

# Différenciation régionale des couvertures pédologiques et litho-géomorphologie sur socle granito-gneissique du Bénin (Afrique Occidentale)

Paul Faure et Boris Volkoff

C.R. Acad. Sci. Paris,  
t. 322, série II a,  
p. 393 à 400,  
1996

ORSTOM,  
32, avenue Henri-Varagnat,  
93143 Bondy Cedex, France.

**Résumé** La régionalisation marquée de certains caractères de la couverture pédologique est mise en évidence par une analyse thématique et une synthèse infographique à petite échelle de la carte des sols à 1:200 000 du Bénin. Il est confirmé ainsi que la différenciation régionale des sols est déterminée avant tout par des facteurs géologiques et géomorphologiques.

**Mots-clés :** Géographie des sols, Infographie, Géomorphologie, Bénin.

**Abstract** **Regional soil zonation and litho-geomorphology  
on Benin granite-gneiss basement in West Africa**

A marked regional zonation of some soil characteristics is revealed by thematic analysis and large-scale infographic synthesis of the Benin soil map at 1:2000,000. The regional soil differentiation appears to be determined by geological and geomorphological factors.

**Keywords:** Soil geography, Infography, Geomorphology, Benin.

**Abridged  
English  
Version**

## INTRODUCTION

THE identification of regional soil patterns is necessary for environmental studies and it usually cannot be extracted directly from existing soil maps. This is especially true in West Africa, where dominating soils are "sols ferrugineux tropicaux lessivés" (Boulet *et al.*, 1971) or Ferric Luvisols and Ferric Acrisols (FAO-UNESCO, 1974). Also, local soil variability is very high owing to their litho-dependence and their polygenic origin – a high proportion of these soils developed on an inherited lateritic parent material – as well as to a marked lateral differentiation.

West Africa is characterized by: (1) an association of recently weathered materials, at an incomplete weathering stage, which is an intermediary between bisiallization and monosiallization (Pédro, 1964) stages and

which consists of kaolinite, smectites and micaceous clays, and inherited lateritic, exclusively kaolinitic materials; (2) a marked lateral differentiation of the soils along the slopes, with or without kaolinitic remains, that determine both the soil colour and the soil textural profile (Chauvel, 1977; Boulet, 1978; Levêque, 1979 *a*); (3) a wide distribution of ferruginous nodules, either formed *in situ* within the kaolinitic (Tardy and Nahon, 1985) or non kaolinitic matrix, or residual arising in the "stone line" that is emplaced during slope evolution (McFarlane, 1991; Tardy 1993). The two types of nodules co-exist in the soils (Lévêque, 1979 *a*; Faure, 1987).

Since the genetic significance of the main morphologic soil features is known, one can suppose that the presence, absence, or relative frequency of any soil characteristics over a

### Note

présentée par  
Georges Pédro.

remise le 16 octobre 1995,  
acceptée après révision  
le 4 décembre 1995.

Fonds Documentaire ORSTOM  
Cote: B\* S694 Ex: 1



large area, such as a region, should be interpreted and related to the most significant soil-forming processes of the area. Information about regional distribution of soil characteristics can be obtained through a suitable analysis of classical soil maps.

Benin allows this kind of analysis: between 7° and 12° lat. N, the annual rainfall ranges from 900 to 1,400 mm. Its soils developed on a crystalline basement (**fig. 1 a and b**) were systematically mapped at the scale 1:200,000 (Volkoff, 1976; Volkoff and Willaime, 1976; Dubroeuq, 1977 *a, b*; Faure, 1977 *a, b*; Viennot, 1978 *a, b*).

The objectives of this study are to identify the soil features that differentiate the soil cover at a regional scale and to explain the mechanisms of this differentiation, by analyzing the relationships between the soil characteristics used and the broad factors of the soil formation, such as geology, geomorphology, climate.

#### MATERIAL AND METHODS

The granite-gneiss basement of Benin consists of two blocs: an Eastern one mainly composed of migmatite and granite and a Western one composed of gneiss and granulite (Aicard, 1957; Pougnet, 1957).

