

ARTICLE 3^{*}

DIFFERENCES ENTRE SOLS DE GUYANE FRANCAISE ET DES SOLS
FERRALLITIQUES D'AFRIQUE HUMIDE (CAMEROUN), EN CE
QUI CONCERNE LES PROPRIETES PHYSIQUES ET HYDRIQUES.

F.-X. HUMBEL^{**}

^{*} Cet article est le troisième d'une série de quatre, qui sont complémentaires :

Cote P. 170 : Organisation de certains sols de Guyane française en systèmes à forte différenciation latérale : un nouvel exemple de couvertures pédologiques en déséquilibre.
Par R. BOULET

P. 171 : Caractérisation, par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement, de sols de Guyane française à dynamique de l'eau superficielle.
Par F.-X. HUMBEL

P. 173 : Relations entre caractères hydrodynamiques et organisation des systèmes de sols de Guyane française septentrionale. Influence de l'histoire de la couverture pédologique sur l'occurrence de ces systèmes. Conséquences agronomiques.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 9217

Cote : B

Par R. BOULET, J.-M. BRUGIERE,
F.-X. HUMBEL

24 MAI 1978
O. R. S. T. O. M.

^{**} Pédologue de l'ORSTOM - Centre ORSTOM de Cayenne - B.P. 165
97301 - CAYENNE CEDEX Collection de Référence

(115)

1978

9217 Peds

ARTICLE 3

DIFFERENCES ENTRE SOLS DE GUYANE FRANCAISE ET DES SOLS FERRALLITIQUES D'AFRIQUE HUMIDE (CAMEROUN), EN CE QUI CONCERNE LES PROPRIETES PHYSIQUES ET HYDRIQUES.

F.-X. HUMBEL^{*}, Pédologue de l'ORSTOM

^{*}CENTRE ORSTOM - B.P. 165 - 97301 CAYENNE CEDEX

SOMMAIRE

Les sols à bon drainage externe de Guyane septentrionale et du Cameroun méridional et central (sols ferrallitiques) sont comparés, du point de vue de la dynamique de l'eau et des caractères et comportements du sol qui sont en relation avec celle-ci.

Il y a bien dans ces deux zones équatoriales, à la fois des bassins versants hydrologiques perméables et des bassins imperméables (RODIER - 1976) mais les premiers sont communs en Afrique, exceptionnels en Guyane. C'est l'inverse pour les seconds mais cette résultante "imperméable" du couple sol-climat correspond à des caractères du sol différents :

- Dans le cas du Cameroun (Adamaoua), ruissellement dû à un horizon compact superficiel, formé par réduction et fermeture de la macroporosité, tandis que les horizons sous-jacents restent filtrants.
- En Guyane, ralentissement ou blocage du drainage vertical à deux niveaux : en surface et à partir d'1 m de profondeur. Ce comportement d'ensemble des sols de Guyane est en relation d'ordre avec l'importance de la fraction ultra fine de la porosité.

Au total, il en résulte :

- Au Cameroun, une différenciation ordonnée en latitude, où ce sont les différences de climat atmosphérique qui induisent des différences de pédoclimat, lesquelles déterminent des changements d'organisation dans les horizons supérieurs (avec action en retour).
- En Guyane, les différences de pédoclimat, considérables au sein d'une même région climatique, sont déterminées par des différences de propriétés des sols. Ces propriétés sont acquises au niveau des horizons inférieurs et médians, mais pour comprendre leur distribution dans le paysage, il faut disposer d'autres données présentées dans l'article 4.

SUMMARY

Title : DIFFERENCES BETWEEN THE PHYSICAL AND HYDRIC PROPERTIES OF FRENCH GUYANE SOILS AND CAMEROONIAN FERRALITIC SOILS.

In paper 2, we discussed results of measures made on French Guyane soils having superficial hydrodynamics and linked with deep vertically drained soils, in soil-systems as shown in paper 1.

Here, we compare these different soils of French Guyane to soils of humid African ferralitic covers, particularly hydrologic properties. Indeed, O.R.S.T.O.M. hydrologists (RODIER - 1976) studied many different behaviors, from very permeable to relatively impermeable. But permeable watersheds are common in Africa and are rare and linked to basic rocks in French Guyane.

However in Central Cameroon (Adamaoua plateau, 1 100 m, savannah), there are great run-offs, linked to a thin superficial compact horizon, formed by obliteration of the macropores of the B horizon (porous and permeable, micropedic organization). Thus these relatively impermeable Adamaoua soils are quite different from those of French Guyane, where the compacted horizon is thick and begins at about 1 m in depth. In addition, the topsoil of French Guyane's laterally drained soils is little permeable, although its macroporosity is great, probably due to the lateral water movement.

It appears that the pejouration of vertical drainage is in relation with the development of ultrafine porosity, at the expense of the porosities occupied by air and available water. To make a comparison, the porosities are referred not to the total volume, but to the total volume excluding skeleton volume. As a matter of fact, it was constated (HUMBEL - 1974) that, in Cameroonian ferralitic soils, the curves of porosities excluding skeleton volumes, relative to the different profiles of the same region are superimposed fairly well, and are progressively modified from South to North in relation to the harshness of the dry season.

Thus, in Cameroonian ferralitic soils, differences in climate induce differences in pedoclimate which in turn induce some changes in organization of the topsoil (with reciprocal action on the pedoclimate). In French Guyane soils however, there are great differences in pedoclimates in a uniform climate and in the same area, differences which are determined by soil properties. These properties appear in the sub-soil but to understand the distribution in the land, other information is necessary. That is the purpose of paper 4.

1 - INTRODUCTION

La dynamique saisonnière de l'eau, et l'organisation à différentes échelles, de sols ferrallitiques du Cameroun ont été étudiées (HUMBEL - 1976) avec des méthodes qui ont été appliquées ensuite aux sols de Guyane septentrionale (articles 1 et 2). Il est donc possible d'établir des comparaisons. Celles-ci porteront essentiellement sur les propriétés physiques (composition volumique) et les comportements hydriques (perméabilité).

Au Cameroun, les propriétés et comportements du sol sont à peu près identiques dans une même région. Mais ils se modifient considérablement, quoique d'une manière continue et progressive, du Sud au Nord du domaine ferrallitique (avec passage de la forêt dense à une savane arborée ou arbustive).

