

BOORO-BOROTOU : UN RESUME DES PROCESSUS PEDOLOGIQUES OUEST-AFRICAINS

Christian Valentin⁽¹⁾ et Emmanuel Fritsch⁽²⁾

(1) ORSTOM, 70 route d'Aulnay, 93140 Bondy Cedex.

(2) ORSTOM, Antenne auprès du Centre de Pédologie Biologique, 17, rue Notre Dame des Pauvres, BP 5, 54501 Vandoeuvre les Nancy.

Il convient de tirer les principales conclusions pédologiques du programme HYPERBAV, en soulignant, d'abord, les apports essentiels de cette étude, en se posant, ensuite, la question de la représentativité du site.

LES PRINCIPAUX APPORTS DE L'ETUDE

Le système cuirassé

Les systèmes cuirassés, caractérisés par l'accumulation de fer, doivent être considérés comme des barrières assurées par la remontée du socle et par l'imperméabilisation du manteau d'altération. A la mi-versant, ce système limite le développement du système éluvial-alluvial hydromorphe vers l'amont. A l'inverse, les zones dépourvues de niveau cuirassé favorisent le développement vers l'amont du système hydromorphe. Ces zones permettent ainsi une communication entre les eaux de drainage profond des parties amont et aval des versants.

Le système de dégradation superficielle

Le système de dégradation superficielle permet d'opposer les sols ferrallitiques en amont aux sols ferrugineux situés à l'aval. Cette transformation correspond à un changement progressif de la composition minéralogique qui se déroule selon deux étapes. La première exporte de façon sélective l'hématite et favorise la néoformation de goethite. La seconde exporte la kaolinite. Ces exportations contrôlent non seulement le type d'agrégation, la cohésion et le mode d'assemblage des matrices, mais aussi leur spectre de porosité.

La dynamique latérale remontante dans le modelé montre que ce système se développe actuellement au détriment des horizons rouges ferrallitiques à l'amont des versants. L'apparition de croûtes superficielles sur des sols rouges non dégradés constitue le précurseur de cette dégradation. Ces croûtes se trouvent relayées, sur les

sols ferrugineux à l'aval, à tout un système érosif emboîté, allant de la protogriffe à la ravine.

Des transformations minéralogiques initiales découlent ainsi des modifications texturales et structurales, elles-mêmes à l'origine d'une péjoration très marquée des conditions d'infiltration.

Le système hydromorphe

Le développement du système hydromorphe doit être relié aux fluctuations de la nappe phréatique et à son écoulement dans le marigot. Alimenté par les eaux pluviales, ce système reçoit, en outre, les eaux de ruissellement du système de dégradation superficielle. En effet, en bas de versant, l'encroûtement disparaît, mettant en communication les deux systèmes superficiel et hydromorphe. Ainsi le premier sert d'impluvium au second. A noter que les systèmes de dégradation superficielle et hydromorphe présentent une nette interrelation alors que les systèmes cuirassés obéissent, en revanche, à une dynamique évolutive indépendante des deux autres.

Au sous-système éluvial-illuvial est associé le développement de thalwegs secondaires dont la localisation se trouve orientée par les structures géologiques. Ces processus s'auto-développent : l'abaissement de la surface du sol, consécutive à la perte de matière par éluviation, entraîne, en retour, un développement de croûtes superficielles sur les versants. Celles-ci intensifient le ruissellement et l'érosion superficielle, eux-mêmes facteurs de formation des thalwegs secondaires.

REPRESENTATIVITE PEDOLOGIQUE DU SITE DE BOORO-BOROTOU

Les savanes humides

Développé sur le socle gneisso-migmatitique, de loin le plus représenté en Afrique de l'Ouest, le bassin versant de Booro-Borotou est représentatif de la zone des savanes humides. Pour s'en convaincre, il suffit, notamment, de se reporter à l'ensemble des cartes dressées dans le quart nord-ouest de la Côte d'Ivoire où, même si les systèmes n'ont pas été identifiés de la même manière, ils se trouvent représentés cartographiquement sous la forme de "segments fonctionnels" (Eschenbrenner et Badarello, 1978 ; Beaudou et Sayol, 1980 ; Levêque, 1983 ; Poss, 1983 ; Viennot, 1983) . De même à des échelles plus fines, cette distribution générale des sols a été caractérisée lors d'études d'autres bassins versants. Citons, par exemple, celui de Waraniéné à côté de Korhogo (Collinet, 1988), ou de Sakassou (Rieu, 1972) lors des travaux au contact forêt-savane. Remarquons, toutefois, que si les unités ont toujours été identifiées, leur signification morphogénétique n'a pas toujours été reconnue, tel est le cas notamment des sables du sous-système éluvial aval, le plus souvent considérés comme colluviaux plutôt qu'éluviaux.