Data from a digitized soil map at 1:200,000 (10 sheets and 107 soil units according to CPCS, 1967) was processed (Faure and Benizri, 1988) in order to draw small-scale thematic maps: a map of the distribution of the inherited kaolinic materials and the other materials, a map of the thickness of the clay-eluviated horizons (less than 20 cm, 20 to 100 cm, more than 100 cm), a map of the B-horizon colour (bright colours such as red and yellow, dull colours such as beige, grey, white). The relationships between the distribution of the soil characteristics and geology/geomorphology/climate, were further analyzed.

#### RESULTS

Recent weathered materials, whose clay mineral assemblage is kaolinite-smectite-micaeous clays, and kaolinitic lateritic materials are associated and distributed over the entire basement (**fig. 2 a**) in both wet and dry climatic zones. Ferruginous nodules are widespread

and are seen associated with the two materials. The distribution of the lateritic materials and that of the nodules, which must be considered as relics of ancient weathered lateritic mantle, provides evidence of a former large extension of this mantle over the whole basement. The mantle seems to have been irregularly removed by drainage rejuvenation. This process was partial in central Benin, but more intense in the lower catchments near the regional base levels, especially in the South where lateritic materials and nodules have completely disappeared.

The geographical distribution of the soil units according to the thickness of clay-eluviated horizons indicates that soils with a rather thin eluviated layer occur almost exclusively in the NW of the basement (**fig. 2 b**), with only very small areas found in the NE. Soils with thick clay-eluviated horizons occur in the S and SE but never in the W. Soils with moderately thick clay eluviated horizon are found everywhere on the basement. This zonation of the geographical associations of soils according to the thickness of the clay-eluviated horizon corresponds to that of the basement based on its main petrographic characteristics: a dominantly gneissic bloc in the W, a dominantly granitic bloc in the E. The analysis of the relationships between the textural characteristics and the parent rock shows that the soils of the W bloc are normally less eluviated than the soils on the equivalent parent rock of the E bloc. In addition, if we take into consideration only one rock type, the soils from the S appear to be more eluviated than the soils in the N. The thickness of the clay-depleted horizons is thus related in part to the nature of the parent rock, and in part to the geographic location.

There is also a clear zonal distribution of the soil units according to the colour of the B horizons (**fig. 2 c**). Soils with a red B horizon occur mainly in the E basement bloc while soils with a yellow B horizon occur exclusively on the W bloc. Soils with a dull-coloured B horizon are distributed over the whole basement, but they are predominantly represented in the SE. The analysis of the relationships between the colour and the parent rock indicates that soil colour is not exactly related to a rock type: on the W bloc yellow and red soils

occur either on granite or gneiss, while on the E bloc only red soils are found on these rocks. Therefore, the zonal differentiation of the colour is not strictly governed by the nature of the parent rock.

### INTERPRETATION AND CONCLUSION

Differences in the lithology of the broad geologic structures of the Benin granite-gneiss basement influence therefore the regional distribution of soil morphologic features such as the colour of the B horizon and the degree in the intensity of clay eluviation; moreover, specific landforms seem to be closely related to these differences.

An old lateritic mantle has been irregularly removed during the present landscape development. The reduction of the mantle was more active in the southern part, which accounts for the further development of younger, less permeable, parent materials. The process also increased the lateral release

of the clay within the soils. The more marked eluviation of the clay in the southern part of the basement is not related to climatic zonation because soils with a thin clay-eluviated horizon and soils with a thick clay-eluviated horizon occur either in the wet or in the dry climatic zones; it is not related to lithology either, because it is observed on Benin granites and also on gneisses if soils on neighbouring Togo basement are considered (Lévêque, 1979 *b*). This difference in eluviation must then be related to regional geomorphic processes.

The information contained on the soil map makes it possible to identify and delimit broad pedological provinces through the frequency of the occurrence, or the lack of some soil attributes (colour of the B horizons or intensity of clay eluviation). These intrinsic characteristics of the soil are connected to the environment, to the landforms and the lithology, and to the landscape dynamics.

