

La diversité des volumes pédologiques cartographiables dans le domaine ferrallitique africain

Alain G. BEAUDOU, Jean COLLINET

Pédologues ORSTOM
ORSTOM, B.P. V 51, Abidjan, Côte d'Ivoire

RÉSUMÉ

Une nouvelle méthodologie cartographique a été testée dans des zones ferrallitiques différentes. Elle s'appuie principalement sur la notion de volume pédologique et fait apparaître l'importance des relations modelé-sol. En zone tropicale humide de savane, la différenciation en toposéquence est accentuée, plusieurs types de volumes sont facilement mis en évidence. En zone équatoriale forestière, un seul type de volume envahit la presque totalité des modelés. Le choix de l'échelle fixe l'ordre de grandeur des unités à cartographier, mais ne détermine pas de manière systématique le type de volume qui sera représenté. L'étude entreprise souligne l'importance des notions de contenu-sol, de degré de dispersion, de limites précises ou conjecturées, d'homogénéité ou de monotonie des documents cartographiques. Elle conduit enfin à une nouvelle façon de concevoir la géographie des sols.

Les cartes pédologiques établies jusqu'à présent dans le domaine ferrallitique font généralement apparaître des unités cartographiques larges, qui correspondent donc à un découpage spatial peu dense. Ces unités sont définies par une légende très synthétique basée sur la classification générale des sols-ferrallitiques (Aubert et Segalen 1966). Le découpage spatial réduit, la simplicité de la légende s'expliquent dans une large mesure par les difficultés rencontrées au cours des observations faites sur le terrain ou sur

ABSTRACT

A new cartographical methodology has been tested in different ferrallitic areas. It is based principally on the notion of pedological volume and shows the relief-soil relations importance. In humid tropical savanna countries, the differentiation in toposequences is marked and several patterns of volume are easily identified. In forest-trees equatorial countries only one type of volume invades almost all the relief. Choice of scale prescribes the size of cartography units, but does not determine systematically the type of volume which will be represented. This study accentuates the importance of several notions like « contenu-sol », « Degree of dispersion », « precise or conjectured boundaries », « homogeneity or monotony of pedological maps ». It leads to a new way for soil geography understanding.

les photographies aériennes, par des problèmes d'interprétation au niveau de la définition des unités cartographiques, par l'utilisation d'une classification difficilement représentative d'un milieu complexe.

L'emploi des diagnostics typologiques, associés à une étude précise des relations modelé-sol, a conduit à un découpage théorique de l'espace pédologique en un certain nombre de volumes privilégiés : pédon, segment, paysage, région (Beaudou et Chatelin 1977). Les études entreprises au Gabon (Collinet

et Forget 1976) et en Côte d'Ivoire (Beaudou et Sayol à paraître) ont révélé, dans ces zones morphoclimatiques sensiblement différentes, la prépondérance de l'un ou de plusieurs de ces volumes. Il apparaît donc que *les discontinuités les plus apparentes et les plus caractéristiques ne sont pas les mêmes partout*, et que par conséquent la nature des volumes représentatifs change.

Les problèmes classiques de la cartographie, *tracé des limites, pureté des unités, changements d'échelle* doivent être reconsidérés en fonction de ces nouveaux principes de travail.

1. LES LIMITES DE L'OBSERVATION ET DE L'INTERPRÉTATION

Les premiers relevés du pédologue cartographe se situent au niveau du pédon. Celui-ci se définit par la succession verticale des horizons, par leur épaisseur respective, par les caractères texturaux, structuraux, etc. Ces déterminations semblent relativement faciles à établir dans les zones tropicales de savane où les pédons sont relativement peu épais. L'existence d'une couverture végétale réduite permet de plus *une bonne caractérisation morphologique des interfluves*, aussi bien sur le terrain que d'après les photographies aériennes. Une définition assez précise des dépendances modelé-sol peut donc être obtenue.

En pays équatorial, les sols sont beaucoup plus épais et leurs apexols (appumites et structichrons) semblent ne se différencier qu'assez peu le long des versants. Avec les moyens classiques d'observation, la présence d'une couverture forestière généralement dense *rend difficile la caractérisation morphologique des interfluves* pendant les opérations de terrain. Cette difficulté s'accroît encore considérablement lors des études sur photographies aériennes, qui ne permettent de façon relativement satisfaisante que de caractériser la forme générale des reliefs. La faible différenciation des apexols conduit le pédologue à rechercher des diagnostics complémentaires en surestimant peut-être certains caractères directement observables (structure, cohésion, etc.) ou en développant les déterminations de laboratoire (microscopie, analyses physiques et chimiques, etc.). Ce faisant, il valorise des critères qui n'auraient eu qu'une valeur secondaire ou qui ne seraient même pas apparus en d'autres zones. Il n'est pas certain que cela soit opportun. C'est en

effet en conservant *le même niveau d'investigation* que l'on peut comparer valablement les faits représentatifs de différentes zones pédogénétiques.

La cartographie à *une échelle donnée* impose un certain niveau d'analyse, pour que les délais fixés à sa réalisation ne soient pas démesurés. Malgré toute l'importance qu'ils pourraient avoir pour l'interprétation pédogénétique, il n'est pas possible de rendre compte de sols trop peu étendus et pourtant assez variables, si leur localisation et leur caractérisation restent imprécises. Ce problème réapparaîtra plus loin.

2. LA DIVERSITÉ DES VOLUMES CARACTÉRISTIQUES

Le milieu pédologique peut se subdiviser en volumes de compositions et de dimensions très variées. Ces différents volumes possèdent des limites qu'il est assez souvent possible de localiser dans l'espace grâce aux discontinuités qui affectent les autres composantes du milieu naturel. Pour une zone donnée, l'étendue des surfaces cartographiées à moyenne échelle n'est pas suffisante pour que l'influence du climat soit prise en considération comme facteur discriminant. Pour définir les limites des volumes pédologiques, un rôle essentiel est alors attribué à la liaison modelé-sol. Pour une même échelle, l'extension des pédons, la dimension et le profil des interfluves sont déterminants dans le choix des volumes à cartographier. Deux exemples choisis dans des zones morphoclimatiques très différentes vont illustrer ces remarques.

2.1. Zone tropicale de savane (exemple du Nord de la Côte d'Ivoire)

L'existence de nombreux reliefs résiduels rocheux ou cuirassés est une caractéristique morphologique essentielle de cette zone. A partir des sommets d'interfluves indurés, se développent des versants rectilignes ou sub-rectilignes. Ils sont délimités, en aval, par des cours d'eau de moyenne ou de médiocre importance, divaguant dans de larges vallées à fond plat. L'analyse photo-interprétative permet d'appréhender, grâce à une couverture végétale clairsemée, les contours des différentes formes du modelé. Elle permet aussi d'établir une caractérisation morpho-

logique relativement précise des versants. Les observations de terrain confirment, d'une façon très générale, l'étroitesse des corrélations existant entre ces organisations géomorphologiques et la différenciation séquentielle des sols.

Le travail de terrain révèle une très grande variabilité des *pédons* (volumes d'ordre « n »). En d'autres termes, ces pédons n'ont généralement qu'une extension réduite, leur cartographie est pratiquement impossible aux échelles moyennes. Par contre, des portions homogènes de versants, limitées par des ruptures de pente, regroupent des pédons variables mais qui restent tout de même apparentés par leurs caractères morphologiques principaux, en relation directe avec un ou plusieurs processus génétiques. C'est ce qui définit les *segments pédologiques* (volumes d'ordre « n+1 »). Un nouveau regroupement de ces dernières unités constitue un volume d'ordre « n+2 »,

que l'on dénommera *paysage*. A leur tour enfin, plusieurs paysages peuvent constituer une *région pédologique*, c'est-à-dire un volume d'ordre « n+3 ». Ceci sera illustré par trois exemples choisis dans le Nord de la Côte d'Ivoire (feuille de Boundiali, 9-10° lat. N, 6-7° long. W) (Beaudou et Sayol, à paraître).

2.1.1. PREMIER EXEMPLE (fig. 1)

Il s'agit d'un *paysage*, morphologiquement caractérisé par des sommets irrégulièrement cuirassés et limités par une corniche, qui dominent un versant rectiligne à faible pente et un bas de versant concave. La nécessité de regrouper plusieurs *segments* s'est imposée pour la réalisation d'une carte à 1/200 000. C'est ainsi que le sommet d'interfluve, le haut et le bas de versant de la figure 1 sont en réalité des unités complexes à deux ou trois segments.

