

# 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

par R. BOULET \*, J.-M. BRUGIERE \*\*, F.-X. HUMBEL \*\*

### INTRODUCTION.

On a comparé dans un précédent travail (Humbel, 1978) les comportements hydrodynamiques opposés observables dans les couvertures pédologiques de Guyane septentrionale. Dans un cas, l'eau filtre verticalement et profondément — avec, toutefois, un léger ralentissement juste sous la surface. Dans un autre, la dynamique de l'eau est superficielle : l'infiltration verticale de l'eau est bloquée ou fortement ralentie à faible profondeur (15 à 60 centimètres) si bien qu'il se forme une nappe perchée à écoulement latéral. Celle-ci est de type anastomosé en sommet de versant, puis de plus en plus hiérarchisé vers le bas.

Ces deux types de comportement hydrodynamique coexistent dans une même région et sur la même roche mère. On peut aussi observer le passage, sur une même unité de modelé, d'un type de comportement à l'autre, ce qui nous renseigne sur leurs relations mutuelles. Il s'agit alors d'unités hydrodynamiques complexes.

Dans un premier temps, nous présenterons de façon schématique l'organisation des deux types extrêmes de couverture pédologique correspondant à des unités hydrodynamiques simples. Dans un second temps, nous décrirons les couvertures complexes, sur migmatite, puis sur schiste BONIDORO.

Il faudra ensuite déborder du cadre de la Guyane française pour préciser les conditions d'occurrence des sols à dynamique superficielle et à forte différenciation latérale, rarement décrits à ce jour en région équatoriale, et qui posent des problèmes ardu de mise en valeur. On montrera l'origine principalement tectonique du déséquilibre qui provoque la transformation latérale des couvertures pédologiques par péjoration du drainage vertical, et quelles sont les implications agronomiques de cette transformation qui est plus ou moins avancée selon les endroits.

\* Centre O.R.S.T.O.M., B.P. 165, 97301 Cayenne Cedex.

\*\* O.R.S.T.O.M., 70, route d'Aulnay, 93 - Bondy.

# I. — ORGANISATION DES COUVERTURES PEDOLOGIQUES A COMPORTEMENTS HYDRODYNAMIQUES EXTREMES.

## A. — DRAINAGE VERTICAL PROFOND SUR LA QUASI TOTALITE DES UNITES DE MODELE, AVEC RALENTISSEMENT AU SOMMET DU PROFIL.

De telles couvertures s'observent sur des plateaux mollement ondulés, limités par des versants de pente variable, inférieure à 15 %. Les horizons pédologiques sont concordants avec la surface topographique qu'ils « moulent » (fig. 1). Ce sont, de haut en bas :

— Un horizon humifère brun-noir avec, par places, des taches ocre ou grises d'hydromorphie, de texture argilo-sableuse, de structure à tendance grumeleuse, poreux.

— Un horizon brun jaune, plus argileux, **relativement compact**, à pores tubulaires et vides planaires inter-agrégats.

— Un épais (plusieurs mètres) horizon rouge-jaune (5 YR 4,5/8), argileux, poreux, à **micropeds** de taille moyenne (0,2 mm), lâchement assemblés en volumes à forte porosité interstitielle. Ces micropeds n'ont pas d'organisation interne particulière et ils ne résistent pas aux dispersants.

— Là où on a pu l'atteindre, un deuxième horizon B, également argileux, riche en lithoreliques ferruginisées, à porosité visible tubulaire peu développée. Le passage à cet horizon d'**aspect compact** (porosité très fine) est progressif (30 à 50 cm). Les lithoreliques disparaissent progressivement vers le haut, quelques très rares d'entre elles se conservant cependant — sans durcir — jusqu'au sommet de l'horizon à micropeds.

Les variations latérales sont faibles, limitées principalement à un jaunissement en bas de pente sous l'action de la nappe. En effet, le drainage est vertical et profond, sauf précisément en bas de pente où la nappe phréatique remonte en saison des pluies. Il est d'autre part ralenti par l'horizon subsuperficiel relativement compact, comme on peut le vérifier in situ et expérimentalement.

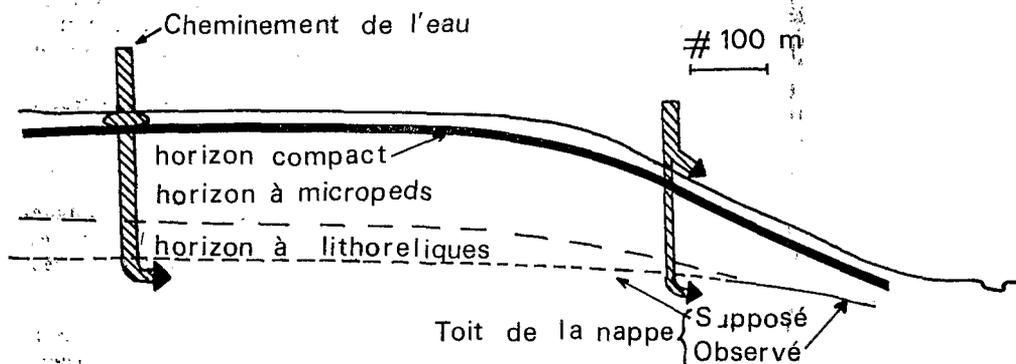


FIGURE I. — Organisation schématique et cheminement de l'eau dans les couvertures pédologiques à drainage vertical avec ralentissement du drainage au sommet du profil

Soil cover having good vertical drainage to a considerable depth. Principle horizons are:

— The uppermost humic horizon with evidence of hydromorphic features related to a relatively impermeable thin underlying compacted horizon (10-20 cm in depth);

— A micropedic horizon with high interstitial porosity;

— Horizon with relictual rocky material and concentrations of oxides.

All of which are not hardened and progressively disappear as the surface is approached.

