

RELATIONS ENTRE LA POROSITE ET LE PEDOCLIMAT DANS DES SOLS DU DOMAINE FERRALLITIQUE AU CAMEROUN

F.X. HUMBEL

ORSTOM, 74 route d'Aulnay 93140 Bondy, FRANCE

RESUME

Du sud au nord (Adamaoua), le contraste saisonnier du bioclimat s'accroît - celui du pédoclimat aussi. La porosité se modifie également. Toutefois, dans des conditions bioclimatiques données les profils de porosité totale des sols dérivés de diverses roches mères coïncident, du moins si on exprime la porosité par rapport au volume total diminué du volume occupé par le squelette: le degré d'assemblage exprimé par cette porosité "hors squelette" pourrait donc être déterminé par le niveau des contraintes pédoclimatiques subies.

Ces sols sont épais. De bas en haut la macroporosité (fraction toujours en air) se développe progressivement dans une matrice de plus en plus stable. L'assemblage devient extrêmement poreux et assure un drainage vertical libre et profond. Epaisseur et grande macroporosité paraissent être caractéristiques de ces régions à faible érosion superficielle et à pédoclimat modérément contrasté (variation hydrique n'atteignant pas le pF 4.2).

Une accentuation du contraste pédoclimatique entraîne une déstabilisation des horizons ferrallitiques poreux. C'est ainsi qu'il se forme dans l'Adamaoua un horizon superficiel compact dont on peut relier la formation à une variation hydrique annuelle allant de l'ultra-dessiccation à la sursaturation. De même en Guyane, c'est un amincissement des horizons poreux, par intensification de l'érosion, qui pourrait expliquer l'installation d'un drainage superficiel et latéral par ralentissement du drainage vertical

(amortissement insuffisant des ondes pluviales).

La mise en culture peut accentuer aussi le contraste pédoclimatique, notamment en milieu forestier.

ABSTRACT

RELATIONS BETWEEN POROSITY AND PEDOCIMATE

IN SOILS WITH A FERRALLITIC ENVIRONMENT IN THE CAMEROON

Going from the south to the north (in Adamaoua), the seasonal contrast of the bioclimate becomes more pronounced, as does the contrast in the pedoclimate, and the porosity undergoes corresponding modifications. Nevertheless, in the existing bioclimatical conditions, the overall porosity profiles of soils originating from a variety of seashore rocks are the same - at least if the porosity is considered in relation to the total volume minus the volume taken up by the skeleton: hence the amount of assembly shown by this "extra-skeletal" porosity could be determined by the intensity of the pedoclimatic constraints which have been sustained.

These are thick soils. From top to bottom their macroporosity (in the part which remains exposed to the air) develops slowly into an increasingly stable matrix. The assembly becomes extremely porous and provides free and deep vertical drainage. Thickness and a high degree of macroporosity seem to be typical of ferrallitic soils in regions where there is little erosion of the surface and a pedoclimate exhibiting only moderate contrasts (with a water variation lower than pF 4.2).

When the pedoclimate is more extreme, there is more uncertainty with regard to the porous ferrallitic horizons. For this reason, Adamaoua has a compact superficial horizon which forms as a result of an annual water variation ranging from ultra-dry to over-saturated levels. Similarly in Guiana, the porous horizons are more limited as a result of intensive erosion, which may explain the establishment of superficial lateral drainage at the expense of slowing down the vertical drainage (because of an insufficient reduction of rainwater flow).

Cultivation of the land may also serve to intensify the pedoclimatic contrasts, especially in forest areas.

INTRODUCTION

Par pédoclimat on entend l'ensemble des conditions hydriques et thermiques régnant dans le sol. En conditions de bon drainage, le pédoclimat est modulé principalement par les variations saisonnières du bioclimat.

L'information apportée ici est basée sur:

1. des mesures périodiques de teneur en eau du sol faites de 1969 à 1972 en des sites (toposéquences) échelonnés sur près de 5° de latitude en domaine ferrallitique au Cameroun (depuis Ebolowa au sud jusqu'à Ngaoundéré au nord sur le plateau de l'Adamaoua - voir figure 1);

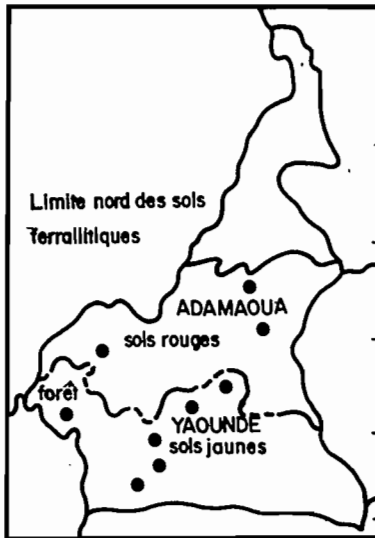


Figure 1. Les sites d'étude en domaine ferrallitique

2. des déterminations de paramètres qui renseignent sur le contenant de cette eau et sur les forces exercées par la phase solide: teneur en eau au pF 4.2, densités apparente et réelle pour calculer la porosité totale, etc.
3. des observations et des mensurations de pores vues aux microscopes optique et à balayage sur des échantillons préalablement séchés.