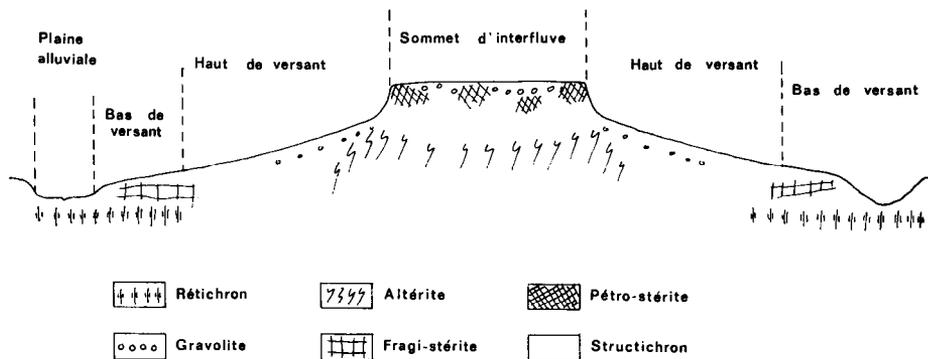


FIG. 1. — Les segments fonctionnels dans un paysage de plateaux cuirassés du Nord de la Côte d'Ivoire.

Cet ensemble peut se décrire de façon simplifiée comme suit :

Segments pédologiques de sommet d'interfluve : Zone tabulaire à modelé plan ou très faiblement ondulé, limitée par une corniche cuirassée de 1 à 3 m de hauteur.

Segment 1 : Morphologie plane, de pente inférieure à 1 %

Contenu-sol : Pas d'apexol : péto-stérite affleurant. Lepto-, brachy-apexols sablonneux et gravillonnaires sur gravolite, péto-stérite, ou gravolite puis péto-stérite.

Processus : Induration, démantèlement.

Segment 2 : Morphologie plane, de pente inférieure à 1 %

Contenu-sol : Brachy-, ortho-apexols, sablonneux et argileux sur structi-altérite ou alté-structichron, ou altérite.

Processus : Pédoplasation profonde.

Segment 3 (exceptionnel) : Morphologie en cuvette de petite dimension.

Contenu-sol : Brachy-, ortho-apexols, sablonneux et argileux parfois gravillonnaires sur réti-chron, fragi-stérite ou gravo-réti-chron. Lepto-, brachy-apexols à mélanumite et humite parorthique à phase oxygène sur réducton et oxy-réducton.

Processus : Engorgement, réti-chromatation, induration.

Segments pédologiques de haut de versant : Cette unité comprend la zone de raccordement rectiligne-concave, puis la partie supérieure du versant proprement dite qui est rectiligne.

Segment 1 : Zone de raccordement à profil rectiligne puis concave d'une longueur de 40 à 80 m. La pente est forte et varie de 20 à 30 % dans la partie rectiligne, de 10 à 20 % dans la partie concave.

Contenu-sol : Lepto-, brachy-apexols argileux et/ou gravillonnaires sur gravo-structi-altérite, gravo-altérite ou gravé-altérite.

Processus : Erosion, pédoplasation.

Segment 2 : Rectiligne à faible pente variant de 2 à 5 %, la longueur est comprise entre 150 et 400 m.

Contenu-sol : Lepto-, brachy-apexols gravillonnaires sur gravolite.
Brachy-, ortho-apexols argileux, souvent gravillonnaires sur structi-altérite, gravo-alté-structichron.

Processus : Pédoplasation profonde, remaniement.

Segment 3 : Rectiligne à faible pente variant de 2 à 5 %, la longueur est comprise entre 150 et 400 m.

Contenu-sol : Pas d'apexol : Pétro-stérite affleurant (rare)
Lepto-, brachy-apexols sablonneux et gravillonnaires sur gravo-stérite, gravolite puis stérite ou stérite.

Processus : Remaniement, parfois induration.

Segments pédologiques de bas de versant : Rectiligne, puis concave.

Segment 1 : Rectiligne à faible pente variant de 2 à 4 % et d'une longueur comprise entre 100 et 300 m.

Contenu-sol : Pas d'apexol : Stérite affleurant
Lepto-, brachy-apexols sablonneux et gravillonnaires sur pétro- et fragi-stérite, gravolite ou gravolite puis structichron intergrade ré-tichron.

Processus : Colluvionnement, induration (Rétichromation très faible).

Segment 2 : Rectiligne et concave. La pente varie de 3 à 6 % et la longueur est comprise entre 100 et 200 m.

Contenu-sol : Brachy-, ortho-apexols sablonneux et argileux, ou sablonneux parfois gravillonnaires sur ré-tichron, duri-rétichron, fragi-stérite ou gravo-rétichron.

Brachy-apexols sablonneux à phase oxygène sur psammiton ou oxy-réducton.

Lepto-, brachy-apexols à mélanumite et humite parorthique à phase oxygène sur réducton ou oxy-réducton.

Processus : Induration, ré-tichromation, lessivage, colluvionnement.

Segment pédologique de plaine alluviale : Profil plan avec une pente inférieure à 0,5 %. Sa largeur varie de quelques dizaines à quelques centaines de mètres.

Contenu-sol : Lepto-, brachy-apexols sableux ou argileux sur réducton, oxy-réducton ou psammiton.

Processus : Engorgement, alluvionnement.

2.1.2. DEUXIÈME EXEMPLE (fig. 2)

Ce nouveau paysage se distingue du précédent par un sommet d'interfluve qui reste plan ou qui devient légèrement convexe, mais qui ne contient plus que rarement de lepto- et brachy-apexols sur stérites. Beaucoup plus progressifs que dans le cas précédent, le raccordement avec le versant est convexe-rectiligne, son contenu-sol se distingue encore de celui du sommet. Le profil des versants et leur contenu-sol ne changent pas par rapport au paysage de la figure 1.

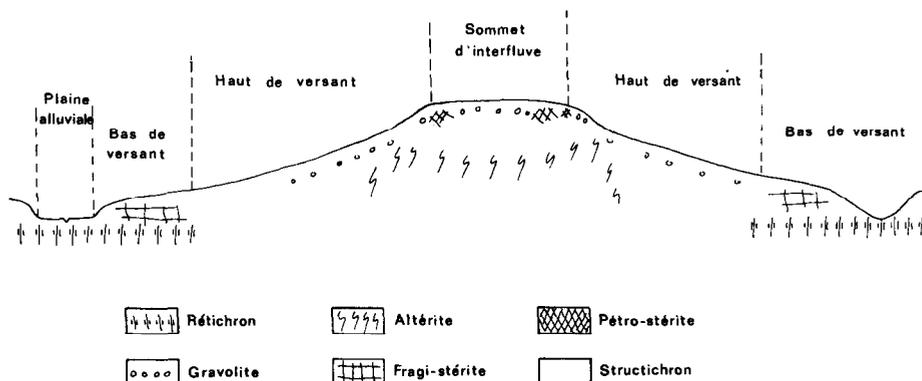


FIG. 2. — Les segments fonctionnels dans un paysage de plateaux cuirassés partiellement démantelés du Nord de la Côte d'Ivoire.

2.1.3. TROISIÈME EXEMPLE (fig. 3)

La morphologie plane des zones sommitales disparaît. Le modelé général correspond à des collines légèrement convexes ou plan-convexes. Le segment de sommet d'interfluve comporte des leptotet et brachy-apexols gravillonnaires sur gravolite. La zone de raccordement n'est plus identifiable, ni morphologiquement, ni comme segment à contenu-

sol particulier. Par rapport aux paysages précédents, les modifications des segments de versant portent sur une fréquence plus grande des gravolites et, en ce qui concerne les processus actuels, sur un moindre colluvionnement en bas des versants. Toujours par rapport aux exemples antérieurs, il faut souligner l'atténuation du contraste existant entre les segments de sommet et de haut de versant.