En Guyane, au contraire, on observe, sous forêt, la juxtaposition de systèmes de sols à caractères fort différents :

- certains sols présentent, comme les sols du Sud et du Centre-Sud du Cameroun, un drainage vertical libre et profond dans des horizons B épais, homogènes ou à variations progressives, à structure fine et friable (micropeds). Ces sols se prêtent facilement à la comparaison avec les sols d'Afrique humide.
- Mais il existe aussi en Guyane septentrionale des sols où la dynamique de l'eau est bloquée ou très ralentie dans les horizons médians (à 1 m) et qui présentent à ce niveau un épais horizon compact.

Or, dans le Cameroun central (plateau de l'Adamaoua), les sols ont aussi un horizon compact, mais celui-ci est au contraire mince et superficiel. Il ne supprime pas le drainage vertical mais provoque un fort ruissellement en nappe. Les comparaisons entre ces sols comportant des horizons compacts si différents par leur position et leur épaisseur sont moins immédiates. On fera plutôt le constat de leurs différences.

Ces sols de Guyane et du Cameroun sont organisés en systèmes plus ou moins différenciés dont on rappellera d'abord les principaux caractères.

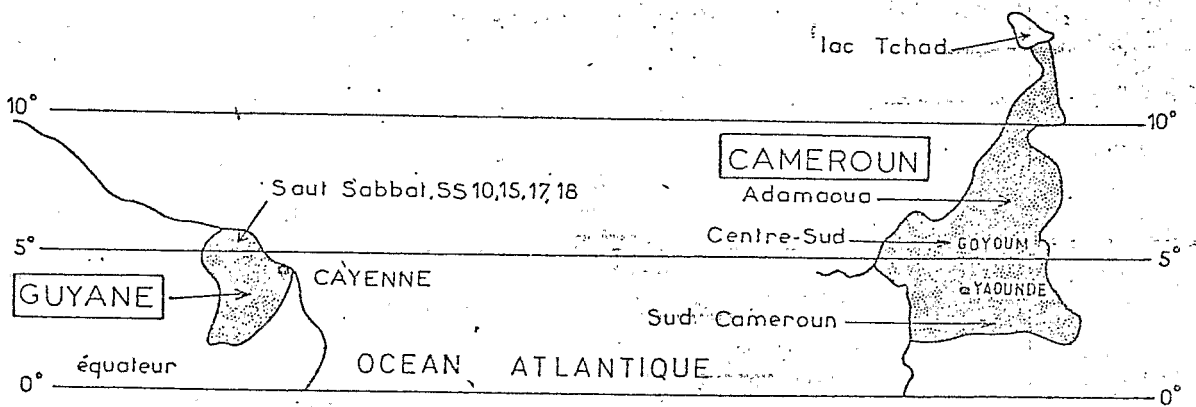


Figure 1. Repérage des sols comparés

2 - CARACTERISATION SOMMAIRE DES SYSTEMES DE SOLS COMPARES.

2.1. Sols du Cameroun (figure 1).

2.1.1. Les sols étudiés au Sud-Cameroun sont sous forêt dense. Ils couvrent des interfluves très généralement convexes, où la longueur du versant est de 100 à 700 m et sa dénivelée 20 à 40 m. Ils sont donc en position de bon drainage externe.

Sous des horizons A peu épais mais assez riches en matière organique (HUMBEL, MULLER, RIEFFEL - 1977), ils comportent des horizons B épais de plusieurs mètres, de couleur d'abord jaune uniforme puis très discrètement bariolée, argileux, meubles et dépourvus de constituants grossiers. En profondeur, ils passent à un horizon caillouteux (nodules ferrugineux et quartz filonien) puis à des horizons réticulés bicolorés ou à une cuirasse.

La différenciation toposéquentielle est inégalement marquée. Sa manifestation la plus apparente est un amincissement des horizons B friables et -souvent- un certain épaissement des horizons nodulaires sur le versant (au total, les horizons d'altération à structure de la roche conservée sont plus proches de la surface). La différenciation toposéquentielle la plus accentuée qui ait été observée est associée à un modelé convexe-concave à pentes faibles et où la dynamique de l'eau comporte une composante latérale non négligeable (schistes de Mbalmayo).

Le climat est subéquatorial, avec deux saisons sèches d'importances voisines et deux saisons des pluies totalisant 1 600 mm. La température moyenne annuelle est de 23°5.

La dynamique de l'eau dans le sol est essentiellement verticale et profonde, la variation saisonnière d'humidité se fait sentir à plus de 3 m de profondeur.

2.1.2. Les sols étudiés sur le plateau de l'Adamaoua sont placés sous savane arbustive (ou forêt claire) sur de vastes interfluves à pente faible mais régulière, dénivelés d'une vingtaine de mètres par rapport aux thalwegs. Le drainage externe est ainsi assuré.

L'horizon superficiel est compact et cohérent, peu humifère et à faible activité biologique. Epais de 1 à 2 dm, il se détruit lentement à son sommet par l'érosion en nappe et se construit à sa base par interaction de plusieurs mécanismes induits par un pédoclimat contrasté, notamment une dessiccation poussée au-delà du pF 4,2 (HUMBEL - 1974). Au-dessous -et sur 2 m d'épaisseur au moins- le sol est rouge argileux mais d'organisation très aérée, quoique continue (grande surface porale, grand volume poral). Celle-ci se défait facilement (friabilité) en petits agrégats arrondis (micropeds). L'activité termitique y est maximale.

La différenciation toposéquentielle est très marquée avec -sur les versants- réduction du solum, disparition des micropeds, jaunissement, concentration des modules ferrugineux et des graviers quartzeux dans un horizon caillouteux peu épais (2 dm) et peu profond (4 dm). Ces sols de versant, de teinte claire et à horizon caillouteux, sont moins argileux et plus compacts sur toute l'épaisseur du solum. Ils occupent la quasi-totalité de certains interfluves : les sols rouges à micropeds, retenus pour les comparaisons du chapitre 3, ne forment plus alors que des pointements sommitaux de faible étendue.

Le climat est tropical humide mais avec un grand contraste saisonnier : la saison sèche est aussi sévère qu'en région soudanienne tandis que la saison des pluies (6 mois, 1 700 mm) est de type océanique (pluies régulières, fréquentes et abondantes). L'activité épirogénique (REYRE 1966) qui a abouti à la surrection de ce plateau de l'Adamaoua (1 100 m d'altitude) est à l'origine de ces particularités climatiques.