**B. — DYNAMIQUE DE L'EAU SUPERFICIELLE ET LATÉRALE SUR LA TOTALITÉ DES UNITÉS DE MODÈLE.**

Les couvertures pédologiques à dynamique superficielle généralisée correspondent le plus souvent à des modèles en « demi-orange », formes convexes à forte courbure (fig. II). On y observe, les horizons suivants :

- Sous l'horizon humifère, un horizon nodulaire de 40 à 70 centimètres d'épaisseur qui moule toute la colline, en s'amincissant en bas de pente où l'on observe fréquemment une réincision. La terre fine de l'horizon nodulaire est brun jaune (10 YR 5/8).
- L'horizon sous-jacent est différent en haut de pente et en bas de pente :

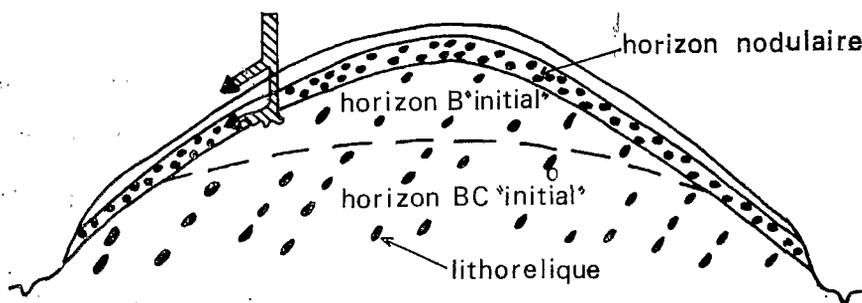


FIGURE II. — Organisation schématique et cheminement de l'eau dans les couvertures pédologiques à dynamique de l'eau superficielle

*Soil cover with superficial drainage:*

*Functional horizons are conformable to soil surface, and unconformable to B and BC horizons (lower part of the initial ferrallitic cover).*

*Nodular concentrations derive from ferruginized lithorelics which become progressively harder and accumulate protecting iron cutans the deeper the location in the soil profile. Functional horizons sometimes are bared at the bottom of the slopes.*

*Pockets of stagnate water and short-lived perched water table are generally located in the nodular horizon (10-35 cm in depth).*

En haut, c'est un horizon rouge (2,5 YR 4/8) argileux, à faible porosité visible (tubulaire), à lithoreliques ferruginisées conservant l'orientation de la roche mère et s'indurant légèrement au sommet de l'horizon. Les nodules de l'horizon nodulaire, très indurés et entourés d'une mince cutine, en dérivent.

En bas de versant, l'horizon nodulaire repose directement sur un horizon B C plus clair, à structure de la roche plus ou moins conservée et à lithoreliques ferruginisées. Ces dernières sont tendres en profondeur, plus dures au sommet, et les nodules de l'horizon nodulaire présentent ici aussi une organisation interne identique.

L'horizon nodulaire apparaît comme « discordant » sur la séquence verticale d'horizons B C et B à lithoreliques. On en a déduit (BOULET, 1978), à la lumière d'autres exemples, que la couverture pédologique fonctionnelle est limitée à l'ensemble horizon humifère-horizon nodulaire qui se développe aux dépens de la séquence pédologique sous-jacente. Cette dernière apparaît comme le témoin d'une pédogénèse initiale, c'est-à-dire comme la partie inférieure de ce qu'on appellera la **couverture pédologique initiale**. L'étude hydrique montre qu'effectivement la dynamique saisonnière est limitée à l'ensemble supérieur.

On appellera **séquence nodulaire lithorelictuelle** la succession d'organisations qui de bas en haut du sol conduisent des lithoreliques meubles aux modules durs à

structure lithorelictuelle. La concentration nodulaire de la partie supérieure apparaît ici comme une concentration relative des lithoreliques ferruginisées de la couverture initiale, concentration qui s'accompagne d'un durcissement et de la formation d'une cuticule protectrice qui assure vraisemblablement leur permanence. L'étude des couvertures pédologiques complexes permettra de préciser les relations — dans le temps et dans l'espace — entre l'établissement d'une dynamique superficielle et cette concentration nodulaire.

## II. — RELATIONS ENTRE SOLS A DYNAMIQUE DE L'EAU VERTICALE PROFONDE ET SOLS A DYNAMIQUE SUPERFICIELLE DANS LES COUVERTURES MIXTES SUR MIGMATITE.

La figure III présente schématiquement une toposéquence sur migmatite du NW de la Guyane. On y distingue les parties suivantes :

— Un horizon supérieur marqué par l'hydromorphie du haut en bas du versant (taches rouille puis plages gris beige), avec au dessous :

Sol à dynamique de l'eau verticale, ralentie au sommet

Ⓘ

Sol à dynamique de l'eau superficielle

Ⓙ

horizon rouge à micropeds

Front jaune-rouge ⓓ

Hôt relique rouge dans l'horizon jaune

horizon rouge compact

ⓔ

mince horizon à concentration nodulaire

horizon B rouge compact

lithorelique

horizon jaune sans micropeds

horizon BC

FIGURE III. — Passage des sols à dynamique de l'eau verticale aux sols à dynamique de l'eau superficielle sur migmatite, dans une couverture pédologique mixte.

Complex soil cover with vertical drainage at the top of the hill and with superficial and lateral drainage on the slopes.

The section shows that:

- The micropedic B horizon decreases in thickness, changes in colour from red to yellow and the drainage becomes progressively more superficial and lateral the nearer the bottom of the slope is approached;
- The concentration of nodules occurs lower down the slope, below the point at which drainage direction changes and after it changes.

The soil-surface and the nodular horizon are unconformable to the micropedic compacted B horizon and BC horizon.

— **En I**, un horizon compact (20-40 cm de profondeur), puis un horizon rouge argileux poreux à micropeds, qui passe progressivement vers 3 m à un horizon argileux plus compact.

— **En II**, où l'horizon à micropeds n'apparaît pas, des horizons supérieurs jaunes assez poreux, riches en racines, et des horizons sous-jacents rouges (2,5 YR 5/8) d'aspect compact, très pauvres en racines et présentant à la base (2 m) quelques lithoreliques ferruginisées. Le matériel rouge de ces horizons sous-jacents s'observe à l'état de pédoreliques dans les horizons jaunes supérieurs, jusqu'à 25 cm de la surface ; ceci indique un développement per descensum de ces derniers aux dépens des horizons rouges sous-jacents, progression qui devient évidente plus à l'aval.

— **En III**, où la pente passe de 17 à 25 %, le contraste entre horizons jaunes et horizons rouges s'accroît en effet et leur limite commune prend l'aspect d'un front à facies glossique, qui ondule entre 0,7 et 1 m. Les pédoreliques du matériel rouge dans les horizons jaunes diminuent en nombre et en taille, les plus proches du front lui étant rattachées par un pédoncule tandis que du matériel jaune se développe dans les horizons rouges le long des rares passages de racines. Les lithoreliques ferruginisées sont tendres, isolées, de forme irrégulière, orientées suivant la structure de la roche mère et elles diminuent en quantité de bas en haut, quoiqu'on en observe encore dans les horizons jaunes supérieurs (à 20 cm de profondeur) où elles s'infiltrèrent et présentent une légère concentration relative.

— **En IV**, le front entre horizons jaunes et horizons rouges, qui ondule entre 0,7 et 1,4 m de profondeur, semble bien s'être enfoncé encore plus profondément dans les horizons rouges. En effet, les lithoreliques ferruginisées qui en II étaient petites et situées à plus de 2 m de profondeur, qui en III diminuaient en nombre et volume du bas jusqu'en haut, persistent ici et parfois avec de grandes tailles jusqu'à la partie supérieure où elles se relient directement à un horizon de concentration nodulaire continu et superficiel (8-17 cm). De plus, des fantômes de minéraux altérables, qui en III n'apparaissaient qu'à plus de 2 m de profondeur, s'observent ici dès 0,7 m dans des volumes de matériel non ferruginisé à structure conservée de la roche mère.