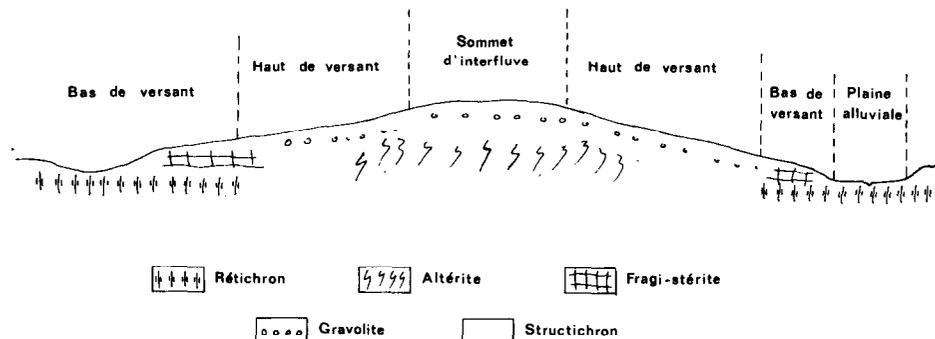


FIG. 3. — Les segments fonctionnels dans un paysage de collines plan-convexes du Nord de la Côte d'Ivoire.

2.2. Zone équatoriale forestière (exemple du Centre-Gabon)

Dans cette nouvelle zone, il est difficile de dégager les caractéristiques morphologiques essentielles, pour des raisons déjà dites. Pourtant, les interfluvés y sont probablement plus réguliers que dans la zone tropicale de savane. La région étudiée qui va servir d'exemple (feuille Booué-Mitzic, 0°30' lat. N-0°30' lat. S, 11-12° long. E) a été étudiée par Collinet et Forget (1976). Elle fait apparaître deux ensembles majeurs bien distincts : les pénélaines (1) et les reliefs dégagés par les grands fleuves et leurs affluents. Dans chacun de ces cas, les modelés sont peu différenciés et les contenus-sols varient peu depuis les sommets d'interfluvés jusqu'aux bas des versants. Ce sont donc des ensembles très homogènes dont la cartographie doit rendre compte.

(1) Le terme pénéplaine est couramment employé par les auteurs qui, depuis B. Choubert en 1937, ont décrit le Nord-Gabon. Il a ici une valeur régionale et ne fait pas référence à la théorie du cycle de l'érosion de W.W. Davis.

Quels seront les volumes pédologiques les plus représentatifs de ce nouveau milieu ?

2.2.1. PREMIER EXEMPLE (fig. 4)

La pénéplaine qui s'étend sur la plus grande partie du nord Gabon se présente comme la juxtaposition de modelés en larges « plateaux » plan-convexes de 2 à 3 000 m d'extension latérale, et de vallées marécageuses à fonds plats de 4 à 600 m de largeur. Deux types de pédons occupent respectivement la totalité du plateau et de la vallée :

Plateau plan-convexe

Contenu-sol : Ortho-apexols jaunes, argileux, pauciclude à phase aliatode sur structichron profond puis gravolite ; l'altérite y apparaît vers 7 à 10 m de profondeur.

Processus : Altération, pédoplasation kaolinique.

Vallée à fond plat

Contenu-sol : Brachy-apexols sableux, humiques, amérode, sur réducton.

Processus : Réduction, alluvionnement, accumulation partielle de matières organiques.

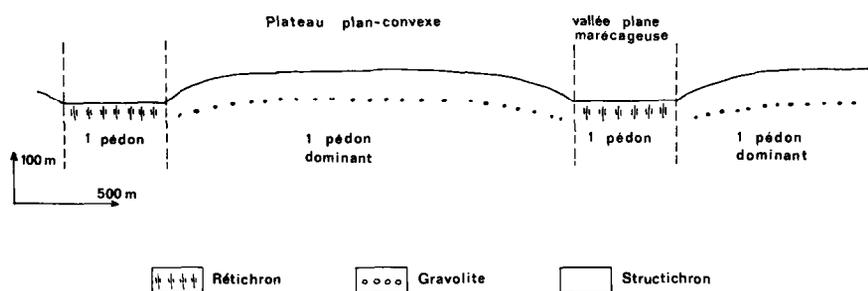


FIG. 4. — Paysage à deux pédons de la pénéplaine du Nord Gabon (Woleu N'Tem).

2.2.2. DEUXIÈME EXEMPLE (fig. 5)

Observé dans le bassin de l'Ogooué, à proximité du fleuve lui-même, ce nouvel ensemble se définit

par un modelé en collines convexes, ou collines en « demi-orange », de 3 à 700 m d'extension latérale. Il est caractéristique du soubassement à granite et séricito-schiste.

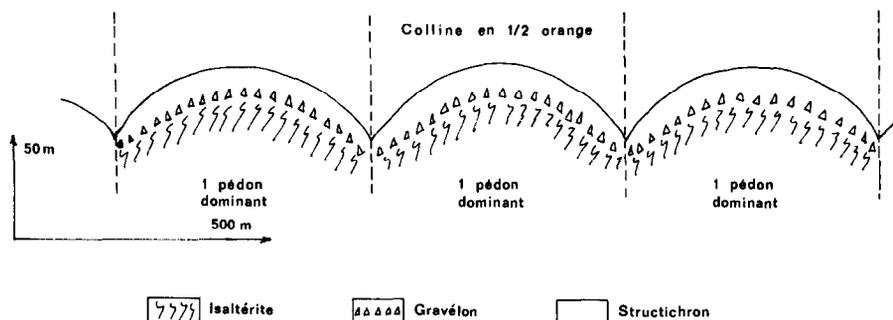


FIG. 5. — Paysage à un pédon. Collines en « demi-orange » sur séricitoschistes.

L'ensemble de l'interfluve est occupé presque uniquement par un seul type de pédon, les différenciations de bas de versant n'étant pas cartographiables aux échelles moyennes. Il se définit ainsi :

Contenu-sol : Ortho-apexols ocre-jaune, argileux, anguclode sur structichron profond pénévolué puis gravelon et isaltérite à moins de 2 m de profondeur.

Processus : Altération et pédoplasation illitique et kaolinitique.

2.2.3. TROISIÈME EXEMPLE (fig. 6)

Il se situe comme le précédent dans la vallée (s.l.) de l'Ogooué, mais sur des roches différentes : il s'agit maintenant de gneiss, de micaschistes, de schistes quartzeux. Le modelé est toujours convexe dans son ensemble. Il se présente en collines allongées sur 1 000 à 2 000 m, d'une largeur de 3 à 700 m, avec des sommets plus étroits que dans l'exemple précédent et des versants rectilignes ou rectilignes-convexes.

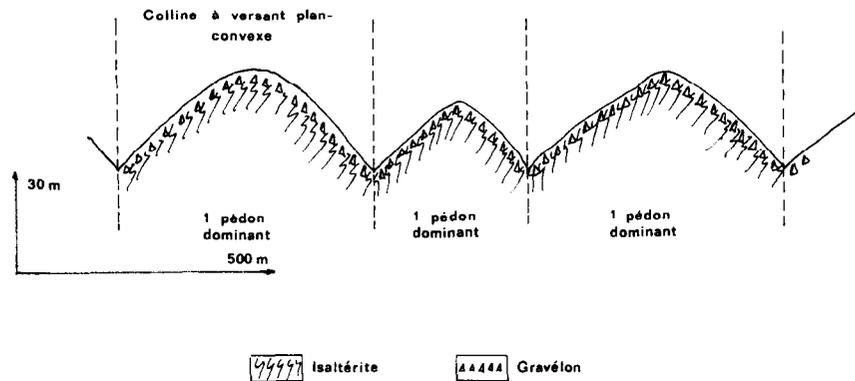


FIG. 6. — Paysage à un pédon. Chaînes de collines à versants plan-convexes sur gneiss, micaschistes et schistes quartzeux.

Cette fois encore, un seul type de pédon envahit la presque totalité du modelé :

Contenu-sol : Brachy-apexols sablo-argileux à phase graveleuse et régolique sur gravélon et isaltérite.

Processus : Altération, pédoplasmatation, érosion.