De ce fait, la séquence climatique allant du Sud-Cameroun à l'Adamaoua et les variations des caractères des sols qu'elle détermine ne peuvent être considérés comme représentatives d'une séquence "normale" des zones équatoriales vers les zones tropicales sur le bouclier africain.

Le ruissellement en surface des sols est important, lié à l'imperméabilité de l'horizon compact et il confère à l'infiltration une répartition hétérogène. Mais le drainage vertical reste abondant et profond.

2.1.3. Entre le Sud-Cameroun et l'Adamaoua, c'est-à-dire dans le Centre-Sud qui est la zone du contact forêt-savane, les sols étudiés sont épais, rouges, argileux et présentent aussi cette organisation friable en micropeds. On y observe un horizon compact mais qui est -spécialement sous forêt- plus épais, plus profond et moins compact que dans les sols rouges de l'Adamaoua.

Le profil sommital, Goyoum, d'une toposéquence sous forêt, étudiée par MULLER et HUMBEL (1977) caractérisera cette région intermédiaire dont le climat se distingue de celui du Sud-Cameroun par une atténuation sensible d'une des saisons sèches. La dynamique de l'eau y est -sous forêt- encore verticale et profonde mais certaines années les différences saisonnières y sont plus réduites qu'au Sud-Cameroun.

2.2. Sols de Guyane

Les profils de sols de Guyane septentrionale, qui seront comparés à ceux du Cameroun, sont tous situés sous forêt, dans les "Terres Hautes", immédiatement au Sud de la plaine côtière (fig. 1). Le climat comporte une longue saison des pluies, de Novembre à Juillet, avec un ralentissement de quelques semaines entre Février et Avril, et une

saison sèche parfois sévère, souvent entrecoupée d'épisodes pluvieux. Ce type de répartition et d'irrégularité des saisons rappelle le centre-sud du Cameroun, mais avec un total pluviométrique (2 000 à 3 500 mm) et une température moyenne annuelle (26°) plus élevés. L'organisation et la dynamique actuelle de l'eau dans les systèmes toposéquentiels à bon drainage externe auxquels appartiennent ces profils de Guyane sont décrits plus en détail dans l'article 4 et l'article 2. Ils sont de deux types :

- Les sols du premier type présentent des variations verticales progressives et une différenciation latérale peu marquée. La dynamique de l'eau y est verticale et profonde (plus de 2 m). Les horizons B sont épais, poreux, friables à micropeds mais avec, toutefois, à la partie supérieure, un horizon plus compact, sans micropeds, d'1 dm d'épaisseur environ.

En SS 10, cet horizon compact est à peine marqué, en SS 15, il l'est suffisamment pour provoquer un ralentissement du drainage à ce niveau, avec apparition de plages décolorées (milieu réducteur). Ces sols présentent certaines analogies avec ceux du centre-sud du Cameroun, mais ils sont cependant moins épais, plus jaunes, leurs micropeds ne résistent pas ou peu aux dispersants de l'analyse granulométrique et ils ne comportent généralement pas, en profondeur, d'épais horizons nodulaires ou de cuirasse. En outre, l'activité biologique (cavités, galeries) y est nettement moins importante.

- Les sols du second type présentent au contraire des variations verticales rapides et une forte différenciation latérale. La dynamique de l'eau y est peu profonde (1m) avec une composante latérale dominante, tout en surface (ruissellement) et à faible profondeur (nappe perchée). On y observe souvent une concentration de nodules ferrugineux dans les horizons supérieurs, lesquels servent de magasin à la nappe perchée et aux poches d'eau sous-jacentes. Ces horizons supé-

rieurs, jaunes, ont un contact net avec l'horizon rouge sous-jacent dans lequel ils pénètrent en "cheminées" (sommet d'interfluve) ou en poches (versant). Cet horizon rouge est compact, de porosité^{très} fine, sec au toucher et pauvre en eau utile (physiologiquement sec, article 2) et mal aéré. Les racines y sont très peu nombreuses.

Ce type de sol n'a pas été rencontré le long de la séquence latitudinale étudiée au Cameroun. Ses conditions d'occurrence en Guyane -où il occupe des superficies importantes- seront discutées dans l'article 4.

On ne comparera pas dans cet article des couvertures pédologiques dans leur ensemble, mais des parties caractéristiques des systèmes, et essentiellement les zones sommitales des toposéquences, là où le sol est le plus épais, les variations verticales les plus progressives, là où l'eau de pluie subit la plus longue sollicitation à l'infiltration (horizontalité, microrelief). C'est là aussi que les sols ont échappé le plus longtemps aux réajustements de détail des interfluves, voire aux modifications profondes des couvertures pédologiques (Adamaoua notamment et SS 10).

3 - DIFFERENCES DANS LES PROPRIETES PHYSIQUES ET HYDRIQUES

3.1. Composition volumique "hors squelette"

Méthodologie.

Des sols ne différant que par leurs proportions relatives de squelette et de plasma ont des porosités totales généralement différentes. Cependant, on a constaté pour les sols ferrallitiques étudiés au Cameroun (HUMBEL - 1974) que si l'on exprime le volume poral non

par rapport au volume total mais par rapport à celui-ci diminué du volume occupé par le squelette rigide, les sols[‡] d'une même région et situés dans des conditions comparables de drainage externe présentaient des courbes de variation verticale de porosité presque superposées^{‡‡}. Cette propriété remarquable signifie que le développement de l'espace poral (à l'échelle globale où son volume a été mesuré, c'est-à-dire sur plusieurs dm³) se fait essentiellement aux dépens du plasma argileux et en fonction de l'abondance de celui-ci et qu'il est déterminé par des facteurs communs à tous ces sols. Le régime climatique, en orientant certains caractères du pédoclimat, pourrait être un de ces facteurs déterminants. Elle signifie aussi que la résultante des actions biologiques perforantes et ameublissantes (faune, racines) intégrée dans ces mesures au niveau de la macroporosité, est une composante représentative à cette échelle. La porosité en expression "hors squelette" apparaît donc comme une caractéristique de pédogenèse, en relation probable avec le pédoclimat actuel.

