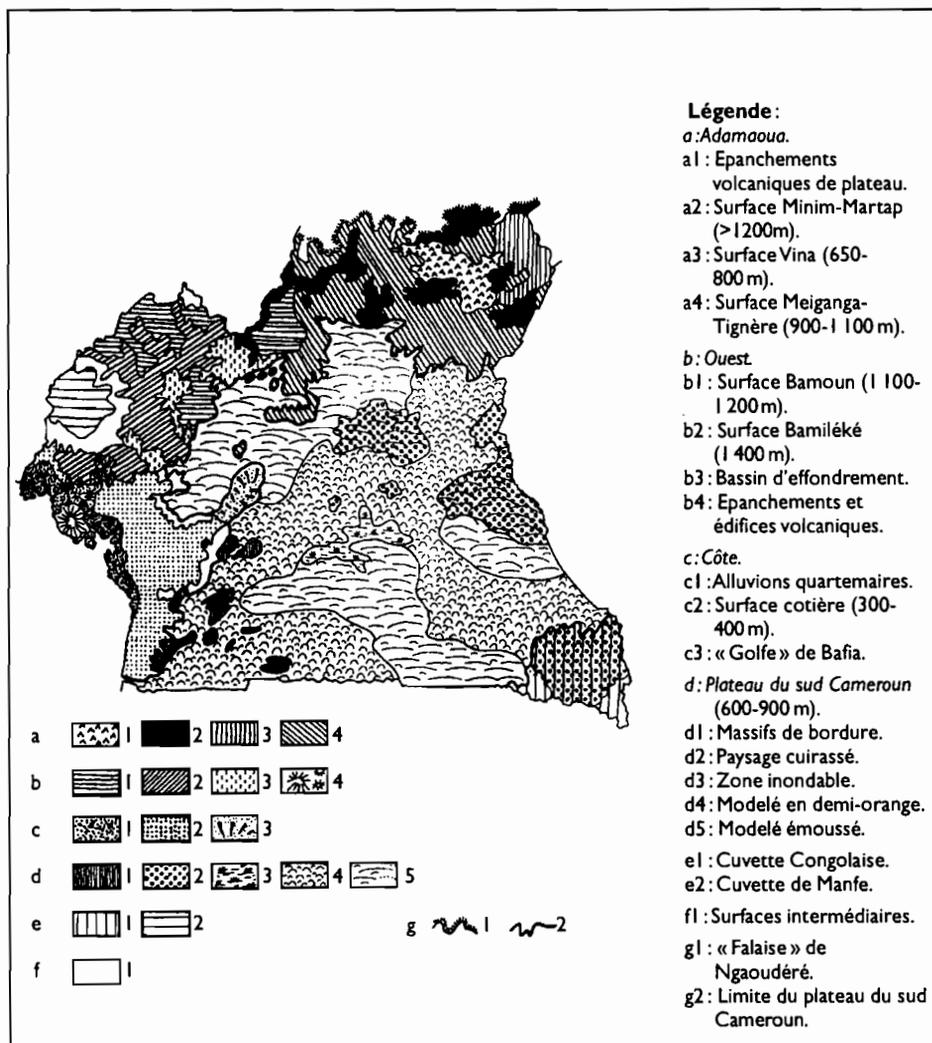


Figure 4.1 — Principaux traits géomorphologiques du sud Cameroun (d'après Morin, 1979)

mulations sont analogues à celles largement répandues en Centrafrique. Cette formation superficielle indurée se retrouve toutefois sur l'ensemble du plateau où elle arme très fréquemment les points hauts du paysage ;

- ◆ un modelé, avec des interfluves relativement peu étendus (de l'ordre du km) en forme de demi-oranges, occupe le reste du plateau.