Si la distribution des sols sur le socle granito-gneissique semble désormais assez bien établi, il convient, à l'avenir de mieux saisir l'importance des changements de roches sur le développement des systèmes pédologiques. Si l'on se réfère aux travaux de détail menés sur roches schisteuses, par exemple ceux de Poss et Valentin (1983) et de Igue

(1985), il semble bien que l'on observe certaines différences par rapport au schéma général présenté ici :

- Du fait de sa plus grande teneur en fer, les systèmes cuirassés y sont plus développés.
- Le système de dégradation, caractérisé par un plus grand développement de croûtes (favorisé par des teneurs plus élevées en limons) se trouve plus limité en profondeur.
- Le système éluvial-aval peut n'occuper qu'une part très restreinte du versant.

Les savanes ouest-africaines

Les savanes humides constituent une transition entre le domaine ferrallitique des forêts tropicales humides au sud et le domaine ferrugineux des savanes à climat tropical sec et contrasté au nord. Cette transition se manifeste à Booro-Borotou à l'échelle du versant avec les sols ferrallitiques en amont, les sols ferrugineux à la mi-versant et les sols très éluviés en bas de versant. Aussi, n'est-il pas abusif de noter une certaine analogie entre la séquence latitudinale et le versant de Booro-Borotou. Les différents systèmes étudiés qui ont été identifiés sur ce bassin versant, ont, en effet, été observés et caractérisés par de nombreux auteurs, ce qui laisse présager une représentativité qui déborde largement le contexte bioclimatique d'étude :

- *Les systèmes cuirassés*, et les ensembles gravillonnaires associés, ont donné lieu à de nombreuses études en Côte d'Ivoire (Eschenbrenner, 1987 ; Boulange, 1984), en Guinée (Maignien, 1958), au Burkina (Leprun, 1979 ; Kaloga, 1983) et au Sénégal (Nahon, 1976). Ces travaux, pour une bonne part, se trouvent corroborés par les résultats obtenus à Booro-Borotou.
- *Le système de dégradation superficielle* qui transforme les sols ferrallitiques en sols ferrugineux correspond presque en tout point à celui caractérisé en Casamance par Chauvel : l'héritage ferrallitique, en déséquilibre bioclimatique, se dégrade sous l'effet de transformations minéralogiques qui s'accompagnent d'une péjoration très nette des propriétés physiques du sol et de sa surface.
- *Le sous-système éluvial-illuvial*, bien développé à Booro-Borotou a été décrit d'abord dans les zones plus sèches (Bocquier, 1971 ; Boulet, 1974 ; Leprun, 1979 ; Kaloga, 1983 ; Brabant et Gavaud, 1985). Alors que les travaux sur Booro-Borotou ont montré que les deux systèmes de dégradation superficielle et hydromorphe sont actuellement fonctionnels, la question se pose sous les climats plus arides (Collinet, 1988).

Remarque sur la surface des sols

Cette double appartenance aux domaines ferrallitiques et ferrugineux font également de Booro-Borotou un site particulièrement intéressant pour l'étude de la surface du sol. On y retrouve également bon nombre de types décrits le long d'une séquence latitudinale (Casenave et Valentin, 1989) : depuis les surfaces de type forestier à litière importante et forte activité faunique jusqu'aux surfaces constamment couvertes de croûtes d'érosion analogues à celles des régions plus sèches. Quelques précisions méritent toutefois d'être apportées (fig. 1) :

- *En zone aride*, les croûtes superficielles occupent de vastes surfaces homogènes qui peuvent recouvrir des sols de nature différente. Leur remaniement par la faune y est très limité.