Les sols caractérisés comportent, sur plusieurs mètres d'épaisseur, des horizons meubles et poreux, vivement colorés en jaune ou en rouge. Ils se rattachent à la classe des sols ferrallitiques. On n'y observe pas de ralentissement du drainage, et la tranche saturée y est profonde d'une dizaine de mètres (sols à bon drainage interne). L'enracinement, sous végétation naturelle, décroît normalement de haut en bas, mais il reste notable et bien réparti en profondeur.

On comparera ici deux sites de sommet de versant convexe, donc en position de bon drainage externe.

1. au nord (plateau de l'Adamaoua), sol rouge sous savane arbustive, avec 1600 mm d'apport pluvial annuel. Les pluies sont rassemblées en une saison humide unique et à averses quotidiennes. La saison sèche, longue de 5 mois se caractérise

par une absence totale de précipitations (figure 2). L'écart saisonnier de température est de 6°5.

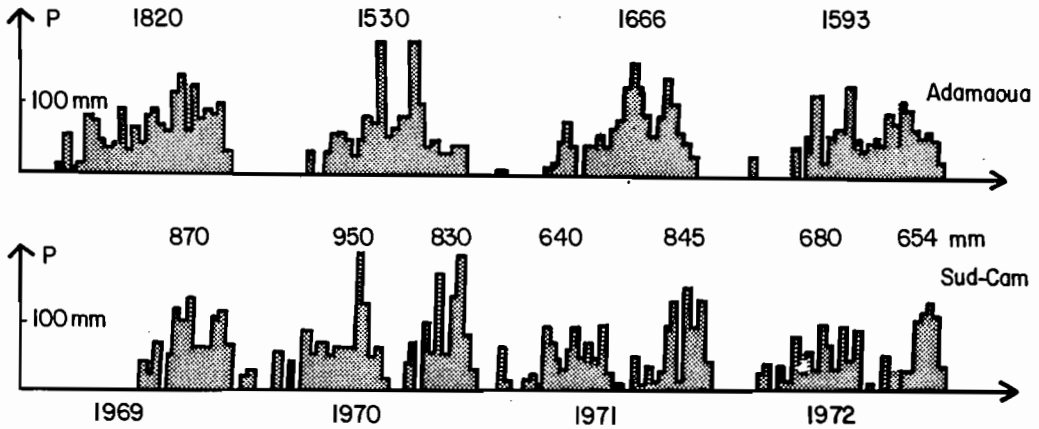


Figure 2. Distribution decadaire des pluies au cours des années de mesure

2. au sud, sol jaune sous forêt, avec un apport pluvial également de 1600 mm, mais qui est distribué en deux saisons humides séparées par deux saisons plus sèches. De plus il y a des périodes sèches en saison des pluies et des périodes pluvieuses en saison sèche, comme le montre la distribution décadaire des précipitations. L'écart saisonnier de température n'est que 3°5.

Ainsi, dans la relation $\psi(\theta)$, marquée d'hystérèse (figure 3), le pédoclimat doit parcourir, chaque année, dans l'Adamaoua un cycle unique et régulier, tandis qu'au sud il y a deux cycles marqués de nombreuses irrégularités (les petites boucles des deux branches de la courbe - figure 3).

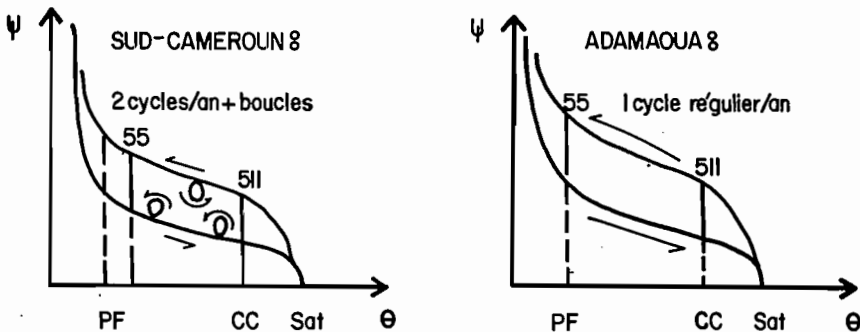


Figure 3. Schéma des variations saisonnières des contraintes (potentiel de l'eau U) en fonction des variations de teneur en eau (θ)

DISTRIBUTION VERTICALE DE L'EAU DANS LES DEUX SITES

La figure 4 présente les teneurs (volumiques) en eau, en fonction de la profondeur, aux extrêmes saisonniers (saison des pluies, SH, et fin de saison sèche, SS, en précisant l'année).