Le régime hydrique se caractérise en I par une humectation uniforme et profonde en saison des pluies, qui témoigne d'un drainage vertical (un peu ralenti par l'horizon compact sub-superficiel). Puis, dès la disparition de l'horizon à micropeds, il y a opposition entre horizons jaunes humides et horizons rouges « secs au toucher », avec une certaine progressivité au niveau du contact. Ce contraste se maintient et s'accroît jusqu'en bas de versant.

Or on a montré (HUMBEL 1978) que le comportement « sec au toucher » caractérise les horizons échappant presque totalement à la dynamique saisonnière de l'eau libre. Le drainage vertical est effectivement bloqué ou fortement ralenti car on observe au cours des averses en II, III, et IV, un écoulement latéral d'eau libre en provenance de l'amont (vers 10 à 20 cm de profondeur). La dynamique de l'eau est donc superficielle et latérale sur le versant. La comparaison entre caractères d'organisation à différentes échelles et dynamique actuelle de l'eau conduit aux conclusions suivantes :

— Le passage jaune/rouge correspond sensiblement, d'après les observations tactiles, au front d'humectation. **Ce front se situe nettement au-dessous des écoulements latéraux constatés lors des pluies.** Tout se passe comme si le domaine jaune comportait des poches où s'accumule l'eau d'infiltration, et qui alimentent par débordement la nappe perchée (HUMBEL 1978).

— Le domaine jaune supérieur, qui constituerait donc la partie fonctionnelle des sols du versant, se développe dans des matériaux de moins en moins différenciés pédologiquement à mesure que l'on va vers l'aval : matériel rouge d'aspect compact (B), d'abord sans, puis à lithoreliques, et enfin matériel avec des volumes à structure conservée (BC). Ce domaine jaune « s'enfoncé » donc dans une séquence verticale d'horizons qu'il recoupe et qui lui sont de ce fait antérieurs. Cette séquence d'horizons est celle d'une couverture pédologique antérieure ou initiale, qui paraît la plus complète à l'amont.

— La concentration nodulaire superficielle présente les particularités suivantes : elle n'apparaît que là où la séquence de lithologies est suffisamment proche de la surface du sol (10 à 20 cm) ; il y a donc bien lien génétique entre les nodules de l'ensemble supérieur et les lithologies sous-jacentes. Elle se situe à une profondeur moindre que celle du front rouge-jaune. Par contre, elle coïncide sensiblement avec le niveau où s'effectue l'écoulement latéral de la nappe perchée.

— Le long de la toposéquence considérée, la concentration nodulaire apparaît nettement plus bas sur le versant (et plus tard dans le temps) que l'établissement du régime hydrique superficiel. Dans les deux autres exemples du même type dont nous disposons, la même succession a été observée, mais décalée vers l'amont, l'évolution du système y étant plus avancée.

— Par conséquent, l'apparition d'une dynamique de l'eau superficielle coïncide avec « l'enfoncement », de la topographie et de la couverture pédologique actuelles dans une couverture pédologique plus ancienne. Ceci rejoint les conclusions exposées par ailleurs à propos des systèmes de sols à forte différenciation latérale de Guyane française septentrionale (BOULET 1978). Mais avec deux faits nouveaux :

a) Les terrains à dynamique de l'eau verticale correspondraient à des lambeaux de la couverture pédologique initiale qui se serait maintenue intacte ou, du moins, suffisamment peu modifiée pour que la dynamique de l'eau reste en tous points verticale et profonde.

b) La dynamique de l'eau superficielle apparaît lorsque l'horizon médian d'aspect compact de la couverture initiale est suffisamment proche de la surface. La conséquence du rapprochement de cet horizon est une augmentation du contraste de son régime hydrique, de plus en plus soumis au rythme des pluies. Nous sommes à nouveau en présence d'organisations pédologiques (celles de l'horizon d'aspect compact) placées dans des conditions hydrodynamiques différentes (plus contrastées) que celles correspondant à leur formation et à leur entretien, et qui deviennent alors instables. Cette instabilité se manifeste par un comportement imperméable, lié à une diminution de la macroporosité, et qui détermine ensuite leur destruction. Au contraire, dans la couverture initiale, cet horizon d'aspect compact est situé sous une couche de matériel micropédique perméable suffisamment épaisse pour tamponner le régime hydrique. De plus, le passage de l'horizon d'aspect compact à l'horizon à micropeds est progressif (\*). Nos observations montrent qu'alors l'horizon d'aspect compact a un comportement perméable.

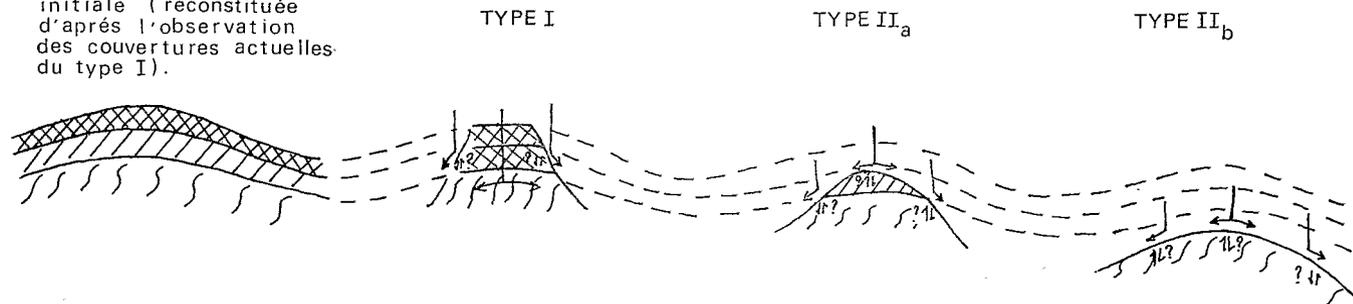
### III. — ORGANISATION ET DYNAMIQUE DE L'EAU DANS LES COUVERTURES PEDOLOGIQUES SUR SCHISTES BONIDORO.

Trois types de couvertures pédologiques y ont été observées dans les mêmes régions : elles présentent des variations ordonnées le long des versants des unités de modelé qu'elles caractérisent et elles s'organisent également les unes par rapport aux autres à l'échelle régionale (fig. IV) :

**Type I :** Sur les unités de modelé les plus élevées (LIM et THACH 1977), qui ont la forme de plateaux généralement étroits, allongés et ramifiés, à versants pentus rectilignes (puis concaves à la base), le replat sommital présente une dynamique de l'eau verticale et profonde, la partie médiane du versant une dynamique essentiellement superficielle et latérale, tandis que le bas de versant se caractérise par un engorgement saisonnier dû à la jonction des flux hydriques superficiel et profond.