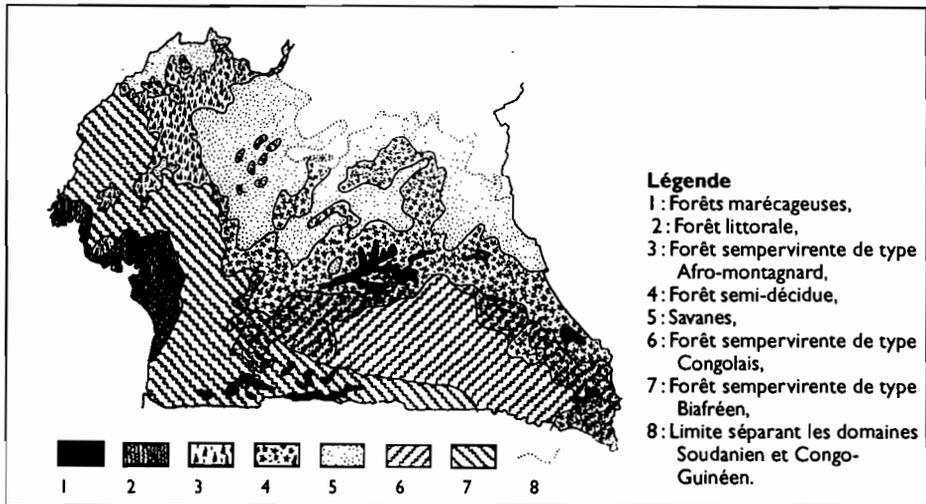


Figure 4.2 — Principales formations végétales du Sud Cameroun (d'après Letouzey, 1985)

1.2 — Végétation

Ce plateau est occupé par 2 formations végétales principales (Letouzey, 1979 ; 1985) (Figure 4.2) :

- ◆ une mosaïque savane-forêt semi-caducifoliée au nord ;
- ◆ la forêt sempervirente au sud, avec un type biafréen au sud-ouest et un type congolais au sud-est.

1.3 — Climat

La majeure partie de la zone subit un climat équatorial de type guinéen à 4 saisons (Suchel, 1971). Les pluviométries moyennes sont comprises entre 1 500 et 2 000 mm et les températures moyennes sont de l'ordre de 25°C. La zone d'extension de la forêt semi-caducifoliée correspond *grosso modo* aux pluviométries les plus faibles.

II. — Les processus de mise en place des sols ferrallitiques

II.1 — L'altération ferrallitique

L'altération ferrallitique est un processus extrêmement poussé. Elle conduit à la formation des matériaux minéralogiquement les plus évolués que l'on puisse trouver à la surface de la terre. A l'exception de quelques minéraux très résistants tels que le quartz ou le zircon, tous les minéraux constitutifs des roches disparaissent. Ils sont remplacés par seulement 4 phases minérales (Segalen, 1966 ; Tardy, 1993) :

- ◆ un alumino-silicate, la kaolinite ;
- ◆ un hydroxyde d'aluminium, la gibbsite ;