2.3. Conclusions

Une grande dispersion des caractères apparaît donc dans les *pédons* du milieu tropical de savane. Il est difficile de retenir ce premier type de volume

en cartographie, pour les moyennes échelles tout au moins. Par contre, *segments* et *paysages* ont été facilement individualisés. Les trois paysages pris en exemple sont assez peu contrastés les uns par rapport aux autres, et ils sont généralement contigus. Leur regroupement définit une *région*, nettement individualisée elle aussi. Ainsi, dans ce milieu de savane, les volumes cartographiables du premier ordre de grandeur (*pédons*) paraissent beaucoup moins significatifs que ceux des trois ordres de grandeurs suivants (*segments*, *paysages*, *régions*) qui s'emboîtent régulièrement les uns dans les autres conformément au schéma théorique (fig. 7).

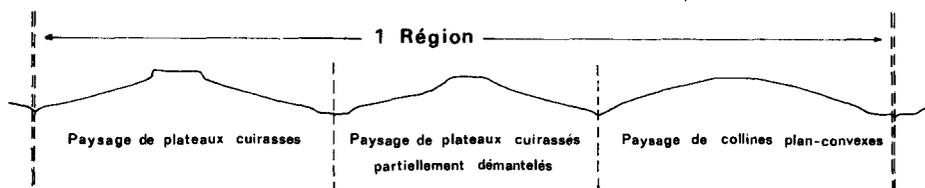


FIG. 7. — Paysages et région dans le Nord de la Côte d'Ivoire.

Il n'en est plus de même dans le milieu forestier équatorial. Ici au contraire, le *pédon* se présente comme un volume hautement caractéristique qui envahit fréquemment la plus grande partie des interfluves. Sans doute existe-t-il quelques variations à caractère aléatoire (présence de quelques gravolites ou gravélons, en positions irrégulières), et en bas de pente

quelques variations systématiques (rétichromation) génétiquement importantes, mais d'extension réduite (fig. 8). Il serait donc possible de définir des segments, mais ils paraîtront peu accusés et en tous cas ne seront pas représentables au niveau d'une cartographie à moyenne échelle.

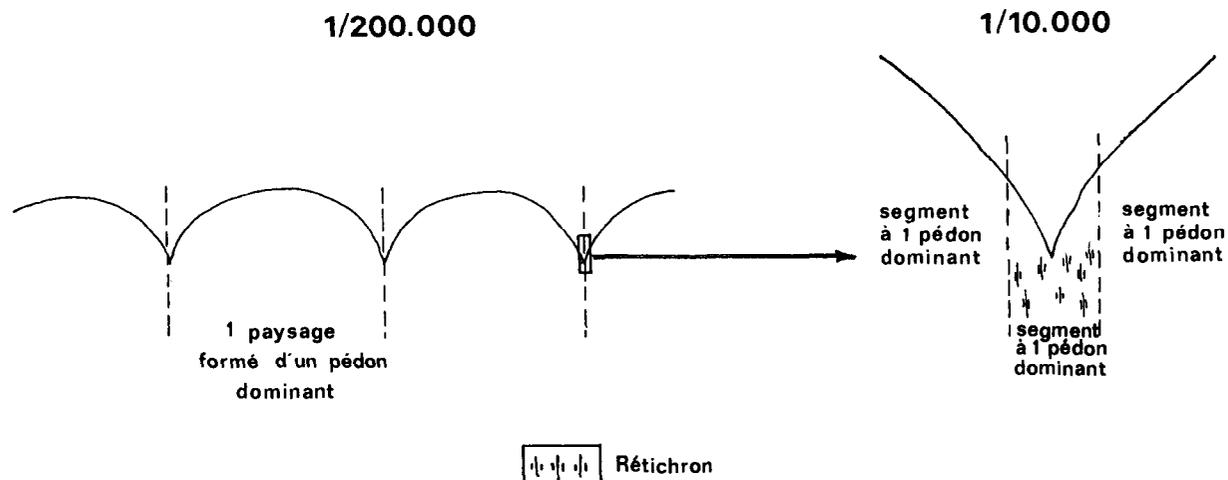


FIG. 8. — Identification et représentation des volumes pédologiques en fonction de l'échelle.

C'est ainsi que l'on a défini des *paysages à un pédon dominant* (exemples de la vallée de l'Ogooué), ou des *paysages à deux pédons dominants* lorsque les interfluvies sont séparés par de larges bas-fonds (exemple de la pénélaine du Nord-Gabon). A l'ordre de grandeur suivant, les *régions* regroupant plusieurs types de paysages sont nettement apparentes (fig. 9). Ainsi les volumes les plus significatifs ne suivent-ils

pas la suite normale des ordres de grandeur. Les segments apparaissent quelque peu estompés, les paysages sont bien marqués, mais leur identification repose plus sur leur enveloppe physiographique que sur leur contenu-sol (un ou deux pédons dominants). Pédons et régions par contre peuvent être considérés comme les volumes les plus significatifs de ce milieu (fig. 9).

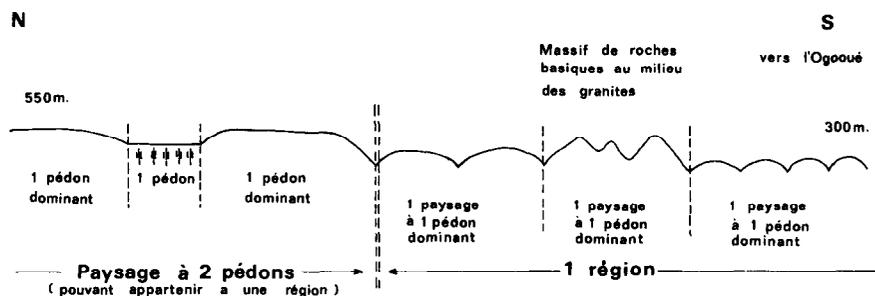


FIG. 9. — Paysages et région dans le Nord du Gabon.

Il reste enfin à souligner l'importance du *degré de dispersion* des volumes qui doivent être réunis lorsque l'on passe d'un ordre de grandeur à l'autre. Le problème se pose à tous les ordres de grandeur, mais il sera illustré par l'exemple du regroupement de plusieurs paysages en une région. Si les différents

paysages sont très dispersés, leur rassemblement aboutit soit à la constitution d'unités régionales trop hétérogènes quant à leurs contenus, soit à des unités délimitées par des contours trop compliqués et qui sont alors sans signification réelle (fig. 10).

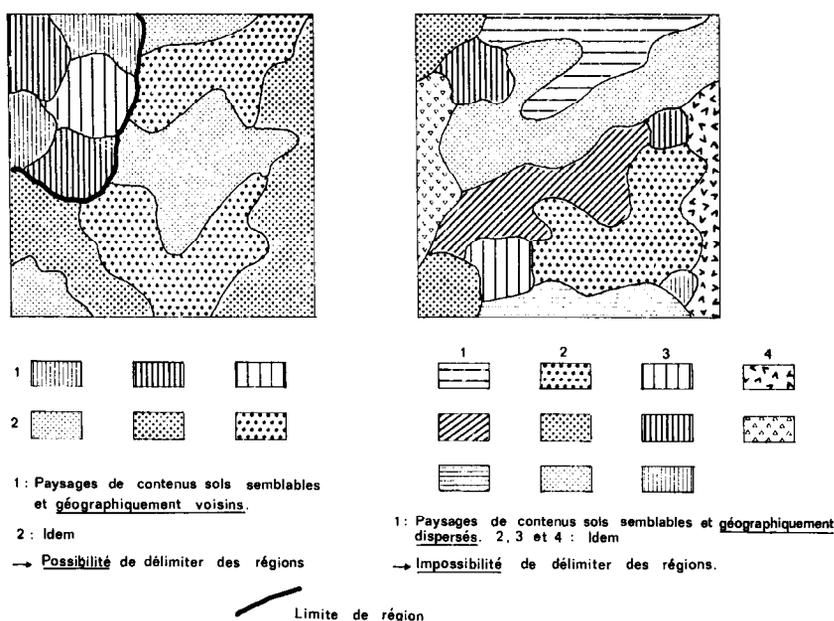


FIG. 10. — Notion de degré de dispersion des unités cartographiques. Représentation des régions.