\* On a pu vérifier, lors d'études locales de détail, que la progressivité du passage de l'horizon à micropeds à l'horizon d'aspect compact est tout aussi déterminante dans le comportement perméable de ce dernier que l'épaisseur de la couche perméable sus-jacente.

Couverture pédologique  
initiale (reconstituée  
d'après l'observation  
des couvertures actuelles  
du type I).



- ⊗ Horizon B poreux à micro-agrégats
- ▨ Horizon B peu poreux à pores tubulaires
- ▧ Horizon C à structure pétrographique conservée.

↓ Cheminement de l'eau :

- drainage interne libre jusqu'à une nappe phréatique
- drainage superficiel et latéral (accélééré par la pente)
- humectation lente reprise par l'évapotranspiration. Pas ou peu de drainage vertical en profondeur.

FIGURE IV. — Schéma des différents types de couvertures pédologiques observées actuellement sur schiste Bonidoro. Représentation fondée sur leur différenciation à partir d'une couverture pédologique initiale épaisse.  
SOILS COVERS ON SCHISTIC FORMATION (BONIDORO SERIES): Relationships between three soil types, all of which are successively derived from an initial ferralitic cover.

The thick initial cover presents a (from top-soil to C horizon):

- porous micropedic B horizon;
- more compact (tubular voids) B horizon.

Type I: free vertical drainage at the top of the narrow flat summit, superficial drainage on the slopes (where the micropedic B horizon disappears).

Type II a: on hills (lower in altitude than the precedent unit) the micropedic B horizon is lacking and drainage is superficial from top to down-hill (therefore slight vertical moistening of the compact B horizon occurs).

Type II b: on flattened hills where even the compacted B horizon is missing, and soil directly derives from the C horizon. Usually drainage is superficial, except where coarse parent-material exists (pegmatitic or quartzitic veins).

Le sol du replat sommital est très épais et comporte un ensemble d'horizons argileux brun-rouge puis rouges, poreux à micropeds, de 2 à 2,5 m d'épaisseur, passant progressivement (sur 50 cm) à un horizon également argileux rouge, d'aspect compact, à porosité tubulaire, dans lequel apparaissent — entre 4 et 6 m — des îlots meubles à structure conservée de la roche mère. On y observe, au sommet seulement, des blocs de cuirasse isolés (affleurant en rebord de plateau), et dans l'ensemble du profil des nodules ferrugineux dont certains ont une organisation complexe (ferruginisations rubannées, illuvation argileuse suivie de gibbsitisation etc...) héritée de pédogénèses anciennes, les autres (nodules à pâte rouge et alignement de muscovites) appartenant à une séquence lithorelictuelle.

En haut de versant, les horizons perméables à micropeds s'amincissent et disparaissent. Là où la pente est très forte, le mince horizon à micropeds passe directement au matériau d'altération à structure du schiste conservée sans qu'on puisse préciser s'il s'agit d'une mise en place par éboulement ou d'une formation directe à partir du matériau sous-jacent.

Le sol du versant est peu épais (1,5 m), avec un horizon B rouge compact (pores tubulaires). En bas de versant, cet horizon rouge se transforme à sa base — par redistribution du fer sous l'action de la nappe — en un horizon réticulé jaune et rouge, tandis qu'à son sommet il est de plus en plus taché de rouille le long des pores.

**Type II a :** Sur des collines voisines mais à sommet arrondi et moins élevé que les précédents en altitude relative (LIM et THACH, 1977), le sol de sommet présente sous l'horizon humifère un horizon nodulaire d'origine lithorelictuelle reposant sur un horizon B rouge compact à lithoreliques ferruginisées alignées, peu ou non indurées. A 2 m de profondeur débute le matériau d'altération du schiste. En bas de versant l'horizon B rouge compact et l'horizon nodulaire s'amincissent et disparaissent, et le sol développé directement à partir du matériau d'altération du schiste est peu épais et peu différencié (plus ou moins hydromorphe). Autour de l'axe de drainage se développe un système éluvial-illuvial complexe (FRITSCH, 1977). La dynamique de l'eau est superficielle et latérale (nappe perchée) sur l'ensemble de la colline, quoiqu'il se produise cependant une certaine humectation de l'horizon rouge en saison des pluies (HUMBEL 1978).

**Type II b :** sur certaines collines surbaissées ou situées en contrebas des précédentes, l'horizon rouge compact n'apparaît plus et la couverture pédologique est développée directement à partir du schiste altéré : elle présente un pseudogley de surface et le drainage y est à dominante superficielle et latérale, quoiqu'une certaine pénétration verticale de l'eau puisse s'observer là où le faciès de la roche mère est plus quartzeux et plus grossier.

Si l'on ordonne ces différents types de couvertures pédologiques comme sur la figure IV, on constate qu'ils dérivent par troncature de plus en plus profonde du type I vers IIb, d'une séquence initiale d'horizons comportant de haut en bas un ensemble d'horizons rouges à micropeds, un ensemble d'horizons rouges compacts à porosité tubulaire (et planaire) et un horizon d'altération. Ces horizons témoins d'une couverture initiale ferrallitique servent de matériau original aux horizons fonctionnels qui sont superficiels, peu épais et concordants avec la surface topographique. Seul l'étroit plateau sommital des modelés du type I conserve la dynamique verticale profonde de la couverture initiale, le drainage présentant une composante latérale et superficielle dès la disparition des horizons à micropeds. La dynamique verticale et profonde paraît donc associée ici aussi à la présence, à la partie supérieure du sol et sur une certaine épaisseur, d'horizons poreux à micropeds.

La disparition — en de nombreux endroits de Guyane septentrionale — de ces horizons à micropeds de la couverture initiale, qui provoque le basculement du drainage, et même parfois l'entaille de l'horizon compact, témoigne d'une destabilisation de la couverture initiale qui ne peut être expliquée qu'en débordant du cadre géographique de la Guyane française.

#### IV. — ORIGINE DES DIFFERENCIATIONS PRECEDENTES : ROLE DE LA TECTONIQUE DANS L'EVOLUTION DES COUVERTURES PEDOLOGIQUES.

##### A. — DISCORDANCE D'HORIZONS ET MORCELLEMENT DU MODELE SOUS L'EFFET D'UNE MISE EN DESEQUILIBRE. COMPARAISON AVEC LE SURINAME.