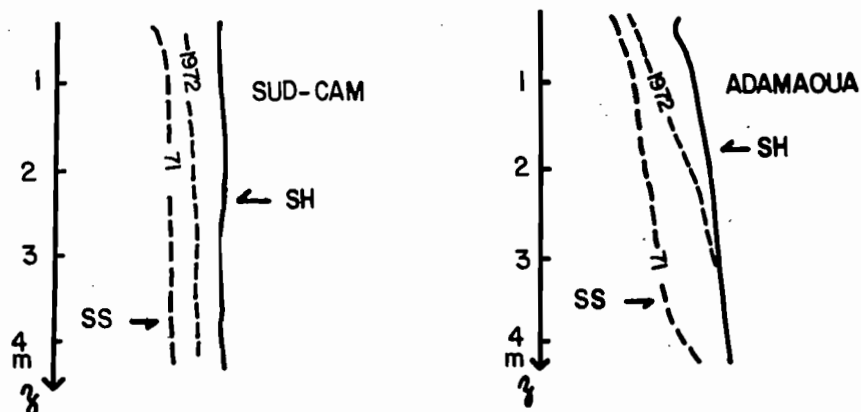


Figure 4. Profils hydriques en saison sèche (SS) et en saison des pluies (SH)

1. Au Sud-Cameroun, le profil hydrique s'établit lentement au cours de la saison des pluies sur une position stable, de même qu'au cours des saisons des pluies successives: une seule courbe suffit alors pour représenter cet état. En fin de saison sèche, au contraire, le profil s'établit à des positions qui diffèrent d'une année à l'autre. Ainsi, l'amplitude annuelle de la variation dépend non pas des variations (importantes) de l'apport pluvial d'une saison des pluies à l'autre, ou d'une année à l'autre, mais des conditions de la saison sèche (durée combinée avec intensité).

La stabilisation du profil hydrique en période humide semble correspondre à la capacité au champ: on constate que la filtration de tout apport d'eau excédentaire (dispositif Müntz) est si rapide qu'elle n'accroît pas de façon sensible la teneur en eau du sol (amortissement très rapide de l'onde d'eau due par gravité).

Quant à la régularité verticale du profil hydrique (à l'exception des deux décimètres supérieurs humifères et plus sableux), elle suggère une certaine uniformité à la fois de l'organisation du sol (pores servant à la rétention) et du prélèvement d'eau par les racines (transpiration du couvert forestier).

2. Dans l'Adamaoua, on retrouve la même stabilisation du profil

hydrique pendant les saisons humides successives, ainsi que les différences inter-annuelles de fin de saison sèche. Mais il y a décroissance de bas en haut de la teneur en eau, ce qui suggère soit un accroissement de la macroporosité vers le haut (ce qui réduit la rétention en expression volumique), soit un prélèvement de saison sèche s'effectuant principalement par évaporation à partir de la surface (sol nu entre touffes d'herbe flétrie).

COMPOSITION VOLUMIQUE DU SOL AUX DEUX EXTREMES SAISONNIERS

Connaître les variations de teneur en eau n'a d'intérêt que si l'on peut les rapporter à la porosité qui les contient, et les situer par rapport à des repères énergétiques dont les principaux sont, dans l'ordre croissant des humidités:

1. le pF 4.2, limite inférieure des teneurs en eau extractible par les racines, ce qui - pour un réseau de pores tubulaires - correspondrait à la vidange de tous les pores de rayon supérieur à 0,1 micron (loi de Laplace).
2. la capacité au champ, CC, teneur au-delà de laquelle l'eau n'est plus retenue par les forces capillaires ou d'adsorption, et s'écoule donc rapidement par gravité.
3. la saturation, état où des forces de pression hydrostatique se généralisent et s'opposent aux forces de gravité, autorisant des mouvements d'eau latéraux. Cette teneur en eau est un peu inférieure à la porosité totale (air occlus).

