

L'ANALYSE STRUCTURALE DES COUVERTURES DE SOL

UNE BASE POUR LA CARTOGRAPHIE DES SOLS EN GUYANE

F. X. HUMBEL *

Les couvertures de sol sont des corps complexes, différenciés dans les trois dimensions de l'espace. Le plus souvent, les pédologues définissent le sol par sa différenciation verticale, ou profil. Ils expriment ensuite la différenciation latérale par un découpage cartographique en unités dont le contenu est défini par des profils, des combinaisons de profils ou des associations de profils (FRIDLAND, 1974). Là où les variations latérales sont rapides et importantes, il faudrait tout un ensemble de profils pour définir chaque combinaison ou association ; à moins de procéder à un découpage très fin, possible seulement à grande échelle.

Ce recours aux profils ne se justifie plus lorsque la différenciation latérale du sol tire son origine de transformations progressant latéralement, et non pas directement de variations latérales de conditions de pédogenèse. C'est fréquemment le cas en zone tropicale (BOCQUIER, 1971, BOULET, 1974, CHAUVEL, 1977, LEPRUN, 1979, NAHON, 1976, RUELLAN, 1970), et notamment en Guyane Française septentrionale (TURENNE, 1974, BOULET, 1978-81, FRITSCH, 1984).

Les variations latérales ne sont pas alors contractées dans d'étroites bandes de terrain, où les transitions seraient progressives et congruentes entre des unités cartographiques plus homogènes. Elles s'étalent au contraire sur la majeure partie du paysage en structures complexes mais ordonnées dans certaines directions. Il est dès lors nécessaire de considérer cette ordonnance pour comprendre la pédologie, et utiliser le milieu.

Cette situation a amené les pédologues de l'ORSTOM en Guyane (BOULET et collaborateurs) à prendre directement en compte pour la cartographie, depuis 1977, des structures plus complexes que des profils. Ces structures bi — ou tri — dimensionnelles, ont un développement latéral important, calé sur des unités de modelé, ou des parties de celles-ci. Mais pour être utilisables en cartographie, ces structures doivent avoir été inventoriées, et il faut savoir les reconnaître sur le terrain.

En fait, l'étude menée à l'échelle du paysage s'inscrit dans une approche structurale plus générale de l'étude du sol, dont elle constitue l'étape première. L'objectif cartographique n'est lui-même assuré qu'après que l'analyse a été menée à des niveaux d'organisation plus fins. Il est aussi grandement facilité par l'existence de niveaux d'organisation supérieure. Il l'est également par les relations de concordance pouvant exister en-

tre le sol et d'autres composantes du milieu, et qu'il importe d'établir séparément.

Les analyses structurales détaillées qui ont été réalisées en Guyane ne servent pas seulement de base à cette nouvelle approche cartographique. Elles éclairent aussi notre connaissance des systèmes de transformation, en établissant des relations spatiales significatives de relations génétiques entre diverses parties des couvertures de sol. On les utilise également comme support d'essais agronomiques qui montrent l'influence de la différenciation latérale du sol sur le comportement des cultures.

La démarche utilisée, et ses principaux résultats, ont déjà été présentés à des étapes antérieures, dans les publications suivantes : BOULET *et al.*, 1978, 1982. Le but de cette présentation est de faire le point de ces analyses structurales, au plan méthodologique et en privilégiant leur retombée cartographique. Quelques considérations sur les couvertures de sol sont d'abord nécessaires, pour indiquer les aspects structuraux qui sont pris en compte.

* Directeur de Recherches à l'ORSTOM - Centre de Bondy, 70-74, route d'Aulnay, 93140 Bondy.

LES SYMETRIES ET LES NIVEAUX STRUCTURAUX DES COUVERTURES DE SOL

Retour sur l'approche réductionniste au profil

Le choix du profil, non pas seulement comme moyen d'analyse mais pour représenter la structure de la couverture, repose sur les particularités suivantes de celle-ci :

— la différenciation verticale y est souvent très marquée et s'exprime par des discontinuités limites d'horizons à peu près concordantes à la surface topographique. Cette concordance fait penser que les transformations successives qui concourent à la différenciation du sol entre lithosphère et atmosphère progressent surtout verticalement, comme les flux d'énergie, de matières, les racines, etc.

— la faible épaisseur du sol et des horizons à l'échelle du paysage, et la nécessité de cartographier de vastes étendues, conduit à circonscrire les variations latérales dans d'étroites bandes de transition entre des unités cartographiques définies par des profils.

— on accède à l'information par des coupes verticales nécessairement espacées. Ainsi, la connaissance est continue pour l'axe vertical, discontinue pour les différenciations latérales. Celles-ci sont alors plus délicates à reconstituer.

— les études ont commencé dans les régions septentrionales du globe où la jeunesse et la minceur du sol accusent sa lithodépendance et y limitent en extension le développement latéral des transformations. Dans les régions tropicales stables et à longue histoire continentale, des transformations diverses ont pu au contraire s'exercer durablement, se succéder, voire s'interpénétrer lorsqu'elles progressent selon des axes différents.

On comprend dès lors pourquoi l'étude de ces transformations, qui marquent les couvertures de sol comme de vastes chomatogrammes, a été particulièrement poussée en région tropicale ; pourquoi l'approche basée sur le profil s'y est avérée plus vite moins satisfaisante ; pourquoi devant les insuffisances de cette approche, des essais pour prendre en compte les différenciations latérales ont été nécessaires.

Différentes symétries possibles dans les couvertures de sol

On peut distinguer schématiquement 4 cas (figure 1).

Cas 1 - Là où la différenciation est uniquement verticale, et se maintient identique à elle-même en tous points, la couverture de sol présente une *symétrie maximale*. Elle est alors correctement représentée par un *profil type*. Il en est encore de même lorsque les variations latérales, aléatoires, n'affectent pas les traits essentiels de la différenciation verticale. L'information donnée par le profil-type, réduite à ces traits communs, doit être complétée en indiquant les intervalles de variation des autres.

Cas 2 - Là où la différenciation suit la plus grande pente du versant et se maintient identique à elle-même dans tout plan radial de l'unité de modelé, la *symétrie* est encore *élevée*. La couverture de sol est représentable par une *toposéquence type* dans laquelle l'information est réduite aux traits communs. Il faut évidemment quelque peu translater et déformer la toposéquence pour qu'elle engendre par rotation la couverture de sol de l'unité du modelé.