Dans les exemples précédents, la forte différenciation latérale observée a été mise en relation avec une discordance entre :

- un ensemble d'horizons supérieurs concordant avec la surface topographique actuelle et évoluant selon des mécanismes compatibles avec les conditions pédoclimatiques actuelles ;
- un ensemble d'horizons hérités d'une couverture pédologique initiale de type ferrallitique. Cette dernière est parfois encore complète et fonctionnelle mais le plus souvent tronquée et « hors circuit », et elle sert alors de matériau parental aux horizons supérieurs résultant de l'évolution actuelle. Elle a donc été, et se trouve encore, en situation d'instabilité, de déséquilibre, puisqu'elle se transforme en une autre couverture d'organisation différente.

Or on a constaté (BOULET 1978) que le moteur de ce déséquilibre consiste en un abaissement relatif du niveau de base, abaissement qui détermine un enfoncement du modelé dans la couverture initiale et un morcellement de celle-ci par multiplications des talwegs. Si les transformations des couvertures pédologiques étaient dues à des changements climatiques, ou aux importants mouvements eustatiques qui se sont produits à plusieurs reprises au cours du quaternaire, les effets devraient se faire sentir également dans les pays voisins qui ont forcément subi des variations comparables. Nous n'envisageons ici que le Suriname, seul pays frontalier avec lequel nous ayons des relations directes dans le domaine pédologique.

Au Suriname septentrional le modelé sur socle migmatitique est nettement moins accidenté qu'en Guyane française, avec de longs versants à pente faible ou moyenne et des axes de drainage assez peu incisés. Il en est de même pour les paysages développés sur les sédiments continentaux tertiaires (Série Détritique de Base) qui comportent de grands plateaux monotones. Les modelés du Suriname central et sur schiste sont par contre assez mouvementés.

Le modelé de Guyane française septentrionale, avec ses plateaux sédimentaires très morcelés à aspect de buttes témoins séparées par des modelés accidentés « en demi-orange » sur migmatite (dont les sommets sont au même niveau ou plus bas que la surface des plateaux) paraît traduire un soulèvement par rapport au Suriname septentrional. Ce soulèvement, ou du moins l'enfoncement relatif du niveau de base qui en résulte, a d'ailleurs été perçu par tous les pédologues qui ont travaillé en Guyane. TURENNE (1973), par exemple, a proposé pour la concentration modulaire des sols dits « remaniés » une interprétation basée sur l'intervention de phénomènes internes au sol. Effectivement, il importe de signaler que cet enfoncement du niveau de base entraîne, sous végétation naturelle, non pas une érosion superficielle qui serait un phénomène externe au sol et que l'on pourrait combattre par des moyens classiques, mais une transformation interne du sol qui s'accompagne d'une modification de la dynamique de l'eau et aboutit selon les stades où elle se trouve à la différenciation des **systèmes** hydrodynamiques décrits ici.

Si l'on examine enfin, à une échelle encore plus petite, le contexte géologique dans lequel se situe la Guyane française en bordure du bouclier guyanais (fig. V), on constate qu'elle sépare deux bassins sédimentaires fonctionnels, celui de Guyane-Suriname à l'Ouest, celui de l'Amazone à l'Est. Elle apparaît ainsi comme un môle de socle entre deux bassins subsidents, ce qui expliquerait son soulèvement. Les conséquences de cette situation débordent sans doute le domaine pédologique. Ainsi,

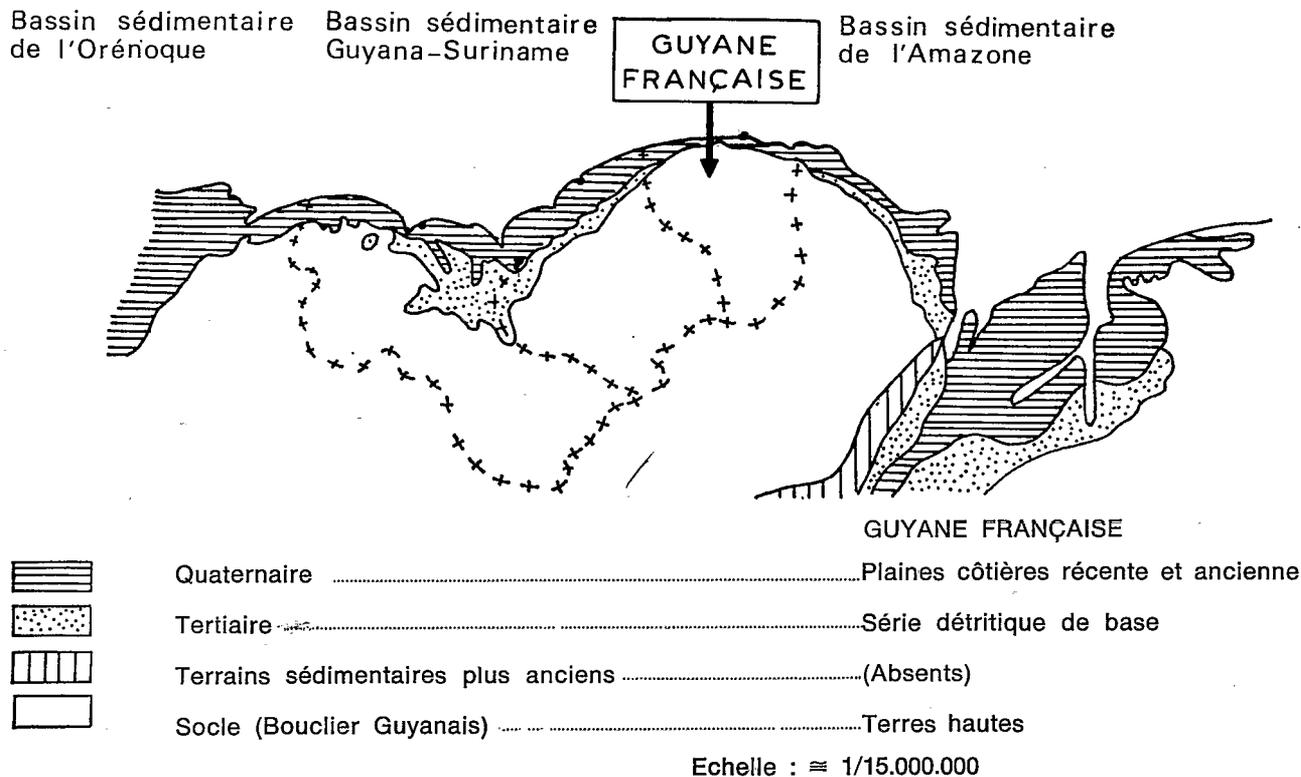


FIGURE V. — Situation de la Guyane Française par rapport aux bassins sédimentaires qui bordent le bouclier guyanais

*French guiana extends within the guianese Shield which is bordered by 3 major sedimentary basins*

on peut lui attribuer le caractère perché et limité en tonnage des formations bauxitiques cuirassées situées à l'est de Cayenne, qui s'oppose à l'extension et à la faible cote des gisements de même type situés au Suriname (Moengo et Suriname occidental).