Ces trois teneurs en eau - repères des forces principales qui s'exercent sur cette eau - peuvent être exprimées en fractions de volume et figurer alors dans un diagramme indiquant la composition volumique du sol (en abscisse) en fonction de la profondeur z (en ordonnée). Le gonflement saisonnier de ces sols étant négligeable, on peut porter dans ce diagramme les teneurs (volumiques) en eau aux deux extrêmes saisonniers notés SH et SS (en pointillés). Au total les intervalles successifs de ce diagramme sont, de gauche à droite, les fractions de volume suivantes (teneurs en eau ou classes porales):

- O à PF = eau trop fortement liée, ou porosité ultrafine;
- PF à SS = eau utile disponible en saison sèche;
- SS à SH = variation saisonnière d'eau (porosité disputée entre air et eau);
- SH à P = teneur (volumique) en air en saison humide (macroporosité);
- P à 100% = fraction de volume occupée par la matière solide.

Les deux diagrammes volumiques de la figure 5 montrent que:

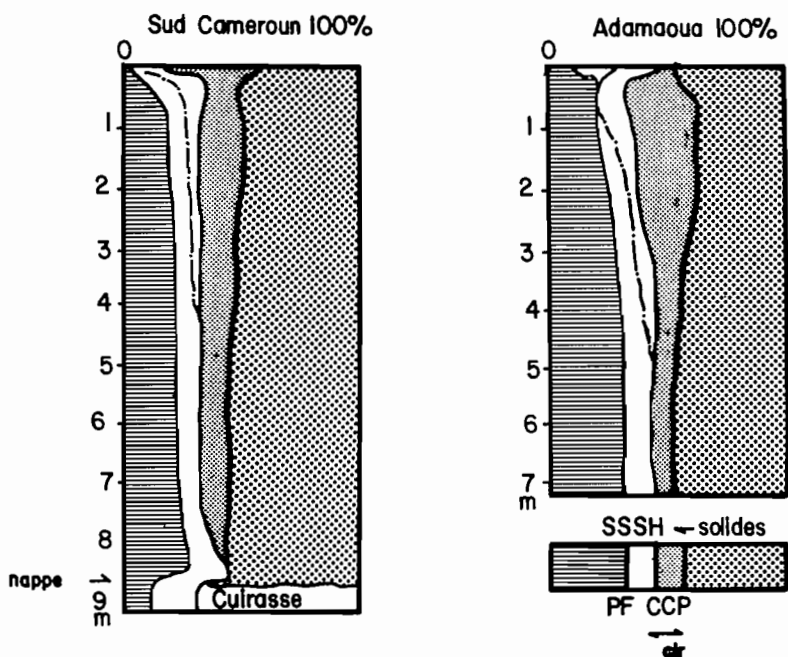


Figure 5. Composition volumique aux deux extrêmes saisonniers (SS en pointillé et SH \neq CC, PF=pF4.2)

1. le sol du sud Cameroun dispose en toutes saisons d'air et d'eau utile. La variation saisonnière y est profonde (4 m) quoique peu importante (200 à 400 mm en lame d'eau équivalente). Par contre, le stock d'eau retenue par le sol est considérable: 3000 à 4000 mm pour 10 m de sol (teneur volumique de 30 à 40%), soit dix fois plus que la variation saisonnière. Cette eau retenue intervient dans les échanges chimiques et thermiques.

La macroporosité (fraction toujours en air) y est importante (10-30%). Elle s'accroît de bas en haut, d'abord lentement puis très fortement dans les deux décimètres supérieurs (porogenèse liée à l'activité biologique), d'où sa forme "en entonnoir" sur le diagramme. Les échanges avec l'atmosphère (O_2 et CO_2) sont donc aisés. Ce sol est un bon support physique.

Le développement de la porosité dans les mètres supérieurs du sol indique que l'assemblage des constituants de la phase solide y est stable dans les conditions naturelles. Effectivement les séparations plasmiques ne deviennent importantes qu'en profondeur. Les contraintes subies saisonnièrement sont modérées puisque la teneur en eau varie seulement entre une valeur supérieure à pF 4.2 et la capacité au champ. De plus, elle comporte de multiples récurrences de plus faible amplitude. A noter cependant que la variation de teneur en eau augmente considérablement là où le sol est moins bien couvert (cultures sans ombrage) ou directement ensoleillé (talus de route).

(cultures sans ombrage) ou directement ensoleillé (talus de route). Il y a alors des fissures et de nombreux argilanes dans les décimètres supérieurs.