Cas 3 - Là où la couverture de sol présente des différenciations ordonnées latéralement, mais qui ne concernent ni tous les traits, ni toutes les parties de l'unité de modelé, la symétrie n'est plus que *partielle et locale*. Par exemple, certains traits seulement de la coupe a se maintiennent sur le versant A etc. Si, en plus, la différenciation ne suit pas la plus grande pente, il faut préciser sa direction.

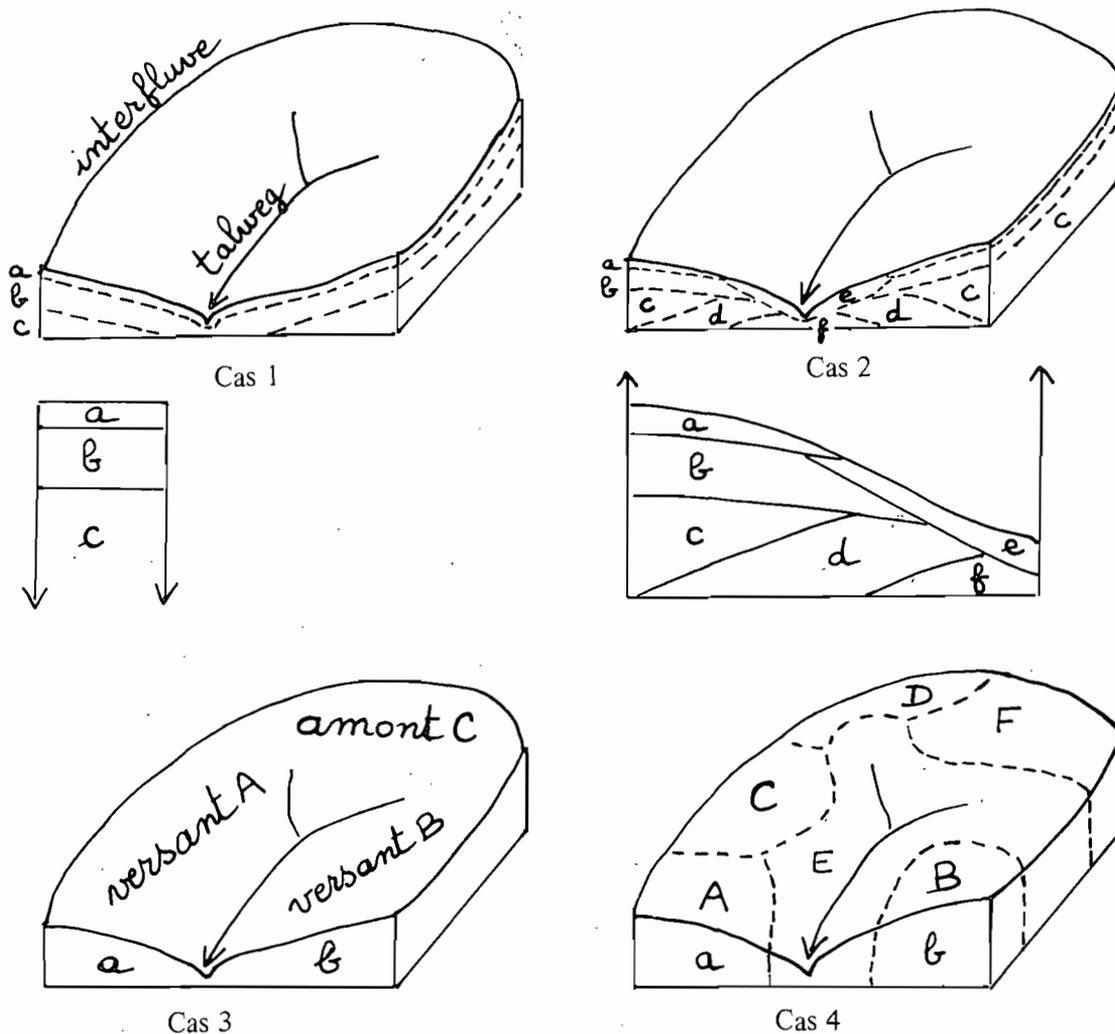
Cas 4 - Si l'on ne décèle aucun ordre dans la couverture de sol, la symétrie y est nulle, ou bien elle a échappé à l'observation (la maille d'étude est peut-être inadaptée). Il faut alors caractériser, localiser chaque composante de la couverture de sol en effectuant une prospection systématique.

Nécessité de procéder à des analyses structurales précises et à différents niveaux d'investigation

On ne peut connaître les symétries d'une couverture de sol qu'après avoir procédé à son analyse structurale détaillée. A moins d'être à même de la rattacher à une structure déjà connue, à

partir de quelques observations judicieusement placées. Dans un région inconnue, il est donc nécessaire de faire des analyses détaillées, en des endroits choisis au mieux pour inventorier les structures présentes dans la région.

Seules les symétries de cas 3, plus rarement du cas 2, ont été observées à ce jour en Guyane. Ces couvertures à symétrie partielle et locale s'observent dans les régions marquées par des transformations qui progressent latéralement et



- Cas 1 : profil représentatif, en partie ou en totalité (symétrie maximale)
- Cas 2 : toposéquence représentative, en partie ou en tout (symétrie centrale)
- Cas 3 : quelques ordres de la coupe a se maintiennent sur une partie du versant A de même pour bB etc... (Cas général, traité ici)
- Cas 4 : mosaïque d'unités différentes à caractériser séparément (symétrie minimale)

Figure 1. — Différents cas et degrés de symétrie dans les couvertures de sol

qui, associées en systèmes, sont diversement avancées d'une unité de modelé à l'autre. Ce sont elles qui nécessitent une analyse et une représentation tridimensionnelle. L'information sur les systèmes de transformation fait l'objet de l'article de BOULET, CHAUVEL, LUCAS (p...).

La délimitation des horizons sur le terrain peut

être faussée si l'on ne prend pas garde à la présence d'autres structures répétitives, plus petites. Ces structures sont aisément identifiables sur des coupe, plus difficilement lors d'une prospection discontinue par profils. A ce niveau d'analyse, elles ne peuvent être prises en compte que globalement.

