

Méthodologie de la représentation cartographique des sols

Un exemple dans le domaine ferrallitique (Région de Mouyondzi, République Populaire du Congo)

Yves LUCAS

*Pédologue ORSTOM
ORSTOM, BP 893, Bangui, ECA*

RÉSUMÉ

Après un rappel bibliographique et une analyse critique des différentes méthodes de cartographie intégrée utilisées récemment, la région de Mouyondzi (République Populaire du Congo), située en zone ferrallitique, sert de base à la recherche d'une méthode de cartographie et de description de la couverture pédologique et de sa structure, à différentes échelles : 1/25 000, 1/100 000, 1/250 000.

A chaque échelle sont privilégiés un ou plusieurs ordres de grandeur de représentation des volumes pédologiques : génon, unité fonctionnelle, paysage, région. Ces notions aident à définir les unités de description des unités cartographiques qui transmettent la meilleure connaissance de la couverture pédologique à des niveaux de synthèse différents. De ceux-ci dépendent les langages de la description, un effort de définition de ces langages et de termes souvent diversement interprétés par les pédologues est donc un préalable nécessaire.

Quatre documents cartographiques ont été dressés à titre d'exemple : cartes pédologiques, à 1/25 000 et à 1/100 000, carte des paysages pédologiques à 1/100 000, carte des régions pédologiques à 1/200 000, accompagnées de légendes conçues d'après les préoccupations exposées ci-dessus.

ABSTRACT

After a review of literature and a critical analysis of the different methods of integrated cartography recently used, the region of Mouyondzi (Popular Republic of Congo), situated in the ferrallitic zone, serves as a basis for the research of a method of cartography and description of the soil mantle and of its structure, at different scales : 1/25.000, 1/100.000, 1/200.000.

On each scale one or more order of magnitude of the representation of the pedological volumes have been chosen : genon, functional unit, landscape unit, region. These notions help to define description units of the cartographical units which transmit the best knowledge of the soil mantle at different levels of synthesis.

Since the languages of the description depend upon these levels of synthesis, it is first necessary to define these languages and terms which are often interpreted differently by the pedologists.

Four cartographical documents have been used as examples : pedological maps (1/25.000, 1/100.000), map of landscape units (1/100.000), and map of the region (1/200.000), with legends conforming to considerations mentioned above.

INTRODUCTION

Constatant la faible valeur d'information des cartes pédologiques traditionnelles, divers auteurs (Baud, 1974 ; Beaudou & Chatelin, 1976 ; Beaudou & Sayol, 1976 ; Belobrov & Fridland, 1970 ; Boulaine, 1975 ; Bresson, 1974 ; Eschenbrenner & Badarello, 1976 ; Fridland, 1970, 1974 ; Killian, Tricart, 1974 ; etc.) ont proposé des méthodes de cartographie dite « intégrée », ou qui sont au moins qualifiables d'essais d'intégration.

En cartographie traditionnelle, une unité cartographique correspond à une unité de classification, ou éventuellement à un complexe ou à une juxtaposition de celles-ci.

Les essais d'intégration veulent transmettre sous forme aisément compréhensible le maximum des connaissances que le pédologue a acquies non seulement sur les sols à divers niveaux d'organisation, mais aussi sur la structure de cette organisation, c'est-à-dire sur un système pédologique. Ces méthodes ne proposent pas seulement une technique de représentation graphique particulière, mais établissent les définitions et les typologies des volumes pédologiques aptes à représenter le mieux possible l'information collectée. Or, proposant un mode d'analyse de la couverture pédologique, elles influencent en retour le mode de prospection et, par là, la nature de l'information saisie par le pédologue sur son milieu de travail.

Il ne s'agit donc pas de technologie de la représentation cartographique, mais de méthodologie pédologique.

Cet article (1) propose donc, après un rappel bibliographique des différents essais d'intégration et leur analyse critique, la définition et l'application d'une méthode utilisable en pays ferrallitique, sur la base de l'exemple de la région de Mouyondzi (Rép. Pop. du Congo).