2. le sol de l'Adamaoua présente en profondeur un assez bon équilibre air-eau, mais qui se péjore dans les deux mètres supérieurs. En effet, d'une part le dessèchement saisonnier y atteint le pF 4.2, d'autre part la macroporosité s'accroît considérablement. Un tel sol manque alors d'eau utile en saison sèche. Sa porosité totale devient elle-même excessive (jusqu'à 65% dans les sols dépourvus de squelette).

Tout en surface (entre 5 et 20 cm de profondeur) on observe un mince horizon compact où le pF 4.2 est largement franchi en saison sèche (ultra-dessiccation). En saison des pluies, la teneur (volumique) en eau y augmente, en relation avec une réduction de la macroporosité (d'où la forme en ampoule de celle-ci sur le diagramme). Ainsi, la variation saisonnière du pédoclimat y devient extrême, de l'ultra dessiccation à la sub-saturation. Dans ces conditions de contraintes, il se produit une transformation importante de l'assemblage microscopique du sol ferrallitique, qui perd alors une de ses caractéristiques essentielles : sa grande macroporosité (voir plus loin).

RELATION INVERSE ENTRE POROSITE TOTALE ET TAUX DE SQUELETTE

Dans les sols étudiés, la porosité totale présente (outre les variations verticales visibles sur la figure 5) des différences notables d'une roche-mère à l'autre, en relation avec des taux de squelette différents: les sols les plus pauvres en squelette sont les plus poreux.

Si l'on rapporte (figure 6) le volume des pores non plus au volume total (profil P) mais à celui-ci diminué du volume occupé par le squelette (profil P') on constate que les profils de porosité P' coïncident alors assez bien. Cela suggère d'abord que le développement de la porosité est quantitativement lié à la seule phase plasmique (déformable) du sol. Et ensuite qu'en des conditions édaphiques données (climat, modelé, profondeur), la porosité totale en expression hors squelette est déterminée par les conditions de pédoclimat : à un niveau énergétique donné pourrait correspondre un assemblage plasma-pores donné.

On doit s'en souvenir lorsqu'on modifie la gamme des contraintes subies par le sol par défrichage et mise en cultures.

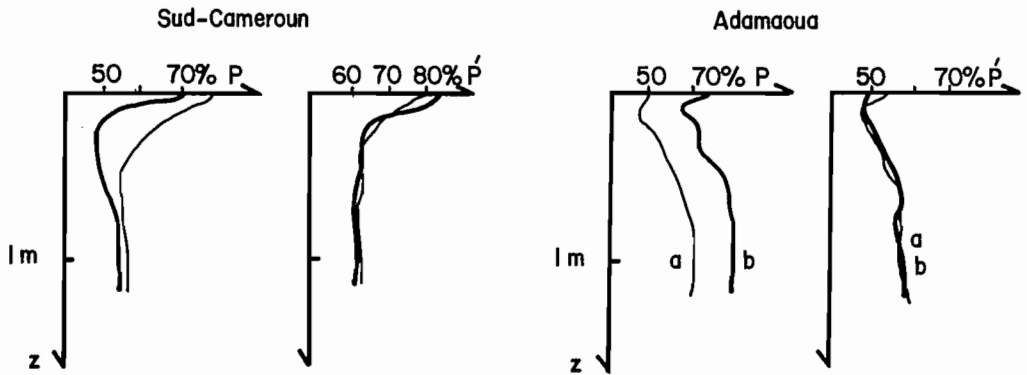


Figure 6. Les profils de porosité P, lorsqu'on les rapporte au seul plasma (profils P'), coïncident:
 a = sol dérivé de granite
 b = sol dérivé de basalte (peu de squelette)

VARIATIONS DU SUD-CAMEROUN VERS L'ADAMAOUA

Le mince horizon compact superficiel des sols de l'Adamaoua (figure 7) n'apparaît pas brusquement sur ce plateau, au nord du domaine ferrallitique : les mesures de porosité échelonnées du sud au nord montrent que les sols situés plus au sud peuvent présenter une tranche légèrement plus compacte qui, en allant vers le nord, s'accuse en s'amincissant et en se rapprochant de la surface.