## 1. INTRODUCTION

On recherche souvent, pour les études d'environnement notamment, les niveaux d'organisation qui donnent une vision synthétique de la couverture pédologique aux échelles régionales. Ces unités ne peuvent, cependant, pas toujours être directement déduites des cartes pédologiques existantes.

Ceci est vrai en Afrique de l'Ouest, où dominant les sols « ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions » (Boulet *et al.*, 1971) ou « ferric luvisols » et « ferric acrisols » (FAO-UNESCO, 1974), et où la variabilité typologique est très grande du fait de la lithodépendance de ces sols, des différenciations latérales marquées qui s'y manifestent et de leur caractère très souvent polygénique, un manteau latéritique ancien constituant le matériau originel d'un grand nombre d'entre eux. Cette grande variabilité locale masque les spécificités régionales.

Les causes et les processus de différenciation qui interviennent dans cette zone sont connus :

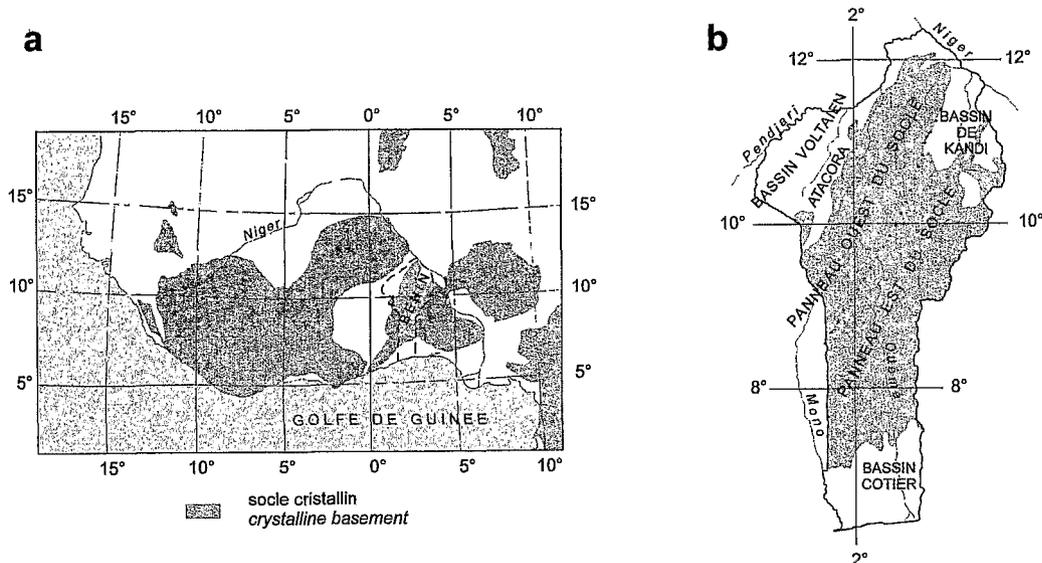
- les altérations actuelles des roches sont des altérations incomplètes qui résultent de processus d'altération intermédiaires entre la bisiallisation et la monosiallisation (Pédro, 1964) ; la kaolinite y est en proportions limitées et variables, et est associée à des smectites ou des argiles micacées ; ces matériaux s'opposent à des matériaux hérités constitués essentiellement de kaolinite et de sesquioxydes métalliques appartenant à un manteau latéritique ancien ;

- les études détaillées de séquences (Chauvel, 1977 ; Boulet, 1978 ; Lévêque, 1979 *a*) montrent les relations existant entre drainage et couleur, ainsi que les modifications texturales qui accompagnent les évolutions des versants, en présence notamment de témoins du manteau d'altération ancien ;

- les nodules ferrugineux présents dans presque tous ces sols sont, soit des nodules formés *in situ* au sein des fonds matriciels kaoliniques (Tardy et Nahon, 1985) ou non kaoliniques, soit des nodules résiduels hérités des cycles morphopédologiques antérieurs et présents dans une « nappe de gravats » mise en place au cours du façonne-

**Fig. 1** (a) Carte de localisation ;  
(b) Grandes provinces géologiques et hydrographie du Bénin.

(a) Location map; (b) Benin's main geological provinces and hydrography.



ment du paysage actuel (McFarlane, 1991 ; Tardy 1993) ; les deux types de nodules coexistent le plus souvent dans les sols (Lévêque, 1979 a ; Faure, 1987).

