

METHODOLOGIE DE LA REPRESENTATION DES VOLUMES PEDOLOGIQUES.

TIPOLOGIE ET CARTOGRAPHIE EN MILIEU FERRALLITIQUE.

A.G. BEAUDOU et Y. CHATELIN

# MÉTHODOLOGIE DE LA REPRÉSENTATION DES VOLUMES PÉDOLOGIQUES. TYPOLOGIE ET CARTOGRAPHIE EN MILIEU FERRALLITIQUE.

A.G. BEAUDOU et Y. CHATELIN

La pédographie est définie comme la description systématique des sols (BREWER 1964). En ce sens large, elle réunit toutes les représentations que l'on peut donner aux divers volumes pédologiques. Les travaux qui doivent la constituer sont inégalement développés suivant les structures pédologiques spatiales. En liaison avec le grand essor de la géochimie des sols, les investigations à l'échelle microscopique sont activement conduites. Peu d'efforts au contraire paraissent consacrés à la méthodologie de la pédographie macroscopique, du niveau de la typologie à celui de la cartographie des sols. Peut-être admet-on implicitement que les pratiques habituelles sont satisfaisantes et ne doivent pas être repensées. La cartographie est souvent ressentie par ceux qui la pratiquent comme une tâche routinière. Les cartes dressées sont toujours plus nombreuses sans pour autant introduire dans la littérature beaucoup de réflexions ou de commentaires particuliers. Alors que des rencontres internationales régulières paraissent nécessaires pour la microscopie des sols, aucun colloque ou congrès n'a encore pris la typologie et la cartographie comme thèmes majeurs.

Pourtant les difficultés qui persistent dans l'étude des volumes pédologiques d'ordre élevé sont nombreuses. Elles ne peuvent être résolues par des options uniquement pédologiques, sans que soit réglé le problème épistémologique du langage de la pédographie. Ainsi l'introduction du concept de pédon n'apporte que peu de nouveauté, parce qu'il n'est pas accompagné de moyens d'expression différents de ceux utilisés pour le concept de profil qu'il doit remplacer. Plusieurs étapes ont préparé le travail présenté ici. Une réflexion historique et épistémologique (CHATELIN 1972, 1976) a fait apparaître la pédographie comme zone de faiblesse de la science des sols des tropiques humides, en regard des thèmes privilégiés que sont la géochimie des sols et les relations sols-reliefs. Les abus dans l'utilisation de la classification universaliste comme langage presque exclusif ont été montrés. Une terminologie typologique susceptible de s'appliquer à divers ordres de grandeur de l'espace pédologique a été préparée (CHATELIN et MARTIN 1972). L'étude d'une région ferrallitique de savane en Côte d'Ivoire (BEAUDOU 1976) a permis enfin de mettre au point une méthode cartographique conjointement à l'utilisation de la terminologie typologique.

## 1 - CONTRAINTES ET LIMITES DES SYSTEMES DE CARTOGRAPHIE.

Toute carte pédologique propose un certain découpage de l'espace. Pour chaque unité ainsi constituée, elle doit donner une expression du contenu-sol. C'est suivant cette dualité du découpage spatial et du contenu pédologique que nous examinerons différents systèmes cartographiques.

### 1.1. La cartographie traditionnelle.

Elle est très bien présentée dans le "Manuel de prospection pédologique" de R. MAIGNIEN (1969). La première remarque à faire est que la cartographie est considérée dans cet ouvrage, sur le plan du découpage spatial, comme une opération fiable parce que reproductible. Suivant l'auteur en effet, des pédologues appartenant à plusieurs écoles, ayant donc des classifications et des terminologies différentes, placent à peu près les mêmes limites sur le terrain. Notons ensuite que le problème des échelles cartographiques paraît très simplement résolu par une mise en correspondance avec la hiérarchie de la classification des sols. Pour définir les unités cartographiques, plus l'échelle est petite plus il faut monter vers les niveaux taxonomiques élevés (sous-groupes, groupes, sous-classes, puis classes). Pour les grandes échelles au contraire, ce sont les unités taxonomiques inférieures qui sont utilisées. Mentionnons enfin que l'hétérogénéité du contenu-sol de la plupart des unités de la cartographie traditionnelle n'est pas ignorée. La difficulté que cela représente disparaît si l'on admet que les unités reconnues puissent avoir une certaine "impureté", très élevée parfois. Une autre solution consiste à définir des ensembles hétérogènes (complexes, juxtapositions, etc), mais, suivant R. MAIGNIEN, "il faut toujours chercher à en limiter le nombre et ne les utiliser que quand aucune autre solution n'est possible."

En pratique, si l'on considère l'ensemble des cartes pédologiques publiées par l'ORSTOM pour le milieu tropical, ces principes apparaissent largement respectés. Dans les cas les plus fréquents, les unités cartographiques sont assimilés à des unités taxonomiques pures, tout au moins dans les cartes de petite et moyenne échelle jusqu'au 1/50.000. Par contre les niveaux taxonomiques ne sont pas toujours mis en correspondance de la même manière avec l'échelle cartographique. Dans des régions comparables, il est par exemple possible de trouver des cartes au 1/500.000 dont la légende s'exprime au niveau de la Famille, et des cartes au 1/50.000 exprimées au niveau du sous-groupe.

Il n'entre pas dans nos intentions de critiquer, au sens péjoratif du terme, les travaux anciens. Mais puisqu'il faut pourtant porter un jugement général sur la cartographie traditionnelle, nous dirons qu'elle apparaît souvent caractérisée par :

- un découpage spatial peu serré. Beaucoup de cartes présentent de larges plages uniformes.
- une faible valeur informative sur le contenu-sol, du fait de l'assimilation des unités cartographiques à des unités taxonomiques pures. Simplifiée à l'extrême, cette représentation de la réalité a pour avantages de donner une lecture facile et de permettre la mise en évidence des règles les plus générales de la distribution des sols.

## 1.2. La tendance analytique.

Par l'information transmise, la carte traditionnelle reste généralement en-dessous des connaissances que le pédologue cartographe a réellement obtenues ou qu'il peut obtenir sur le terrain et par examen des photos aériennes. BOULVERT (1975, 1976) a fait progresser la méthode dans le sens d'une meilleure analyse de la distribution spatiale des sols. Plusieurs cartes à moyenne échelle (1/200.000) ont été présentées. La première d'entre elles (Feuille Bossangoa) est encore proche par son dessin des cartes classiques. Les suivantes (Feuilles Bouca, Batangafo, puis surtout Feuilles Kouki et Bangui) sont beaucoup plus détaillées. La méthode s'appuie sur des prospections denses au sol puis consiste à tirer un parti maximum de ce que peut fournir la photo-interprétation (ici, clichés à 1/50.000). Ceci représente un long travail, pour la photo-interprétation proprement dite puis pour la restitution à l'échelle définitive de la carte. Tous les traits caractéristiques du paysage, formant en quelque sorte son ossature, sont représentés : plateaux à contours nets, dalles cuirassées, corniches d'éboulis, roches nues, etc. Ces figures qui correspondent à une première série de limites pédologiques, sont placées avec beaucoup de précision sur les photos aériennes. Les autres limites pédologiques par contre, qui découpent des séquences de sols plus ou moins graduelles, sont tracées de façon moins rigoureuse.

Les cartes obtenues sont extrêmement chargées. Elles apparaissent comme une imbrication serrée d'unités à contours très diversifiés et d'une taille qui est souvent à la limite des possibilités d'identification. Cette méthode n'est applicable que dans la mesure où les techniques de dessin et d'impression de la carte permettent d'obtenir un document lisible (faute de quoi il faudrait passer à une plus grande échelle). Les documents en question, d'une remarquable finesse de dessin, ont été dressés par BUFFARD-MOREL (Service Cartographique de l'ORSTOM).

En ce qui concerne la légende de la carte, c'est la position traditionnelle qui est adoptée ici. Les unités cartographiques sont assimilées à des unités taxonomiques. Comme beaucoup d'auteurs, BOULVERT aménage quelque peu la classification générale qui lui sert de base. Il distingue par exemple deux faciès de sols ferrallitiques ocre ou rouges, et plusieurs faciès de cuirasses affleurantes. Mais chaque unité cartographique est toujours supposée pure.