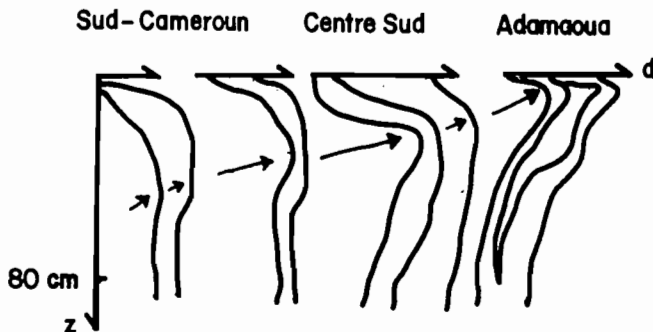


Figure 7. Développement progressif de l'horizon compact superficiel au nord du domaine ferrallitique:
 d = densité apparente, z = profondeur

Cette augmentation de compacité paraît en relation avec le niveau des contraintes subies, le contraste croissant du climat atmosphérique se répercutant sur le pédoclimat. Quant aux contraintes d'origine anthropique qui s'exercent dans l'Adamaoua (par les feux et le piétinement des troupeaux), elles ne font qu'ajouter leurs effets aux phénomènes naturels sans accentuer le niveau de compacité atteint (même compacité superficielle dans une forêt résiduelle où le bétail ne pénètre pas et sur les sentes de passage des animaux).

CONFIGURATION DES PORES

Sols rouges de l'Adamaoua

Les horizons rouges (figure 8) sont composés de cristallites élémentaires (kaolinite ferritisée) de rayon $0,1 \mu\text{m}$ et dont l'assemblage ménage des pores de dimension équivalente. Mais cette matière est organisée en bâti très aéré, limitant des pores intercommunicants de grande taille (10 à 100μ). Les montants de ce bâti présentent une succession d'arrondis (10μ), et de rentrants qui orientent une fragmentation en micropeds. Le squelette quartzueux est incorporé au plasma. Ces horizons comportent aussi des filots plus compacts. La forte augmentation de la macroporosité dans les deux mètres supérieurs est due à l'exacerbation de cette structure micropédique aérée, et surtout des tubes et cavités creusés par les termites.

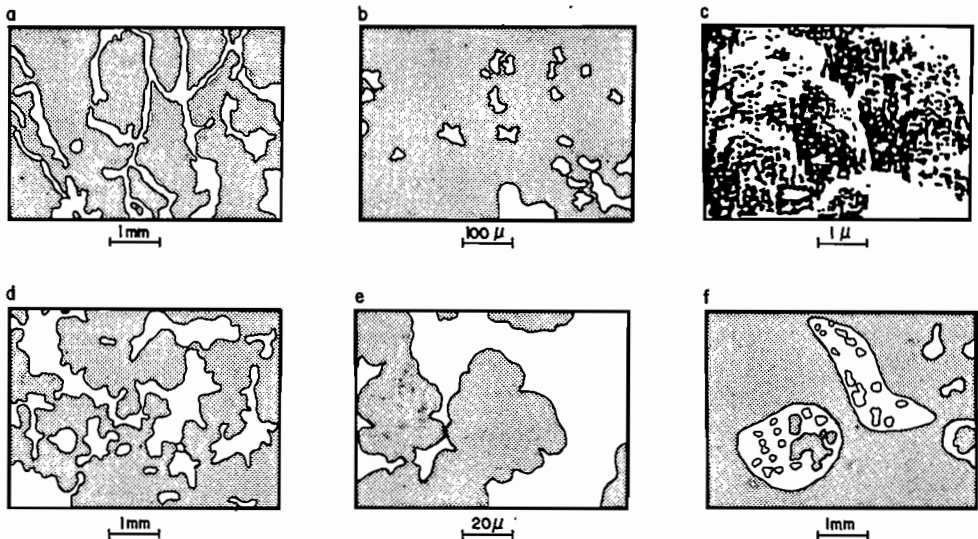


Figure 8. Systèmes poreux dans un sol rouge sur basalte (peu de squelette) de l'Adamaoua

- | | |
|-----------------|--|
| horizon compact | a = fissures d'argilanes |
| | b = vides polyconcaves |
| horizon poreux | c = assemblage de cristallites ($0,1 \mu$) |
| | d = macropores et bâti continu |
| horizon poreux | e = arrondis et rentrants |
| | f = sections de galeries de termites |

Le passage de cette structure souple et aérée à la structure massive de l'horizon compact superficiel se fait d'abord par effondrement des plus gros pores, qui se réduisent en pores polyconcaves, puis la fonte structurale affecte elle-même les arrondis des micropores. L'on n'observe plus alors qu'une masse presque continue de cristallites élémentaires. Des fissures apparaissent enfin dans cette masse rigide. Elles sont en partie comblées par de l'argile rouge dispersée en surface sous l'impact des gouttes de pluie. Cet horizon est traversé aussi par des galeries de termites.