- En zone de savane humide, à l'inverse, ces organisations de surfaces se distribuent selon des mailles décimétriques ou métriques, reflètent assez bien les sols dont elles sont issues, et peuvent subir des réorganisations saisonnières importantes dues à l'activité faunique.

Comme l'avaient déjà fait apparaître des études de toposéquences (Poss et Valentin, 1983, en Côte d'Ivoire ; Valentin et Mahop, 1983, au sud du Burkina Faso), cette région de savane humide se caractérise par une assez bonne adéquation entre les sols et leurs organisations de surface.

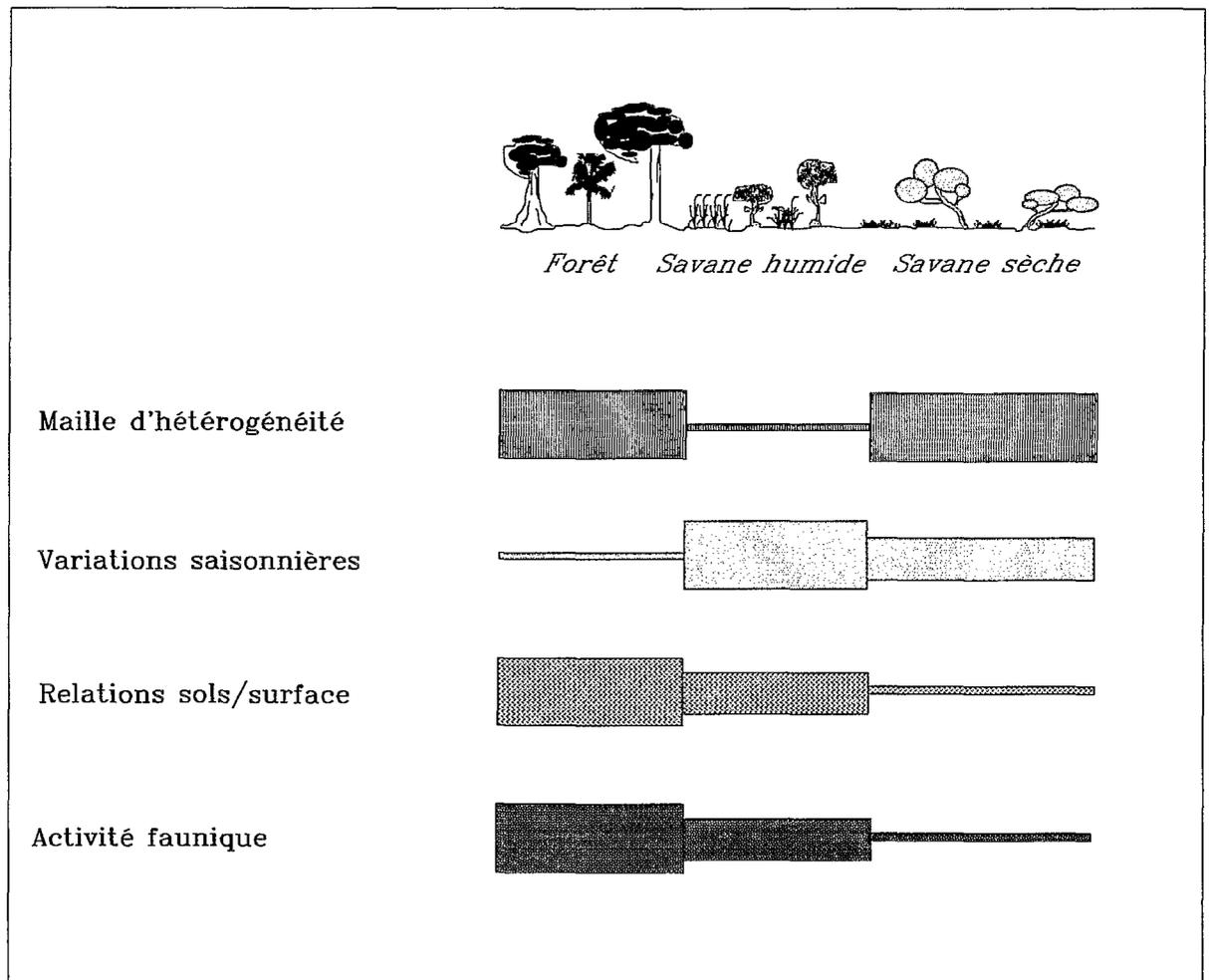


Figure 1. Schématisation de quelques caractères des états de surface en Afrique de l'Ouest.