1. LES DIFFÉRENTS ESSAIS D'INTÉGRATION PROPOSÉS RÉCEMMENT

1.1. Rappel bibliographique

Remarque : Les méthodes de cartographie de l'USDA n'ont pas été analysées ici. En effet, pour les pédologues

(1) La bibliographie utilisée ici ainsi que le travail de terrain datent de 1976-1977.

américains, les unités cartographiques sont définies par référence aux unités taxonomiques de la classification américaine (P. Antoine, 1974). Or celle-ci est fondamentalement différente des classifications (française et soviétique) utilisées par les auteurs présentés ici. Une analyse des méthodes de cartographie américaines n'aurait pu être séparée d'une critique de la Soil Taxonomy, ce qui eût élargi considérablement le sujet abordé.

1.1.1. V.M. FRIDLAND (1970, 1974)

Description typologique de la couverture pédologique

Fridland définit d'abord des *surfaces pédologiques élémentaires* (SPE) : « Surface où les sols se rattachent à une seule unité de classification de rang inférieur, occupant un espace limité de toutes parts par d'autres SPE ou par des formations non pédologiques ». Ces SPE peuvent être homogènes, ou hétérogènes, il y en a alors deux types :

Les SPE sporadiquement tachetées ont un fond pédologique homogène, rendu plus complexe par des taches isolées d'éléments structuraux limités, déterminés par des éléments purement morphologiques ou biologiques, et de faible superficie (ex : sols particuliers des termitières, sols particuliers sous des arbres isolés).

Les SPE régulièrement cycliques sont généralement constituées par un réseau continu de polygones, dûs à un processus de nature physique, les sols ayant des profils de configurations similaires, seules les caractéristiques quantitatives pouvant varier. La notion la plus proche des SPE hétérogènes est, d'après Fridland, celle de « Polypédon ».

Les SPE se succèdent dans l'espace et forment des *combinaisons* de sols, qui sont les plus petites unités qui intègrent les nuances de la couverture pédologique et dont la répartition forme la structure de la couverture pédologique. Elles ne sont donc pas des unités cartographiques, mais servent de base à l'établissement d'icelles.

Les combinaisons sont définies par leur type, c'est-à-dire la nature des relations, le contraste entre SPE qui la composent, la taille de ces SPE, et sont caractérisées d'après plusieurs critères : les types de sols qui la composent et leurs proportions, les caractères génético-géométriques (nature des relations géométriques, taille et forme des SPE, caractères géométriques des arrangements des SPE, degré de confine-

ment géochimique) ; les facteurs de différenciation, l'histoire de la formation, la dynamique et la stabilité interne et externe.

Les combinaisons peuvent évidemment se faire à plusieurs niveaux. Les notions de SPE et de combinaisons permettent donc la typologie de volumes élémentaires, mais aussi de *volumes unitaires* représentant des surfaces d'ordre élevé.

Définition d'unités territoriales

A partir de ces unités typologiques, définissables sur le terrain par l'étude d'une zone témoin, on définit des unités territoriales correspondant à divers niveaux de synthèse, et utilisables à diverses échelles.

- les SPE, qui correspondent à l'unité typologique,
- les surfaces Pédologiques Monovalentes, ou SPM, occupées par une seule combinaison,
- les Surfaces Pédologiques Polyvalentes, ou SPP, occupées par plusieurs combinaisons différentes, mais génétiquement liées entre elles,
- les régions pédologiques.

Les critères qui orientent la formation de ces unités cartographiques doivent s'exprimer dans une classification des formes génétiques et géométriques qui reste à faire (Fridland, 1974). Cette classification doit être guidée par la nature des facteurs de développement et de l'évolution des formes.

1.1.2. L.M. BRESSON (1974)

L.M. Bresson applique exactement le système de Fridland à la cartographie à 1/25 000 du plateau de Maisod (Jura Méridional), milieu extrêmement contrasté à grande échelle. Telle qu'elle est exposée par Fridland, cette méthode de description du milieu pédologique s'avère parfaitement adaptée à cette région.

1.1.3. J. BOULAIN (1975, 1977)

Reprenant le système de Fridland, J. Boulain définit de la même manière les combinaisons de sols comme unités qui expriment les mesures de la structure de la couverture pédologique. Il définit les combinaisons par six caractères : le contraste entre pédons de l'unité, la distance modale, le type de relation entre sites extrêmes de l'unité complexe, la forme des unités simples, la proportion des différents sols et la courbure (type de transition entre sols). La distinction entre les combinaisons, unités typologiques, et les unités territoriales n'est néanmoins pas précisé.