On connaît donc la signification génétique de la plupart des caractères morphologiques de ces sols. La présence ou l'absence, la plus ou moins grande fréquence de certains de ces caractères à l'échelle d'une région, offrent des informations sur les conditions de mise en place et d'évolution de la couverture pédologique de cette région. Ces informations peuvent être déduites d'une analyse à petite échelle des documents cartographiques traditionnels et de leurs notices explicatives.

Le Bénin (ex Dahomey), qui s'étend de 7 à 12°N de latitude, se prête bien à ce type d'analyse sur socle granito-gneissique précambrien (**fig. 1 a et b**) avec 4 zones bioclimatiques S-N de 900, 1 200, 1 400 et 900 mm de précipitations annuelles. La couverture pédologique y est constituée de sols ferrugineux tropicaux développés sur des roches variées ; elle a fait l'objet d'une cartographie de reconnaissance systématique à 1:200 000 (Volkoff, 1976 ; Volkoff et Willaime, 1976 ; Dubroeuq, 1977 a, b ; Faure, 1977 a, b ; Viennot, 1978 a, b).

On a donc recherché quels étaient les caractères pédologiques qui permettaient d'y différencier des zones géographiques dis-

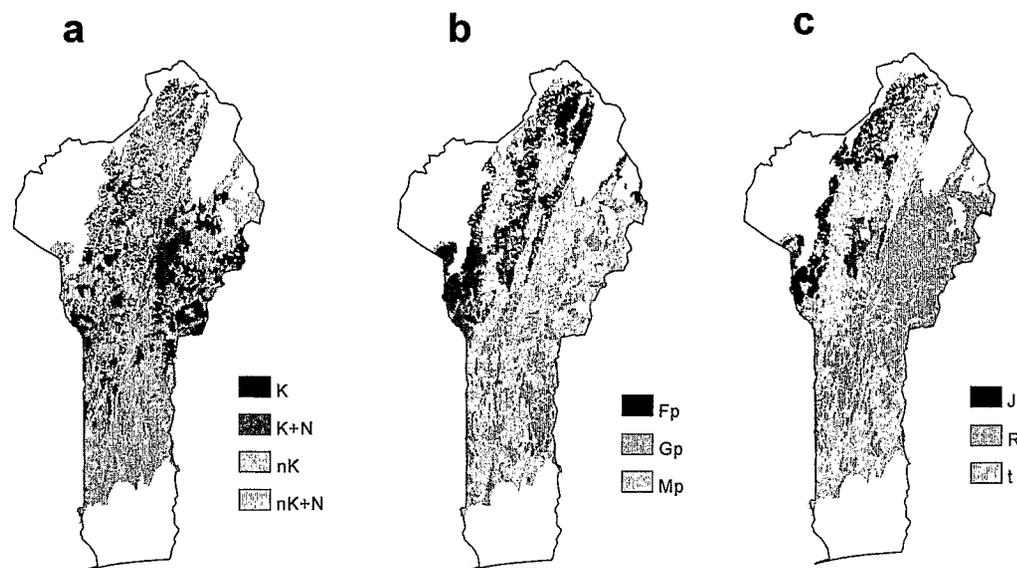
tinctes. On a tenté ensuite de déterminer l'origine de ces différenciations en analysant les relations entre ces caractères pédologiques et les données géologiques, géomorphologiques et climatiques.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le socle granito-gneissique est encadré de trois bassins sédimentaires (le bassin méso-cénozoïque côtier, le bassin paléozoïque de Kandi dans le NE et le bassin précambrien voltaïen avec sa bordure plissée de l'Atacora dans le NW). Il se divise en deux panneaux correspondant à deux ensembles différenciés : un ensemble granito-migmatitique à l'Est et un ensemble gneisso-granulitique à l'Ouest (Aicard, 1957 ; Pougnet, 1957).