## 1.3. L'homogénéité des surfaces pédologiques.

L'existence d'ensembles homogènes dans le continuum pédologique est souvent affirmée parmi les principes généraux de la science du sol. Ces ensembles sont dénommés "individus-sols" ou "polypédons" par les pédologues américains. FRIDLAND (1970) parle de "surface pédologique élémentaire". Dans un sens très proche, BOULAIN (1975) définit le "genon" comme le groupement des pédons de même structure et de mêmes caractéristiques. La notion de "série", à la fois unité taxonomique et unité cartographique comme le fait remarquer BOULAIN, suppose également une assez stricte constance des sols sur des surfaces importantes.

Certaines contrées possèdent semble-t-il des couvertures pédologiques homogènes, en regard tout au moins des méthodes habituelles de l'analyse qui en est faite. BOULAIN indique que dans un pays comme la France environ 60% des surfaces sont couvertes de séries homogènes. Cela provient de ce que les roches sont peu variées, le climat assez constant, la durée de l'évolution pédogénétique changeant peu elle aussi pour des sites voisins.

La situation est radicalement différente dans le milieu naturel qui nous occupe, c'est à dire dans le domaine ferrallitique de savane. Cela tient d'abord au fait que les vieilles plateformes africaines ont une longue histoire, et qu'elles conservent de multiples traces des épisodes qui se sont succédés. Il faut noter ensuite que les reliefs ne sont jamais plans et que la pluviosité excédentaire par rapport à l'évapotranspiration détermine un drainage important. Avec ou sans transport latéral de matière, le pédoclimat varie régulièrement suivant les pentes. Sans même tenir compte des éléments figurés ou cuirassés, les sols montrent des variations latérales permanentes dans leurs horizons meubles. La séquence de couleur, avec des horizons rouges en positions hautes puis ocre ou même beige en positions basses, a été bien montrée par BOULVERT (1968). La généralité de cette séquence est maintenant largement vérifiée.

Dans ces conditions, il devient illusoire de prétendre représenter des unités pédologiques homogènes, ainsi que cela se fait dans le cas de la cartographie traditionnelle ou analytique. Même le découpage d'un versant en plusieurs unités ne constitue qu'une schématisation. Dans la réalité, il n'y a pas des sols rouges et des sols ocre, mais une gradation continue entre deux pôles de couleur. Et, rappelons-le, ce critère de couleur n'est qu'un critère parmi beaucoup d'autres tout aussi variables. Ceci a donc conduit à rechercher d'autres méthodes.

### 1.3. La tendance intégriste.

Elle procède de la prise en compte de l'hétérogénéité des sols comme caractère fondamental. Nous avons vu précédemment que la tendance analytique amène à découper les surfaces à cartographier de façon à obtenir (mais sans y parvenir parfaitement) des unités de plus en plus pures. Au contraire, une cartographie intégrée peut s'accommoder d'un découpage spatial plus lâche. Elle précise l'inventaire du contenu-sol de chaque unité, en y adjoignant d'autres critères, géomorphologiques notamment.

Un premier système à mentionner est celui appliqué par FRIDLAND (1970) et repris par BOULAIN (1975). Il est basé sur la notion de "combinaison de sols". Les combinaisons correspondent à des surfaces cartographiables. Elles sont définies par l'identification des types de sols qui les composent, et également par le pourcentage de chacun de ces types, le contraste dû à leur éloignement réciproque dans la classification, la forme et les rapports spatiaux des volumes occupés, la netteté des limites, etc.. L'assemblage des combinaisons définit à son tour la "structure de la couverture pédologique". Ce système implique donc toujours deux échelles de travail, l'une intérieure à chaque type de combinaison, l'autre pour délimiter les contours des combinaisons sur l'ensemble de la carte. La méthode cartographique de FRIDLAND a été utilisée avec succès en France par BAUD (1974) dans un paysage où la variabilité des sols s'établit souvent à l'échelle métrique. Peut être sera-t-elle plus difficile à appliquer intégralement en milieu ferrallitique, surtout pour les cartes à moyenne échelle.

Cherchant à établir les bases d'une "écographie intégrée", c'est à dire d'une connaissance synthétique du milieu naturel, TRICART (1974) et KILIAN (1974) proposent une autre méthode. Celle-ci prétend procéder d'un niveau de "perception globale", "allant du général au particulier". Les cartes établies se distinguent des documents traditionnels en ce qu'elles associent données géomorphologiques et pédologiques. Il s'agit donc de cartes "morpho-pédologiques" dont les légendes, au lieu de faire référence seulement aux unités

de la classification pédologique, sont complexes. Chaque surface cartographiée peut avoir un contenu-sol correspondant à plusieurs unités taxonomiques. Des données sur le relief, les pentes, l'érosion, etc, figurent explicitement dans les légendes. Aux cartes morpho-pédologiques sont généralement associées, pour faciliter les décisions de mise en valeur, des cartes de contraintes ou des cartes de proposition pour l'affectation des terres. Les auteurs ne précisent pas les échelles de travail. Il semble que leur méthode soit conçue pour s'adapter à tous les travaux cartographiques, son aspect essentiel étant de réunir le plus de données sur le milieu naturel.

Notre dernier exemple de cartographie intégrée concerne cette fois directement le domaine ferrallitique. Il s'agit de la carte des "paysages morpho-pédologiques" dont la méthodologie a été mise au point par ESCHENBRENNER (1975). Ici comme dans le système de FRIDLAND, deux échelles de travail sont nécessaires. Des unités très larges, constituant les "paysages", sont définies par les cartes semi-détaillées de zones représentatives. Les échelles ne peuvent être quelconques. Ce sont le 1/200.000 et le 1/50.000 qui ont été choisis dans le cas de la carte Odienné, mais d'une façon plus générale on peut avancer que les "paysages" sont représentables à de moyennes ou petites échelles (1/200.000 à 1/500.000), leur contenu-sol est nécessairement hétérogène au niveau des paysages.

Pour les unités cartographiques élémentaires des cartes de détail, il est encore presque toujours constitué de plusieurs unités taxonomiques. De même que dans les cartes de KILIAN, l'intégration du système d'ESCHENBRENNER s'étend aux critères géomorphologiques (dénivelées, pentes, formes des versants, etc), à des indications générales sur la végétation, et les caractères pédologiques intrinsèques pouvant apparaître comme des contraintes envers l'aménagement (pierrosité, drainage, etc) sont explicitement mentionnés dans la légende.

En conclusion, nous proposerons à propos de ces méthodes de cartographie intégrée les remarques suivantes :

- les aspects indiscutablement positifs concernent la mise en évidence de la complexité des sols, la reconnaissance des interactions morphogénèse-pédogénèse, l'explication des contraintes.
- par contre une certaine méfiance peut être suscitée par cette "approche globale" dont parle KILIAN. La méthodologie de la constitution des unités synthétiques, qu'il s'agisse des "combinaisons de sols" de FRIDLAND ou des "paysages" d'ESCHENBRENNER, ne peut être parfaitement précisée. Il existe des possibilités de mathématisation (analyse factorielle, distances de HIERNAUX), déjà utilisées par FRIDLAND et BAUD. Mais elles ne seront peut-être pas toujours employées, les unités synthétiques gardant alors un caractère assez nettement subjectif.