La caractérisation des horizons sur le terrain doit être poursuivie aux niveaux plus fins d'observation, ceux où l'on peut mettre en évidence les micro-structures, les assemblages de cristallites, qui les composent. L'apparence à l'œil nu n'est que la résultante de ces composants microscopiques. Or des microstructures différentes peuvent donner le même aspect global, des microstructures analogues des aspects différents. Il faut s'assurer que les critères d'identification des horizons sur le terrain (couleur, texture,...) sont discriminants vis-à-vis des organisations élémentaires et sinon les préciser, les compléter.

L'observation microscopique des contacts verticaux ou latéraux entre horizons permet aussi de préciser, au plan minéralogique et au plan microstructural, la nature et le sens des transformations.

CONTRAINTES D'ETUDE, LIEES AU SOL OU AUX TECHNIQUES ACTUELLES

Découpage en horizons, ou caractères : les traits structuraux privilégiés

Les discontinuités visibles dans une couverture de sol n'y circoncrivent pas toujours des horizons distinguables par leur contenu : celui-ci peut varier, d'un point à l'autre de l'horizon, plus que de part et d'autre de l'enveloppe. Inversement les horizons que l'on est amené à définir par leur contenu n'ont pas toujours une enveloppe bien apparente ou qui corresponde à une variation brusque des caractères de définition. On admettra néanmoins dans ce qui suit, qu'il a été possible de distinguer sur le terrain des horizons caractérisés simultanément par une enveloppe et un contenu.

On repère aussi sur le terrain des discontinuités qui disparaissent latéralement sans en rejoindre d'autres. On est amené également à délimiter un ensemble des corps pédologiques plus petits, des concrétions par exemple. En outre, les caractères (couleur, texture, etc.) dont les variations définissent une enveloppe d'horizon, peuvent aussi être dissociés. On doit les repérer alors séparément, par exemple ci-dessous le caractère « sec au toucher ».

Dans tous les cas : enveloppe d'horizon, de caractère, discontinuité isolée, l'information sur

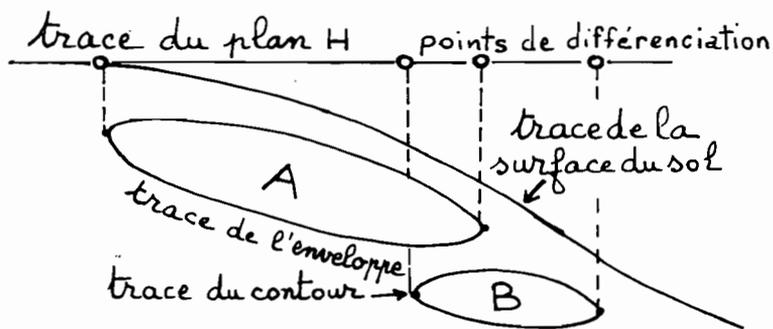
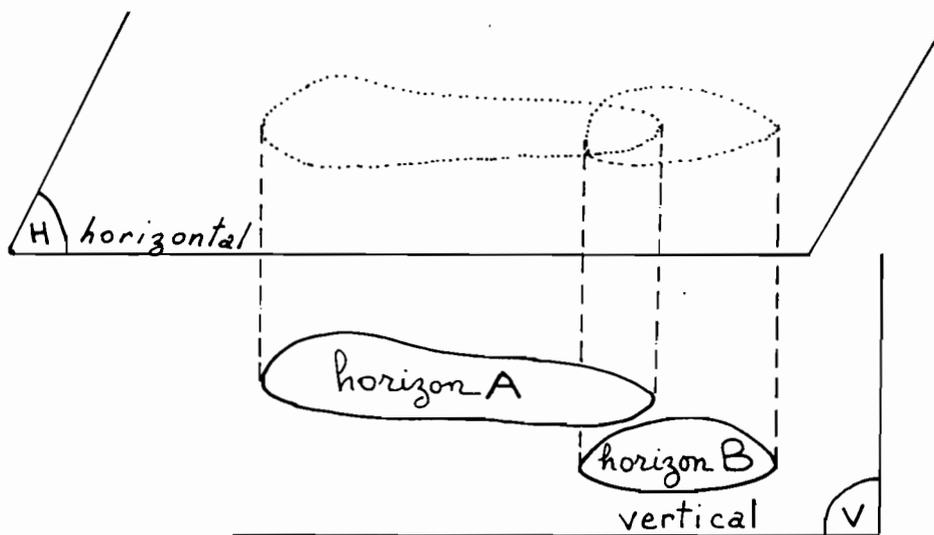
la structure est basée sur des *surfaces* internes et sur leurs contours latéraux qui sont des lignes (fig. 2). La projection des *contours* sur un plan horizontal donne des *lignes* (les surfaces subhorizontales n'y sont pas repérables). Sur une coupe verticale, la trace des *surfaces* ou des *lignes* est formée de *lignes* ou de *points*. L'anisotropie verticale des couvertures de sol impose de représenter leur structure à la fois par des coupes verticales et par une projection sur un plan horizontal, ou *carte*. Encore faut-il pouvoir établir la continuité latérale de ces traits structuraux.

Continuité latérale et étude par profils

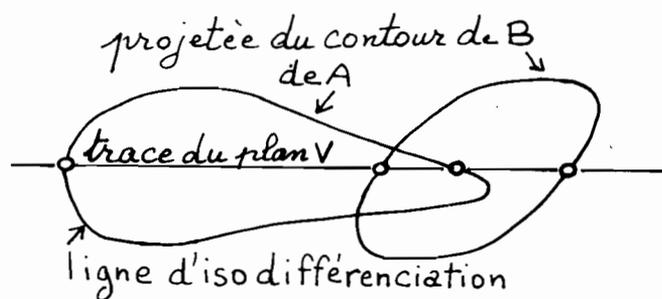
L'étude par profils impose d'établir la continuité latérale d'un horizon par interpolation entre observations verticales successives. La validité de cette interpolation dépend moins de la distance que de la position des profils dans le paysage, ainsi que de la connaissance que l'on a des structures répétitives d'extension plus réduite. Ainsi (fig. 3) le raccord, ou l'interpolation, est acceptable entre les points a^* et b^* de profils distants de quelques mètres entre lesquels la topographie est régulière (pas de talweg secondaire par exemple comme entre c et d). Du moins si la continuité que l'on établit ne concerne pas des horizons ou caractères affectés par des structures répétitives plus petites. Elle ne l'est donc plus entre a^* et b^* , ou entre c et d , et a fortiori entre a et d , ou a et e , qui pourraient cependant présenter des profils analogues.