Cette observation est intéressante car elle permet de prévoir des phénomènes analogues dans des contextes géologiques et climatiques semblables. Ainsi est-il possible que les sols sur socle de la région frontalière entre le Venezuela et la Guyane présentent des caractères analogues à ceux de la Guyane française. D'autre part, il est probable que la situation que l'on observe en bord de mer en Guyane française existe au sud de Suriname et de la Guyane, lorsqu'on s'éloigne suffisamment du bassin sédimentaire côtier.

## B. — MODIFICATIONS DE LA DYNAMIQUE DE L'EAU SOUS L'EFFET DE LA MISE EN DESEQUILIBRE.

Le phénomène de déséquilibre de la couverture pédologique, mis en évidence en Guyane septentrionale, est d'origine tectonique mais **d'amplitude pédologique**, l'enfoncement de la topographie qu'il suscite n'atteignant qu'exceptionnellement les horizons résistants de profondeur (blocs de roche dure), et la topographie s'inscrivant le plus souvent dans l'horizon médian de la couverture initiale. Il reste d'ailleurs des témoins dispersés des horizons supérieurs à micropeds de celle-ci. Si ces mouvements avaient été suffisamment rapides et brutaux pour entraîner une érosion complète de la couverture initiale, la pédogénèse aurait alors retravaillé sur des matériaux neufs et le résultat aurait été différent.

Ce déséquilibre d'origine tectonique se manifeste, comme les déséquilibres d'origine climatique mis en évidence en divers points du bouclier africain (BOULET 1974, CHAUVEL 1977, LEPRUN 1977), non seulement par des discordances entre horizons anciens et actuels, mais aussi par une modification du pédoclimat. Telle est la raison du qualificatif de **pédoclimatique** — ou de **pédobioclimatique**, pour tenir compte de l'adaptation consécutive du milieu biologique — que l'on a donné à ces déséquilibres d'origines diverses (BOULET 1974).

La couverture initiale de Guyane se caractérise par un drainage vertical abondant et profond, lié à la présence d'épais horizons supérieurs à organisation micropédique. C'est l'enlèvement, ou l'amincissement, de ces horizons poreux et perméables qui est à l'origine de la péjoration du drainage vertical. Cette péjoration est maximale au moment où — et là où — la surface topographique s'inscrit dans l'horizon médian de la couverture initiale, qui était (et devient) plus compact. Avant — et plus haut — le drainage vertical est maintenu tant que l'épaisseur de l'horizon supérieur à micropeds est « suffisante » et que la transition est progressive. Après — et plus bas — un certain drainage vertical peut se rétablir si l'horizon d'altération de la roche mère contient des minéraux résistants (quartz, muscovite) en nombre, taille et arrangement « convenables ».

Toutefois, comme la dynamique actuelle dépend à la fois des caractéristiques hydrodynamiques du sol et des conditions climatiques, on doit aussi envisager que la péjoration du drainage vertical soit due à une augmentation de la pluviométrie; la transformation des couvertures pédologiques serait alors consécutive à une modification du pédoclimat déterminée par une cause climatique.

Effectivement, on a signalé (HUMBEL 1978) un ralentissement du drainage vertical même en certains endroits des témoins de la couverture initiale. Ce ralentissement y est discret (sous forêt) et il ne limite guère la quantité d'eau infiltrée. Il s'agit là d'un phénomène superficiel, limité à la partie supérieure de l'horizon micropédique, et qui résulte de l'effacement de cette organisation poreuse dans un mince horizon qui devient un peu plus compact. On ne peut attribuer à l'évidence une cause tectonique à cette transformation superficielle qui s'expliquerait mieux par un déséquilibre d'origine climatique.

On sait d'ailleurs (de BOER, 1972 ; TRICART, 1974) que d'importantes variations climatiques ont affecté cette région du globe, notamment au Quaternaire, variations qui ont forcément marqué les couvertures pédologiques qui les ont subies. Mais une mise en déséquilibre d'origine climatique devrait se faire sentir aussi au Suriname septentrional où la pluviométrie est voisine de celle du NW de la Guyane (moins élevée qu'à l'Est). Or, dans cette partie septentrionale du Suriname, actuellement prospectée et mise en valeur, les sols à dynamique de l'eau superficielle sont inconnus des pédologues : les sols sur migmatite et sur granite qui nous ont été montrés sont comparables aux sols à dynamique de l'eau verticale de Guyane française.

Il semble donc que le déséquilibre de la couverture pédologique soit limité (vers l'ouest) à la Guyane française, et d'origine plus tectonique que climatique.

Une caractéristique importante des régions où la couverture pédologique est en déséquilibre — et quelle que soit l'origine, tectonique ou climatique, du phénomène — est la péjoration du drainage vertical au profit d'écoulements superficiels et latéraux. Cette péjoration croît avec l'enfoncement de la topographie actuelle dans l'épaisse couverture ancienne, c'est-à-dire avec une accélération des processus superficiels (érosion) relativement aux processus d'altération de la roche ou d'approfondissement des horizons. Comme l'écoulement latéral réduit les quantités d'eau disponibles pour ces processus d'épaississement de la couverture pédologique, on comprend que le déséquilibre pédobioclimatique se déclenche — puis s'accélère — lorsque s'établit un certain déséquilibre entre les vitesses relatives des phénomènes superficiels et des phénomènes profonds. Ce sont là peut-être des caractères généraux des mises en déséquilibre, qu'elles soient d'origine tectonique ou climatique, et dont les conséquences pour la mise en valeur vont être maintenant analysées.

## V. — CONSEQUENCES AGRONOMIQUES DU DESEQUILIBRE PEDO-BIOCLIMATIQUE.

En Guyane française septentrionale, la transformation des couvertures pédologiques mises en situation de déséquilibre est inégalement développée, en relation avec le morcellement du modelé ou la distance au réseau hydrographique. Elle l'est toutefois suffisamment, dans la plupart des régions, pour que la dynamique de l'eau soit superficielle et latérale, sur la majeure partie des paysages dans les conditions climatiques actuelles. Or, les problèmes que pose la mise en valeur agricole de tels paysages sont mal connus en région équatoriale et l'exemple de la Guyane peut aider à mieux les cerner. Quoique ce comportement hydrodynamique particulier n'y ait été mis en évidence que récemment, le plan développement lancé par les pouvoirs publics en 1976 a mieux permis d'en apprécier les contraintes. A noter que la méconnaissance de ces contraintes a fait attribuer les échecs des tentatives antérieures de mise en valeur beaucoup plus à des déficiences humaines — ou à des facteurs économiques ou conjoncturels — qu'aux caractéristiques propres du milieu naturel. La comparaison avec le Suriname voisin ne pouvait d'ailleurs que conforter dans cette interprétation.