#### 1.4 Le rôle des profils-taxa

Tous les systèmes en présence, qu'il s'agisse de cartographie traditionnelle, ou analytique, ou intégrée, ont ceci de commun : ce sont les unités de la taxonomie pédologique qui définissent leur contenu-sol. Il en est ainsi aussi bien lorsque les surfaces cartographiques sont présentées comme des complexes de plusieurs

taxa que quand elles sont assimilées à des taxa purs. Voici par exemple le contenu-sol donné par ESCHENBRENNER pour le premier des paysages de la carte Odienné. La classification est celle établie par le C.P.C.S. (1967) et aménagée par PERRAUD (1967) pour la Côte d'Ivoire. Nous ferons ressortir les niveaux taxonomiques (C1, S-C1, etc)

- Juxtaposition de sols ferrallitiques (C1) fortement et moyennement désaturés (S-C1).
  - Remaniés (Gr) modaux (S-Gr).
  - Remaniés (Gr) modaux (S-Gr) faciès induré.
  - Remaniés (Gr) indurés (S-Gr).
  - Remaniés (Gr) indurés (S-Gr) faciès tronqué.
- Sols ferrallitiques (C1) fortement et moyennement désaturés (S-C1).
  - Remaniés (Gr) indurés (S-Gr) faciès tronqué.
- Complexe de sols ferrallitiques (C1) fortement et moyennement désaturés (S-C1).
  - Remaniés (Gr) indurés (S-Gr) faciès tronqué.
  - Remaniés (Gr) modaux (S-Gr).
  - Typique (Gr) faiblement remaniés (S-Gr).
- Juxtaposition de sols ferrallitiques (C1) fortement et moyennement désaturés (S-C1).
  - Remaniés (Gr) modaux (S-Gr).
  - Remaniés (Gr) colluvionnés (S-Gr) faiblement appauvris.
  - Remaniés (Gr) indurés (S-Gr).
  - Remaniés (Gr) indurés (S-Gr) faciès induré.
  - Remaniés (Gr) colluvionnés (S-Gr) faciès induré.
- Complexe de sols ferrallitiques (C1) fortement et moyennement désaturés (S-C1).
  - Remaniés (Gr) colluvionnés (S-Gr) faciès hydromorphe.

de sols hydromorphes (C1) minéraux (S-C1) à pseudo Gley (Gr).  
et de sols peu évolués (C1) d'apport, hydromorphes, sur colluvions.
- Juxtaposition de sols hydromorphes (C1) minéraux (S-C1)
  - A pseudogley (Gr) sur alluvions.
  - A gley (Gr) sur alluvions;
  - et de sols peu évolués (C1) d'apport hydromorphes sur alluvions.

La valeur informative de l'ensemble d'un système cartographique dépend donc des moyens d'expression fournis par la classification. Si celle-ci est imprécise ou ambiguë, la carte ne s'affranchira pas de ces défauts. Or la classification des sols, moyen essentiel de communication de l'information, est généralement tenue pour peu satisfaisante. Il semble inutile de revenir ici sur toutes les critiques que les pédologues font à son propos. Mais il est essentiel de souligner que ses insuffisances se répercutent sur les travaux cartographiques.

Telle qu'elle est appliquée actuellement (PERRAUD 1967, ESCHENBRENNER 1975), la classification des sols ferrallitiques se présente sous la forme d'une collection hiérarchisée de profils-taxa (CHATELIN 1976). Ses unités font toujours référence à un profil décrit linéairement, suivant une verticale, avec des critères plus ou moins nombreux selon que l'on se place au niveau du Groupe, du Sous-Groupe, ou du faciès. Chaque verticale est susceptible de définir une unité taxonomique d'ordre assez élevé.

Dans ces conditions, il devient difficile d'intégrer avec toute sa variabilité le développement latéral du sol. S'il est quelque peu hétérogène, le sol ne peut se décrire que comme un complexe de ces profils-taxa. Les cartes donnent l'image artificielle d'une couverture pédologique à fort contraste, suivant l'expression de FRIDLAND (1970). La représentation du contenu-sol est encore plus arbitraire si au lieu d'une simple hétérogénéité avec répétition des mêmes caractères il faut rendre compte d'une variation graduelle au long d'une séquence.

## 2 - LES DIVERS ORDRES DE GRANDEUR DES VOLUMES PEDOLOGIQUES

C'est la cartographie qui fait habituellement le mieux ressentir les problèmes posés par l'étude et la représentation des volumes pédologiques, ce qui explique que nous l'ayons prise comme point de départ du présent exposé. Pourtant, en dehors des récents essais de cartographie intégrée, cette sensibilisation n'a pas conduit à beaucoup de réflexions méthodologiques. Ainsi la nature des volumes ou des phénomènes représentables aux diverses échelles cartographiques n'a pas été précisée en science du sol comme elle l'a été par exemple pour la géomorphologie (TRICART 1965). Il ne semble pas non plus que soient associées dans une même problématique d'une part la typologie, en tant que représentation des volumes élémentaires, et d'autre part la cartographie, considérée comme représentation des volumes d'ordre élevé. La science du sol s'accommode ainsi curieusement de trois sous-langages hétérogènes (CHATELIN 1976), l'un formé par les termes génétiques de la classification pour désigner les profils, l'autre constitué par les notations A-B-C applicables aux horizons, le dernier étant celui de la description élémentaire (Glossaire de Pédologie, 1969).

Les sols présentent des discontinuités incontestablement inscrites dans la réalité. Mais ce sont aussi les moyens de l'analyse et les concepts pédologiques du moment qui permettent de définir certaines échelles ou certains ordres de grandeur dans les volumes pédologiques. Plutôt que de les considérer comme les éléments d'une série stable, nécessaire et finie, nous présenterons quelques ordres de grandeur comme des moments simplement privilégiés, dans une perspective relativiste. Il ne peut être alors question d'imposer un ordre de grandeur premier, puis un nombre limité d'autres qui le suivent. Pour bien marquer ceci, nous conviendrons que les volumes constitués par le profil ou le pédon représentent un ordre de grandeur  $n$ . Vers les plus grandes dimensions apparaîtront les ordres de grandeur  $n + 1$ ,  $n + 2$ , etc, et vers les plus petites les ordres  $n - 1$ ;  $n - 2$  etc.

Voici donc 7 ordres de grandeur privilégiés qui sont proposés pour représenter les volumes pédologiques, des plus grands vers les plus petites :

- Ordre  $n + 3$  : Région pédologique.
- Ordre  $n + 2$  : Paysage pédologique.
- Ordre  $n + 1$  : Segment fonctionnel.
- Ordre  $n$  : Pédon.
- Ordre  $n - 1$  : Horizon.

- Ordre n - 2 : Phase typologique.
- Ordre n - 3 : Organisation microscopique.

Les termes retenus, principalement pour les ordres de grandeur élevée, sont évidemment contestables. Seul le mot pédon a été créé pour désigner de façon univoque un volume pédologique. Par contre région et paysage suggèrent plus facilement des surfaces que des volumes. L'expression segment fonctionnel elle aussi est critiquable. Il existe un fonctionnement, ou une dynamique, pour toutes les structures pédologiques des plus petites aux plus grandes. Nous nous accommoderons pourtant de termes relativement peu adaptés afin de ne pas avoir à recourir à des créations néologiques.

### 2.1 La région pédologique

La région pédologique sert à désigner des volumes comportant plusieurs types de toposéquences ou unités dynamiques, c'est-à-dire plusieurs types de volumes d'ordre immédiatement inférieur. Elle convient aux représentations cartographiques à petite échelle (1/500.000 ou au-delà) de pays entiers ou même de sous-ensembles continentaux.

La cartographie traditionnelle a souvent utilisé cet ordre de grandeur, en donnant d'ailleurs de son contenu-sol une image très simplifiée. Les limites cartographiques sont généralement celles des grands ensembles géologiques ou orographiques. Ces travaux nous semblent insuffisants pour que nous puissions préciser utilement en l'absence de recherches méthodologiques personnelles à cet ordre de grandeur, quels pourraient être pour la région pédologique :

- les critères de la désignation immédiate,
- Les moyens d'expression du contenu-sol.

### 2.2 Le paysage pédologique

A ce nouvel ordre de grandeur, on parlera de paysage pédologique ou, comme l'a fait ESCHENDRENNER (1975), de paysage morpho pédologique. Cette dernière expression souligne le rôle important joué par les critères géomorphologiques dans l'identification des unités pédologiques en question. C'est ESCHENDRENNER qui a imposé le terme et qui a établi la première méthodologie de cartographie de ces paysages en milieu ferrallitique. Certains de ceux qu'il a définis se rapprochent de ce que nous présentons comme régions pédologiques, parce qu'ils renferment semble-t-il plusieurs types de toposéquences. Nous introduirons ici une exigence supplémentaire. Dans notre acception, le paysage pédologique sert à désigner des volumes constitués par des toposéquences ou par des unités dynamiques homogènes. Cette définition doit recevoir quelques explications

Une toposéquence constitue une coupe à travers les sols, des points hauts vers les points bas du relief. On imagine très bien que deux toposéquences séparées puissent être les mêmes, si elles occupent des tracés topographiques identiques. Par contre il est peu probable que l'on rencontre sur des étendues importantes des séries de séquences contigües identiques. Cela supposerait une disposition géométrique très particulière des lignes de partage des

eaux et des axes de drainage. Généralement, à partir d'une position haute, les versants sur lesquels se définissent les toposéquences sont courts lorsqu'ils conduisent aux axes de drainage de premier ordre, et s'allongent sur les versants aboutissant à des axes d'ordres plus élevés. En toute rigueur, les toposéquences contigues ne sont pas identiques, les unes étant plus étendues que les autres. Comme unité de base du paysage pédologique, il devient alors intéressant de considérer l'unité dynamique, en la définissant comme BOULAINÉ (1975) qui lui donne pour extension "un bassin versant où les sols réagissent les uns avec les autres". En pratique les deux notions peuvent souvent être confondues. L'unité dynamique peut être caractérisée par sa plus longue séquence : tous les sols y sont présents, et bien développés. Sur une séquence plus courte, les différenciations pédologiques sont les mêmes, bien qu'elles soient plus serrées et occupent des volumes plus faibles. En attendant éventuellement une méthodologie plus raffinée donnant d'elles une meilleure image, les unités dynamiques continuent à être caractérisées ainsi, grâce à des toposéquences dites représentatives. L'étude des volumes pédologiques d'ordre élevé implique des approximations.