3. LA RESTITUTION CARTOGRAPHIQUE

3.1. Limites, intergrades

Le travail cartographique début toujours, sur le terrain, par l'observation du pédon. Selon l'importance de son extension latérale, ce volume élémentaire peut être conservé comme unité cartographique. Il peut aussi être intégré à un volume d'ordre supérieur pris comme unité cartographique. Quels que soient les ordres de grandeur des volumes pédologiques retenus, leur distribution pose un des problèmes majeurs de la cartographie des sols : *le tracé des limites*. Dans certains cas apparaissent des *limites précises*. Il s'agit de discontinuités pédologiques accentuées, correspondant à un changement brutal dans la forme du modelé. Plus fréquemment, les variations sont progressives. Elles peuvent se faire par une suite d'intergrades simples, conduisant par exemple d'un structichron à un réti-chron. Elles peuvent aussi se réaliser par une imbrication de Phases successivement mineures, puis dominantes. Un réti-fragistérite à phase structichrome peut être

donné en exemple de ces matériaux de transition formés d'un complexe de plusieurs Phases. Il existe donc un *volume limite* de sol, dans lequel la transition s'effectue par combinaison de deux ou de plusieurs caractères, et qu'il faut localiser. Dans ces conditions, la carte ne représentera qu'une *limite conjecturée* : celle-ci ne peut être placée de façon stricte à l'intérieur d'un volume pédologique de transition, et généralement elle ne correspond à aucune modification nette de la forme du modelé. Ces notions de limite précise et de limite conjecturée seront illustrées par des exemples pris en zone tropicale humide et en zone équatoriale. Ils seront exprimés en termes génétiques, pour la commodité de l'exposé, étant entendu qu'à chaque processus correspond un diagnostic typologique.

Les premiers exemples sont pris dans la *zone tropicale humide* (fig. 11). Il a déjà été dit que les limites interpédons sont très imbriquées et qu'elles ne peuvent pas être considérées dans le cas d'une cartographie à moyenne échelle. Comme exemples de limites précises peuvent être retenues une limite inter-segments, celle qui dans le paysage à témoins

cuirassés sépare le sommet d'interfluve plan de la zone de raccordement au versant, et une limite inter-paysages, celle qui sépare le paysage précédé de celui à inselberge (non décrit dans cet article). Ces deux limites suivent des accidents topographiques nets, corniche cuirassée dans le premier cas, axe hydrographique dans le second. Parmi les limites

conjecturées, figure celle située entre le segment de haut de versant (pédoplasation, remaniement) et le segment de bas de versant (rétichromation, induration). Son tracé résulte de l'extrapolation de données de terrain, entre le 1/3 supérieur et le 1/3 inférieur de versants régulièrement rectilignes, suivant les cas.

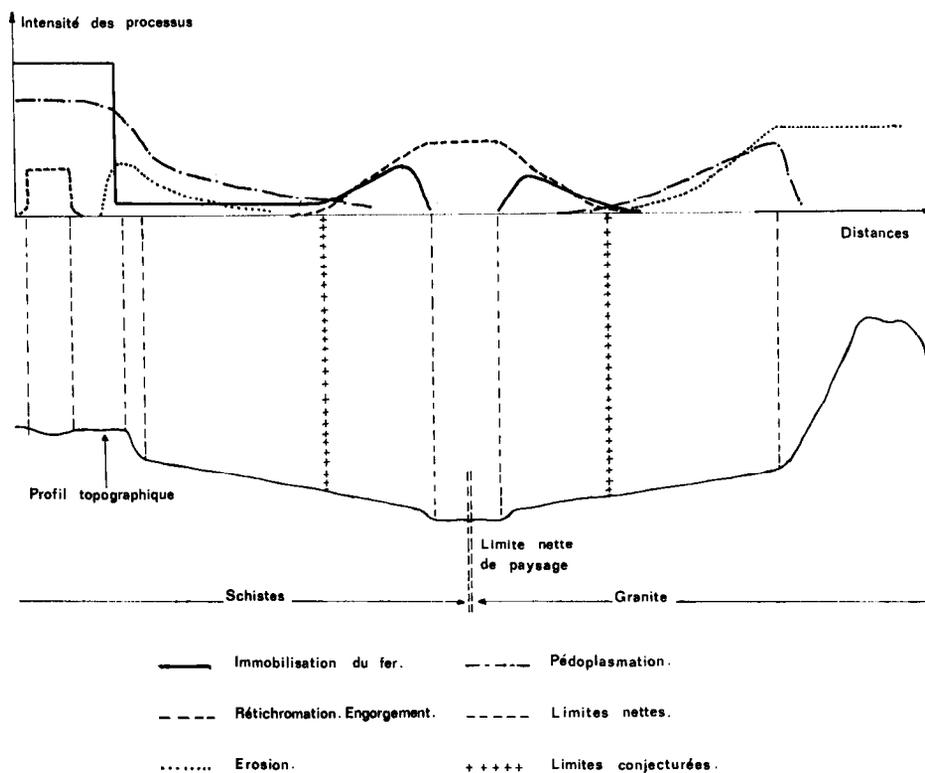


FIG. 11. — Schéma des intensités relatives de certains processus pédogénétiques en zone tropicale humide : limites nettes et conjecturées.

La cartographie réalisée dans la zone équatoriale (fig. 12) fait assez curieusement apparaître des limites précises dans presque tous les cas. Trois types de volumes ont été représentés (pédons, paysages, régions), les volumes intermédiaires entre les deux premiers (segments) étant peu affirmés. Les limites se sont trouvées placées sur des traits morphologiques majeurs, axes hydrographiques généralement, même lorsqu'il s'agissait de pédons, c'est-à-dire de volumes de l'ordre de grandeur théoriquement le plus petit. Il faut rappeler que cette précision des limites est relative au niveau d'analyse permis par

la technique cartographique, abstraction faite des caractères pédologiques d'extension trop faible ainsi que cela a été dit plus haut.

3.2. Les échelles

Le choix des échelles est guidé en partie par l'utilisation que l'on souhaite faire de la carte pédologique (mise en valeur d'une partie du pays, création de plantations industrielles, etc.). Il devrait en principe

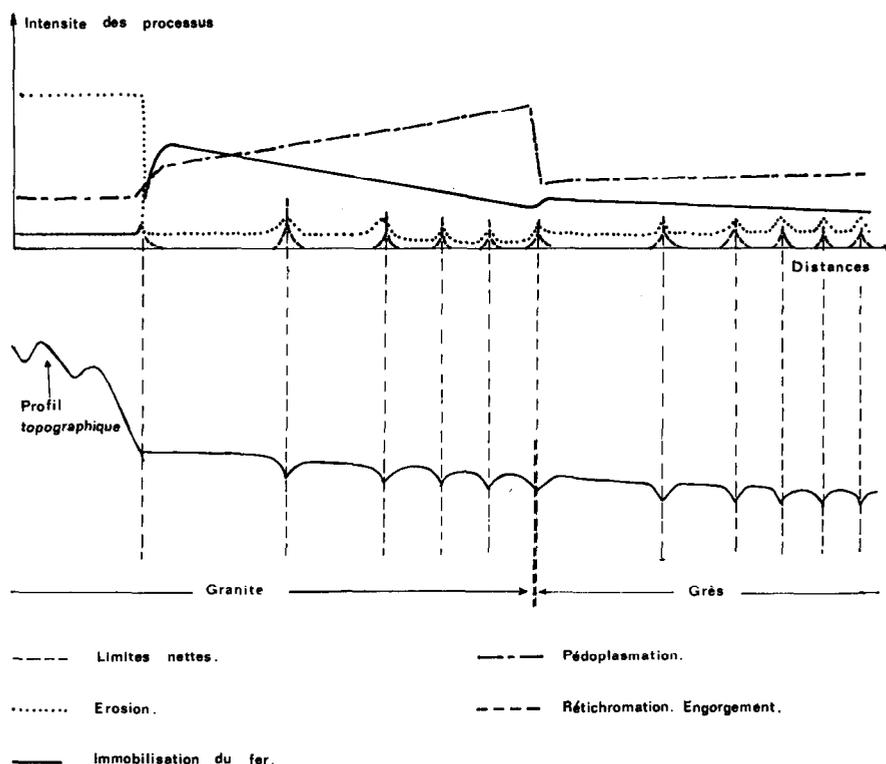


FIG. 12. — Schéma des intensités relatives de certains processus pédogénétiques en zone équatoriale : limites nettes.

fixer également le type de volume à représenter. En réalité, le problème n'est pas aussi simple, car la grande variabilité de l'extension des différents volumes conduit bien souvent à la *représentation de plusieurs d'entre eux sur une même carte*. Cependant, en règle générale, pour les échelles extrêmes, très grandes ou très petites, un seul type de volume peut être restitué.