La carte pédologique à 1/200 000 du Bénin rassemble 10 feuilles et 107 unités cartographiques qui ont été organisées suivant le système de la classification française (CPCS, 1967), en classes, sous-classes, groupes, sous-groupes, qui font référence à différents caractères typologiques des sols. Les familles sont définies d'après les caractères des matériaux originels.

La carte numérisée et son information thématique constituée en base de données, ont été traitées par infographie (Faure et Benizri, 1988). Des cartes thématiques de



**Fig. 2** Distribution des sols du Bénin suivant : (a) la nature des matériaux originels et la présence ou l'absence de nodules ferrugineux : (K) sols sur matériaux kaoliniques et sans nodules ; (K+N) sols sur matériaux kaoliniques et à nodules ; (nK) sols sur matériaux non kaoliniques et sans nodules ; (nK+N) sols sur matériaux non kaoliniques et à nodules.

(b) l'épaisseur des horizons éluviés en argile : (Fp) sols éluviés à faible profondeur ; (Gp) sols éluviés à grande profondeur ; (Mp) sols éluviés à moyenne profondeur. (c) la teinte des horizons B : (J) sols à horizons B jaunes ; (R) sols à horizons B rouges ; (t) sols à horizons B ternes.

Geographical distribution of the Benin soil units according to : (a) the parent material and the occurrence of ferruginous nodules: (K) soils on kaolinic material, without nodules; (K+N) soils on kaolinic material with nodules; (nK) soils on other materials, without nodules; (nK+N) soils on other materials, with nodules. (b) the thickness of the clay-eluviated horizons: (Fp) soils having thin clay-eluviated horizons; (Gp) soils having thick clay-eluviated horizons; (Mp) soils having moderately thick clay-eluviated horizons. (c) the colour of the B horizon: (J) soils having yellow B horizon; (R) soils having red B horizon; (t) soils having dull-coloured B horizon.

synthèse à petite échelle ont pu ainsi être réalisées : carte des matériaux originels où ont été considérés les matériaux kaoliniques d'une part et les matériaux d'altération non kaoliniques d'autre part, ainsi que les nodules, en notant simplement leur présence ou leur absence ; carte de l'épaisseur des horizons éluviés, moins de 20 cm, de 20 à 100 cm, plus de 100 cm, pour respectivement les éluviations à faible, à moyenne et à grande profondeur ; carte des teintes où on a distingué les sols à horizons B de teinte vive (rouge ou jaune), ainsi que les sols à horizons B de teinte terne (beige, gris, blanc,...) et carte des grands ensembles géologiques (fig. 1 b). Des traitements informatiques ont permis ensuite d'analyser et de mettre en évidence les relations de tel ou tel facteur avec la typologie et la répartition des sols.

### 3. RÉSULTATS

Les résultats obtenus ont été exprimés sous la forme de documents cartographiques (fig. 2 a, b et c).

#### Carte de la distribution des matériaux originels

Cette carte montre que les matériaux d'altération non kaoliniques sont distribués

dans toutes les zones géographiques (fig. 2 a), tant au Nord qu'au Sud du Bénin. Ils correspondent donc bien à des matériaux d'altération « climacique », en phase avec les données climatiques actuelles.

Les matériaux à kaolinite seule sont également présents sur tout le socle. Ils coexistent avec les matériaux d'altération précédents sur les mêmes roches mères, des régions les plus humides aux régions les plus sèches. Leur large répartition est donc l'indication de l'existence passée d'une couverture latéritique, généralisée sur l'ensemble du territoire du Bénin. Leur distribution sur le socle montre qu'ils ont été plus largement conservés dans la zone du grand interfluve qu'à proximité des niveaux de base du Nord (le Niger) et du Sud (l'Atlantique) où ils sont particulièrement rares.