Cette expression hors squelette P' de la porosité $P = 1 - d/D$ s'obtient par :

$$P' = 1 - \frac{d}{D} \times \frac{D' - sD}{D' - sd}$$

où D' désigne la densité réelle moyenne du squelette (2,65

[‡] Sols ferrallitiques à plasma abondant (grains du squelette non jointifs, assemblage non granulaire), ce qui n'exclut que certains sols sur quartzites ou sur sédiments sableux.

^{‡‡} Horizons humifères exceptés (influence des biotopes).

s'il est quartzeux), d la densité apparente "sèche" in situ, D la densité réelle (moyenne) du sol et s le taux de squelette (ici constituants $> 20\mu$).

Cette expression hors squelette peut être appliquée aux teneurs du sol en eau, en air, et aux fractions solides restantes, argile ($< 2\mu$), limon fin ($2 < < 20\mu$), matière organique :

- teneur en eau au pF 4,2 $f \longrightarrow (fdD)/(D' - sd)$,
- à la capacité au champ $h \longrightarrow (hdD)/(D' - sd)$,
- teneur en argile $a \longrightarrow a \times (1 - P')/(1 - s)$,
- teneur en matière organique $mo \longrightarrow mo \times (1 - P')/(1 - s)$.

On peut alors établir la composition volumique "hors squelette" du sol dans des diagrammes où figurent de gauche à droite les intervalles correspondant au pourcentage du volume occupé par :

- l'eau fortement retenue (au pF 4,2) ou porosité ultra fine,
- l'eau utile (retenue entre la capacité au champ et le pF 4,2) ou porosité fine,
- l'air du sol à la capacité au champ (saison des pluies), ou macroporosité*,
- le limon fin,
- l'argile,
- la matière organique, qui complète à 100% les fractions précédentes.

* C'est cette fraction porale que l'eau libre des nappes perchées ou l'eau de gravité occupent partiellement et temporairement.

Les trois premières fractions sont occupées par les fluides du sol et la courbe (trait renforcé) qui les sépare des fractions solides correspond à la porosité totale hors squelette (dont les variations sont étudiées séparément dans la figure 2).

3.1.2. Résultats obtenus

a) Porosités hors squelette P'

Au Cameroun, (figure 2), la courbe de variation verticale de P' est pratiquement identique dans tous les sols d'une même région. Mais elle se modifie progressivement du Sud vers l'Adamaoua en passant par le centre-sud forestier représenté par le profil GOYOUM. Les courbes des régions extrêmes sont très différentes, de courbures presque inversées.

En Guyane, on constate que les sols d'une même région climatique ont des profils de porosité hors squelette fort différents. Mais on a vu (article 2) aussi que ces sols n'ont pas le même pédoclimat : les sols à drainage vertical libre (SS 10) ou faiblement retardé en surface (SS 15) ont, pour les premiers décimètres du sol, une porosité hors squelette nettement inférieure à celle des sols du Sud-Cameroun et plus proche de celle obtenue à Goyoum. Au contraire, les sols à dynamique de l'eau superficielle (nappe perchée) ont une porosité hors squelette élevée dans le mètre supérieur, mais très faible dans le second mètre, qui présente un degré de compacité voisin de celui de l'horizon superficiel des sols de l'Adamaoua ($P' = 58\%$).

b) Composition volumique hors squelette

Les diagrammes de la figure 3 indiquent la composition en air et eaux du plasma des sols, en saison des

pluies, représentée par les fractions porales ultra-fine et fine qui lui sont associées, ainsi que par la macroporosité.

Au Cameroun, la composition volumique des horizons médians du sol (vers 2 m de profondeur par exemple) est à peu près la même* du Sud au Nord du domaine ferrallitique. Elle se caractérise par une répartition assez équilibrée du volume poral entre pores très fins, pores fins et macroporosité (tableau n° 1). Cette répartition se modifie dans les horizons supérieurs : de bas en haut, la macroporosité augmente rapidement dans les sols du Sud et diminue notablement au contraire dans ceux de l'Adamaoua. Il y a donc transformation du système poral à la partie supérieure des sols, à partir d'horizons médians de compositions voisines. Cette transformation superficielle change progressivement (HUMBEL - 1974) du Sud vers le Nord, c'est-à-dire le long de la séquence climatique qui aboutit au climat tropical à fort contraste saisonnier du plateau de l'Adamaoua. Ces différences sont donc vraisemblablement d'origine externe et en relation principale avec des différences de conditions climatiques influant sur le pédoclimat.

Tableau n° 1 : Cameroun : classes de porosité, en % du volume hors squelette.

Classe porale	Pores ultra-fins	Pores fins	Macropores
Profondeur	à 2 m en Sce	à 2 m en Sce	à 2 m en Sce
Adamaoua	35 → 29	10 → 17	23 → 12
Goyoum	27 → 13	17 → 33	24 → 36
Sud-Cameroun	34 → 10	12 → 10	18 → 67

* Les horizons médians de ces deux parties du domaine ferrallitique diffèrent cependant nettement par leurs caractères d'organisation.