Dans certains cas il y a continuité latérale bien que contenant et contenu se modifient. Par exemple (fig. 4), de 1 à 10 le contenant de l'horizon « a » changé et avec lui son contenu, par mélange avec des pédoreliques des horizons encaissants. Cependant la continuité latérale du contenu défini en 1 au centre de « a », continuité établie de proche en proche, amène au découpage indiqué.

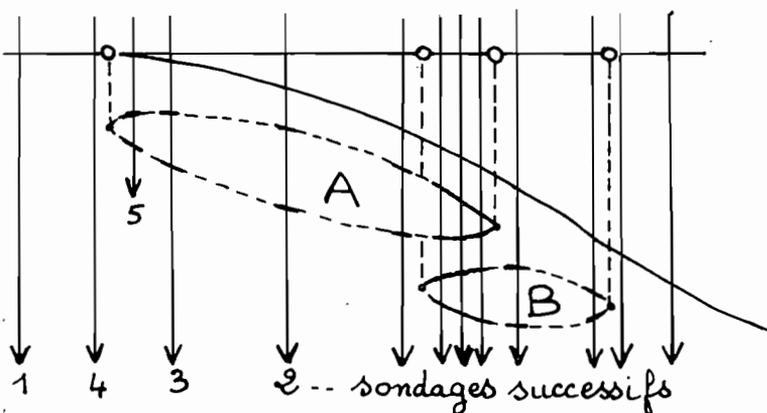
Là où il existe des coupes continues, l'observation directe des contacts latéraux permet leur étude fine, ainsi que celle de petites structures répétitives éventuelles. La validité des interpolations effectuées ailleurs par profils peut y être établie. En l'absence de coupes adaptées, une fosse est nécessaire pour étudier les contacts (par exemple pour l'horizon « a » une fosse doit relier les profils 9 à 12).



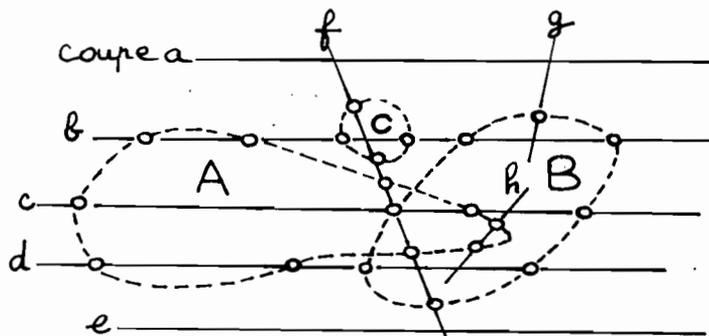
(1) coupe suivant V



(2) projection sur H.



(3) profils rapprochés, jusqu'à pouvoir relier latéralement les traces des horizons



(4) coupes rapprochées, jusqu'à pouvoir relier par des lignes les points de différenciation

1 horizon	=	2 enveloppes	+	1 contour
		↓		↓
en coupe	⇒	2 traces	+	2 points
		↓		↓
projection	⇒	rien	+	1 ou 2 lignes

Figure n° 2 : Repérage des horizons par leurs traces sur des couples (1) et par projection horizontale (2). Techniques de prospection (3 et 4).

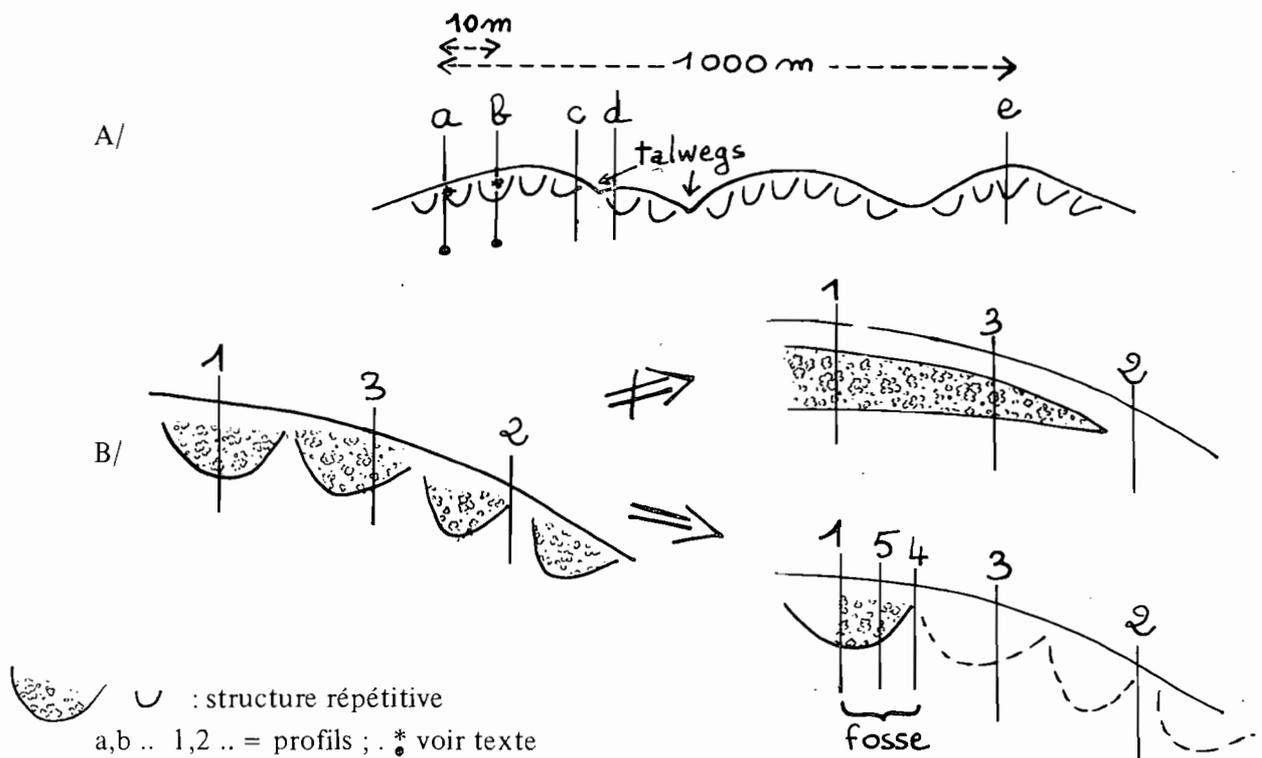


Figure 3A / Analyse à partir d'observations discontinues : prise en compte de la position des profils. 3B / L'analyse doit être menée jusqu'à identification des structures répétitives plus petites.