#### Distribution des sols à nodules ferrugineux et des sols sans nodules ferrugineux

Les sols à horizons nodulaires ferrugineux se trouvent dans toutes les régions et sur tous types de roches. Les nodules sont cependant absents dans les sols des zones les plus proches des niveaux de base, qui sont donc les plus fortement rajeunies (fig. 2 a).

Les nodules résultent tant du processus de concrétionnement ferrugineux *in situ* que d'un héritage consécutif à l'évolution

morpho-pédologique des versants, qui a conduit à la conservation de ceux des anciennes surfaces à couvertures latéritiques. Leur répartition montre que ces surfaces ont occupé la totalité du territoire du Bénin. L'absence de nodules à l'aval des grands bassins, du Sud notamment, mais aussi du Nord, est l'indication d'un rajeunissement complet qui a entraîné, non seulement la disparition des anciennes couvertures latéritiques, mais aussi celle des nodules qui en constituent les derniers témoins.

#### Distribution des sols en fonction de l'épaisseur des horizons éluviés en argile

Les sols éluviés en argile à faible profondeur se situent quasi-exclusivement au NW du socle (fig. 2 b). Il y en a très peu dans le NE. Les sols à horizons éluviés épais ne se rencontrent qu'au Sud et au SE ; il n'y en a pas à l'Ouest. Seuls les sols éluviés à moyenne profondeur sont à peu près régulièrement répartis sur tout le territoire.

La zonation des sols en fonction de l'éluviation est calquée sur les divisions du socle précambrien. La fréquence des sols à éluviation à faible profondeur, dans le panneau ouest du socle, s'explique par la présence de gneiss qui confère aux sols une texture fine, pauvre en squelette quartzueux et peu susceptible au lessivage des argiles. L'éluviation plus profonde des sols sur granite et migmatite qui dominent dans le panneau est s'explique *a contrario* par leur plus grande richesse en squelette.

Lorsqu'on analyse la répartition de ce caractère, on constate cependant que les sols sur granite du panneau ouest du socle sont dans l'ensemble relativement moins profondément éluviés que ceux du panneau est. On constate aussi, sur ce même panneau, que les sols du Sud y sont majoritairement plus profondément éluviés que les sols du Nord, les sols profondément éluviés ne se trouvant que sur ce panneau. Le caractère profondeur de l'appauvrissement est donc essentiellement lié à la lithologie, avec des variations d'intensité en relation avec la localisation géographique.

#### Distribution des sols en fonction de la teinte des horizons B

Les teintes rouges dominent largement dans le panneau est du socle, spécialement dans sa moitié nord. Les teintes ternes dominent à l'extrémité sud du panneau est. Les teintes jaunes sont exclusives du panneau ouest. Elles apparaissent seules, associées aux teintes ternes, dans certains secteurs de l'Ouest et du Nord, ou associées à des teintes rouges dans d'autres secteurs du centre de ce panneau (fig. 2 c).

L'analyse de la distribution des teintes par types de roche montre que les sols jaunes du panneau ouest ne sont pas liés à une roche donnée : ils se rencontrent aussi bien sur granite que sur gneiss, alors que dans le panneau est, on ne trouve que des sols rouges et des sols ternes sur ces mêmes roches. Les différenciations zonales des teintes ne sont donc pas directement liées à la nature du substrat à l'intérieur de chacun des panneaux.

## 4. INTERPRÉTATION ET CONCLUSION

Les cartes présentées montrent que, sur socle granito-gneissique, des caractères tels la nature kaolinique ou non des matériaux originels, la présence ou l'absence de nodules, ont une distribution géographique indépendante de la nature des grands ensembles lithologiques, tandis que d'autres caractères, comme la profondeur de l'éluviation en argile et le développement préférentiel de certaines couleurs dans les horizons B, coïncident avec les caractéristiques géologiques globales des deux grands panneaux du socle.