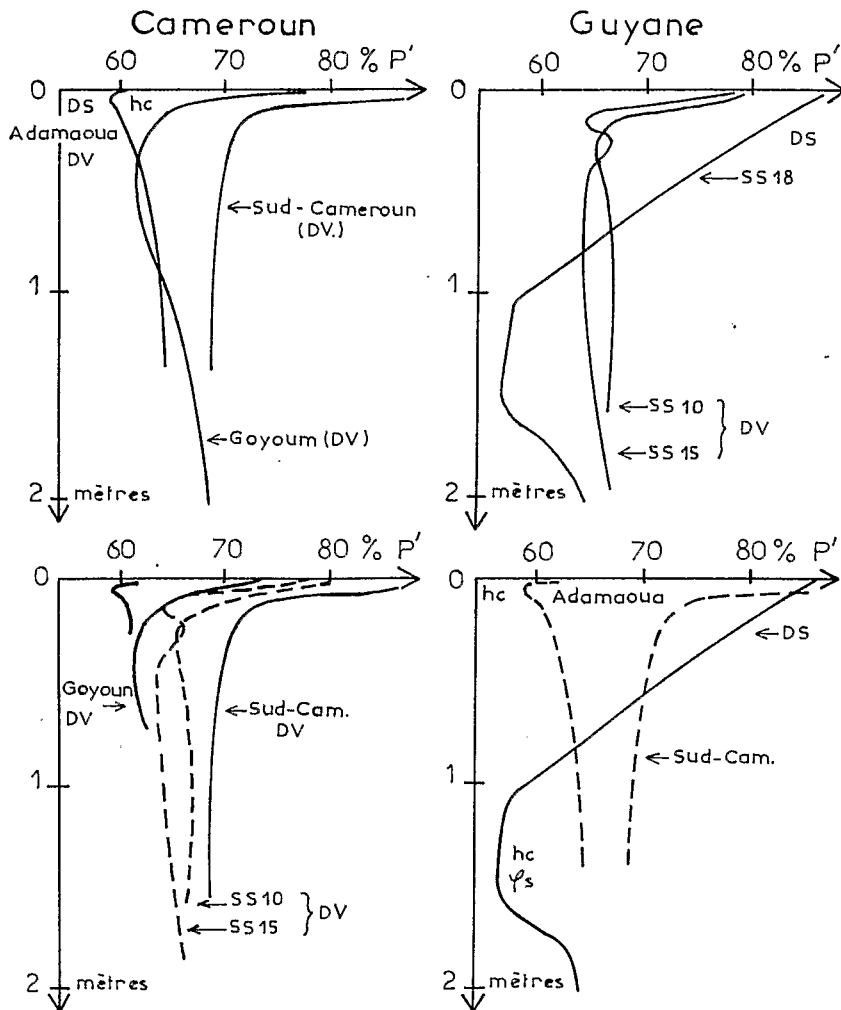


Figure 2. Porosités en expression hors squelette P' . Comparaison entre sols ferrallitiques du Cameroun et sols de Guyane Française

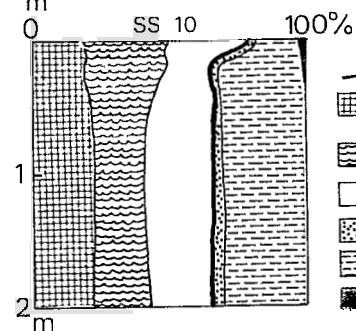
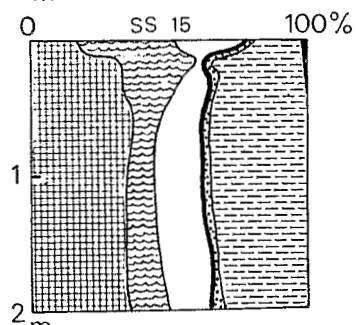
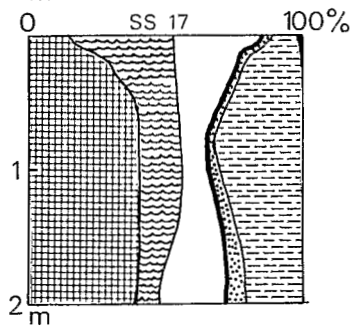
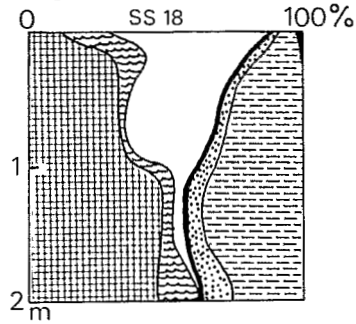
DV: sols à drainage vertical

hc: horizon compact

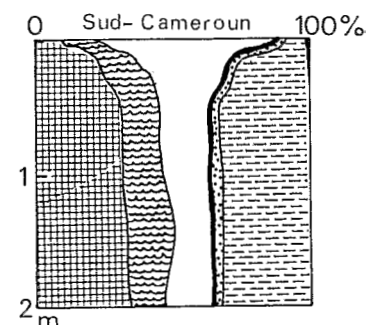
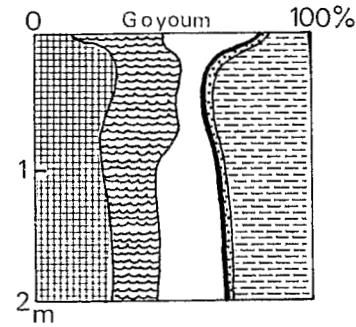
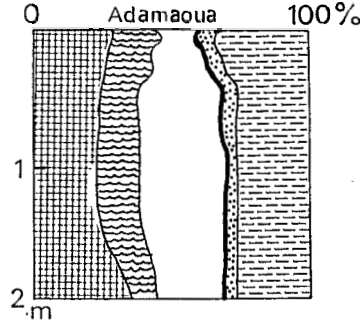
DS: dynamique superficielle

ψ_s : physiologiquement sec en toutes saisons

GUYANE
(région de Saut-Sabbat)



CAMEROUN
(du sud vers l'Adamaoua)



LEGENDE

- Courbe de porosité totale hors squelette.
- ▒ Porosité ultra-fine (retenant l'eau au pF4,2).
- ▒ Porosité fine (eau utile).
- Macroporosité (air du sol ressuyé).
- ▒ Volume occupé par les limons fins.
- ▒ Volume occupé par l'argile.
- ▒ Volume occupé par la matière organique.

Fig.3 : Composition volumique du sol hors squelette, en Guyane (à gauche) et au Cameroun (à droite).

En Guyane, on peut aussi établir une séquence de composition volumique (en expression hors squelette) mais entre profils de la même région (conditions climatiques voisines donc), différant l'un de l'autre par leur pédoclimat, dans l'ordre SS 10, SS 15, SS 17, SS 18 : le drainage vertical est d'abord correct (SS 10), puis il se péjore (SS 15, SS 17) et se bloque (SS 18).

Dans cette séquence de "péjoration du drainage vertical", les horizons médians (à 2 m de profondeur par exemple) ont des compositions volumiques différentes (tableau n° 2) : les pores ultra-fins occupent, de SS 10 vers SS 18, une fraction croissante du volume, au détriment des pores fins et surtout des macropores. Ainsi, les horizons supérieurs de ces profils de la séquence se développent aux dépens* de matériaux pédologiques de caractéristiques différentes. Or, on constate que dans ces horizons, la porosité ultra-fine est réduite au profit des pores fins et grossiers et ce, d'autant plus que les horizons médians sont à porosité très fine.

Tableau n° 2 : Guyane : classes de porosité en % du volume hors squelette.