Représentation déformée, du fait de la minceur du sol

À l'échelle des distances concernées par la cartographie pédologique, l'épaisseur des horizons et même souvent la dénivelée des versants, sont très petites. Il faut donc les exagérer lorsqu'on représente les toposéquences. Si l'on multiplie

par $x > 1$ les dénivelés et par $y > 1$ les épaisseurs, une contre-pente d'horizon peut apparaître en pente, pour certaines valeurs de x et de y . On ne peut donc déduire d'une telle représentation le sens d'écoulement de l'eau sur une discontinuité. D'ailleurs, la plus grande pente de cette discontinuité n'est pas forcément dans le plan de la coupe.

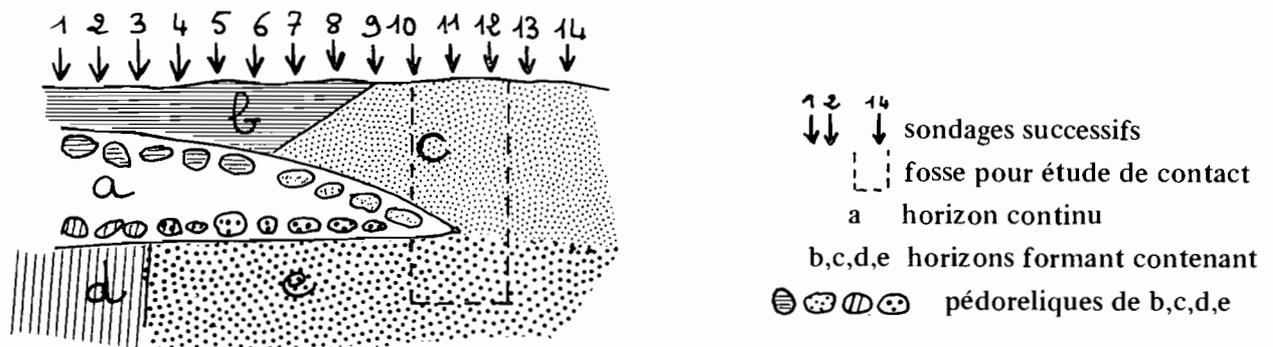


Figure 4 : L'horizon est considéré comme continu, en dépit des modifications de contenu et de contenant.

LA PRATIQUE DE L'ANALYSE STRUCTURALE SUR LE TERRAIN, EN GUYANE

L'identification des traits structuraux observables sur le terrain conditionne les autres phases de l'analyse. Elle mérite donc une attention particulière. C'est la phase originale de l'approche développée en Guyane. Elle est forcément influencée par le milieu concerné ainsi que par l'expérience et les motivations de ceux qui la pratiquent. C'est au contact d'autres milieux, à l'occasion d'autres applications, que son exposé pourra être complété et gagner en généralité.

Choix de secteurs à soumettre à l'analyse structurale

La région étudiée associe généralement différents substrats, roche-mères, modelés, formation végétales. Chaque combinaison de ces composantes du milieu devrait faire l'objet d'une analyse détaillée. Mais on s'aperçoit, dès la phase de reconnaissance, ou ultérieurement, que la différenciation du sol n'est pas exactement accordée à ces traits physiographiques majeurs : il y a notamment des couvertures de sols différentes sur des modelés de même type, des couvertures analogues sur des (parties de) modelés différents. En fait, d'autres traits physiographiques plus discrets sont en relation avec la structure de la couverture de sol. Mais ces relations ne seront connues qu'après analyse détaillée du sol, et analyse séparée des composantes du milieu. Le choix le plus judicieux des secteurs d'étude ne peut être fait à la phase de reconnaissance et l'on doit s'attendre à devoir compléter ultérieurement l'inventaire des structures.

L'important, à ce stade, est que les secteurs choisis englobent les principales différenciations du sol mises en évidence. Ils peuvent correspondre à des unités de modelé, collines, bassins versants, ou à tout autre découpage de commodité.

Objectifs de l'analyse détaillée de ces petits secteurs

Le but est d'établir la structure de la couverture de sol en repérant les enveloppes d'horizons ou de caractères. Les traits permanents sont privilégiés, car ils vont fournir une trame structurale invariable, mais on repère aussi des caractères

saisonniers, ou susceptibles de l'être : niveau de la nappe, contraste d'humidité, etc...

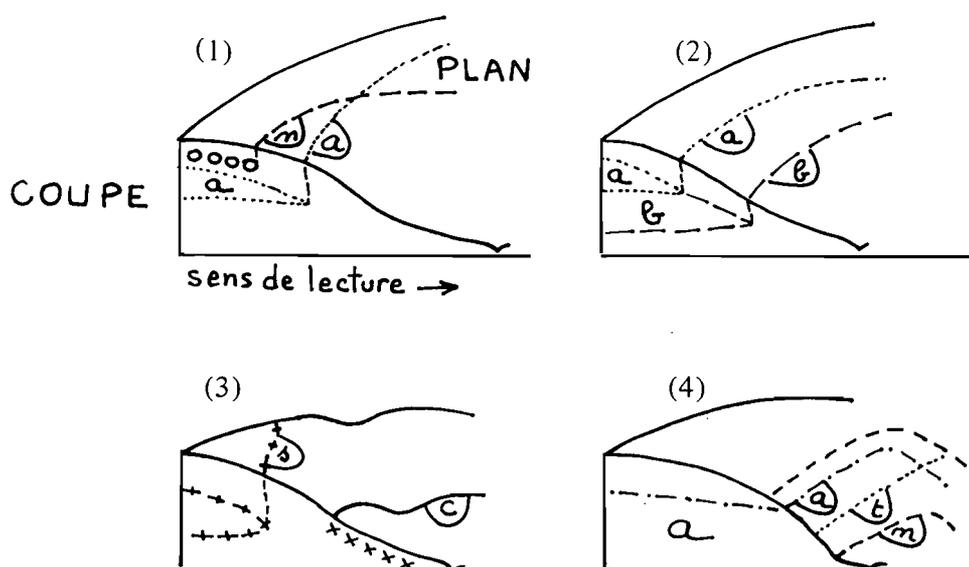
On procède par coupes successives. Sur chaque coupe la continuité latérale des horizons est reconstituée à partir d'observations verticales discontinues. La continuité d'une coupe à l'autre est établie par des coupes intermédiaires ou par des parcours de raccord.