La présence des témoins hérités du manteau latéritique et la large répartition des nodules, montrent que ce manteau s'est étendu sur l'ensemble du territoire du Bénin. Ce manteau ancien a été inégalement décapé lors de la genèse des paysages actuels, et ses témoins sont en quantité décroissante, depuis l'interfluve Niger-Atlantique jusqu'aux niveaux de base majeurs de l'Atlantique et du Niger.

La couverture pédologique des zones à dominante gneissique de l'Ouest se différencie de celle des zones à dominante granitique et migmatitique de l'Est. Les caractères distinctifs des deux zones peuvent être mis en relation avec un type de paysage : paysage à longs versants plans et faiblement inclinés en région gneissique, paysage vallonné, en collines à versants courts et bombés en région granitique. Le fonctionnement hydrodynamique des premiers induit le développement de sols jaunes et ternes, faiblement éluviés en argile et concrétionnés en profondeur, voire indurés. Les seconds sont favorables à la formation de sols rouges, généralement plus profondément éluviés et relativement moins concrétionnés. Au-delà des variations lithologiques locales, ce sont donc les caractéristiques découlant des données géologiques régionales qui vont indirectement déterminer les caractères spécifiques à la couverture pédologique : le développement d'horizon B jaune plutôt que rouge, sur granite par exemple.

Le raccordement du grand interfluve vers l'Atlantique où, contrairement au raccordement vers le Niger, le déblaiement du manteau latéritique est quasi-complet, est marqué par une différenciation supplémentaire : la profondeur de l'éluviation en argile des sols sur altérations « climaciques ». On a montré que l'éluviation en argile dans les sols, près des niveaux de base régionaux, est plus prononcée au Sud qu'au Nord du panneau est sur granite et migmatite. Cependant, si on prend en compte la partie togolaise du socle, partie sud du panneau ouest, on constate que les sols éluviés épais sont également présents sur gneiss dans le bassin aval du Mono (Lévêque, 1979 *b*), donc en position géographique et géomorphologique équivalente à celle des sols profondément

éluviés sur granite et migmatite au Bénin. On constate ainsi que, sur tous types de roches du socle granito-gneissique, l'extension des sols profondément éluviés en argile est toujours plus grande au Sud qu'au Nord, où les sols éluviés à faible ou moyenne profondeur restent majoritaires.

Cette dernière différenciation ne coïncide pas avec les grandes zonations géologiques et climatiques. Elle ne peut s'expliquer que par des causes géomorphologiques. Le façonnement de l'actuelle surface topographique des différentes régions morphologiques et le déblaiement du manteau latéritique ne se sont pas réalisés de la même façon au Nord et au Sud. Le Sud a été plus intensément rajeunis par les enfouissements des niveaux de base des fleuves se déversant directement dans l'Atlantique, l'élimination du manteau latéritique y a été la plus active et a permis le développement postérieur de matériaux d'altération climatiques lithodépendants peu perméables, créant ainsi les conditions favorables à un appauvrissement en argile sur une grande épaisseur.

En conclusion, les couvertures pédologiques du Bénin, en grande partie marquées par un héritage latéritique important, montrent une nette différenciation régionale. Cette différenciation découle, d'une part d'évolutions pédo-géomorphologiques déterminées par la nature des ensembles géologiques régionaux, qui ont créé deux paysages nettement différenciés : plateaux-glacis sur gneiss, collines convexes sur granite. Elle découle d'autre part d'évolutions pédologiques particulières qui se manifestent, après déblaiement du manteau latéritique ancien près des niveaux de base régionaux, sur les matériaux d'altération récents lithodépendants.

- AICARD, P., 1957. Le Précambrien du Togo et du Nord-Ouest du Dahomey, *Bull. Dir. fédér. Mines et Géol.*, Dakar, 23, 226 p.
- BOULET, R., 1978. Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Équilibre et déséquilibre paléobioclimatique, *Mém. ORSTOM*, 85, 272 p.
- BOULET, R., FAUCK, R., KALOGA, B., LEPRUN, J.C., RIQUIER, J. et VIEILLEFON, J., 1971. Pédologie (Planche).