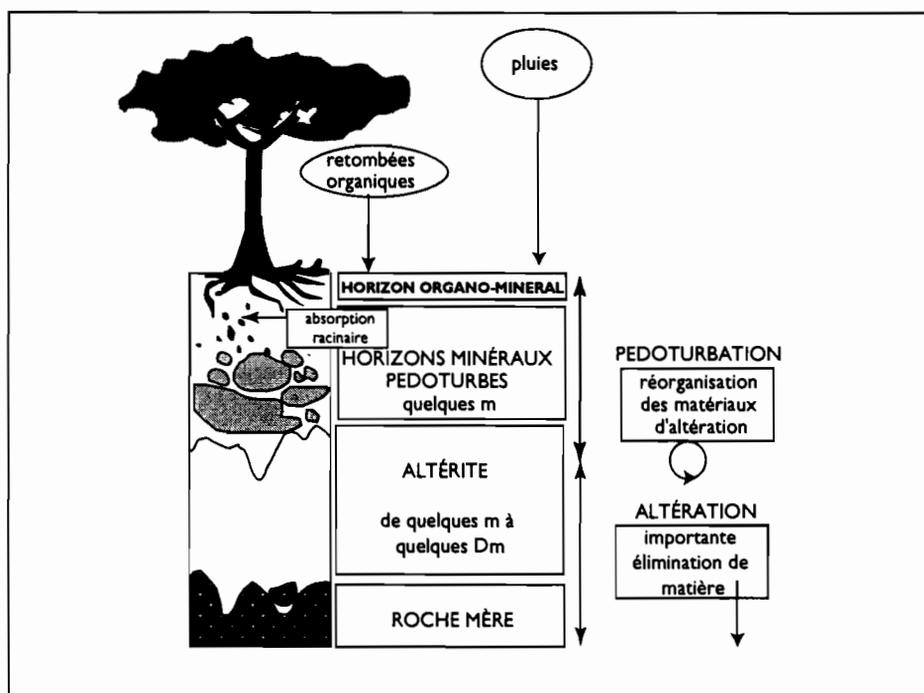


Figure 4.3 — Représentation schématique de la différenciation d'un sol ferrallitique

- ◆ un oxyde de fer, l'hématite ;
- ◆ un oxy-hydroxyde de fer, la goethite.

Ce sont ces deux derniers qui donnent aux sols leur vive coloration jaune ou rouge.

L'altération ferrallitique est donc un processus qui conduit à une perte de matière et à une homogénéisation minéralogique considérables. Il faut toutefois signaler que des facteurs stationnels peuvent largement le moduler.

La composition chimique des roches peut conduire à la néogenèse de proportions différentes de kaolinite et de gibbsite. Par exemple, l'altération d'un basalte peut fournir jusqu'à 70 % de gibbsite alors que cette phase minéralogique ne dépassera guère 20 % pour un granite.

Les conditions de drainages influent aussi largement sur l'altération. Les quantités de matières exportées lors de l'altération seront d'autant plus importantes que le drainage sera efficace. Ces conditions de drainage contrôlent aussi l'ambiance géochimique qui règne au front d'altération et donc la nature des minéraux néoformés. Par exemple, en conditions bien aérées, l'hématite sera beaucoup plus abondante que la goethite.

11.2 — Les grands types d'horizons pédoturbés

À l'inverse de l'altération, la pédoturbation ferrallitique génère une grande diversité de composition minéralogique pour les différents horizons du sol (Figure 4.3).

En première approche, on peut cependant distinguer 4 grands types d'horizons pédoturbés que l'on observe généralement de bas en haut des profils :

- ◆ Les horizons argileux bariolés où les 4 phases minérales sont relativement peu mélangées. Cette hétérogénéité peut être héritée de la disposition des minéraux primaires dans le substrat géologique. Il s'agit donc d'horizons encore faiblement pédoturbés, ou bien elle peut provenir des alternances d'humectation et de dessiccation qui entraînent d'importantes redistributions des oxydes de fer au sein d'un matériau déjà fortement pédoturbé (horizons hydromorphes).
- ◆ Les horizons indurés où l'hématite et la goethite dominent largement (latérites). Parfois, on trouve aussi des horizons indurés par la gibbsite (bauxites). On peut y distinguer les indurations continues (cuirasses, très dures, et carapaces, plus tendres) et les indurations discontinues (gravillons).
- ◆ Les horizons argileux homogènes bien drainés où la kaolinite domine.
- ◆ Les horizons humifères argilo-sableux caractérisés par un appauvrissement en argile, mais surtout par un net enrichissement en matière organique.

11.3 — Problème de la filiation entre les différents horizons

Pour les sols ferrallitiques que l'on observe actuellement, il n'est pas du tout évident que les différents horizons soient en filiation directe de la base au sommet d'un profil de sol. C'est-à-dire qu'ils dérivent progressivement les uns des autres, toutes choses étant égales par ailleurs. Il est même plutôt évident qu'il n'y a pas de filiation directe entre la plupart de ces différents horizons. En particulier, il existe d'importantes discordances minéralogiques et structurales entre les horizons argileux bariolés et les horizons indurés et entre ces derniers et les horizons argileux homogènes (Muller, 1988 ; 1992 ; 1993).