Sols jaunes du Sud

Les horizons meubles présentent eux aussi une forte porosité inter-communicante, qui n'est bien discernable qu'au MEB, et qui résulte d'assemblage bord-face de particules aplaties dont le diamètre est de l'ordre de 10 à 50 μ . L'organisation interne de ces particules n'a pas été analysée.

Au total, horizons rouges et horizons jaunes présentent d'une part un réseau de pores grossiers communicants qui correspondent à la macroporosité et qui assurent un drainage rapide, d'autre part une porosité fine assurant la rétention d'eau dans les conditions naturelles.

CONCLUSIONS

Une caractéristique essentielle des sols ferrallitiques du Cameroun

Le développement progressif, de bas en haut du sol, d'une macroporosité toujours remplie par de l'air (milieu oxydant) paraît être une caractéristique importante des sols ferrallitiques formés en conditions de stabilité tectonique et climatique. Une longue durée d'évolution et un faible contraste saisonnier assurent en effet, dans le milieu tropical humide et avec la protection d'un couvert végétal dense, à la fois un épaissement des horizons et l'acquisition d'une porosité grossière.

Le maintien d'une porosité suppose, outre l'intervention constante d'agents de porogénèse, une certaine stabilité de l'assemblage fin du sol. Or on constate, en procédant à l'humectation de mottes prélevées à profondeurs décroissantes que cette stabilité est une propriété acquise progressivement de bas en haut du sol. Elle est donc elle-même liée à l'épaississement des horizons. Celui-ci amortit de mieux en mieux la filtration des ondes pluviales (et les flux thermiques), donc le maintien d'un drainage vertical libre et profond, ce qui favorise en retour l'acquisition d'une structure fine et poreuse.

Modification de cette caractéristique par accentuation du contraste pédoclimatique

Une organisation donnée, stable dans des conditions données de pédoclimat, se transforme lorsque ces conditions se modifient au-delà de certains seuils. L'horizon compact superficiel des sols rouges de l'Adamaoua est un exemple de transformation des horizons meubles des sols ferrallitiques lorsque le contraste hydrique et thermique du bioclimat s'accroît, et consécutivement celui du pédoclimat. Le seuil au-delà duquel s'effondre la structure poreuse de ces horizons meubles est le franchissement périodique du pF 4.2 (alternances d'humectation et d'ultra-dessiccation). Ce franchissement provoque en effet la vidange de micropores (0,1 micron) résultant de l'assemblage de microparticules plasmiques (argilo-ferrugineuses). Le phénomène s'auto-accroît, l'augmentation de compacité modifiant les conditions hydrodynamiques et biologiques dans un sens qui accroît le contraste pédoclimatique. On atteint finalement un niveau de compacité dépendant du niveau de contrainte qu'on peut quantifier par la porosité totale hors squelette.

Modification par l'homme des conditions de pédoclimat

Dans l'Adamaoua, les interventions anthropiques par brûlage de la végétation herbacée et piétinement de troupeaux ne modifient pas sensiblement la compacité de la couche superficielle du sol. Cette compacité résulte donc seulement du contraste naturel du bioclimat: le niveau énergétique de ces interventions anthropiques est donc inférieur à celui des contraintes naturelles.

Dans le Sud-Cameroun par contre, le contraste pédoclimatique créé par la mise en culture (ou plus encore par le façonnement de talus routiers) déstabilise la structure meuble et poreuse des horizons jaunes ferrallitiques. On observe en effet sous jachère une tranche de sol plus compacte, marquée de nombreux argilanes d'illuviation (associés aux pores tubulaires). La déstabilisation de ces horizons s'accompagne donc d'une disjonction du squelette et du plasma.

Modifications par reprise d'érosion en Guyane

Le système interactif "horizon poreux épais - drainage vertical libre" existe aussi dans cette autre région tropicale qu'est la Guyane. Mais il y est en grande partie remplacé par un autre système : "horizon médian compact - drainage vertical ralenti" avec apparition consécutive d'un drainage latéral interne et superficiel.

Il a été montré (Boulet *et al.* 1979) que ce changement de drainage était dû à un amincissement de l'horizon poreux, qui n'amortit plus alors les ondes pluviales en filtration. Le seuil de déclenchement (épaisseur de l'horizon poreux) varie avec les paramètres climatiques

(intensité x longueur x périodicité des averses) et avec des paramètres pédologiques (structure et comportement du réseau poral). Cet amincissement peut être dû à une augmentation de pluviosité. Mais comme la transformation progresse vers le haut de versant et est inégalement avancée selon les endroits, une autre cause paraît être un rehaussement du socle en bordure du bouclier guyanais provoquant une reprise d'érosion régressive.