In Com. Sci. Techn. OUA, *Atlas International de l'Ouest Africain*.

- CHAUVEL, A., 1977. Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées, *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, 62, 532 p.
- CPCS (Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols), 1967. *Classification des sols*, Grignon, France, 96 p.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DUBROEUQ, D., 1977 a. *Carte pédologique de Reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000 : Feuille Savé*, ORSTOM, Notice explicative, n° 66, (3), 45 p.
- DUBROEUQ, D., 1977 b. *Carte pédologique de Reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000 : Feuille Parakou*, ORSTOM, Notice explicative, n° 66, (5), 37 p.
- FAO-UNESCO, 1974. *Soil Map of the World 1/5 000 000*, IV, Africa, Unesco, Paris.
- FAURE, P., 1977 a. *Carte pédologique de Reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000 : Feuille Djougou*, ORSTOM, Notice explicative, n° 66, (4), 49 p.
- FAURE, P., 1977 b. *Carte pédologique de Reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000 : Feuilles de Natitingou et de Porga*, ORSTOM, Notice explicative, n° 66 (6 et 8), 68 p.
- FAURE, P., 1987. Les héritages ferrallitiques dans les sols jaunes du nord-Togo. Aspects micromorphologiques des éléments figurés, *Actes du VII<sup>e</sup> Congrès International de Micromorphologie des Sols*, 1985, Paris, Ass. fr. pour l'étude du sol, p. 111-118.
- FAURE, P. et BENIZRI, C., 1988. FORBAN: Un logiciel infographique de cartographie thématique développé et portable sur micro-ordinateur compatible PC, *SEMINFOR 1 - Premier Séminaire Informatique ORSTOM*, 6-8/10/1987, Collection Colloques et Séminaires, ORSTOM, Paris, p. 299-320.
- LEVEQUE, A., 1979 a. Pédogénèse sur socle granito-gneissique du Togo. Différenciation des sols et remaniements superficiels, *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, n° 108, Paris, 224 p.
- LEVEQUE, A., 1979 b. *Carte pédologique du Togo à 1/200 000 : socle granito-gneissique limité à l'Ouest et au nord par les Monts Togo*. ORSTOM, Notice explicative, n° 82, 77 p.
- McFARLANE, M.J., 1991. Some sedimentary aspects of laterite weathering profile development in the major bioclimatic zones of tropical Africa, *J. of Afr. Earth Sci.*, 12, (1/2), p. 267-282.
- PEDRO, G., 1964. Contribution à l'étude expérimentale de l'altération géochimique des roches cristallines, *Ann. Agron.* 15, (2, 3, 4), p. 85-191, 243-333, 343-456.
- POUGNET, R., 1957. Le Précambrien du Dahomey, *Bull. Dir. fédér. Min. Afr. occ. fr., Dakar*, 186 p.
- TARDY, Y., 1993. *Petrologie des Laterites et des sols tropicaux*, Masson, Paris, 459 p.
- TARDY, Y. et NAHON, D., 1985. Geochemistry of Laterites. Stability of Al-goethite, Al-hematite and Fe<sup>3+</sup>-kaolinite in bauxites and ferricretes. An approach to the mechanism of concretion formation, *Amer. J. Sci.*, 285, p. 865-903.
- VIENNOT, M., 1978 a. *Carte pédologique de Reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000 : Feuille Bimbréréhé*, ORSTOM, Notice explicative, n° 66, (7), 45 p.
- VIENNOT, M., 1978 b. *Carte pédologique de Reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000 : Feuille Kandi-Karimama*, ORSTOM, Notice explicative, n° 66, (9), 45 p.
- VOLKOFF, B., 1976. *Carte pédologique de Reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000 : Feuille d'Abomey*, ORSTOM, Notice explicative, n° 66, (2), 40 p.
- VOLKOFF, B. et WILLAIME, P., 1976. *Carte pédologique de Reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000 : Feuille de Porto Novo*, ORSTOM, Notice explicative, n° 66, (1), 39 p.