La représentation associe une projection horizontale, ou plan, et des coupes. Sont projetés sur ce plan les points d'intersection d'une coupe avec des contours d'horizon (fig. 2) ou « points de différenciation ». Ces derniers sont reliés par des lignes dites d'isodifférenciation (ou d'iso-distribution). Le nombre de coupes nécessaires pour permettre au lecteur de reconstituer la structure à partir des courbes d'isodifférenciation dépend des symétries de la couverture de sol. Il varie de 1 à 5 dans les cas étudiés en Guyane..

Ce sont les lignes d'isodifférenciation qui permettent de savoir si les relations apparaissant sur une coupe donnée se maintiennent ailleurs. Le plan est donc le document essentiel pour établir des relations spatiales entre horizons ou caractères du sol. Il est nécessaire de tracer également les courbes de niveau pour repérer la différenciation du sol par rapport à la topographie (en altitudes relatives par rapport à un point haut, ou à un point bas).

Une intersection entre deux lignes d'isodifférenciation signifie que les contours correspondants sont, ou deviennent indépendants. Des lignes associées, mais non sécantes peuvent traduire une relation de subordination entre les phénomènes dont ces lignes repèrent le développement. Elles indiquent alors leur chronologie relative. En schématisant, les *concordances* indiquent les relations générales entre traits structuraux, relations qui doivent être utilisées en cartographie (différenciations latérales ordonnées). Les *discordances* entre lignes, l'indépendance de leurs tracés, repèrent des traits structuraux qui sont indépendants, ou qui appartiennent à des systèmes de transformation différents. Ainsi, l'étude des tracés apporte des arguments essentiels pour établir les relations chronologiques et génétiques entre différents composants de la couverture de sol. La figure 5 en donne quelques illustrations.

La structure est reconstituée par interpolation entre observations discontinues. Celles-ci doivent être suffisamment rapprochées, et complétées par des observations continues sur fosses ou coupes, ainsi qu'à des niveaux plus fins, pour évi-



- (1) La distribution des nodules (ligne n) n'est pas liée au positionnement du contour de l'horizon a
- (2) L'horizon a repose toujours (?) sur un horizon b : il peut en dériver (filiation à établir par étude de contact)
- (3) L'apparition de taches claires (ligne c) dans l'horizon humifère n'est pas (directement) liée au phénomène qui efface le caractère «sec au toucher» (ligne s). Elle peut être liée à la longueur amont du versant (ruissellement)
- (4) Le creusement du talweg (ligne t) précède l'affleurement de l'horizon a, lequel suit la topographie (ligne pointillée) et le niveau de la nappe (ligne n)

Figure 5 — Analyse des relations entre lignes d'isodifférenciation (esquises de blocs diagrammes)

ter les biais signalés en 1.3. La tâche est considérable. Il faut l'alléger par une bonne organisation du chantier et en procédant par approximations.

Les pratiques qui facilitent cette analyse en Guyane

— Les caractères du sol (couleur, texture, etc.), et leurs variations, sont relevés par comparaison directe, visuelle et tactile. Pour cela les échantillons sont disposés dans un présentoir où la profondeur figure en ordonnée et les profils successifs de la coupe abscisse. Il y a un présentoir par coupe. On compare les coupes successives.

— On réduit le nombre de verticales d'observation (faites à la tarière si possible) en suivant la règle de la médiane ; entre deux verticales, même rapprochées, toute différence de nature, caractère ou épaisseur d'horizon qui n'est pas attribuable à une structure répétitive, ou à une variation aléatoire connue, nécessite une observation inter-

médiaire. On fait celle-ci à mi-distance. On arrive ainsi plus rapidement aux contours d'horizons. Les espaces entre profils identiques sont étudiés en seconde approximation.

— Les contacts latéraux à l'endroit des contours (apparition ou disparition d'un horizon dans un sens de la coupe) sont étudiés dans des fosses. Le creusement de ces fosses est alors limité à des zones privilégiées pour la recherche des filiations possibles entre horizons, à la fois verticalement et latéralement.

— On commence par des toposéquences qui suivent la plus grande pente et en notant un maximum de caractères. Mais les observations peuvent se poursuivre selon d'autres directions (courbes de niveau, pente vers un talweg secondaire) ou en se limitant à un nombre réduit de caractères (on peut « filer » une seule courbe d'isodifférenciation).

— La première toposéquence, finement étudiée, repère un nombre important de contours. Pour cha-

cun la coupe ne fournit qu'un point de différenciation ou deux. Les lignes d'isodifférenciation sont ainsi construites point par point; c'est-à-dire coupe après coupe. On choisit les contours les plus faciles à repérer et ceux qui permettent de suivre la différenciation latérale à travers ses traits les plus significatifs. Mais c'est le terrain qui décide finalement des lignes d'isodifférenciation qui sont fiables et filables. Le choix de la première toposéquence oriente dans une certaine mesure la suite de l'analyse. Mais on adapte celle-ci à toute observation nouvelle.

— Les points de différenciation, qui correspondent donc à des repérages réels sont portés sur le plan. Le lecteur peut ainsi apprécier la logique qui a présidé au tracé point par point des lignes d'isodifférenciation, voire compléter lui-même l'analyse.

LA CARTOGRAPHIE BASEE SUR LES STRUCTURES PRECEDEMMENT ANALYSEES

Synthèse de l'information, pour la prospection cartographique

L'information recueillie lors de l'analyse structurale détaillée de petits secteurs fait apparaître des différenciations latérales ordonnées dont les traits essentiels (schématisation) peuvent servir à définir pour la cartographie des catégories de différenciations.