Des « concepts élémentaires de la pédologie » sont définis : le *pédon* est ainsi défini : « volume élémentaire nécessaire et suffisant pour définir à un instant donné l'ensemble des caractères structuraux et des constituants matériels du sol ». Le *géron*, unité cartographique, est le « volume de sol comprenant tous les pédons possédant la même structure, les mêmes caractéristiques et résultant de la même pédogenèse », unité où « les forces s'exerçant sur le sol ne présentent pas d'hétérogénéités notables ». Le géron homogène correspond à la série, unité taxonomique pure, et il existe des gérons hétérogènes. Les gérons sont des polypédons, et correspondraient à des combinaisons dans le système de Fridland (micro-combinaison liées). Les *unités dynamiques* correspondent à un bassin versant, ou à une portion de bassin versant où les sols réagissent les uns avec les autres.

1.1.4. R. BAUD (1974)

Reprenant les principes de Fridland, R. Baud, dans une cartographie à 1/100 000 de sols du Jura, isole sur le terrain des unités de paysages. Celles-ci sont définies et décrites par deux ensembles de paramètres :

- le génotype, c'est-à-dire la nature et les proportions des différents types de sols composant l'unité.
- le phénotype, expression des sols sur le terrain, défini par 5 caractères : le pas, ou distance entre les différents sols, le contraste entre les sols, la forme de l'unité, le type d'enchaînement des sols, la flexibilité de l'unité, c'est-à-dire la netteté de sa limite.

Parmi ces unités de paysage, on choisit les plus « typiques » que l'on nomme : orthotypes, et qui seront analysées et décrites avec précision dans la légende de la carte. Les autres unités sont rattachées aux orthotypes par calcul de distances de Hiernaux entre elles et les orthotypes. Ces regroupements forment les unités cartographiques finales.

La levée des unités s'effectue à 1/50 000, des cartes de détail sont faites pour la définition des orthotypes.

1.1.5. A.G. BEAUDOU et Y. CHATELIN (1976)

Ces auteurs proposent l'utilisation privilégiée, mais non limitative, de 7 ordres de grandeurs de représentation des volumes pédologiques :

- 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

Ce mode de représentation doit associer typologie et cartographie des volumes et son expression utilise autant que possible la terminologie typologique proposée par Chatelin et Martin (1972).

La *région pédologique* désigne des volumes comportant plusieurs types de toposéquences ou d'unités dynamiques, qui sont définies ci-après. Elle convient à des cartographies à 1/500 000 ou à une plus petite échelle.

Le *paysage pédologique* sert à désigner des volumes constitués par des toposéquences ou des unités dynamiques homogènes, ces dernières étant une extension latérale de la notion de toposéquence, définies d'après Boulaine (1975) (cf. paragr. 1.1.3.), et caractérisables par une toposéquence représentative. Les paysages pédologiques, dont les critères de désignation sont essentiellement géomorphologiques, semblent convenir à la cartographie à des échelles allant du 1/200 000 au 1/100 000.

Le *segment fonctionnel* sert à désigner des volumes d'ordre immédiatement inférieur au paysage pédologique, et correspond généralement à un segment de toposéquence dominé par un phénomène pédologique, ses critères de désignation sont donc essentiellement pédologiques. Cette notion convient aux cartographies du 1/50 000 au 1/200 000.

Le *pédon*, défini comme le volume nécessaire et suffisant pour caractériser le sol, est désigné et décrit grâce à la classification des sols ou la terminologie typologique, il convient aux cartographies à 1/50 000 ou à plus grande échelle.

Horizons, phases typologiques et organisations microscopiques ne sont plus représentables cartographiquement dans leur ensemble.

Une application de ces concepts est la carte réalisée à 1/200 000 en Côte d'Ivoire (coupure Boundiali) par Beaudou et Sayol (1976). Très détaillée, la carte pédologique représente des unités cartographiques qui correspondent à un ou plusieurs segments fonctionnels, mais qui sont d'ordre inférieur au paysage pédologique.

Ces unités sont regroupées sur une carte des paysages morpho-pédologiques. La légende de la carte fait apparaître les différents niveaux de synthèse avec le

langage qui correspond aux critères de leur désignation :

— les paysages et unités cartographiques sont décrits synthétiquement par des termes géomorphologiques ;

— pour chaque unité cartographique, la pédogenèse du ou des segments fonctionnels est décrite par des termes classiques de la pédologie, puis ces segments fonctionnels sont caractérisés par leur contenu-sol avec le langage de la terminologie typologique.