Classe porale	Pores ultra-fins		Pores fins		Macropores	
	à 2 m	en Sce	à 2 m	en Sce	à 2 m	en Sce
SS 10	21	→ 19	20	→ 30	25	→ 30
SS 15	36	→ 17	12	→ 36	18	→ 25
SS 17	40	→ 15	10	→ 36	20	→ 32
SS 18	48	→ 13	10	→ 15	2	→ 60

* Dans l'hypothèse d'un enfoncement des horizons les uns dans les autres au cours de l'évolution "normale" du modelé et de la couverture pédologique.

La pédogenèse tend donc à réaliser dans les horizons supérieurs un meilleur équilibre entre les fractions porales et même à compenser leur mauvais équilibre dans les horizons médians. Toutefois, en SS 18, il y a excès de pores grossiers, lié vraisemblablement à l'aménagement d'un magasin de nappe à circulation latérale et à la concentration consécutive des nodules (ménageant des gros vides d'assemblage).

Quant aux différences de composition volumique hors squelette au niveau des horizons médians, elles ne pourront être interprétées que dans l'article 4, lorsque le rôle de l'enfoncement de la couverture pédologique actuelle dans la couverture initiale aura été précisé. Elles concernent la fraction ultra-fine de la porosité, c'est-à-dire celle qui dépend le plus de la nature et de l'assemblage des particules élémentaires. Elles se manifestent aussi en expression pondérale où le rapport "teneur en eau au pF 4,2 sur argile" passe de 0,34 en SS 10 à 0,41 en SS 15 et à 0,54 et 0,50 en SS 17 et SS 18 (horizon B jusqu'à 2 m). Elles pourraient donc signaler des différences minéralogiques (études en cours par Lj. NALOVIĆ).

En conclusion, on constate qu'en Guyane la péjoration du drainage vertical va de pair avec une modification principalement qualitative de la porosité des horizons médians. Cette modification va d'une porosité "bien répartie" (donc avec une macroporosité importante comme dans les sols du Cameroun) vers une porosité où dominent les pores ultra-fins (dominance non observée au niveau des horizons médians dans la séquence étudiée au Cameroun). Ainsi, à la relative uniformité des horizons médians de la séquence latitudinale du Cameroun s'oppose donc la diversité des mêmes horizons en un même lieu de Guyane.

3.2. Vitesse d'infiltration

Les résultats de tests de perméabilité effectués en surface de sols de sommet d'interfluve avec la méthode* décrite dans HUMBEL (1976) et résumée dans l'article 2, sont condensés, par région (Cameroun) ou par type de drainage (Guyane), dans le tableau n° 3 :

Tableau n° 3 : Perméabilité de surface, sous forêt, en cm/h.

Sols	kM	km	kM/km	M	m	M/m	i	i/m
ADAM	327	1	327	40	20	2,0	33	1,65
GOYOUM	1230	76	16	302	314	0,96	488	1,55
SUD-C	1395	4	349	234	157	1,49	268	1,71
Gu-DS	720	0,3	2400	93	63	1,48	114	1,81
Gu-DV	1234	119	10	487	422	1,15	412	0,98

ADAM = Adamaoua (6 profils, 120 mesures).

GOYOUM = Centre Sud (1 profil, 10 mesures).

SUD-C = Sud Cameroun (6 profils, 120 mesures).

Gu-DS = Guyane, sols à drainage superficiel (4 profils, 108 mesures).

Gu-DV = Guyane, sols à drainage vertical (3 profils, 96 mesures).

kM, km = valeurs maximale, minimale ; M = moyenne ; m = médiane ; i = interquartile.

* Les valeurs absolues sont trop dépendantes de la méthodologie pour être significatives. Par contre, les comparaisons entre sols sont possibles et les rapports entre indices statistiques sont riches d'enseignements (sauf lorsque l'échantillon est insuffisant comme en Goyoum).

La perméabilité de surface est plus élevée dans les sols de Guyane à drainage vertical libre que dans ceux du Sud-Cameroun, malgré la présence d'un horizon compact à très faible profondeur. Elle est plus proche de celle des sols du Centre-Sud[⊠] du Cameroun, où il existe aussi un horizon compact, et à une profondeur comparable (sous forêt).

Par ailleurs, la dispersion statistique des résultats est moindre en Guyane pour les sols à drainage vertical. Cette différence pourrait s'expliquer par l'activité^{⊠⊠} moindre de la macrofaune, constatée en Guyane.

La perméabilité de surface des sols de l'Adamaoua et celle des sols de Guyane à dynamique superficielle sont très inférieures respectivement à celles du Centre-Sud du Cameroun et à celles des sols à drainage vertical libre de Guyane (et la dispersion des résultats y est nettement supérieure).

Ce même comportement de sols où la dynamique de l'eau possède une composante latérale, par rapport aux sols à drainage vertical libre, ne peut être attribué à une réduction de

⊠ D'autres résultats (dont la médiane est de 1080 cm/h) confirment l'élévation de la perméabilité de surface des sols du Centre-Sud par rapport au Sud-Cameroun. Mais ils ont été obtenus sous savane ou sous forêt de versant pentu et ils ne répondent donc pas aux conditions de la comparaison du tableau n° 3 (sols sous forêt et en sommet d'interfluve).

⊠⊠ Actions perforantes et (ou) ameublissantes des vers, termites, petits mammifères, etc...

la macroporosité* que pour les sols de l'Adamaoua (horizon compact superficiel). En effet, dans ces sols de Guyane, la macroporosité est au contraire élevée (en expression hors squelette mais aussi en expression globale, cf. article 2) à ce niveau.

A noter que ces deux catégories de sols ont, dans leurs horizons supérieurs, des pédoclimats contrastés (forte amplitude des variations d'humidité) mais qui se placent bien différemment dans la gamme des états hydriques :

- Dans les horizons supérieurs des sols de Guyane à dynamique superficielle, alternance allant de la saturation jusqu'en deçà du pF 4,2 seulement.
- Dans les horizons supérieurs des sols de l'Adamaoua, alternances d'humectation-dessiccation allant de la capacité au champ jusqu'au-delà du pF 4,2.

Dans ces conditions, l'explication du comportement à l'infiltration de ces sols de Guyane devra être recherchée plutôt dans l'organisation de l'espace** poral ou dans les propriétés de surface des constituants*** (mouillabilité).