Pour comprendre l'organisation actuelle des sols ferrallitiques, il est indispensable de prendre en considération le facteur temps. Lors de la présentation générale du plateau, il a été signalé que cette surface, armée par les horizons indurés, est datée de la fin de l'éocène. Les oxydes de fer sont en effet parmi les éléments chimiques les plus stables et insolubles que l'on puisse trouver dans les formations superficielles (Schwertzmann, 1992). Les sols que nous observons actuellement dans la zone intertropicale se développent donc depuis des dizaines de millions d'années, et il est nécessaire d'intégrer des facteurs tels que la dérive des continents et les variations paléoclimatiques pour comprendre leur genèse (Fitzpatrick et Schwertzmann, 1982 ; Tardy, 1988 ; 1991).

Par exemple, les modifications de pluviométrie ont des conséquences extrêmement importantes tant pour les processus d'altération que pour les processus de pédoturbation. Il en résulte en effet des changements d'ambiance géochimique. Ceci peut changer les proportions des minéraux d'altération, et même leur nature (néogenèse de montmorillonite, de vermiculite, d'illite etc.). Le cortège minéralogique d'un horizon pédoturbé peut aussi se trouver en déséquilibre avec les conditions géochimiques actuelles. Il se transformera alors pour atteindre un nouvel équilibre (Boulet, 1974 ; 1984 ; Bitom et Volkoff, 1993).

Les modifications de pluviométrie influent aussi sur le couvert végétal, en particulier pendant les périodes de péjoration climatique telles que celle mise en évidence vers

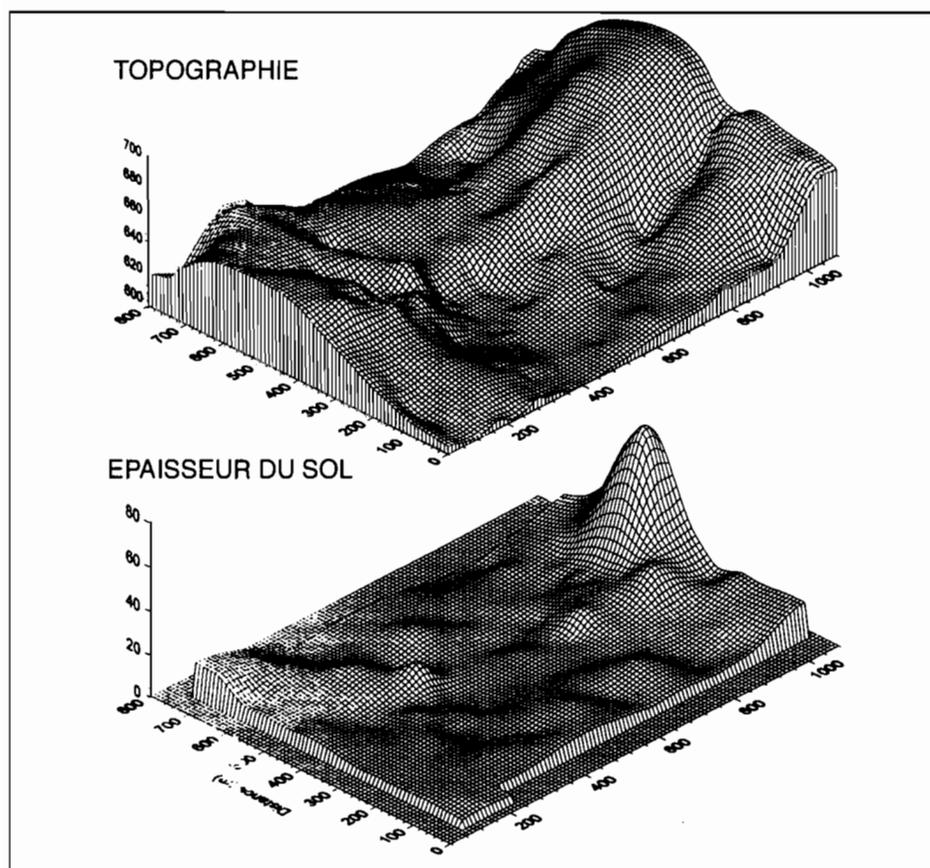


Figure 4.4 — Comparaison entre la topographie et l'épaisseur du sol sur un bassin versant élémentaire (Nko'ongop, Sud-Ouest Cameroun)

3 000 BP (Schwartz, 1992). La savanisation du milieu forestier entraîne une exaltation des processus d'érosion et par conséquent une destruction des sols qui se sont mis en place précédemment.