Ajoutons que la présence de gravillons en surface revêt des caractères très différents en zone aride et en savane humide. Dans les régions arides ou semi-arides, ils se trouvent généralement inclus dans une croûte très imperméable. Dans cette zone de savane humide, ils constituent fréquemment, au contraire, une sorte de mulch, favorable à l'infiltration. Les résultats acquis sur Booro-Borotou confirment à cet égard ceux de Collinet et Valentin (1979), et de Casta *et al.* (à paraître).

Les observations réalisées dans le cadre de cette étude étaient également ceux de Collinet (1988) : par ses états de surface, et particulièrement du fait de son activité faunique, les régions de savane humide se rattachent davantage à la zone forestière qu'à la zone tropicale sèche.

Enfin, il convient de rappeler que sur les champs se développent des croûtes azonales, les mêmes se retrouvant tant dans les zones plus arides que plus humides.

CONCLUSION

De l'ensemble de ces conclusions, quelques idées forces doivent être encore soulignées :

- D'importantes interrelations ont pu être démontrées entre pédogenèse et morphogenèse. Rappelons notamment les interdépendances entre la couverture pédologique et le développement ravinatoire, entre le sous-système éluvial-illuvial et la genèse des thalwegs secondaires.
- L'association constante de l'étude des organisations pédologiques et de celles de leurs fonctionnements a permis d'en révéler les interrelations : l'hydrodynamique des sols est à la fois cause et conséquence de leur structure. Ces constats amènent à se poser des questions sur le caractère fonctionnel de certains systèmes décrits sous d'autres climats. Par exemple, les systèmes éluviaux-illuviaux de la zone sahélienne sont-ils encore fonctionnels ou hérités d'une phase plus humide ?
- Les systèmes pédologiques ouest-africains, décrits lors de ces 20 dernières années, ne constituent qu'un ensemble très restreint. Ne serait-il pas possible d'en établir une liste à l'échelle du sous-continent, en les caractérisant tant par leur organisation que leur *fonctionnement actuel* ?

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Beudou (G.), Sayol (R.), 1980. Etude pédologique de la région de Boundiali-Korhogo. Méthodologie et typologie détaillée. ORSTOM, Paris, *Trav. et Doc.*, n°112, 281 p.
- Bocquier (G.), 1971. Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. *Thèse es Sci. Nat.* Univ. Strasbourg, 364 p.
- Boulangé (B.), 1984. Les formations bauxitiques latéritiques de Côte d'Ivoire. Les faciès, leur transformation, leur distribution et l'évolution du modelé. ORSTOM, *Trav. et Doc.* n°175, 341 p.
- Boulet (R.), 1974. Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédobioclimatique. Thèse d'Etat. Univ. de Strasbourg. ORSTOM, *Coll. Mémoires* n° 85, 272 p., 20 tabl., 73 fig., 17 pl., 244 réf.
- Brabant (P.), Gavaud (M.), 1985. Les sols et les ressources en terres du Nord-Cameroun. ORSTOM, M.E.S.R.E.S., I.R.A., Cameroun, *Collection Notice Explicative*, n°103, 285 p.