Les échelles à 1/5 000 ou 1/10 000 permettent de reproduire des surfaces de quelques mètres ou dizaines de mètres carrés, qui correspondent approximativement à ce qu'il est possible d'appeler l'aire d'extension minimum théorique d'un pédon. Dans ces conditions, choisir l'échelle c'est aussi choisir le volume à cartographier : le pédon dont les limites seront recherchées de façon systématique à la tarière. Les pédons ne seront pas toujours parfaitement homogènes, mais l'importance des variations observées ne sera pas suffisante pour justifier la représentation du volume d'ordre immédiatement supérieur.

Sur les cartes à 1/1 000 000 ou moins, les plus petites surfaces cartographiables sont de l'ordre de quelques kilomètres carrés, dimensions qui corres-

pondent à certains types de paysages. Il serait donc théoriquement possible de réaliser une carte des paysages, mais un grand nombre d'entre eux, trop petits, formeraient des unités trop exiguës ou seraient éliminés. Pour obtenir un document lisible et homogène, il sera donc préférable de retenir le volume d'ordre supérieur : la région.

C'est à moyenne échelle (1/100 000 et 1/200 000) que les possibilités d'analyse des relations modèle-sol apparaissent les plus favorables et *segments et paysages seront les volumes les mieux adaptés à leur restitution*. Il n'existe cependant pas de règles absolues pour le choix des volumes à cartographier, car le nombre et l'intensité des facteurs qui interviennent dans la définition de ces volumes varient énormément selon les zones morpho-climatiques. Il faut alors envisager l'existence de cartes reproduisant un seul type de volumes ou simultanément plusieurs types de volumes. Quelques exemples choisis parmi les cartes réalisées dans les domaines ferrallitiques de type tropical humide et équatorial vont illustrer ces différentes possibilités.

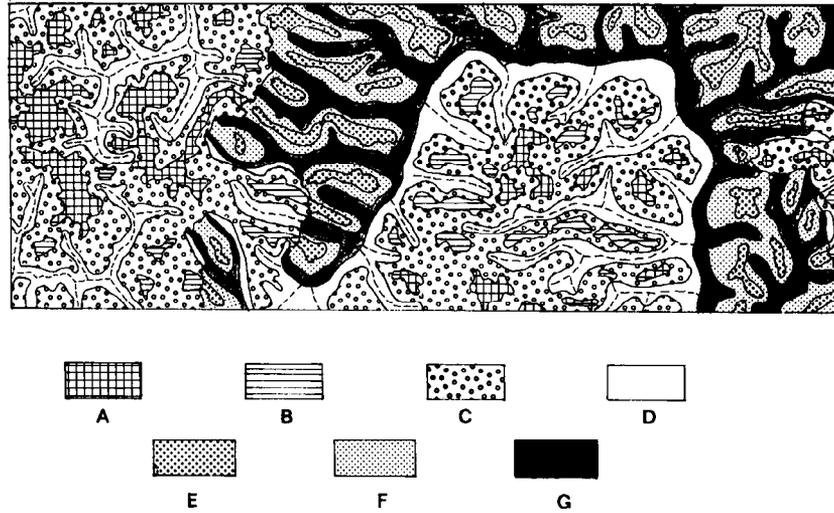


FIG. 13. — Extrait de la carte de BOUNDIALI à 1/200 000 (Nord de la Côte d'Ivoire).

3.2.1. REPRÉSENTATION D'UN TYPE DE VOLUME

3.2.1.1. Les segments pédologiques (fig. 13)

Légende partielle de la figure 13

D - SEGMENT : Lepto-, brachy-apexols beiges, sableux, parfois gravillonnaires sur fragistérite.

Brachy-, ortho-apexols beiges, sableux sur rétichron ou duri-rétichron.

Lepto-, brachy-apexols beiges sableux sur oxy-réducton.

E - SEGMENT : Lepto-, brachy-apexols rouges, gravillonnaires sur gravolite ou gravo-stérile.

A-B-C-F-G : autres segments

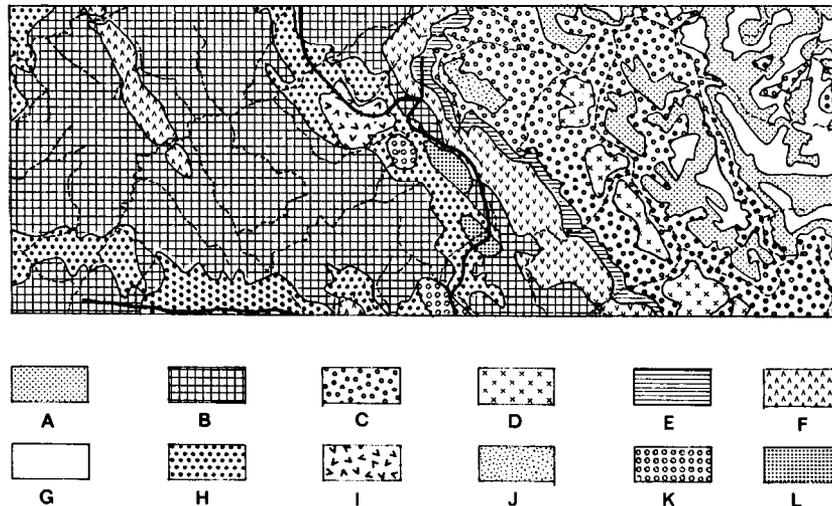


FIG. 14. — Extrait de la carte de N'DENDE à 1/200 000 (Sud du Gabon).

3.2.1.2. Les paysages pédologiques (fig. 14)

Légende partielle de la figure 14

B - PAYSAGE : Chaînon culminant à 350-400 m, de 1 000 à 1 500 m de longueur et de 300 à 400 m de largeur. Ces versants sont convexes et à forte pente.

Segment très largement dominant : Ortho-apexols jaunes, argileux, pauciclude sur structichron profond. Caractère aléatoire : texture argilo-sableuse et structure amérode.

Segment d'extension limitée (non cartographiable) : Brachy-, ortho-apexols jaunes, amérode sur structi-rétichron.

C - PAYSAGE : Plaine largement ondulée avec de vastes zones déprimées planes.

Segment très largement dominant : Brachy-apexols sableux sur psammiton ou gravé-, gravo-oxy-réducton. Caractère aléatoire : oxy-réducton graveleux reposant directement sur le matériau géologique (dolomie).

Segment d'extension limitée (non cartographiable) : Lepto-, brachy-apexols sableux sur psammiton à phase oxique.

F - PAYSAGE : Collines en « demi-orange » de 300-400 m de diamètre.

Segment très largement dominant : Ortho-apexols pénévoulés, jaunes, argileux, anguclide sur structichron profond. Caractère aléatoire : Ortho-apexols rouges, très argileux, anguclide sur structichron profond.

Segment d'extension limitée (non cartographiable) : Ortho-apexols jaunes, pauciclude sur réti-structichron. Caractère aléatoire : structure anguclide.

G - PAYSAGE : Plaine à ondulations convexo-concaves de faible amplitude (dénivelée de 10, 20 m) et de 300-500 m de diamètre.

Segment très largement dominant : Grapolite affleurant à Phase pétro-stérite et lepto-apexols gravillonnaires sur gravolite.

Segment d'extension limitée (non cartographiable) : Lepto-, brachy-apexols sur oxy-réducton gravillonnaire.

A-D-E-H-I-J-K-L : autres paysages.

Les segments présentés dans cet exemple ont une faible différenciation interne et, dans le cadre d'une cartographie à moyenne échelle, leur définition se rapproche de celle d'un pédon dominant (cf. légende partielle de la figure 16).

3.2.2. REPRÉSENTATION DE DEUX TYPES DE VOLUMES

Carte des pédon et des segments (fig. 15).

Légende partielle de la figure 15

A - PÉDON : Lepto-apexols brun-rouge de moins de 10 cm d'épaisseur, appumite gravillonnaire sur pétro-stérite.

B - SEGMENT : Brachy-, ortho-apexols brun-rouge et rouges, gravillonnaires, amérode puis anguclide sur pétro-stérite ou gravo-stérite.