Au total, la grande macro-porosité des sols ferrallitiques du Cameroun apparaît comme un caractère acquis progressivement en conditions de drainage vertical libre et profond. Son développement est lié à l'épaississement de l'horizon poreux, ce qui suppose une longue durée d'évolution et une stabilité du paysage. Ces conditions favorables de drainage se péjorent quand le contraste saisonnier du pédoclimat s'accroît :

1. par augmentation du contraste bioclimatique (Adamaoua)
2. par altération du couvert végétal (défrichement et mise en culture)
3. par amincissement de l'horizon poreux (reprise d'érosion en Guyane).

BIBLIOGRAPHIE

- BOCQUIER, G., MULLER, J.P. et BOULANGE, B. 1984. Les latérites : connaissances et perspectives actuelles sur les mécanismes de leur différenciation. Livre Jubilaire du Cinquantième de l'AFES pp.123-138.
- BOULET, R. 1974. Toposéquences de sols tropicaux en Haute Volta : équilibres dynamiques et bioclimats. Thèse Science, Strasbourg, 330p. multigrs. et Mém. ORSTOM, n° 85, 1978.
- BOULET, R., BRUGIERE, J.M. et HUMBEL, F.X. 1979. Relations entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane Française septentrionale. Conséquences agronomiques d'une évolution déterminée par un déséquilibre d'origine principalement tectonique. Science du Sol Bull. de l'AFES, n° 1.
- CHAUVEL, A. et PEDRO, G. 1978. Genèse de sols beiges (ferrugineux tropicaux lessivés) par transformation des sols rouges (ferrallitiques) de Casamance (Sénégal). Modalités de leur propagation. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. vol. XVI, n° 3, pp.231-249.
- HUMBEL, F.X. 1974. La compacité de sols ferrallitiques du Cameroun : une zonalité dans ce milieu en relation avec la dessiccation saisonnière. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XIII, n° 2, pp.3-27.

HUMBEL, F.X. 1976. L'espace poral des sols ferrallitiques du Cameroun. Caractéristiques et comportements en relation avec les régimes hydriques et les bioclimats. Travaux et Documents de l'ORSTOM, n° 54. 306p.

SUCHEL, J.B. 1972. La répartition des pluies et les régimes pluviométriques au Cameroun. Travaux et Documents de Géographie Tropicale, n° 5. CEGET, Talence, France. 287p.

LAND DEVELOPMENT- MANAGEMENT OF ACID SOILS

DEFRICHEMENT-MISE EN VALEUR DES SOLS ACIDES



BAROMBI, KANG
- CAMEROON

IBSRAM PROCEEDINGS
ISBN 974-87467-5-5

No. 4

IBSRAM



CRSTOM

**PROCEEDINGS OF THE
FIRST REGIONAL SEMINAR ON
LATERITIC SOILS MATERIALS, AND DRES**

**JANUARY 21-27, 1986
SOUALA, CAMEROON**

**PREMIER SEMINAIRE REGIONAL SUR
LES LATERITES, SOLE, MATERIAUX ET MINERAIS**

**JANVIER 21-27, 1986
SOUALA, CAMEROON**

**PROCEEDINGS OF THE IBSRAM SESSION ON
LAND DEVELOPMENT AND MANAGEMENT OF ACID SOILS IN AFRICA**

**COMPTE RENDU DE LA SESSION IBSRAM SUR LES
BENEFICHIEMENTS ET MISE EN VALEUR DES SOLE ACIDES EN AFRIQUE**

**EDITED BY
M. LATHAM**

IBSRAM

**INTERNATIONAL BOARD FOR SOIL RESEARCH AND MANAGEMENT
PO BOX 9-109 BANGKOK 10900, THAILAND, 1987**

The seminar was organized by

LE MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (**MESRES**)

L'INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN
COOPERATION (**ORSTOM**)

INTERNATIONAL BOARD FOR SOIL RESEARCH
AND MANAGEMENT Inc. (**IBSRAM**)

Co-sponsored by

BUNDESMINISTERIUM FUR
WIRTSCHAFTLICHE ZUSAMMENARBEIT (**BMZ**)
FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY

Correct citation: International Board for Soil Research and Management Inc. (IBSRAM), 1987, Land Development and Management of Acid Soils in Africa, Proceedings of the IBSRAM session of the first regional seminar on Lateritic Soils, Materials and Ores, Douala, Cameroon, January 21-27, 1986. This book or any part thereof must not be reproduced in any form without written permission of IBSRAM.

ISBN 974-87467-5-5

Printed in Thailand