- Casenave (A.), Valentin (C.), 1989. Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. *ORSTOM, sér. Didactiques*, 230 p.
- Casta (P.), Chopart (J.L.), Janeau (J.L.), Valentin (C.), à paraître. Sensibilité à l'encroûtement superficiel et aptitude au ruissellement d'un sol gravillonnaire de Côte d'Ivoire après 6 ans de culture continue avec ou sans labour. *Agron. Trop.*
- Chauvel (A.), 1977. Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Evolution et réorganisation des sols rouge de moyenne Casamance (Sénégal). Thèse d'Etat, Univ. de Strasbourg. *ORSTOM, Paris, Coll. Trav. et Doc.*, n° 62, 532 p.
- Collinet (J.), 1988. Comportements hydrodynamiques et érosifs des sols de l'Afrique de l'Ouest. Evolution des matériaux et des organisations sous simulation de pluies. Thèse, Univ. L. Pasteur, Strasbourg, 521 p. + annexes.
- Collinet (J.), Valentin (C.), 1979. Analyse des différents facteurs intervenant sur l'hydrodynamique superficielle. Nouvelles perspectives. Applications agronomiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 17(4) : 283-328.
- Eschenbrenner (V.), 1987. Les glébules des sols de Côte d'Ivoire. Nature et origine en milieu ferrallitique. Modalités de leur concentration. Rôle des termites. *Thèse de Doc. es Sci.*, 498 p. + 282 p. Publié en 1988, *ORSTOM, T.D.M.*, n°39.
- Eschenbrenner (V.), Badarello (L.), 1978. Etude pédologique de la région d'Odienné (Côte d'Ivoire). Carte des paysages morpho-pédologiques. *ORSTOM, Paris, Note explicative n°74*, 123 p., 1 carte 1/200.000, 7 cartes 1/50.000.
- Gavaud (M.), 1975. Sols et pédogenèse au Niger méridional. *ORSTOM, Paris, multigr.*, 1107 p. + annexes.
- Gavaud (M.), 1977. Les grands traits de la pédogenèse au Niger méridional. *ORSTOM, Paris, Coll. Trav. et Doc.* n°76, 102p., 4 fig., 37 réf.
- Igue (M.), 1985. Analyse structurale et représentation cartographique (1/2.500) d'une couverture ferrallitique d'un bassin versant sur formations schisteuses à Lokpasso (Sous-préfecture de Tiéningboué au centre nord-ouest de la Côte d'Ivoire). Rapport Elève 2^{ème} année, Adiopodoumé, 140 p.
- Kaloga (B.), 1983. Le manteau kaolinitique des plaines du Centre-Sud de la Haute-Volta. Dynamique et relation avec le manteau smectitique. *Thèse, Univ., Strasbourg. ORSTOM, 1987, Etudes et Thèses*, 344 p.
- Leprun (J.C.), 1979. Les cuirasses ferrugineuses de l'Afrique occidentale sèche. *Mém. Sci. Géol.*, Strasbourg, n°58, 244 p.
- Lévêque (A.), 1975. Pédogenèse sur le socle granito-gneissique du Togo. *ORSTOM, Trav. et Doc.*, n°108, 224 p.
- Lévêque (A.), 1983. Etude pédologique et des ressources en sols de la région du 10^{ème} parallèle en Côte d'Ivoire. Partie ivoirienne des feuilles de Niellé, de Tingréla et de Tienko à 1/200.000. *ORSTOM, Paris, Notice explicative n°96*, 126 p., 6 cartes.
- Maignien (R.), 1958. Le cuirassement des sols en Guinée. Afrique occidentale. *Thèse Sci.*, Strasbourg, *Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lorr.*, n°16, 239 p.
- Nahon (D.), 1976. Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal oriental et Mauritanie. Systèmes évolutifs : géochimie, structure, relais et coexistence. *Thèse Doc. es Sci.*, Univ. Strasbourg, *Mém.* n°44, 232 p.
- Poss (R.), 1983. Etude morpho-pédologique de la région de Katiola (Côte d'Ivoire). Carte des paysages et des unités morpho-pédologiques. Feuille de Katiola à 1/200.000. *ORSTOM, Paris, Notice explicative n°94*, 142 p.
- Poss (R.), Valentin (C.), 1983. Structure et fonctionnement d'un système eau-sol-végétation : une toposéquence ferrallitique de savane (Katiola - Côte d'Ivoire). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 20(4) : 341-360.
- Rieu (M.), 1972. Etude pédologique et morphologique du bassin versant de Sakassou. *ORSTOM, Abidjan*, 231 p., 3 cartes h.t.
- Valentin (C.), Mahop (F.), 1983. Organisations superficielles et reconnaissance pédologique. Esquisse à 1/50.000 du bassin du Kuo à Digouera. Ouest de la Haute-Volta, *ORSTOM, Abidjan*, 25 p., 1 carte h.t.
- Viennot (M.), 1983. Etude pédologique de la région de Touba (Côte d'Ivoire). Carte des unités morpho-pédologiques et des paysages morpho-pédologiques. Feuille de Touba à 1/200.000. *ORSTOM, Paris, Notice explicative n°98*, 91 p.