La largeur des séquences représentatives en milieu ferrallitique ne descend que rarement jusqu'à l'ordre de la centaine de mètres. Elle est plus fréquemment de l'ordre du kilomètre, la maille étant plus grande en savane qu'en forêt humide. L'étendue des paysages pédologiques est éminemment variable. De forts contrastes lithologiques par exemple donneront de petites unités, alors qu'un socle monotone augmentera la taille des paysages. Cependant d'une façon générale, le paysage pédologique paraît devoir être cartographié à des échelles allant du 1/200.000 au 1/500.000. Ici aussi il faut voir que le choix de l'échelle dépend de la façon dont le cartographe s'accommode d'un dessin lâche ou serré.

Considérés comme modèles abstraits, c'est-à-dire au niveau formel, les paysages pédologiques se présentent ainsi :

- les critères de la désignation immédiate font référence aux reliefs occupés et à certains traits géomorphologiques particuliers. On définit par exemple un paysage à témoins cuirassés du haut-glacis et à versants rectilignes, ou un paysage de petites collines convexes. Les grandes caractéristiques pédologiques peuvent être mentionnées. Elles sont releguées au second plan parce qu'il s'agit de différencier rapidement l'une par rapport à l'autre des unités synthétiques, les paysages pédologiques, dans un même milieu ferrallitique.
- les moyens d'expression du contenu-sol font d'abord appel au langage génétique, en utilisant ou non les unités taxonomiques. Il est possible évidemment de parler de cuirassement, de remaniement, d'appauvrissement, etc, par le biais des structures classificatrices, ou tout à fait indépendamment d'elles. Cette dernière solution est celle retenue par BEAUDOU (1976). Le contenu-sol d'un paysage pédologique, correspondant à un seul type de toposéquence représentative, est assez limité. A cet ordre de grandeur des volumes pédologiques, il est déjà possible de formuler le contenu-sol dans les termes de la terminologie typologique proposée par CHATELIN et MARTIN (1972).

### 2.3 Le segment fonctionnel

De même que dans les cas précédents, les termes retenus pou

ce nouvel ordre de grandeur ne constituent pas en eux-mêmes toute une définition. Nous insisterons sur ce point en rappelant qu'il ne faut demander à l'expression "segment fonctionnel" rien d'autre que de servir à désigner les corps pédologiques obtenus par une première subdivision intérieure au paysage pédologique. Pour des raisons de commodité, celui-ci est assimilé à une toposéquence. Il n'existe pas dans le milieu ferrallitique de savane de toposéquences monotones comme celles décrites par BOULET (1974). Lorsque l'on parcourt une toposéquence apparaissent donc toujours plusieurs segments. Chacun d'eux n'est pas homogène, mais marqué par une variation qui semble aléatoire, ou plus fréquemment par une gradation régulière. Dans ce dernier cas le segment fonctionnel est caractérisé par un certain type d'évolution plus ou moins accusé suivant les points. Une séquence théorique très simple possédant une zone de départ à l'amont et une zone de réception à l'aval sera représentée par un segment fonctionnel de type éluvié et un segment fonctionnel de type illuvié. Les séquences ferrallitiques sont généralement plus diversifiées. On y distingue des segments caractérisés par le cuirassement, par la pédoplasation et la formation de structichrons, par la réticromation, par les recouvrements colluviaux, etc.

Sans leur donner ce nom, beaucoup de cartes pédologiques établissent leurs unités cartographiées approximativement au niveau de ces segments fonctionnels. Cela semble être partiellement le cas des travaux au 1/200.000 de BOULVERT (1975, 1976) et de ceux d'ESCHENBRENNER (1975) dans les esquisses morpho-pédologiques établies au 1/50.000 pour chacun des paysages. Il est possible aussi que deux ou mêmes plusieurs segments fonctionnels soient groupés dans certaines cartes. Une gamme d'échelles du 1/50.000 au 1/200.000, permettant un choix dans la finesse graphique, est celle qui convient à la représentation des segments fonctionnels. C'est la photo-interprétation qui permet de donner les contours cartographiques des régions pédologiques des paysages pédologiques, des segments fonctionnels. A l'ordre de grandeur suivant (pédon) c'est par contre la délimitation au sol qui devient prépondérante.

Au niveau des définitions et des légendes que donnent les cartes, les segments fonctionnels peuvent apparaître ainsi :

- au contraire de ceux de l'ordre de grandeur immédiatement supérieur, les critères de la désignation immédiate sont essentiellement pédologiques. Ils font mention des principaux processus de genèse ou, ce qui revient au même, des principaux caractères morphologiques. La carte en effet ne propose pas d'hypothèses génétiques c'est en raison de correspondances communément admises entre processus (cuirassement, hydromorphie, etc) et traits morphologiques (cuirasse, matériau tacheté, etc). La position dans le relief est ensuite précisée. On parlera par exemple du segment fonctionnel du cuirassement de plateau, du segment de la pédoplasation de haut de versant, etc.
- Les moyens d'expression du contenu-sol sont évidemment ceux de la terminologie typologique qui trouve ici une échelle de travail lui convenant parfaitement. Si l'on veut exprimer ce contenu au moyen de la classification, le segment fonctionnel doit être présenté comme un complexe de sols.

#### 2.4 Le profil tridimensionnel ou pédon

Nous assimilerons le profil pédologique, reconnu comme étant tridimensionnel, au pédon. Il s'agit d'un ordre de grandeur couram-

ment pratiqué depuis les débuts de la science du sol, bien que des difficultés subsistent dans la définition théorique à donner au profil ou au pédon. Pour certains auteurs, le pédon n'est qu'une entité abstraite, ou artificielle, du fait que ses limites latérales ne peuvent être clairement fixées. BOULAINÉ (1975) se contente de le définir comme le volume nécessaire et suffisant pour caractériser le sol. Nous en resterons là.

Ce nouvel ordre de grandeur des volumes pédologiques se prête aux cartographies à grande échelle, 1/50.000 et au-delà. De nombreuses cartes ont été dressées dans cette gamme en milieu ferrallitique. Elles ont été beaucoup plus motivées par des problèmes pratiques que par la recherche fondamentale. Celle-ci a fait progresser la méthodologie cartographique des volumes d'ordre plus élevé, et s'est paradoxalement désintéressée de la cartographie des pédon. Encore une fois, cela a probablement paru relever de pratiques trop banales pour être reconsidérées. Pourtant les problèmes soulevés par les sols ferrallitiques à ce niveau sont très nombreux, en raison de leur variabilité et surtout de leur très grand développement. Nous ne trouvons pas à citer d'essai méthodologique par exemple sur le rôle à donner aux caractères de l'apexol et de l'infrasol dans la cartographie de pédon ferrallitiques.

Notons cependant que :

- les critères de la désignation immédiate sont traditionnellement donnés par la classification des sols, ce qui constitue ce que nous avons dénommé les profils-taxa. Nous leur préférons les critères offerts par la terminologie typologique, et tout d'abord par ceux établissant la première subdivision des profils en apexol et infrasol.
- le contenu pédologique détaillé sera donné pour nous par la terminologie typologique des volumes d'ordre inférieur (horizons).