L'information donnée est la plus complète possible à cette échelle de travail.

1.1.6. V. ESCHENBRENNER ET L. BADARELLO (1975)

Sur la coupure Odiène de la carte pédologique à 1/200 000 de la Côte d'Ivoire, ces auteurs cartographient des paysages morphologiques ainsi définis : « unités synthétiques qui intègrent les facteurs modelé et sol », les critères de désignation de ces unités ne sont pas plus précisés.

Ces paysages sont décrits par le texte détaillé de la notice, et par des esquisses morphologiques à 1/50 000 de zones témoins représentatives pour la plupart des paysages. Les unités de ces cartes à 1/50 000 sont aussi définies par des critères géomorphologiques : « butte témoin haut-glacis », « incision dans le moyen-glacis », « plaine alluviale » par exemple. Les sols y sont décrits par des complexes ou juxtapositions d'unités de la classification CPC. Des caractères agronomiques (éléments grossiers, induration, pente, caractéristiques hydriques) sont précisés dans la légende.

1.1.7. J. KILLIAN (1974), J. TRICART (1974) ET COLL.

Ces auteurs conçoivent une « étude écographique intégrée » qui met en évidence les interactions entre phénomènes qui régissent le milieu. Les écosystèmes sont classés en fonction de leur degré de stabilité, celle-ci étant la nature des relations entre morphogenèse, pédogenèse et végétation.

— Cette méthode part d'un « niveau de perception global » dont l'expression est une carte morphologique d'échelle plus petite que les documents ultérieurs, dont les unités cartographiques sont définies à partir des processus de morphogenèse et de pédogenèse, et qui permet la localisation d'études plus approfondies.

— Celles-ci aboutissent à l'établissement de trois types de cartes à grande ou moyenne échelle généralement (1/200 000 ou 1/50 000) : des cartes morphopédo-

logiques, qui intègrent lithologie descriptive, morphologie et pédologie dynamique (degré de stabilité, processus de pédogenèse) ; des cartes de contraintes, édaphiques, morphologiques et hydriques ; des cartes de proposition pour l'affectation des terres.

Ces conceptions de la cartographie ont été appliquées par de nombreux pédologues de l'IRAT (2).

1.2. Commentaire

On constate que les méthodes qui viennent d'être exposées s'articulent autour de quatre auteurs ou groupes d'auteurs principaux :

— Fridland : Bresson, Boulaïne reprennent, éventuellement avec des modifications, la méthode qu'il expose, ou s'en inspirent.

— Beaudou et Chatelin, qui exposent la méthode qui a dirigé l'élaboration de la carte Boundiali.

— Eschenbrenner.

— Killian, Tricart, qui exposent les principes directeurs de travaux de nombreux pédologues de l'IRAT.

On peut proposer quelques remarques préliminaires à propos de ces quatre groupes de méthodes.

1.2.1. DÉFINITION DES TERMES UTILISÉS

Certains termes pédologiques : pédon, individu-sol, polypédon, génon, sont utilisés par de nombreux auteurs pour désigner des volumes pédologiques ou comme termes de comparaison.

Cependant les définitions de ces termes, explicites ou sous-entendues, ne sont pas toujours les mêmes. Les différences d'interprétation sont même fondamentales : le pédon peut être interprété comme une unité de description, qui ne correspond pas à un volume réel, ou comme une unité cartographiable.

Le pédon

Il est défini dans la 7^e approximation (1973) de la manière suivante :

« Le pédon est un volume de sol tridimensionnel, de dimensions latérales suffisantes pour inclure les variations significatives de la nature des horizons et de leurs relations, et de la composition

(2) Voir « *l'Agronomie Tropicale* » 1974, n° 2-3, R. Bertrand (Mali) p. 154-211 ; M. Brouwers & E. Latrielle (Archipel des Comores) p. 212-257 ; M. Raunet (Algérie) p. 258-299 ; J. Teissier (Haute-Volta) p. 312-363.

du sol. Il correspond à une surface de 1 à 10 m², d'après la nature des variations de ses caractères définis par l'échantillonnage. Quand le pas des variations est inférieur à 2 m, et quand les horizons sont continus, d'épaisseur uniforme, la surface du pédon est d'environ 1 m². Quand les horizons ou d'autres caractères sont interrompus ou présentent une variation cyclique de pas supérieur à 2 m et inférieur à 7 m, le pédon inclut la moitié d'un cycle de variation. Si le pas est supérieur à 7 m, les cycles correspondent à plus d'un type de sol».