11.4 — Distribution des sols à l'échelle du bassin versant

Il apparaît clairement que les sols ferrallitiques sont des objets extrêmement complexes. A titre d'illustration, un paramètre aussi trivial que l'épaisseur du sol présente une variabilité extrêmement importante à l'échelle d'un bassin versant élémentaire d'une surface de 1 km² (Robain *et al.*, 1996). L'épaisseur du sol s'échelonne en effet entre moins de 1 m et 76 m. De plus, cette variabilité ne peut pas se déduire simplement de la topographie (Figure 4.4). Les sols les plus épais se retrouvent ici au centre d'un des sommets mais aussi sur un des versants à pente forte.

Il est cependant possible de proposer un modèle très général, et donc rarement vérifié totalement dans la réalité, de distribution des différents horizons au long des versants

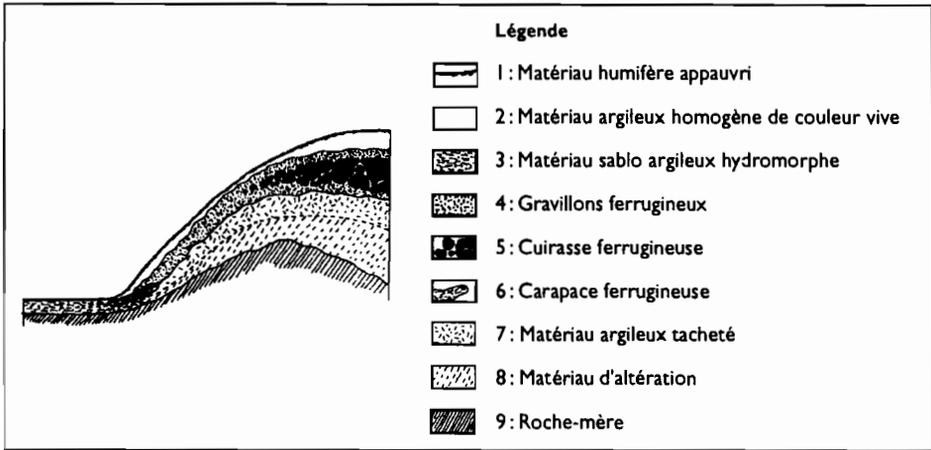


Figure 4.5 — Schéma général de la distribution toposéquentielle des principaux matériaux ferrallitiques

(Figure 4.5). L'épaisseur du sol est très importante en sommet d'unité de paysage, surtout lorsqu'il est armé par des horizons cuirassés. Elle s'amenuise au long des versants, puis ré-augmente au niveau des bas-fonds marécageux. Pour les horizons indurés par les oxydes de fer, on observe généralement les cuirasses au sommet, les horizons gravillonnaires sur les versants et les carapaces à l'approche du bas-fond. Ce bas-fond est occupé par des horizons bariolés hydromorphes.

CONCLUSION

Il faut souligner que pour les régions intertropicales, les échelles d'espaces et de temps qui concernent les sols sont sans commune mesure avec celles qui concernent l'archéologie.

35 millions d'années ont été évoqués pour les grands aplanissements des paysages cuirassés, mais à la limite on peut considérer que les sols existent à la surface de la terre depuis qu'il y existe de l'eau pour altérer les roches. Ceci est à comparer avec l'âge des premiers hommes que les découvertes les plus récentes viennent de reculer à 2,7 millions d'années.

D'autre part, l'unité de base de sol que les pédologues prennent en considération actuellement est le bassin versant élémentaire, soit au minimum un km², sur une épaisseur qui atteint généralement plusieurs décamètres pour les régions intertropicales. Par comparaison, les fouilles archéologiques concernent très rarement des surfaces de plus de quelques ares et n'excèdent généralement pas quelques mètres de profondeur.