* Dont certains pores assurent l'infiltration ou la filtration (réseau poral utilisé par l'eau de gravité).

** Et plus spécialement dans l'organisation du réseau poral.

*** Les sols de Guyane dans leur ensemble présentent un comportement à l'eau des horizons humifères très différent, voire même opposé, de celui des sols du Cameroun ; l'eau déposée goutte à goutte en surface d'agrégats ou de mottes, au lieu de pénétrer quasi instantanément, est absorbée lentement et difficilement. Mais cette "hydrophobie" caractérise aussi SS 10 et SS 15 et pourrait tout aussi bien expliquer les fortes perméabilités ?

Quant aux horizons médians compacts des sols à drainage superficiel de Guyane, leur perméabilité à 2 m de profondeur (mesurée à charge constante de 3 cm sur des surfaces de 2 m², le fond des fosses, mais sans anneau de garde) est de l'ordre de 0,1 cm/h (0,119 en SS 18 à 0,175 en SS 17). Elle est nettement inférieure à celle des sols à drainage vertical libre du Cameroun (HUMBEL - 1975) ou de Guyane (4,6 cm/h en SS 10, 2,3 cm/h en SS 15).

4 - DISCUSSION

La seule convergence qui puisse être constatée entre sols de Guyane et sols ferrallitiques du Cameroun - pour ce qui est des propriétés physiques et hydriques des profils placés en position de bon drainage externe - concerne les sols rouges à micropeds du Centre-Sud du Cameroun (Goyoun) et le sol jaune rouge à micropeds SS 10 de Guyane. Cette analogie s'applique au profil de porosité totale en expression hors squelette, à la distribution dimensionnelle des pores, et à la perméabilité en surface*.

Mais ce sol SS 10 n'est que le terme initial, très rarement observé en Guyane septentrionale, d'une séquence de différenciation allant des sols à drainage vertical libre (SS 10) vers les sols à drainage vertical bloqué à faible profondeur (SS 18). Or, les différents termes de cette séquence peuvent, en Guyane, être observés dans une même région (Saut-Sabbat par exemple), c'est-à-dire dans les mêmes conditions climatiques générales. Ils se caractérisent par une disproportion croissante des classe dimensionnelles de porosité, avec de plus en plus de pores ultra-fins (retenant l'eau au pF 4,2) au niveau des hori-

* Dans le détail toutefois, le sol Goyoun est entre 20 et 60 cm de profondeur - un peu plus compact (et plus humide) que le sol SS 10, au détriment de la macroporosité et au bénéfice de la porosité ultra-fine. De plus, les résultats des tests de perméabilité de surface sont moins dispersés en SS 10.

zons médians.

Au Cameroun par contre, on n'a pas décrit à ce jour de sols à drainage vertical bloqué à moyenne profondeur. Cette constatation ne signifie pas que cette catégorie de sols -si commune en Guyane- n'a pas d'équivalent en Afrique humide, mais qu'elle n'y est pas fréquente. D'ailleurs, une mise au point récente (RODIER - 1976) sur les débits des crues décennales des bassins versants forestiers étudiés par les hydrologues de l'ORSTOM en Afrique humide et en Guyane, renseigne sur l'occurrence des bassins à fort ruissellement : on peut, en fait, trouver toute la gamme des comportements, perméables à imperméables*, dans chacune de ces deux zones équatoriales, mais :

- En Afrique équatoriale, les bassins dont les sols sont imperméables sont rares et liés à des caractères particuliers de la roche mère ou du modelé (marnes et argilites à gisement subhorizontal, schistes et amphibolites en modelé sénile).
- En Guyane, ce sont les bassins dont les sols sont perméables sur la quasi totalité de la superficie qui sont rares et liés eux aussi à des caractères particuliers de la roche mère et du modelé (roches basiques riches en fer et pentes moyennes à fortes). La situation est donc strictement inverse de celle d'Afrique équatoriale.

Les différences entre la Guyane et l'Afrique humide, en ce qui concerne l'influence du couple sol-climat sur le phénomène de ruissellement à l'échelle du bassin versant hydro-

* Cette notion de perméabilité ou d'imperméabilité du sol ou du bassin versant est évidemment relative puisque c'est une propriété du couple sol-climat : perméable dans certaines conditions de pluviosité, un sol pourra être imperméable pour des averses plus fortes ou plus fréquentes. Les résultats de l'étude précitée concernent les crues décennales, c'est-à-dire déterminées par des averses exceptionnelles.

logique, reposeraient donc surtout sur les fréquences des différents termes d'une même gamme -très étalée- de comportements vis-à-vis de l'infiltration de l'eau de pluie.

Mais les faits présentés précédemment (chapitres 2 et 3) montrent que la réalité est plus complexe et que l'imperméabilité de surface peut apparaître dans des sols^{**} de caractéristiques fort différentes :

Au Cameroun, il existe des sols à fort ruissellement de surface (Adamaoua) -qui sont d'ailleurs sous savane- et dont l'imperméabilité relative est due à la compacité d'un horizon superficiel. Cette compacité résulte de la réduction d'une macroporosité acquise dans les horizons sous-jacents, où elle était considérable.

Il y a réduction de la macroporosité mais sans modification sensible des classes de pores plus fins. La stabilité de ces dernières ne signifie pas cependant qu'il n'y a aucune modification de la composition minéralogique à la partie supérieure de ces sols, mais celles-ci sont apparemment minimes (NALOVIC et HUMBEL - 1971).

Les sols imperméables^{**} de Guyane ont eux aussi un horizon à la fois compact et imperméable, mais il est placé au-dessous de 0,8 m de profondeur et il n'est pas la cause directe de la faible perméabilité et des forts ruissellements observés en surface (cf. article 2). De plus, ces comportements ne

^{**} De plus, cette propriété varie d'une partie à l'autre des systèmes pédologiques : on peut avoir par exemple un sommet d'interfluve à sols filtrants et des versants imperméables.