L'ordre de succession latérale des horizons, ou des caractères du sol, observé sur chacune des coupes successives comporte une part de relations générales (traits communs à tout le secteur, ou à une partie importante de celui-ci) et un résidu de relations locales, voire fortuites. On peut alors définir une catégorie de différenciation seulement par ces relations générales : la schématisation de ces traits communs peut figurer sur une toposéquence unique (cas de symétrie 2). On peut la définir aussi par une structure différenciée dans les trois dimensions (cas de symétrie 3). On doit expliciter cette dernière par un ensemble plan-coupes-légendes. Une seule coupe diamétrale peut quelquefois suffire pour exprimer une organisation tridimensionnelle. Par exemple le caractère discontinu de l'horizon « a » de la figure 6 est rendu par la dissymétrie diamétrale de la coupe.

Ensuite, il faut être à même de reconnaître en prospection les couvertures de sol dont la structure peut être rattachée à une catégorie connue. Un tel rattachement doit être discriminant et rapide. Pour cela on recherche l'ordre de succession des caractères et non à localiser ceux-ci (l'ordre prime sur le lieu). C'est la structure propre à chaque catégorie qui permet de la reconnaître sur le terrain. Ainsi pour identifier la structure présentée à la fig. 6, il ne suffit pas de faire un parcours radial x ou y : il faut en plus se déplacer en rebord de sommet et rencontrer soit le sol B (parcours x) soit l'horizon « a » (parcours y).

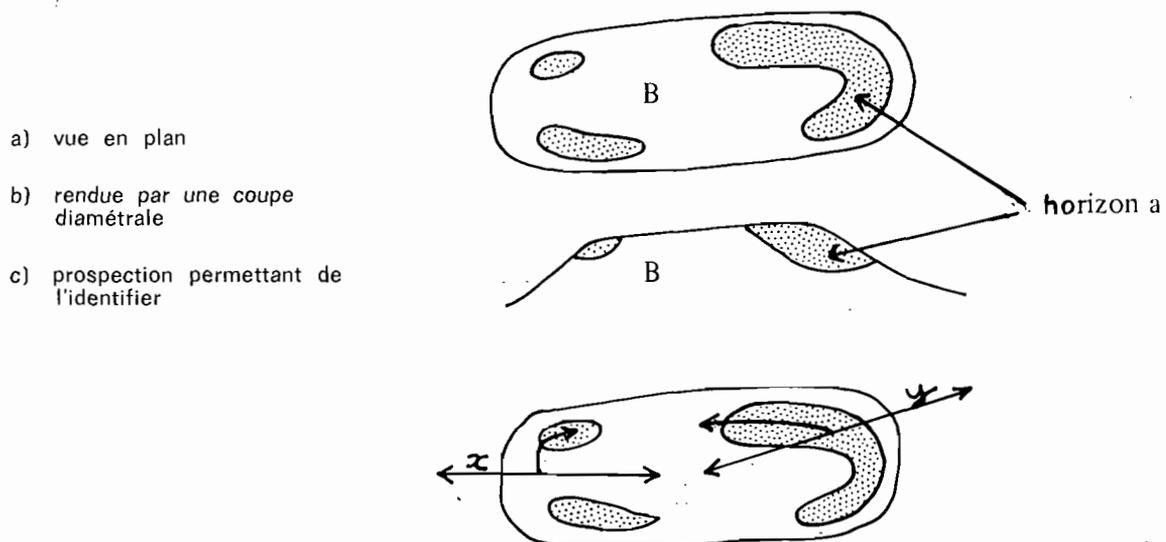


Figure 6. — Dissymétrie d'une structure

Cartographie à des échelles de plus en plus petites

Le plan établi lors de l'analyse structurale détaillée est un document cartographique, mais dont l'échelle est imposée par le terrain lui-même. De plus, la bande de terrain située en tre deux lignes d'isodifférenciation varie d'une ligne à l'autre. Ce document permet d'implanter des essais de comportement de cultures, plantées en bandes parallèles, recoupant les lignes d'isodifférenciation (BOULET, GODON, LUCAS, WOROU, à paraître).

A des échelles plus petites, mais on peut encore prospecter et représenter chaque unité de modelé, le rattachement à une catégorie connue, simple, intermédiaire, ou mixte, peut être indiqué ou la photographie aérienne (qui font apparaître directement par un n° sur la carte topographique, les contours naturels des unités). Si la structure explorée est inconnue, il faudra la caractériser pour l'ajouter à la collection.

A des échelles encore plus petites, la caractérisation devient forcément discontinue, et la représentation plus synthétique. Les problèmes et leurs solutions sont les mêmes que pour la cartographie basée sur les profils ; seul diffère l'individu-sil pris en compte, ou plutôt sa taille et sa symétrie. La représentation synthétique sera d'autant plus riche d'information qu'on aura pu s'appuyer sur des relations d'ordre supérieur dans la couverture de sol, et sur des concordances entre celles-ci et d'autres composantes du milieu, modelé, végétation, etc.

A noter que les concordances entre le sol et bien établies avant toute utilisation cartographique les autres composantes du milieu doivent être que. Et vérifiées de proche en proche. En effet, l'expérience guyanaise montre que bien souvent les traits concordants sont au contraire discrets et inattendus. La concordance ne peut être établie qu'après analyse séparée du sol et des autres composantes du milieu.

L'information fournie à l'utilisateur de ces cartes porte beaucoup plus sur la présence et l'ordre de succession des caractères que sur leur localisation. Et cela d'autant plus que l'échelle de représentation diminue. L'utilisation d'une telle information suppose que l'on précise la direction dans laquelle ces caractères ou horizons se succèdent. Il faut porter sur la carte les axes de différenciation (par des flèches, des hachures), à moins que ceux-ci ne coïncident avec les lignes de plus grande pente topographique.

UTILISATION DES ANALYSES STRUCTURALES REALISEES EN GUYANE

En Guyane septentrionale, les pédologues de l'ORSTOM ont procédé à l'analyse détaillée de quelques dizaines de secteurs correspondant à des unités de modelé, collines ou bassins versants élémentaires. Ces secteurs ont d'abord été choisis sous végétation spontanée, forêt au savane. Puis l'analyse a été étendue à des secteurs déjà transformés par la culture. Plusieurs des secteurs caractérisés sous végétation spontanée ont été ensuite défrichés pour servir de support à des essais de comportement des cultures (opération ECEREX).

Les relations spatiales établies sur ces secteurs entre différents horizons ou caractères de sol ont notablement enrichi notre connaissance de deux systèmes de transformation à progression latérale : sol ferrallitique-podzol, sol à drainage vertical libre-sol à drainage vertical bloqué.