## 2.5 Les horizons

Cette fois encore, il s'agit d'un ordre de grandeur familier pour la plupart des travaux pédologiques. Rappelons que les horizons ont été pendant longtemps désignés à peu près exclusivement par les notations A-B-C et leurs symboles associés (lettres et chiffres). Ce n'est qu'à partir de 1960 que l'on a vu apparaître, avec la 7<sup>th</sup> Approximation, des ensembles terminologiques pour désigner les horizons. Chaque fois qu'il est question dans ce texte de terminologie typologique, c'est de celle établie pour les sols ferrallitiques par CHATELIN et MARTIN (1972) qu'il est question. Dans cette terminologie, la notion d'horizon majeur est prise comme notion d'unité typologique fondamentale. Sept horizons majeurs sont reconnus jusqu'à présent dans les sols ferrallitiques. Un grand nombre de diagnostics complémentaires vient préciser la caractérisation des horizons. L'ensemble reste ouvert. De nouveaux diagnostics peuvent être accueillis, les définitions primitives sont susceptibles d'adaptation pour des contextes pédologiques particuliers.

A partir de cet ordre de grandeur, et plus encore pour les suivants, les volumes pédologiques ne sont plus représentables cartographiquement.

## 2.6 Les phases typologiques

Lorsque l'observation est assez détaillée, les horizons majeurs sont souvent subdivisés en sous-horizons, les uns et les autres restant grossièrement parallèles entre eux et avec la surface du sol. Mais il existe aussi dans les horizons d'autres discontinuités. Il s'agit de plages juxtaposées et non nécessairement superposées, de contours variables suivant les cas. Elles correspondent à des volumes d'ordre immédiatement inférieur à celui de l'horizon, nous les appellerons ici phases typologiques.

Les horizons comportent très fréquemment plusieurs phases typologiques. Ainsi les structichrons étudiés par MULLER (1974) montrent-ils des plages à pâte serrée, à porosité faible (phase amé-  
rode) et des plages micro-grenues, très poreuses (phase aliatode). Dans ce dernier cas, les deux phases appartiennent à une même organisation fondamentale définissant les horizons structichromes. Elles se différencient par des caractères secondaire, d'ordre structural (et peut-être aussi géochimique), la seconde dérivant probablement de la première. Il en est de même dans beaucoup d'appumites où les caractères structuraux sont rarement homogènes, surtout après une intervention humaine (de BLIC, 1975). Dans d'autres cas, les phases imbriquées correspondent à deux organisations fondamentales, définissant ailleurs, lorsque l'extension est suffisante, deux horizons majeurs bien distincts. Une étude sur la pédoplasation (CHATELIN 1976) montre qu'il n'y a pas toujours de processus progressif, et que l'on peut observer la juxtaposition d'une phase altéritique et d'une phase structichrome, l'une et l'autre caractéristiques, étroitement associés. La généralisation de cette notion de phase typologique met en évidence la complexité fréquente des matériaux ferrallitiques. De petits volumes suffisent parfois à faire apparaître par exemple une phase structichrome, une phase indurée, une phase graveleuse, etc.

La terminologie employée pour les phases typologiques est la même que pour les horizons.

## 2.7 Les organisations microscopiques

Elles correspondent aux plus petits volumes pédologiques morphologiquement étudiables en fonctions des techniques actuelles du microscope électronique à balayage. Nous ne les mentionnons ici que pour mémoire.

## 3 - PAYSAGES ET SEGMENTS FONCTIONNELS. REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE A MOYENNE ECHELLE

Comme exemple de représentation de volumes pédologiques de deux ordres de grandeur particulièrement intéressants, nous utiliserons les cartes réalisées par BEAUDOU et SAYOL (1976) en Côte d'Ivoire, sur la coupure BOUNDIALI. Il s'agit d'une région ferrallitique de savane, comprise entre 9 et 10° de latitude nord, et 6 et 7° de longitude ouest. Le substratum est formé de granites, de schistes et de quelques roches basiques. Peu accidenté dans son ensemble, le relief est dominé par d'assez nombreux inselbergs granitiques.

### 3.1 Les contraintes préliminaires

La quantité de travail nécessaire à la cartographie de sols couvrant un degré carré, c'est-à-dire dix mille kilomètres carrés environ, pourrait être pratiquement illimitée. Il faut donc s'en tenir à un compromis. Il a semblé raisonnable de restreindre le travail à des prospections réparties sur une année et apportant l'observation de près de mille profils pédologiques. Ceux-ci ne sont évidemment pas répartis au hasard, ou suivant une maille approximativement régulière, mais en toposéquences placées en des sites jugés représentatifs. Les cartographies traditionnelles négligent généralement de préciser si ce sont des profils partiels ou complets qu'elles représentent. Le problème se pose en raison de l'épaisseur souvent considérable des sols ferrallitiques. Dans le cas présent l'ambiguïté est levée : toutes les observations portent sur les apexols et vont au moins jusqu'à l'identification du premier horizon de l'infrasol. Dans certains cas favorables, l'infrasol est étudié plus complètement, la cartographie s'efforce alors de rendre compte des données supplémentaires.

Les photographies aériennes disponibles fixent une nouvelle série de contraintes. Il s'agit dans le cas présent des clichés à 1/50.000 classiques qui couvrent la totalité des pays africains francophones. En pratique, tous les contours donnés par les cartes de BEAUDOU et SAYOL (et de bien d'autres) sont des limites déterminables ou conjecturables sur photographies aériennes. Certains sont très précis, d'autres plus approximatifs. Mais en dehors de cas tout à fait exceptionnels les contours cartographiques ne peuvent être déterminés par le travail au sol sur un ensemble de dix mille kilomètres carrés. Les clichés étant ce qu'ils sont, le contenu-sol de chaque unité cartographique étant statistiquement déterminé par un nombre suffisant d'observations, il devient inutile de multiplier les profils observés puisque l'on ne pourra pas s'en servir pour affiner les contours de la carte. Il s'établit donc une sorte d'équilibre entre le nombre d'observations au sol et les possibilités de photo-interprétation. Cela correspond à un seuil de rentabilité ou d'efficacité. Pour atteindre à un nouveau seuil une qualité supérieure, des conditions de travail complètement différentes sembleraient nécessaires.

La carte des sols n'est pas une fin en soi, elle est destinée à des utilisateurs dont les uns se tournent vers les problèmes de mise en valeur, et dont les autres attendent une exploitation scientifique. Les utilisateurs à motivation pratique entretiennent depuis toujours avec les pédologues des relations conflictuelles. Ils reprochent déjà aux cartes pédologiques traditionnelles d'être difficilement compréhensibles et réclament (ce qui semble légitime) des documents assez simples pour être facilement lus. Ils demandent ensuite (ce qui peut paraître tout aussi fondé) des renseignements répondant aux problèmes qui se posent à eux dans des agrosystèmes différents. Ces deux exigences sont en fait contradictoires, et elles ont beaucoup contribué à pousser la cartographie pédologique dans une impasse. Le milieu naturel est compliqué, on ne peut en donner une image simple qui soit pourtant fidèle. Les agrosystèmes sont éminemment variables, et font intervenir beaucoup de paramètres pédologiques. D'autre part les utilisateurs scientifiques souhaitent que la masse considérable des données perçues par le pédologue cartographe ne se perde pas. Ils s'accrochent d'un langage qui rebute les utilisateurs à but appliqué. Nous verrons plus loin la réponse donnée à ces demandes contradictoires.

### 3.2 Le traitement de l'information

Toutes les données morphologiques récoltées sur le terrain ont été traitées par BEAUDOU et SAYOL dans les termes de la typologie des sols ferrallitiques. Il faut remarquer à ce propos que la collection terminologique proposée par CHATELIN et MARTIN (1972) ne comportait, compte non tenu des termes déjà en usage, qu'une trentaine de néologismes. Pour la cartographie BOUNDIALI, la quasi totalité des faits de terrain s'est trouvée représentable par un nombre encore réduit de termes nouveaux. L'effort de mémorisation nécessaire pour l'apprentissage de la typologie reste donc faible. Suivant en cela sa vocation primitive qui était de constituer un langage souple, la terminologie a été adaptée aux sols étudiés. Les normes admises pour les sols ferrallitiques d'Afrique centrale par exemple auraient groupé en quelques rares catégories la plupart des sols de la coupure BOUNDIALI. Pour obtenir de meilleurs classements, et par conséquent une meilleure analyse, les profondeurs conventionnelles données aux ortho et brachy apexols ont été réduites. De même les pourcentages des phases gravolite et structichrome définissant en cas de mélange le diagnostic principal ont été modifiées.