^{**} Ou plus exactement les parties de systèmes pédologiques, dont les sols sont imperméables.

vont pas de pair avec une réduction de la porosité des horizons supérieurs puisque, au contraire, on constate une augmentation de la macroporosité en expression hors squelette à la partie supérieure des sols à nappe perchée et à dynamique latérale^x (SS 18). Cette augmentation de la macroporosité apparaît d'ailleurs plutôt comme une conséquence^{xx} de l'écoulement latéral résultant du mauvais drainage vertical (exportation par la nappe perchée, qui élargit de ce fait son magasin). La macroporosité de ces sols à dynamique latérale présente donc vraisemblablement une organisation différente de celle qui assurerait au contraire une filtration rapide dans les couvertures perméables d'Afrique (et en SS 10) : on peut imaginer notamment que le réseau poral présente une composante horizontale préférentielle.

L'horizon médian compact des sols de Guyane à infiltration lente doit son comportement quasi-imperméable à la finesse de sa porosité et à la saturation de celle-ci par de l'eau très fortement retenue (article 2) : en effet, plus la fraction ultra-fine de la porosité est développée relativement aux autres, plus le drainage vertical se péjore (SS 10 > SS 15 > SS 17 > SS 18).

^x L'incidence de cette macroporosité hors squelette élevée sur l'infiltration est toutefois diminuée par la concentration de nodules qui réduit considérablement la section efficace des flux d'eau de gravité (cf. diagrammes totaux, article 2).

^{xx} Elle augmente en effet brusquement et considérablement, là où apparaît la nappe perchée à écoulement latéral (SS 18).

5 - CONCLUSION

On observe en Afrique humide, comme en Guyane septentrionale, des comportements hydrologiques de surface, liés au couple sol-climat, de types très variés, mais la fréquence et la distribution de chaque type sont bien différentes dans chacune de ces zones équatoriales. De plus, les forts ruissellements correspondent à des systèmes de sols, ou plutôt des parties de systèmes, très différentes :

Au Cameroun, c'est, dans l'Adamaoua, une réduction de la macroporosité de l'horizon superficiel qui limite l'infiltration à la partie supérieure d'une couverture qui est perméable sur une grande épaisseur. Il s'agit d'une différenciation à l'échelle régionale, en relation avec un contraste saisonnier du climat atmosphérique, et qui s'annonce, depuis les régions forestières du Sud à saisons moins contrastées, par le développement progressif d'un horizon compact à faible profondeur. Il en résulte, en ce qui concerne la composition volumique du sol, une différenciation superficielle et ordonnée en latitude, suivant le gradient climatique. Mais cette différenciation transforme des matériaux pédologiques (horizons médians) de compositions volumiques comparables. C'est pourquoi le profil vertical de porosité totale peut être, en expression hors squelette, une caractéristique régionale et se transformant progressivement du Sud vers l'Adamaoua.

En Guyane, les forts ruissellements s'observent sur des parties de systèmes de sols où, non seulement l'infiltration expérimentale est plus lente que dans d'autres systèmes de la même région, mais où la filtration est très lente dans les horizons médians. Ce comportement "impermeable" des profils dans leur ensemble paraît lié à la finesse de la porosité : en effet, la fraction ultra-

fine de la porosité y est plus développée que dans les sols perméables mais elle l'est d'autant plus que le drainage vertical est contrarié (SS 10 < SS 15 < SS 17 > SS 18). Ces différences se manifestent au niveau des horizons médians (l'équilibre entre les différentes classes dimensionnelles de porosité est meilleur dans les horizons supérieurs) et elles se traduisent par des différences considérables dans les profils verticaux de porosité totale (en expression hors squelette) des sols d'une même région.

Ainsi, dans le cas de la séquence latitudinale camerounaise, ce sont des différences de climat atmosphérique qui déterminent des différences de pédoclimat, surtout dans la partie supérieures des sols et ces différences de pédoclimat entraînent des différences des caractères pédologiques. C'est pourquoi ces différences sont ordonnées en latitude comme le sont les différences climatiques. Dans le cas de la Guyane, au contraire, ce sont des différences de caractères des sols, au niveau des horizons médians, qui -sous un même climat atmosphérique-induisent des différences de pédoclimat, elles-mêmes à l'origine de modifications de caractères du sol. Il en résulte une hétérogénéité apparente, calée sur la répartition géographique de ces caractères initiaux du sol. Mais pour traduire cette hétérogénéité en règle de distribution, des données plus précises sur l'organisation des couvertures pédologiques -et sur leurs relations entre elles et avec les facteurs externes- seront nécessaires. Elles seront présentées dans l'article 4 mais les données précédentes contiennent un fait important : il existe à la fois en Guyane et en Afrique humide des sols où le drainage vertical est libre et où l'espace poral est divisé en les trois classes dimensionnelles distinguées ici, en proportions voisines et équilibrées. En Guyane, ces sols sont exceptionnels (SS 10), en Afrique humide, ils sont très communs.

BIBLIOGRAPHIE

HUMBEL F.-X. (1967) - Notice explicative de la carte pédologique à 1/50.000 Ngaoundéré l.d. ORSTOM Yaoundé, 118 p. multigr.

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. XII n° 1, pp. 73 - 101.

HUMBEL F.-X. (1975) - Etude de la macroporosité des sols par des tests de perméabilité. Application d'un modèle de filtration aux sols ferrallitiques du Cameroun. Cah. ORSTOM Sér. Pédol., Vol. XIII. N° 2, 93 - 117.

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

HUMBEL F.-X., MULLER J.-P., RIEFFEL J.-M. (1977) - Quantités de matières organiques associées aux sols du domaine ferrallitique du Cameroun. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., Vol. XV n° 3.

MULLER J.-P., HUMBEL F.-X. (1977) - Etude d'une toposéquence de sols ferrallitiques rouges près de GOYOUM (Centre-Est Cameroun). Organisation macromorphologique, caractéristiques physiques et hydriques. Multigr. ONAREST-IRAF multigr., cote P. 204, 106 p.

NALOVIC Lj. et HUMBEL F.-X. (1971) - Contribution à l'étude de la localisation des différentes formes de composés du fer au sein de quelques sols du Cameroun. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., Vol. IX, n° 3, pp. 271 - 306.

REYRE D. (1966) - Histoire géologique du bassin de Douala (Cameroun). Symposium : Bassins sédimentaires du littoral africain. Ass. Serv. Géol. Africains Paris, pp. 143 - 161.

RODIER J.-A. (1976) - Estimation des débits de crues décennales pour les petits bassins forestiers en Afrique tropicale. Etude préliminaire. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol., Vol. XIII, n° 4, pp. 243 - 267.