Quoique les essais de mise en exploitation sur lesquels on puisse s'appuyer soient encore peu nombreux ou mal renseignés, on peut souligner les contraintes suivantes :

### A. — FREQUENCE ET IMPORTANCE DES VARIATIONS LATERALES DU SOL ET DU PEDOCLIMAT.

Les caractères minéralogiques et géochimiques des sols des Terres Hautes (et de la plaine côtière ancienne) confèrent aux sols une égale pauvreté chimique, mais les différenciations latérales décrites ci-dessus se traduisent par des variations spatiales rapides et importantes des conditions physiques. Or, certaines d'entre elles peuvent

influencer la répartition du système racinaire et par conséquent l'alimentation chimique et hydrique des plantes. Ce sont :

- la distribution irrégulière des caractères liés à l'hydromorphie dans l'horizon de surface des sols à drainage ralenti par un horizon compact sub-superficiel (échelle latérale déci- à décamétrique) ;
- la succession sur un même versant (échelle hectométrique) de sols d'abord profonds et à variations verticales progressives de texture, porosité, etc... puis de sols peu épais et à horizons de plus en plus contrastés ;
- la concentration nodulaire, d'abord en poches (échelle métrique), puis en horizon continu, d'épaisseur, de profondeur et de densité variables, sur une partie du versant (échelle déca- à hectométrique).

Ces sols juxtaposent et associent à des échelles diverses (\*), **des volumes** ayant des pédoclimats très différents, allant du bon équilibre air-eau des sols à drainage vertical libre à l'engorgement de longue durée en saison des pluies de l'horizon à poches d'eau et à nappe perchée, ou encore au milieu physiologiquement sec et mal aéré de l'horizon rouge compact médian.

Ces variations latérales rapides du sol et du pédoclimat conduisent, — et souvent dans une même unité de production — **soit** à associer les spéculations (polyculture) pour les adapter aux différents pédoclimats, **soit** à rechercher une spéculation suffisamment souple pour supporter des différences de pédoclimat dans le temps (contraste saisonnier) ou dans l'espace, **soit** à uniformiser et à améliorer les pédoclimats, dans la mesure où cela est possible, par des pratiques culturales appropriées.

Comme les sols à drainage vertical profond n'occupent que de petites superficies dispersées (sommets ou rebords de plateau ou de colline), les terrains convenant aux cultures sensibles à l'engorgement sont morcelés en lots séparés par des bas-fonds marécageux, ce qui accroît les coûts d'installation et d'exploitation.

#### B. — MAUVAIS EQUILIBRE AIR-EAU DU A LA FAIBLE EPAISSEUR ET AU CONTRASTE VERTICAL DES HORIZONS FONCTIONNELS DU SOL : CONSEQUENCES POUR L'ENRACINEMENT.

Le blocage du drainage à faible profondeur réduit la partie fonctionnelle du sol. Or celle-ci reçoit un apport pluvial considérable, inégalement réparti par le ruissellement, ou par l'écoulement latéral interne de la nappe perchée. Le pédoclimat se caractérise alors, selon les saisons ou selon les endroits, soit par un excès d'eau libre, soit par une sécheresse inattendue dans ces régions humides. De plus, cette dynamique latérale et superficielle détermine un fort contraste des horizons.

Ces différences de pédoclimat, et les discontinuités entre horizons supérieurs peu épais, orientent nettement la répartition des racines de la forêt naturelle : les racines sont pratiquement absentes des horizons médians « physiologiquement secs », réduites en nombre dans les horizons supérieurs servant de magasin à la nappe perchée ou aux poches d'eau, ainsi que dans l'horizon plus compact ralentissant le drainage en subsurface (HUMBEL 1978). On constate alors que l'ancrage des gros arbres est mauvais (nombreux chablis). Or, les observations déjà faites sur les profils culturels montrent à quel point les plantes cultivées sont sensibles aux conditions du pédoclimat, aussi bien pour le développement de leurs parties aériennes que pour celui de leurs systèmes racinaires.

Le défrichissement mécanisé efface par compression le magasin des poches d'eau et perturbe les voies naturelles d'évacuation latérale aménagées par la

(\*) Décimétriques (...), métriques (...), décamétriques (...), hectométriques (...).

nappe perchée : il accentue alors la sécheresse du sol en saison sèche et l'engorgement de saison des pluies, et réduit alors encore la profondeur de sol accessible aux racines.

C'est ainsi que le défrichement brutal d'un terrain à dynamique superficielle et latérale — pour l'implantation d'un verger d'agrumes — s'est traduit par la disparition de la nappe perchée (compactage et érosion) et par une sécheresse quasi totale du pédoclimat au dessous d'une couche superficielle de 20 centimètres d'épaisseur à structure prismatique. Les arbres sont morts avant de produire lorsque les racines ont atteint le gley formé à la base du trou de plantation et le verger a alors été laissé à l'abandon. La régénération spontanée de la forêt ne s'est toujours pas amorcée 8 ans après le défrichement et le tapis herbacé à base de cypéracées qui la remplace a un système racinaire limité (0,3 kg/m<sup>2</sup> contre 33 pour la forêt primitive). Un phénomène de ce genre a été observé par de BLIC (1976) en Côte d'Ivoire.

## CONCLUSION.

La prise de conscience de l'existence, en milieu tropical, de couvertures pédologiques en cours de transformation latérale et interne sous l'action d'un déséquilibre résultant d'une variation de facteurs climatique ou tectonique est récente, ou moins aiguë que celle des déséquilibres provoqués par l'homme. D'ailleurs, celui-ci intervient souvent préférentiellement dans les milieux marqués par un déséquilibre naturel : les transformations qu'il y provoque — manifestement disproportionnées avec la quantité d'énergie apportée — facilitent grandement ses objectifs, du moins dans un premier temps.

Certains modes d'utilisation du milieu, comme la culture itinérante pratiquée en Guyane par des populations tribales (GRENAND P., 1977 ; GRENAND F. et al., 1978), sont adaptés à ces milieux en déséquilibre naturel, qui leur procurent même une civilisation d'abondance et de loisirs sans provoquer de dégradations irréversibles du milieu. Mais ils sont basés sur une possibilité de choix des meilleurs terrains et ils correspondent à un style de vie et à une faible densité de population qui font que ses enseignements paraissent actuellement intransmissibles.