La terminologie typologique s'est révélée comme un outil d'un grande commodité. Il est tout d'abord certain que l'on ne peut pas prétendre traiter rapidement, sur le terrain puis au laboratoire de cartographie, un millier de descriptions de sols formulées dans les termes de la description élémentaire. Pour travailler sur d'aussi vastes ensembles, la plupart des pédologues cartographes utilisent des abréviations pour les textures, l'assimilation d'un profil à un précédent pris comme type, et d'autres moyens encore sont employés. Au lieu de ces procédés occultes, il semble préférable de se servir d'un langage synthétique constitué comme tel.

En second lieu, la terminologie typologique permet d'établir une certaine quantification. En indiquant qu'il s'agit d'un lepto, d'un brachy ou d'un ortho apexol, elle donne une mesure du développement des horizons. Dans le cas d'une juxtaposition de phases différentes, l'assemblage des termes ou de leurs radicaux constitue une échelle correspondant à autant de classes numériques. S'il s'agit par exemple d'un mélange d'une phase structichrome et d'une phase gravolite, suivant les pourcentages pondéraux de ces deux phases, la terminologie proposera les classes suivantes :

- structichron (~~peu de phase gravolite~~)
- structichron à ~~phase gravolite~~ phase,
- gravo-structichron
- horizon structi-gravolite (en poids, 50% de chaque phase)
- structi-gravolite
- gravolite à phase structichrome
- gravolite (peu de phase structichrome).

Le procédé est le même si les pourcentages s'expriment en volume (ou plus exactement en fonction des surfaces sur les coupes observées). Les mélanges d'altérite et de structichron sont fréquents. Ils se traduisent ainsi :

- structichron (peu d'altérite)
- structichron à phase altérite

- alté-structichron
- horizon alté-structichron (en volume, 50% de chaque phase)
- structi-altérite
- altérite à phase structichrome
- altérite (peu de phase structichrome).

L'information étant ainsi traitée à ce premier niveau, il faut ensuite classer les sols, et mettre le classement obtenu en correspondance avec les unités cartographiables. La terminologie typologique constitue à ce stade du travail une excellente combinaison. Il est facile d'établir des classements en faisant sortir successivement plusieurs caractères, dans un ordre ou dans l'autre. Un premier classement très simple séparera par exemple les leptos apexols (appumite - infrasol), les brachy-apexols peu développés (appumite - structichron dyscrophe - infrasol), les brachy-apexols orthiques (appumite - structichron dyscrophe puis s.s. - infrasol à moins de 150 cm), les ortho-apexols (structichron profonds et infrasol à partir de 150 cm). En deuxième caractère, on choisira par exemple une précision concernant un des horizons de l'apexol, ou la nature de premier horizon de l'infrasol, et ainsi de suite. En testant rapidement plusieurs combinaisons et les répartitions cartographiques qu'elles déterminent, le pédologue parvient à faire apparaître les caractères les plus significatifs.

### 3.3 Typologie ou classification

La terminologie typologique a donc été employée comme outil de travail. La question se posait ensuite de savoir si elle devait être maintenue dans la légende et la notice des documents cartographiques, ou si elle devait y céder la place à la classification des sols. Celle-ci présente des inconvénients souvent dénoncés : elle est trop interprétative, et n'est pas appliquée de la même manière par tous les pédologues. Par comparaison avec l'information exprimée en termes de typologie, il est apparu de plus que la classification donne du contenu-sol de chaque unité cartographique, lorsqu'elle veut être complète, une image artificiellement compliquée et fragmentée. Faisant appel à des collections de profils-taxa apparemment hétérogènes et contrastées, elle fait disparaître la réelle unité pédologique que peuvent avoir certains ensembles de sols.

Ainsi un segment fonctionnel très banal dans le nord de la Côte d'Ivoire, caractérisé par des matériaux cuirassés et ravillonnaires en position de plateau, sera défini en termes de classification comme l'association de :

- Sols ferrallitiques (Cl) : Remaniés (Gr)modaux (S-Gr)
  - indurés (S-Gr)
  - indurés (S-Gr) tronqués
  - Typiques (Gr) remaniés (S-Gr)
  - Appauvris (Gr) remaniés (S-Gr)
- Sols peu évolués (Cl), non climatiques, sur cuirasse.

Il faut donc faire appel à deux classes de sols (nous faisons abstraction des sous-classes basées sur la saturation des sols ferrallitiques), à trois Groupes et quatre Sous-Groupes ou Faciès de la Classe ferrallitique pour décrire le segment fonctionnel. En réalité cet assemblage de taxa n'exprime rien de plus que l'existence d'apexols (lepto, brachy, ortho), gravillonnaires ou non, sur infrasols à gravolites, gravo-stériles, stériles. Aucune indication n'est

donnée par la classification sur les couleurs, la structure des horizons meubles, etc.

La classification rencontre encore plus de difficultés dans la description d'un autre segment fonctionnel, très court pourtant, qui correspond à la zone de raccordement entre plateaux cuirassés et partie supérieure des versants. Les sols présents appartiennent tous à la Classe ferrallitique :

- Typiques (Gr) modaux (S-Gr)
  - rajeunis (S-Gr)
  - faiblement remaniés (S-Gr)
- Remaniés (Gr) modaux (S-Gr)
  - rajeunis (S-Gr)
- Rajeunis (Gr) par érosion et remaniement (S-Gr)

Dans ce cas, il a fallu utiliser trois Groupes et six Sous Groupes pour décrire une minuscule unité paysagique. Pour indiquer le même contenu morphologique que la classification, la terminologie typologique se contentera de mentionner la présence d'apexols (brachy et ortho), gravillonnaires ou non, sur infrasols à structi altérites et altérites. Alors que dans l'exemple précédent l'élément le plus caractéristique était la présence de gravolites et de stérîtes, ce nouveau segment fonctionnel se trouve pédologiquement défini par les altérites et structi-altérites de faible profondeur. La distinction entre les deux est rendue très apparente.

La situation n'est pas meilleure pour la classification des sols de bas de versants, mais, pour ne pas multiplier les exemples, nous nous en tiendrons à cette dernière remarque. Mentionnons en conclusion que, afin d'éviter les complications inévitables lors que l'application de la classification, BEAUDOU et SAYOL ont exprimé le contenu-sol des unités cartographiques en termes de typologie. Ceci n'interdit pas d'utiliser des termes génétiques ou interprétatifs déjà employés par la classification. Mais celle-ci est abandonnée en tant que système de profils-taxa.

### 3.3 La carte des segments fonctionnels

Beaucoup de travaux, nous l'avons déjà dit, ont établi leur unités cartographiques approximativement au niveau de ce que nous appelons maintenant des segments fonctionnels, en représentant simplement chacune d'entre elles par une unité taxonomique. Dans le cas des sols des environs de BOUNDIALI, avant la cartographie dont il est question ici, c'est COLLINET (1974) qui a le premier identifié ces segments fonctionnels, en se servant d'ailleurs de la terminologie typologique pour les analyser. L'auteur les présente sous un autre terme comme des secteurs subdivisant les toposéquences, et précise que chacun de ces secteurs correspond à une tendance évolutive particulière. Sous un nouveau terme, c'est la même notion, et la même méthode descriptive qui ont été reprises par BEAUDOU et SAYOL.