F - SEGMENT : Brachy-, ortho-apexols ocre-jaune, sableux et gravillonnaires, amérode sur gravolite, réti-gravolite ou réti-chron.

G - PÉDON : Brachy-apexols gris-beige, sableux, sur oxy-réducton.

C-D-E : autres segments.

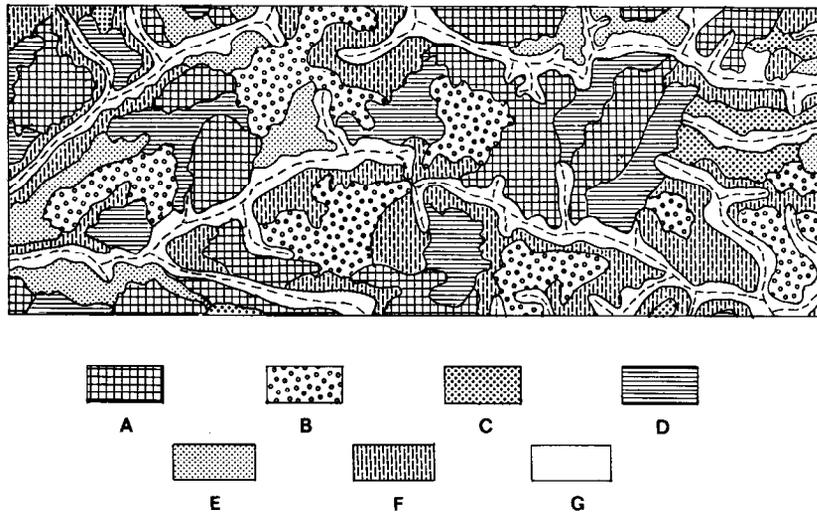


FIG. 15. — Extrait de la carte de MOBAYE à 1/100 000 (Sud-Est de l'Empire Centrafricain).

3.2.3. REPRÉSENTATION DE TROIS TYPES DE VOLUME

Carte des pédons, paysages et régions (fig. 16).

Légende partielle de la figure 16

A - PÉDON : Ortho-apexols jaunes, argileux, pauciclude à phase aliatode sur structichron profond.

B - PÉDON : Brachy-apexols humiques, sableux, amérode sur réducton.

C - PAYSAGE : Collines à sommet étroit et versants rectilignes à convexes alignées en chaînons.

Segment très largement dominant : Ortho-apexols rouges, argileux, anguclide sur structichron profond, et gravolite à phase structichrome.

Brachy-apexols rouges, argileux, anguclide sur structi-altérite.

Segment d'extension limitée (non cartographiable) : Brachy-apexols rouges, argileux, pauciclude sur réti-structichron, ou réti-chron.

D - RÉGION : Entaille de la vallée de l'Ogooué

Paysage : Grandes collines convexes de 1 000 à 1 200 m de diamètre.

Segment très largement dominant : Ortho-apexols jaunes, argileux, pauciclude sur structichron profond et gravolite.

Caractère aléatoire : sur structichron gravillonnaire et hypostructichron à phase atléritique.

Segment d'extension limitée (non cartographiable) : Ortho-apexols jaunes, argileux, pauciclude sur réti-structichron. Caractère aléatoire : sur structi-rétichron.

Paysage : Collines convexes de 700 à 900 m de diamètre.

Segment très largement dominant : Ortho-apexols jaunes, argileux, pauciclude sur structichron profond. Caractère aléatoire : sur structichron à phase gravillonnaire et hypostructichron à stigme altéritique.

Segment d'extension limitée (non cartographiable) : Ortho-apexols jaunes, argileux, pauciclude sur réti-structichron. Caractère aléatoire : sur structi-rétichron.

Paysage : Colline en « demi-orange » de 500 à 600 m de diamètre.

Segment très largement dominant : Ortho-apexols jaunes, argileux, pauciclude sur structichron profond. Caractère aléatoire : sur structichron à phase gravillonnaire et hypostructichron à stigme altéritique.

Segment d'extension limitée (non cartographiable) : Ortho-apexols jaunes, argileux, pauciclude sur réti-structichron. Caractère aléatoire : sur structi-rétichron.

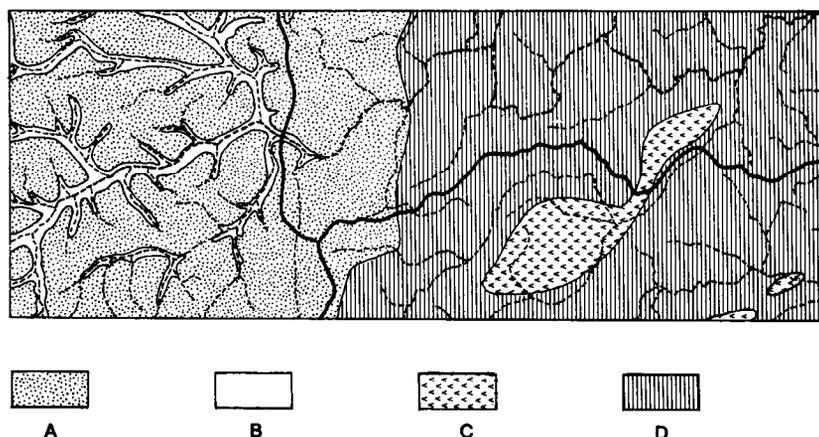


FIG. 16. — Extrait de la carte de BOOUE-MITZIC à 1/200 000 (Centre du Gabon).

3.2.4. CONCLUSION

Afin de caractériser l'extension relative et la nature des unités cartographiques, deux notions seront introduites : celle de carte *homogène* ou *hétérogène* lorsque les unités seront de dimensions comparables ou très différentes et celle de carte *monotone* ou *diversifiée* si un ou plusieurs types de volumes sont représentés.

La carte de Boundiali est *homogène* et *monotone*

(unités de dimensions comparables, un seul type de volume représenté).

La carte de N'Dendé est *hétérogène* et *monotone* (unités de dimensions très différentes, un seul type de volume représenté).

La carte de Mobaye est *homogène* et *diversifiée* (unités de dimensions comparables, deux types de volumes représentés).

La carte de Boué-Mitzi est *hétérogène et diversifiée* (unités de dimensions très différentes, trois types de volumes représentés).

Les travaux de synthèse nécessitent souvent l'utilisation de documents réalisés à ces échelles moyennes pour établir des cartes à 1/1000 000. Pour ce genre de travail, deux possibilités peuvent être envisagées : une réduction d'échelle sans modification de la nature des volumes représentés nous oblige à rectifier et à simplifier les limites, mais aussi à faire disparaître certaines unités trop petites. Cette opération se traduit en réalité par *une perte d'informations*. Il est préférable d'effectuer un regroupement des volumes de même ordre de grandeur en volumes d'ordre immédiatement supérieur car cette démarche s'accompagne alors d'une *réduction de l'information*. Le contenu-sol des différentes unités cartographiques, transmis au niveau de la légende, tient compte de tous les volumes qui ont été ainsi rassemblés.

3.3. Les unités cartographiques et la notion de contenu-sol

Les contours tracés sur une carte pédologique délimitent ce qu'il est convenu d'appeler des *unités cartographiques*. Il arrive qu'une unité cartographique corresponde exactement à un volume pédologique, mais le plus souvent elle renferme plusieurs volumes de même nature. Cette relative liberté prise avec les définitions précédentes est une conséquence des contraintes imposées par l'échelle de représentation. Les unités cartographiques correspondent donc, en réalité, à un artifice de dessin, qui *visualise une dimension directement liée à l'échelle*, ce qui n'est pas le cas des volumes pédologiques. La notion de *contenu-sol* explicitant ces différentes unités acquiert alors une extrême importance. C'est par son intermédiaire que la totalité de l'information recueillie sur le terrain est transmise au niveau de la légende. La carte des segments à 1/200 000, réalisée à Boundiali (Nord de la Côte d'Ivoire), applique ce principe. Dans le paysage de plateaux cuirassés (cf. fig. 1) le versant est divisé en plusieurs unités cartographiques, elles-mêmes formées de la réunion de plusieurs segments (une seule exception : le segment de plaine alluviale qui constitue à lui seul une unité cartographique, fig. 17).