Il semble que le basculement du drainage — qui de vertical et profond devient superficiel et latéral — soit une caractéristique assez générale des couvertures pédologiques en cours de transformation et qui, bien que lourde de conséquences pour la mise en exploitation par des techniques modernes, est passée trop souvent inaperçue. Cela peut être parce que les études ont été menées par nécessité, en saison sèche, ou simplement parce qu'elles ont débuté par des zones où les sols sont en équilibre naturel. L'analyse des contraintes pédologiques en milieu ferrallitique table alors sur un bon équilibre naturel entre ces deux facteurs primordiaux de fertilité que sont l'air et l'eau, pour insister plutôt sur les facteurs chimiques, organiques, mécaniques etc...

C'est ainsi qu'en Guyane l'étude des sols a été basée sur des concepts et des méthodes transposés d'un autre milieu équatorial (l'Afrique), où le drainage vertical paraît au contraire dominer. Les caractéristiques particulières et les contraintes agronomiques des sols à mauvais équilibre air eau, où les variations verticales et latérales sont rapides et importantes et limitent le volume et la qualité de la terre disponible pour les racines, n'ont pas été considérées dans les projets de mise en valeur. Cette méconnaissance a certainement joué un rôle dans le déterminisme des échecs successifs.

On ne devra pas s'attendre à retrouver dans toutes les régions tropicales humides du globe où la couverture pédologique est en déséquilibre des situations comparables à la précédente. En fait, toutes les combinaisons sont a priori possibles entre les facteurs en cause :

- nature et organisation de la couverture initiale (intégrant en particulier l'influence des roches mères) ;
- nature et amplitude des mouvements tectoniques ou des variations climatiques.

SUMMARY

RELATIONSHIPS BETWEEN THE ORGANIZATION AND HYDRODYNAMIC BEHAVIOR OF NORTHERN FRENCH GUYANE SOILS — THE ROLE OF EVOLUTION OF THE SOIL COVER AND OF TECTONICS UPON OCCURENCE OF THOSE SYSTEMS — AGRICULTURAL CONSEQUENCES

*In northern French Guyane detailed study of vertical and lateral variations in soil-systems developed on schistic or migmatic rock material indicates:*

- *The organization of soil-components changes, inside each hill and from one hill to the next, in relation to water drainage (spatial variations, fig. I, II, III and IV).*
- *These soil-systems are derived from a relatively uniform initial ferrallitic cover, which has some similarities to those of humid Africa. They are more or less transformed (time variations) and in some places we can observe the relics of the initial cover. Transformation consists of a pejouration of vertical drainage (linked to the presence of a thick micropedic horizon) and which leads to a very superficial and lateral water dynamics.*

*This transformation (inducing time and spatial variations) results from an imbalance action due to a slight rising of the land (a few meters) not appearing in neighbouring countries, Northern Suriname for example, where the initial cover is functional (fig. V).*

*Thus, an imbalance action involves different consequences according to the nature and degree of the external factors (climatic, tectonic) influencing the imbalance, and according to the properties of the initial cover. However, in any case, the vertical drainage is reduced and a lateral drainage appears and increases.*

*In sum, airwater equilibrium is prejorated in the topsoil and a field heterogeneity appears. Then planting is not so easy as in uniform and well drained soils. Evidently, the less transformed systems, or parts of systems, have to be first exploited. Meanwhile, some planting practices have to be found adapted to sols having superficial drainage. Such are the O.R.S.T.O.M. soil scientists's recommandations for the success of the actual agricultural development project.*

## Bibliographie

- BLIC P. (de) (1976). — Le comportement de sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire après défrichement et mise en culture mécanisée : rôle des traits hérités du milieu naturel. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol., vol. XIV n° 2, pp. 113-130.
- BOER M.W.H. (de) (1972). — Landforms and soils in eastern Surinam (South. America). Centre for Agricultural publishing and documentation, Wageningen, 169 p.
- BOULET R. (1974). — Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta : équilibre dynamique et bioclimats. Thèse Sciences Strasbourg, multigr., 330 p. et Mém. ORSTOM, n° 85, 1978.
- BOULET R. (1977). — Aperçu sur le milieu pédologique guyanais. Caractères originaux et conséquences sur la mise en valeur. ORSTOM de Cayenne, cote p. 149, 36 p. ronéo.
- BOULET R. (1978). — Existence de systèmes à forte différenciation latérale en milieu ferrallitique guyanais : un nouvel exemple de couvertures pédologiques en déséquilibre. Science du Sol - Bull. de l'A.F.E.S. n° 2, 1978, pp. 75 à 82.
- CHAUVEL A. (1977). — Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Thèse Sci. Strasbourg et Trav. et Doc. ; ORSTOM, 532 p.
- FRITSCH E. (1977). — Organisation d'une toposéquence des sols sur schiste Bonidoro de Guyane française (piste de Saint-Elie). Etude macromorphologique. Rapport provisoire, ORSTOM de Cayenne, multigr. 72 p.
- GRENAND P. (1977). — Introduction à l'univers wayapi. Dip. H.E.S.S., rapport ORSTOM multigr. 386 p. à paraître à la S.E.L.A.F.
- GRENAND F. et HAXAIRE P. (1978). — Monographie d'un abattis Wayapi. A paraître dans le journal Agron. Trop. et Bot. appl.
- HUMBEL F.X. (1976). — L'espace poral des sols ferrallitiques du Cameroun. Caractéristiques et comportements en relation avec les régimes hydriques et les bioclimats. Thèse Sci. Paris et Trav. et Doc. de l'ORSTOM n° 54, 306 p.
- HUMBEL F.X. (1978). — Caractérisation par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement, de sols de Guyane française à dynamique de l'eau superficielle. Science du Sol - Bull. de l'A.F.E.S. n° 2, 1978, pp. 83-94.
- LEPRUN J.-C. (1977). — Géochimie de la surface et formes du relief. La dégradation des cuirasses ferrugineuses. Etude et importance du phénomène pédologique en Afrique de l'Ouest. Sci. Géol. Bull. 30 (à paraître).
- LIM S.K. et THACH S. (1977). — Etude de l'organisation et des caractéristiques physiques et chimiques de couvertures pédologiques sur schistes Bonidoro. Rapport de stage, ORSTOM de Cayenne, cote p. 151, multigr.
- TRICART J. (1974). — Existence de périodes sèches au quaternaire en Amazonie et dans les régions voisines. Rev. Géom. Dyn. XXIII n° 4, pp. 145-158.
- TURENNE J.-F. (1973). — Carte pédologique de Guyane. Mana - Saint-Laurent, feuilles S.-W. et S.-E. à 1/50.000. Notice explicative, 109 p., ORSTOM-Paris.

**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**

par **R. BOULET \***, **J.-M. BRUGIERE \*\***, **F.-X. HUMBEL \*\***

---

\* Centre O.R.S.T.O.M., B.P. 165, 97301 Cayenne Cedex.  
\*\* O.R.S.T.O.M., 70, route d'Aulnay, 93 - Bondy.

12 FEV. 1980  
O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

9894 8x11