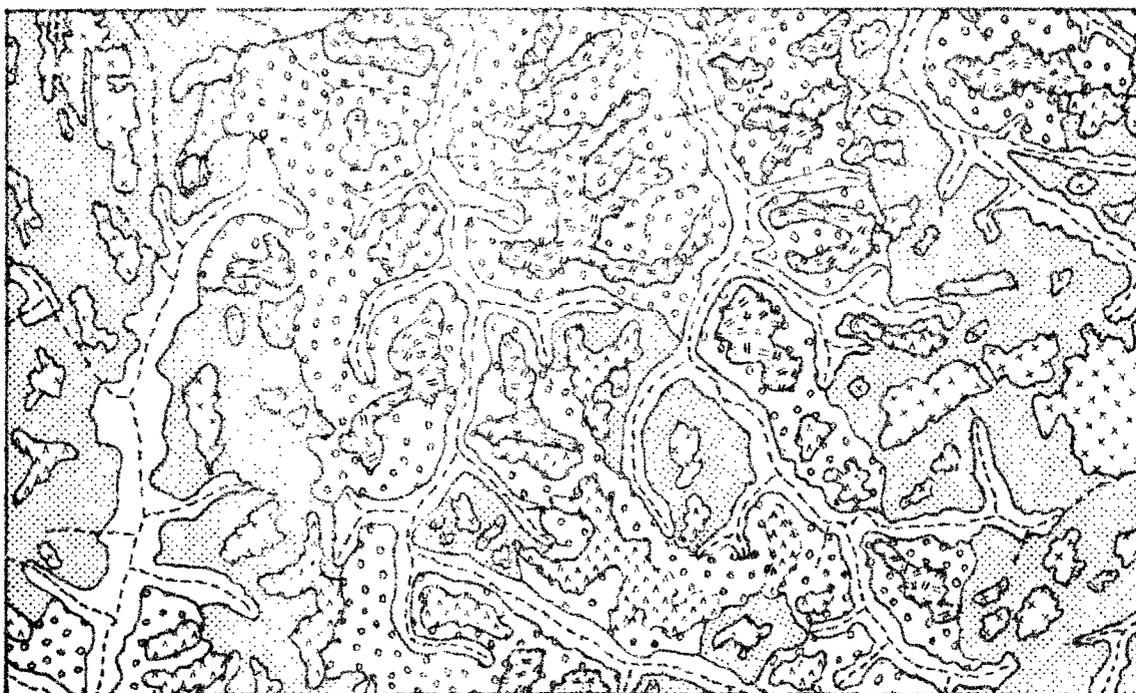
Les segments fonctionnels ont des étendues variées, et sont plus ou moins facilement délimités sur les photographies aériennes disponibles. Aussi pour des raisons pratiques BEAUDOU et SAYOL ont-il utilisé la notion d'unité cartographique. Elle correspond dans les meilleurs cas à un seul segment fonctionnel, plus souvent à deux ou même parfois à trois segments. Leur position respective, ordonnée

suivant la pente, est alors indiquée. L'unité cartographique ne doit donc pas être assimilée à un nouvel ordre de grandeur dans les volumes pédologiques. Elle n'intervient que pour des raisons de commodité, pour surmonter certaines difficultés particulières.

Malgré ces groupements qu'il faut parfois établir entre eux, la carte des segments fonctionnels représente dans le travail de BEAUDOU et SAYOL le niveau analytique le plus poussé. Compte tenu des contraintes de départ (un millier d'observation, qualité des photographies aériennes), il ne semble pas possible d'aller au-delà. La carte correspondante est dressée au 1/200.000, à la limite des capacités du dessinateur et de l'imprimeur. En fait elle représente dans le découpage spatial une finesse analogue à celle de beaucoup de cartes à 1/50.000, et en particulier des cartons 1/50.000 établis par ESCHENBRENNER (1975) en accompagnement de sa carte des paysages morpho-pédologiques. C'est le même travail analytique qui est poursuivi ici sur l'ensemble de la zone cartographiée, et non seulement sur des secteurs représentatifs.

La totalité de l'information se trouve dans cette carte et sa légende. BEAUDOU et SAYOL la présentent à deux niveaux de lecture. Les critères de la désignation immédiate font référence à la forme de relief, et donne une interprétation génétique des sols. C'est le premier niveau de lecture, que les non-spécialistes comme les pédologues peuvent comprendre sans beaucoup de difficulté. La pédogénèse est décrite par des expressions analogues à celles de la classification, en ne retenant que leur énonciation directe, et sans avoir recours aux significations indirectes qu'introduit la structure de la classification. Le deuxième niveau de lecture s'adresse aux spécialistes. Il donne le contenu-sol de chaque segment fonctionnel suivant la terminologie typologique (quand il s'agit de sols ferrallitiques). C'est à ce niveau que se trouve toute l'information fondamentale, dont on peut retirer ensuite certains renseignements thématiques (pédogénèse, contraintes agronomiques, etc).

Voici à titre d'exemple un fragment de la carte en question (échelle 1/200.000 respectée) accompagné de la légende donnée à l'une seulement de ses unités cartographiques. Il s'agit de l'unité cartographique N°5 qui comprend deux segments fonctionnels. Les termes soulignés correspondent à ce que nous considérons comme le premier niveau de lecture.



UNITE 5 : Des croupes sub-aplanies convexes et des collines convexes à chaos et affleurements rocheux très peu abondants.



SEGMENT FONCTIONNEL AMONT

- Sols ferrallitiques meubles parfois indurés

Brachy-apexols peu développés et orthiques. Brun-rouge et rouges. Anguclodes à amérodés.

Apexols sablonneux et orthiques parfois gravillonnaires. Apexols orthiques.

Infrasols à alté-stériles ou à altériles.

- Sols ferrallitiques indurés et gravillonnaires

Lepto-apexols brun-rouge, anguclodes. Brachy-apexols peu développés et orthiques. Brun-rouge et rouges. Angluclodes.

Apexols sablonneux et gravillonnaires. Apexols gravillonnaires. Apexols orthiques et gravillonnaires.

Infrasols à altériles, à stériles, à gravolites, gravolites puis alté-stériles ou structi-altériles.

- Alté-stériles affleurants (assez rares).

SEGMENT FONCTIONNEL AVAL

- Sols ferrallitiques indurés et gravillonnaires

Lepto-apexols gris puis brun-rougeâtre, anguclodes. Brachy-apexols peu développés et orthiques, gris-brun rougeâtre et ocre-rouge, anguclodes.

Apexols sablonneux et gravillonnaires. Apexols orthiques et gravillonnaires. Apexols gravillonnaires.

Infrasols à stériles ou à gravo-stériles.

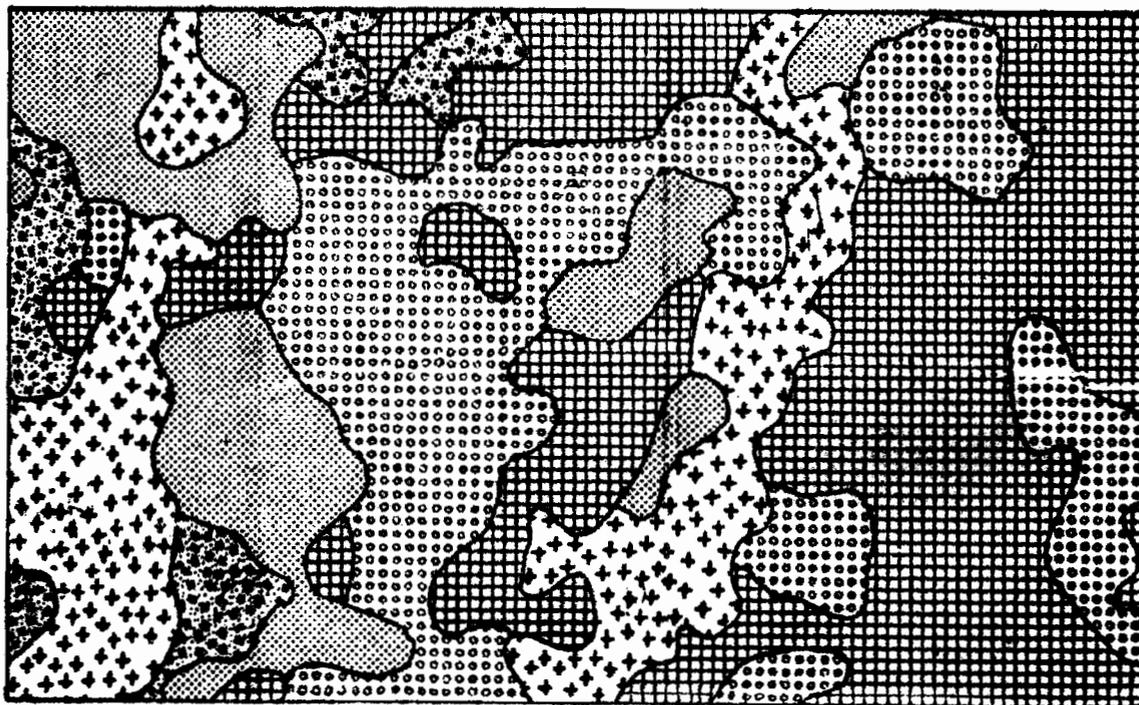
- Cuirasses affleurantes

### 3.4 La carte des paysages

Il est évidemment possible de procéder à la cartographie directe de ces nouveaux volumes pédologiques constitués par des toposéquences régulières et définissant des paysages. Par contre BEAUDOU et SAYOL ont dressé leur carte des paysages à partir de celle des segments fonctionnels. Il s'agit donc d'une carte de synthèse obtenue en reproduisant les contours des associations de segments. Par comparaison avec des essais préliminaires de cartographie directe des paysages, cela a montré qu'une meilleure précision est atteinte ainsi. Le nombre des paysages définis est plus grand, le découpage spatial plus serré. Des surfaces réduites, pourtant nettement caractérisées par une toposéquence donnée, échappent facilement à une approche directe