Toutefois, il me semble que des collaborations entre pédologues et archéologues peuvent présenter un intérêt. En effet, les archéologues peuvent contribuer à une quantification de la cinétique des transformations sub-actuelles au sein des sols grâce aux datations des couches archéologiques. De l'autre côté, les pédologues peuvent apporter des informations essentielles sur l'environnement des sites de fouille. Ils peuvent en effet aider à distinguer les discordances naturelles et les discordances générées au sein des sols par l'activité des civilisations anciennes.

BIBLIOGRAPHIE

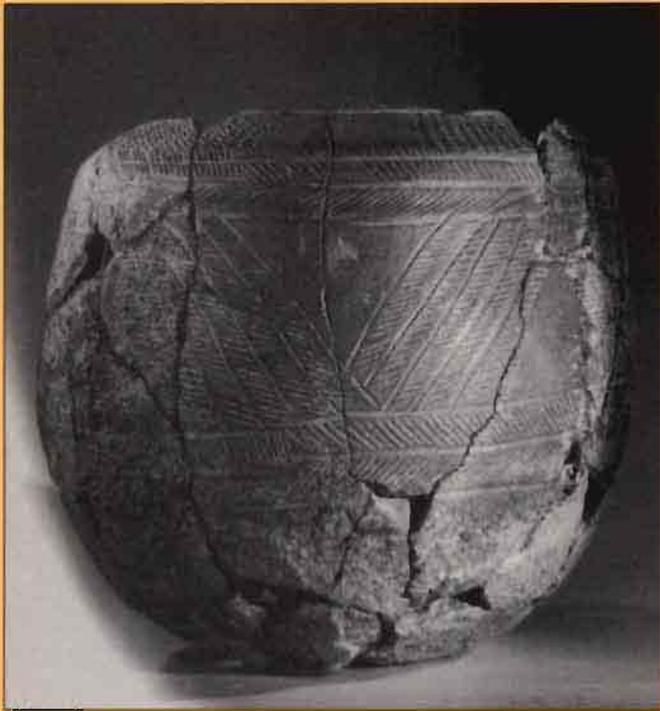
- BITOM D., VOLKOFF B., 1993. — Altération déferruginisante des cuirasses massives et formation des horizons gravillonnaires ferrugineux dans les sols de l'Afrique centrale humide. *C.R. Acad. Sci. T.* 316 sér. 2: 1447-1454.
- BOULET R., 1974. — *Toposéquence de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédobioclimatique*. Thèse sci. Univ. Strasbourg. Éd. Orstom, Mémoire n° 85, Paris, 272 p.
- BOULET R., CHAUVEL A., LUCAS Y., 1984. — *Les systèmes de transformation en pédologie*. Livre jubilaire du cinquantenaire de l'AFES. AFES Éd., pp. 167-179.
- FITZPATRICK R.W., SCHWERTZMANN U., 1982. — Al-substituted goethite. An indicator of pedogenic and other weathering environments in south Africa. *Geoderma* 27: 335-347.
- LETOUZEY R., 1979. — Végétation du Cameroun. In: *Atlas de la République Unie du Cameroun*. Jeune Afrique, Paris, p. 13-15.
- LETOUZEY R., 1985. — *Carte phytogéographique du Cameroun au 1/500 000*. Carte et notice. Édition Institut de la carte internationale de la végétation, Toulouse, 240 p.
- MORIN S., 1979. — Géomorphologie du Cameroun In: *Atlas de la République Unie du Cameroun*. Jeune Afrique, Paris, p. 11-12.
- MULLER J.P., 1988. — *Analyse pétrologique d'une formation latéritique meuble du Cameroun. Essai de traçage d'une différenciation supergène par les paragenèses minérales des minéraux secondaires*. Thèse de Sciences Univ. Paris VII, Orstom Éditions, T.D.M. n° 50, Paris, 1 microfiche.
- MULLER J.P., COEY J.M.D., 1992. — Evidence of two successive generations of goethite in a tropical soil: implication for soil yellowing. *Clay Miner. Bull.* (soumis).
- MULLER J.P., COEY J.M.D., BAKAS T., REGNARD J.R., BOUDEVILLE M., 1993. — Soft pebbly laterite differentiation: a model from the study of iron-oxihydroxides in a weathering profile from Cameroon. *Soil Sci. Amer. J.* (soumis).
- ROBAIN H., RITZ M., DESCLOITRES M., YENE ATANGANA Q., (Sous presse). — A multiscale electrical survey of a laterite soil system in the rain forest of Cameroon. *Applied Geophysics*.
- SCHWARTZ D., 1992. — Assèchement climatique vers 3 000 BP et expansion Bantu en Afrique centrale atlantique: quelques réflexions. *Bull. Soc. Géol. France* 163 (3): 353-361.
- SCHWERTZMANN D., 1991. — Solubility and dissolution of iron oxides. *Plant and soils* 130: 1-25.
- SEGALEN P., 1966. — Altération des minéraux primaires, synthèse des minéraux secondaires au cours de la ferrallitisation. *Cah. Orstom, sér. Pédo.* 4 (4): 5-13.