L'unité cartographique 13 regroupe trois segments. Le segment 1 mesure 40 à 80 m de long et ne peut donc pas être dessiné à l'échelle de 1/200 000. Le segment 2 s'étend sur une longueur variant de 200

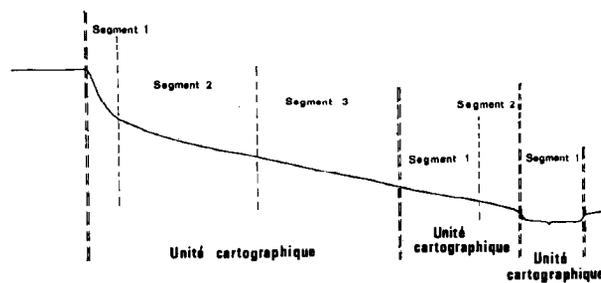


FIG. 17. — Unités cartographiques et segments pédologiques.

à 500 m. Si parfois il est possible de le représenter, dans de nombreux cas ses dimensions sont à la limite de la restitution cartographique. Le segment 3, dont l'extension oscille également entre 200 et 500 m pose le même problème. C'est donc pour des raisons évidentes d'homogénéité de carte que ces trois segments ont été regroupés. Dans la légende, le contenu-sol de chacun d'eux est explicité de la façon suivante (exemple du segment 2) :

Segment 2

La partie amont du versant se compose de sols ferrallitiques dont les principales caractéristiques sont la pédoplasation et le remaniement.

Typologie des sols

— Lepto-apexols brun-rouge. *Appumite* gravillonnaire. Sablo-argileux. Anguclode. INFRASOL : gravolite, puis stérite aléatoire.

— Brachy-apexols peu développés et stricts brun-rouge, rouge-brunâtre et rouges. *Appumite* gravillonnaire. Sablo-argileux. Anguclode. *Structichrons* gravillonnaires. Argileux. Anguclode. INFRASOL : gravolite.

— Brachy-apexols stricts et ortho-apexols brun-rouge, rouge-brunâtre et rouges. *Appumite* à phase gravillonnaire aléatoire. Sablo-argileux. Amérode à phase anguclode. *Structichrons* à phase gravillonnaire aléatoire. Argileux. Amérode, améro-pauciclude, plus rarement anguclode. INFRASOL : structi-altérite, alté-structichron.

CONCLUSION

La méthode cartographique qui vient d'être présentée repose sur la notion d'une série de volumes pédologiques privilégiés, correspondant à des ordres de grandeur différents, le premier volume cartographiable étant le pèdon. Elle permet d'établir une bonne représentation du milieu, grâce à l'intégration d'un nombre élevé de données. Cependant, une

certaine imprécision apparaît parfois au niveau de la définition des différents volumes pédologiques. Les règles qui permettent de regrouper plusieurs volumes d'un ordre de grandeur donné en un volume d'ordre immédiatement supérieur ne sont pas systématiquement établies. Les modalités de passage du plusieurs segments à un paysage ne se conçoivent par exemple pas de la même façon que celles qui permettent de définir une région à partir de paysages. En effet, le paysage regroupe un certain nombre de *segments ordonnés spatialement et génétiquement le long d'une pente*, tandis que la région rassemble des *paysages géographiquement voisins*, généralement assez semblables les uns aux autres par leurs contenus-sols, dont les relations génétiques sont assez lâches ou inexistantes.

Le fait pédologique est déterminant pour caractériser les volumes d'ordre inférieur. Phases, horizons et même pédons peuvent être définis sans que leur enveloppe ne soit précisée. Par contre, au niveau des volumes d'ordre élevé, le facteur sol devient relativement moins important et il est indispensable de prendre en compte d'autres caractéristiques du milieu naturel. Cette complexité des ensembles d'ordre élevé n'a été abordée par les travaux cartographiques traditionnels que de façon très superficielle, les informations s'y trouvant présentées plus amalgamées que hiérarchisées. Il devient maintenant possible d'obtenir une meilleure *intégration* des différentes

données dans la caractérisation typologique des volumes d'ordre supérieur (segments, paysages, régions), même si cette intégration entraîne encore certaines ambiguïtés. Celles-ci proviennent de la nécessité de privilégier parfois l'enveloppe physiographique et non le contenu-sol.

Il existe cependant de façon incontestable des *volumes simples* qui peuvent être décrits par une faible quantité d'informations, et des *volumes complexes* qui nécessitent pour leur caractérisation une somme de données beaucoup plus importante. Pourtant ces volumes simples ou complexes occupent souvent des ensembles d'importance spatiale équivalente. La restitution cartographique proposée fait donc apparaître le *degré d'organisation* des systèmes pédologiques. Elle permet alors d'apprécier dans une certaine mesure ce que l'on pourrait appeler l'*entropie de ces systèmes pédologiques*.

La notion de différents volumes et la possibilité d'étudier leur distribution permettent d'envisager la réalisation d'une *géométrie des ensembles pédologiques*, ou en d'autres termes d'aborder enfin une véritable *géographie des sols*.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur reconnaissance à Y. Chatelin pour le temps qu'il a bien voulu consacrer à la lecture et à la correction de cet article.

Manuscrit reçu au Service des Publications le 24 mars 1977

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.) et SEGALIN (P.), 1966. — Projet de classification des sols ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. IV, n° 4 : 97-112.
- BAUD (R.), 1974. — Essai de cartographie selon les principes de Fridland. Inst. Nat. Agron. Paris-Grignon, 46 p. *multigr.*
- BEAUDOU (A.G.) et CHEVAL (M.), à paraître. — Carte pédologique de l'Empire Centrafricain au 1/100 000, feuille de Mobaïe.
- BEAUDOU (A.G.) et SAYOL (R.), à paraître. — Notice et carte pédologique de la Côte d'Ivoire au 1/200 000, feuilles de Boundiali et Korhogo.
- BEAUDOU (A.G.) et CHATELIN (Y.), 1977. — Méthodologie de la représentation des volumes pédologiques. Typologie et cartographie en milieu ferrallitique.
- BEAUDOU (A.G.) et COLLINET (J.), 1976. — Typologie de quelques sols intrazonaux du domaine ferrallitique (Côte d'Ivoire). Document de travail.
- BOULAIN (J.), 1975. — Géographie des sols PUF, Coll. *Le Géographe* n° 17, 199 p.
- CHATELIN (Y.) et MARTIN (D.), 1972. — Recherche d'une terminologie typologique applicable aux sols ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. X, n° 1, 25-44.
- COLLINET (J.), 1974. — Compte-rendu d'une tournée dans le nord de la Côte d'Ivoire. Etude de quelques relations pédogénèse-morphogénèse dans la région de Boundiali, ORSTOM, Adiopodoumé, 57 p. *multigr.*
- COLLINET (J.) et FORGET (A.), 1976. — Carte pédologique de reconnaissance. Feuille de Boué nord-Mitzic sud au 1/200 000, notice explicative n° 63, ORSTOM, Libreville, 160 p.
- COLLINET (J.) et FORGET (A.), à paraître. — Notice et carte des paysages pédologiques. Feuille de N'Dendé au 1/200 000.
- ESCHENBRENNER (V.) et BADARELLO (L.), 1975. — Notice explicative de la carte des paysages morpho-pédologiques. Feuille d'Odienné au 1/200 000 ORSTOM, Adiopodoumé, 95 p. *multigr.*, 8 cartes hors-texte.
- FILLERON (J.C.) et RICHARD (J.F.), 1974. — Recherches sur les paysages sub-soudanais. Les géosystèmes de la région d'Odienné (nord-ouest de la Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Abidjan, sér. Géogr.* VI, 103-168.
- KILLIAN (J.), 1974. — Etude du milieu physique en vue de son aménagement. Conceptions de travail. Méthodes cartographiques *Agron. Trop.* 29 (2/3), 141-153.
- MARTIN (D.), 1972. — Etude pédologique de la zone d'action concertée de Bitam-nord-ouest, Woleu N'Tem ORSTOM, Libreville, 32 p. *multigr.*
- MULLER (J.P.), 1974. — Introduction à l'étude de trois toposéquences situées entre Goyoum et Deng-Deng ORSTOM, Yaoundé, 18 p. *multigr.*
- RICHARD (J.F.), KAHN (F.) et CHATELIN (Y.), 1977. — Vocabulaire pour l'étude du milieu naturel (tropiques humides). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. XV, n° 1 : 43-62.