Le contenu-sol étant donné par la carte des segments fonctionnels n'est pas repris dans le deuxième document. Les paysages sont simplement désignés par les critères du relief. Pour le lecteur il suffit de se reporter à la carte précédente pour retrouver le contenu-sol de chacun des segments du paysage. Les unités paysagiques sont particulièrement utiles pour les planificateurs et pour les techniciens du développement. Elles leur définissent des surfaces qui ont l'ordre de grandeur des aménagements régionaux. C'est pourquoi BEAUDOU et SAYOL font ressortir toutes les contraintes pédologiques envers les agrosystèmes avec la carte des paysages. Ces contraintes sont celles fixées par les pentes, les dénivelées, le drainage, la pierrosité ou l'induration, la texture des horizons cultivables etc.

La carte des paysages est proposée elle aussi à 1/200.000. Elle présente donc un dessin beaucoup moins serré que celle des segments fonctionnels. Voici un fragment de cette carte, choisi dans une zone où se joignent plusieurs paysages.



PAYSAGE 3 : Collines convexes et croupes sub-aplanies concaves, sans cuirassement mais avec des sols gravillonnaires. Unités cartographiques 15,16,17 de la carte des segments fonctionnels.



### CONCLUSION

La méthodologie de la représentation des volumes pédologiques présentée ici s'appuie sur des recherches préalables, effectuées par divers auteurs, vers une cartographie analytique ou intégrée, vers de nouveaux moyens d'expression du contenu-sol. Elle s'éloigne considérablement de la cartographie pédologique traditionnelle. A titre de conclusion, deux aspects fondamentaux de la méthodologie proposée paraissent devoir être encore soulignés :

- Les volumes pédologiques sont représentables suivant plusieurs ordres de grandeur privilégiés. En fixant leur échelle, les travaux cartographiques doivent aussi définir le type de volume à inventorier. Il n'est plus possible de s'en tenir à la règle traditionnelle qui veut que l'on introduise des unités taxonomiques élevées pour les petites échelles, et des unités taxonomiques inférieures pour les grandes échelles.
- Il faut renoncer également à n'établir que des documents

simples et entièrement compréhensibles par tous les utilisateurs éventuels. La totalité de l'information doit être donnée. Ceci peut se faire de manière à permettre une restructuration des données. L'information peut se distribuer à plusieurs niveaux de lecture. Elle doit se prêter à la sélection des divers thèmes, comme celui des contraintes. Il faut aussi que soit possible le passage à des unités synthétiques ou d'ordre plus élevé que celui du travail primitif.

A.G. BEAUDOU, Y. CHATELIN

Mars 1976

-----

REMERCIEMENTS : Les auteurs remercient M. ~~M.~~ COLLINET J., RICHARD J.F. et FILLERON J.C. pour leur aide au cours de l'élaboration de ce document.

- Centre ORSTOM d'ADIOPOUDOUME, Section Pédologie
- Centre ORSTOM d'ADIOPOUDOUME, Section Géographie
- Université d'ABIDJAN. IGT.

## B I B L I O G R A P H I E

- 
- BREWER (R.), 1964 - Fabric and mineral analysis of soils.  
John Wiley & Sons, 470 p.
- CHATELIN (Y.), 1972 - Eléments d'épistémologie pédologique.  
Application à l'étude des sols ferrallitiques.  
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 10, 1, pp 3-24.
- CHATELIN (Y.), 1972 - Les sols ferrallitiques. Tome 1. Historique.  
Développement des connaissances et formation des concepts  
actuels. ORSTOM, Init. Doc. Tech. n° 20, 98 p.
- CHATELIN (Y.), 1976 - Introduction à une épistémologie des sciences  
du sol.  
A paraître.
- CHATELIN (Y.), MARTIN (D.), 1972 - Recherche d'une terminologie  
typologique applicable aux sols ferrallitiques.  
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 10, 1, pp 25-44.
- BEAUDOU (A.G.), 1976 - Notice de la carte pédologique BOUNDIALI à  
1/200.000.  
A paraître.
- MAIGNIEN (R.), 1969 - Manuel de prospection pédologique.  
ORSTOM, Init. Doc. Tech. n° 11, 132 p.
- BOULVERT (Y.), 1975 - Cartes pédologiques de l'Ouham (République  
Centrafricaine). Feuilles Bossangoa, Bouca, Batangafo,  
Kouki à 1/200.000.  
ORSTOM, Notice Explicative n° 58, 152 p., 4 cartes h.t.
- BOULVERT (Y.), 1976 - Carte pédologique de la République Centrafri-  
caine.  
Feuille de Bangui à 1/200.000.  
ORSTOM, à paraître.
- FRIDLAND (V.M.), 1970 - Les surfaces pédologiques élémentaires en  
tant qu'unités de départ de la taxonomie pédologique et  
géographique et certaines de leurs dérivées.  
In "Lois de la variation dans l'espace des propriétés des  
sols et méthodes d'information et de statistique pour les  
étudier", Ed. Nauka, pp. 5-14.
- BOULAIN (J.), 1975 - Géographie des sols.  
P.U.F., Coll. Le Géographe n° 17, 199 p.
- BOULVERT (Y.), 1968 - Quelques aspects de l'influence de la topo-  
graphie et du matériau originel sur la répartition de sols  
ferrallitiques, sols ferrugineux tropicaux et vertisols dans  
la région de Bossangoa au nord-ouest de la République  
Centrafricaine.  
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 6, 3-4, pp 260-275.
- BAUD (R.), 1974 - Essai de cartographie suivant les principes de  
FRIDLAND. Institut National Agronomique, Paris-Grignon,  
46 p. multigr.
- TRICART (J.), 1974 - De la géomorphologie à l'étude écographique  
intégrée.  
L'agronomie Tropicale, 29, 2-3, pp 122-132.
- KILIAN (J.), 1974 - Etude du milieu physique en vue de son aménagement.

Conceptions de Travail. Méthodes cartographiques.  
L'Agronomie Tropicale, 29, 2-3, pp 141-153.

- ESCHENBRENNER (V.), BADARELLO (L.), 1975 - Notice explicative de la carte des paysages morpho-pédologiques. Feuille Odienné à 1/200.000.  
ORSTOM, Notice Explicative à paraître, 8 cartes h.t.
- C.P.C.S., 1967 - Classification des sols.  
ENSA, Grignon, 87 p. multigr.
- PERRAUD (A.), 1967 - Notice explicative de l'esquisse pédologique au 1/500.000.  
ORSTOM, Abidjan, 93 p. multigr.
- TRICART (J.), 1965 - Principes et méthodes de la géomorphologie.  
Masson, 496 p.
- Glossaire de Pédologie, 1969 - ORSTOM, Init. Doc. Techn. n° 13, 82 p.
- BOULET (R.), 1974 - Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta : équilibres dynamiques et bioclimats.  
Thèse Fac. Sci. Strasbourg, 330 p. multigr.
- MULLER (J.P.), 1974 - Introduction à l'étude de trois toposéquences situées entre Goyoum et Deng-Deng.  
ORSTOM, Yaoundé, 18 p. multigr.
- BLIC (Ph. de), 1975 - Comportement des sols après mise en culture mécanisée (Région Centre Côte d'Ivoire).  
ORSTOM, Adiopoudoumé, 27 p. multigr.
- CHATELIN (Y.), 1976 - A paraître.
- COLLINET (J.), 1974 - Compte-rendu d'une tournée dans le nord de la Côte d'Ivoire. Etude de quelques toposéquences représentatives des relations pédogénèse-morphogénèse dans la région de Boundiali.  
ORSTOM, Adiopoudoumé, 57 p. multigr.