Le pédon est « a unit of sampling », terme dont une bonne traduction me semble être « unité de description » dans le sens qui lui est donné dans ce texte. Boulaïne (1976) donne au pédon la même définition que les auteurs américains (cf. § 1.1.3.).

Le pédon ainsi défini est l'unité de description la plus exhaustive d'un sol sur toute sa profondeur. Sa description est abordée par l'étude d'un profil, elle ne peut être complète, et la définition d'un pédon particulier est difficile : à partir de quel seuil deux variables sont-elles significativement différentes et peuvent-elles séparer deux pédons différents ?

Le pédon est ainsi interprété dans cette étude, il ne s'agit donc pas d'une unité cartographique, qui doit être désignée par un nombre limité de caractères bien définis.

Par contre, Beaudou et Chatelin (1976, cf. § 1.1.8.) voient d'abord dans le pédon l'indication d'un ordre de grandeur dans l'arrangement des constituants matériels du sol. Il ne s'agit donc pas du pédon précédemment défini, mais d'une notion de référence formelle pouvant être utilisée dans la représentation cartographique. Chatelin, par ailleurs (1976), reconnaît les différentes significations données au mot pédon.

Individu-sol, polypédon, génon, SPE

L'individu-sol, ou « sol », défini dans la 7^e approximation de 1960, a été remplacé par la notion de polypédon dans la 7^e approximation de 1973.

Le polypédon est « a unit of classification », il correspond à un groupe de pédons contigus, similaires, limités par l'absence de sol ou par des pédons dont les caractères sont « significativement » différents : composition du sol (minéralogie, etc.), structure, texture, régime hydrique, etc., nature des limites entre horizons, etc. Un polypédon a une surface minimale de 1 m² et une surface maximale variable, des caractères propres de forme et de limite : c'est une unité cartographiable.

Le génon, (cf. § 1.1.3.) semble avoir un sens très proche de celui de polypédon.

Enfin Fridland (*cf.* § 1.1.1.) définit les SPE par un critère de classification, puis les SPE hétérogènes, et les compare respectivement aux pédons et aux poly-pédons. Il semble plutôt que la SPE, unité cartographique, corresponde à la série de la classification soviétique. Quant aux SPE hétérogènes, elles n'ont pas d'équivalent dans la 7^e approximation, et correspondent pour Boulaine (1978) à des génons variants (pas inférieur à 3 m 50) ou à des génons complexes (pas supérieur à 3 m 50).

1.2.2. TRICART ET COLL. (1974)

La méthode de constitution des unités cartographiques des cartes morpho-pédologiques à petite échelle, préliminaires à d'éventuelles études détaillées, est fort peu précisée, si ce n'est que les unités sont caractérisées à partir des processus de pédogenèse et de morphogenèse, et de leurs interactions, et que ces unités procèdent d'un « niveau de perception global ».

Le mode d'élaboration des cartes morpho-pédologiques à grande et moyenne échelle est plus explicite :

Chaque groupe de données (lithologie descriptive, morphologie et pédologie) est représenté sur la carte par des trames différentes dans une couleur : il s'agit donc en réalité de la superposition de trois cartes :

- une carte de certains caractères lithologiques ;
- une carte de certaines données morphogénétiques : stabilité, nature et intensité des processus ;
- une carte pédologique qui n'est pas descriptive, mais qui est une carte de processus.

Il semble, comme le développe Chatelin (1972), que cette méthode d'analyse d'une structure pédologique conduit à ne considérer que les caractères descriptifs des sols dont la liaison avec un processus génétique est reconnue, et à ne les considérer que sous cet angle. Au Congo par exemple, l'assimilation des horizons à éléments grossiers au remaniement a fait cartographier en sols remaniés de vastes zones qui peuvent être interprétés différemment. Les caractères descriptifs des sols doivent former la base de l'information transmise par le pédologue. Si un certain nombre de ceux-ci sont considérés comme diagnostics d'un processus, leur regroupement en processus doit être clairement explicité, d'autant qu'il n'y a pas de relation biunivoque entre processus et caractères.