- SUCHEL, J.B., 1971. — *La répartition des pluies et des régimes pluviométriques au Camroun. Contribution à l'étude des climats de l'Afrique tropicale.* Thèse Sci. Univ. Bordeaux 3, 278 p.
- TARDY Y., MELFI A., VALENTON I., 1988. — Climats et paléoclimats tropicaux périatlantiques. Rôle des facteurs climatiques et thermodynamiques : température et activité de l'eau, sur la répartition et la composition minéralogique des bauxites et des cuirasses ferrugineuses au Brésil et en Afrique. *C. R. Acad. Sci. Paris*, T. 306 sér. 2 : 289–295.
- TARDY Y., KOLBISEK B., PAQUET H., 1991. — Mineralogical composition and geographical distribution of African and Brazilian laterites. The influence of continental drift and paleoclimates during the last 150 million years and implication for India and Australia. *J. of African Earth Sci.*, 12 : 283–295.
- TARDY Y., 1993. — *Pétrologie des latérites et des sols tropicaux.* Éd. Masson, Paris, 459 p.

**Michèle DELNEUF, Joseph-Marie ESSOMBA
et Alain FROMENT (éds)**

*Paléo-anthropologie
en Afrique centrale*

Un bilan de l'archéologie au Cameroun



L'Harmattan

Collection *Études Africaines*

Dernières parutions

Denis ROPA, *L'Ouganda de Yoweri Museveni.*

Louis NGOMO OKITEMBO, *L'engagement politique de l'Eglise catholique au Zaïre 1960 - 1992.*

André FOFANA, *Afrique Noire. Les enjeux d'un nouveau départ.*

Louis SANGARE, *Les fondements économiques d'un Etat confédéral en Afrique de l'Ouest.*

Elisabeth BOESEN, Christine HARDUNG, Richard KUBA (dir), *Le Borgou - regards sur une région ouest-africaine.*

Pierre PIGEON, *Les activités informelles en République centrafricaine.*

Josias SEMUJANGA, *Récits fondateurs de drame rwandais.*

Moussa DIAW, *La politique étrangère de la Mauritanie.*

En couverture : Poterie carénée du site Ndjolé Pk5 (hauteur 170 mm).

Datée de 2400 ans BP, cette céramique appartient à la tradition néolithique *Epona* de la moyenne vallée de l'Ogooué (Gabon), in Richard Oslisly et Bernard Peyrot, *L'Art préhistorique gabonais, 1887-1987, Centenaire de la recherche préhistorique au Gabon*, Rotary-Club de Libreville-Okoumé, Multipress Gabon, 1987.

Michèle Delneuf, Joseph-Marie Essomba
et Alain Froment (éds)

PALÉO-ANTHROPOLOGIE EN AFRIQUE CENTRALE

Un bilan de l'archéologie au Cameroun

L'Harmattan
5-7, rue de l'École Polytechnique
75005 Paris - FRANCE

L'Harmattan Inc.
55, rue Saint-Jacques
Montréal (Qc) - CANADA H2Y 1K9