Les structures inventoriées lors de ces analyses détaillées servent actuellement de base à une cartographie régionale. Celle-ci prend en compte des différenciations latérales complexes mais ordonnées, c'est-à-dire qui se répètent largement dans la région. Ces différenciations sont schématisées dans des catégories, soit par une coupe (représentation en 2 dimensions) soit par coupes et une projection plane (3 dimensions). Le nombre de catégories est de l'ordre de la dizaine. Il est très inférieur au nombre de profils (différenciation verticale) qui seraient nécessaires pour représenter, très imparfaitement d'ailleurs, chacune de ces différenciations latérales.

Les horizons ou caractères de la partie médiane de la couverture de sol sont les plus faciles à repérer à l'échelle des unités de modelé. Les horizons superficiels présentent en effet des variations trop rapides. Les horizons profonds, plus difficiles d'accès, sont repérés avec moins de précision. De plus, ils sont plus dépendants des variations lithologiques dont le déterminisme est malaisé à établir à cette même échelle.

L'échelle de l'analyse est imposée par celle des différenciations latérales, elles-mêmes en général accordées à celle des unités de modelé. Elle varie en Guyane du 1/1 000 (barres pré littorales de la plaine côtière ancienne) à 1/50 000 (plateaux sédimentaires anciens).

CONCLUSION

L'analyse de la structure en horizons d'une couverture de sol présente des contraintes discontinues, valider et préciser l'analyse à des niveaux d'organisation plus fins. Une telle analyse ne peut être menée avec le soin nécessaire que sur de très petits secteurs. Il a été montré ici comment on procède actuellement en Guyane, où ces analyses structurales sont valorisées à la fois dans les domaines de la pédogenèse, de l'agronomie et de la cartographie.

Mais une approche cartographique se construit sur une compréhension des systèmes de sol, laquelle se précise progressivement en cours de prospection. En Guyane, où les variations latérales du sol sont rapides mais ordonnées, cette approche prend en compte, à travers ces structures complexes du sol, les systèmes de transforma-

tion qui les déterminent. Il a été montré en effet que les différentes structures observées en juxtaposition dans l'espace correspondent à des stades d'avancement différents d'une même transformation. Elles peuvent alors être reliées dans un schéma génétique qui introduit la dimension temporelle, essentielle pour comprendre une différenciation pédologique.

Pour honorer un objectif cartographique dans le milieu considéré, il faut pouvoir rattacher rapidement à un système de transformation connu toute structure rencontrée en prospection. L'approche utilisée qui a été présentée ici surtout sous l'angle des techniques de mise en œuvre, est donc associée étroitement à l'inventaire régional et à l'étude des systèmes de transformation. Il s'agit notamment de systèmes dont le développement latéral est à l'échelle de l'organisation du paysage.

BIBLIOGRAPHIE

- BOCQUIER G. - 1971 - Gensèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Thèse Sci. Strasbourg et Mém. ORSTOM, n° 62, 350 p.
- BOULET R. - 1974 - Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédobioclimatique. Thèse Sci. Strasbourg et mém. ORSTOM., n° 85, 272 p.
- 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, n° 2, pp. 75-83.
- BOULET R. - 1981 - Etude pédologique des bassins versants ECEREX : Bilan de la cartographie. Bull. Liais. Groupe de travail ECEREX n° 4, pp. 4-22.
- BOULET R., FRITSCH E., HUMBEL F.X. - 1978 - Méthodes d'études et de représentation des couvertures pédologiques de Guyane Française. Rapport ORSTOM. Cayenne, cote P 177, 24 p.
- BOULET R., FRITSCH E., HUMBEL F.X. - 1979 - Les sols des Terres Hautes et de la plaine côtière ancienne en Guyane française septentrionale. Organisation en systèmes et dynamique actuelle de l'eau. Centre ORSTOM de Cayenne. Cote P 182 pagin. par chapitre.
- BOULET R., HUMBEL F.X., LUCAS Y. - 1982 - Analyse structurale et cartographie en pédologie II. Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. XIX, 4, 323-339. III Passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique. Cah. ORSTOM XIX, n° 4, pp. 341-351.
- BOULET R., CHAUVEL A., LUCAS Y. - 1984 - Les systèmes de transformation en pédologie... même ouvrage (cinquantenaire AFES).
- BOULET R., GODON P., LUCAS Y., WOROU S. - à paraître - Analyse structurale de la couverture pédologique et expérimentation agronomique en Guyane Française, 17 p.
- CHAUVEL A. - 1977 - Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Thèse Sci. Strasbourg et Travaux et Documents ORSTOM n° 62, 532 p.
- ECEREX - L'écosystème forestier Guyanais. Etude et mise en valeur. Bulletin de liaison du groupe de travail. CTFT-INRA-Muséum-ORSTOM, n° 1, n° 2, n° 3, 1979, n° 4, n° 5, n° 6, 1980.
- FRIDLAND V.M. - 1974 - Structure de la couverture pédologique GEODERMA, n° 12, pp. 35-41.
- FRITSCH E. - 1984 - Les transformations d'une couverture ferrallitique. Analyse minéralogique et structurale d'une toposéquence sur schistes en Guyane Française. Thèse 3^e cycle, Université de Paris VII, ORSTOM, 188 p.
- LEPRUN J.C. - 1979 - Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique occidentale sèche. Genèse, transformation, dégradation. Thèse Sci. Strasbourg, 222 p.
- NAHON D. - 1976 - Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal occidental et Mauritanie. Systèmes évolutifs, géochimie, structures relais et coexistence. Thèse Sci. Marseille et Sciences Géologiques Mém., n° 44, 232 p.
- RUELLAN A. - 1970 - Les sols à profil calcaire différencié des plaines de la Bassa Moulouya (Maroc oriental). Thèse Sci. Nat. Strasbourg et mém. ORSTOM, 302 p. (1971).
- TURENNE J.F. - 1975 - Mode d'humidification et différenciation podzolique dans deux toposéquences guyanaises. Thèse Sci. Nancy et mém. ORSTOM, n° 84, 173 p.

Association Française pour l'Etude du Sol

LIVRE JUBILAIRE DU CINQUANTENAIRE

1934



1984

PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS

- DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE,
- DE L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE,
- DE L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION (O.R.S.T.O.M.), et
- DE LA MISSION INTERMINISTERIELLE DE L'INFORMATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE (MIDIST).