D'autre part, cette superposition de caractères ou de caractères assimilés à des processus, si elle est une visualisation commode de leur répartition géographique, n'est pas en soi une étude des structures

pédologiques, les unités cartographiques ne sont caractérisées que par une superposition graphique, et l'étude des liens génético-géométriques entre unités n'est pas abordée.

1.2.3. ESCHENBRENNER

Les paysages de la carte à 1/200 000, ordre de grandeur semblable aux paysages définis par Beaudou et Chatelin (*cf.* paragr. 1.1.5.) sont décrits grâce à des zones témoins cartographiées à 1/50 000. Les unités de ces cartes de détail semble correspondre aux segments fonctionnels (paragr. 1.1.5.). Cependant, les unités de désignation de ces unités ne sont pas définies précisément. D'autre part, si ces unités sont décrites de manière détaillée dans la notice, il n'y a pas utilisation d'un langage qui permet une description rapide et concise de chaque paysage et des unités des cartes à 1/50 000, tant pour la description des sols que pour celle de leur répartition géographique. Les termes de « complexe » et de « juxtaposition » employés apportent peu d'information.

1.2.4. FRIDLAND ; BEAUDOU ET CHATELIN

Ces deux méthodes de représentation des valeurs pédologiques sont beaucoup plus structurées et complètes. L'une doit être applicable partout, l'autre est spécifique des zones ferrallitiques. Ces méthodes vont être discutées à partir de l'exemple de Mouyondzi.

2. RECHERCHE D'UNE MÉTHODE DE CARTOGRAPHIE PÉDOLOGIQUE

2.1. Considérations générales

2.1.1. TYPOLOGIE ET CARTOGRAPHIE

Une méthode de cartographie correspond :

- A une méthode de description et de caractérisation des types de volumes pédologiques et de leur contenu, grâce à un certain nombre de caractères choisis d'après des critères définis. Celle-ci doit aboutir à une typologie de ces volumes par l'intermédiaire d'unités de description des volumes (3).

(3) On remarque que les termes volume, contenu, typologie sont des notions dont l'usage a été récemment défini en pédologie, qui traduisent une approche de la cartographie différente de celle de la cartographie traditionnelle.

— A un mode de définition d'unités cartographiques, qui ne correspondent pas forcément aux unités de description, mais qui sont basées sur cette typologie des volumes et les contraintes matérielles imposées au pédologue (limites d'utilisation des photographies aériennes, limites des déplacements sur le terrain, de la représentation, etc., pour une échelle de travail déterminée).

On conçoit donc que de nombreux auteurs, Eschenbrenner par exemple, aient ressenti la nécessité de zones témoins étudiées plus précisément que le reste de la carte, et qui correspondent à des unités de description.

De même, Fridland distingue-t-il d'une part surface pédologique élémentaire et combinaison, « cellules » de description de la structure de la couverture pédologique, et d'autre part surfaces pédologiques élémentaires, monovalentes et polyvalentes, unités territoriales utilisables à diverses échelles.

De même, à propos de la méthode exposée par Beaudou et Chatelin, on peut proposer la remarque suivante : dans l'application Boundiali qui en a été faite, est apparue la nécessité d'une notion d'unité cartographique qui ne correspond pas à un des sept ordres de grandeur privilégiés proposés pour représenter les volumes pédologiques. Il fallait donc que les auteurs définissent des unités correspondant à un, deux ou trois segments fonctionnels, pour que la représentation cartographique fût possible. Il n'y a donc pas, en raison des contraintes indiquées plus haut, identité entre les unités permettant description claire et ordonnée, caractérisation des surfaces, et les unités cartographiques.

Comment sont choisis les critères de définition des caractères retenus pour les unités de description des volumes pédologiques ?

Lors du regroupement des sols en unités de description, il s'agit, pour reprendre les termes de Fridland, d'intégrer les variations de la couverture pédologique, de façon que la juxtaposition de ces unités de description donne l'ensemble des nuances de la couverture pédologique.

Il semble que c'est la définition de ces « nuances » (c'est-à-dire le choix des critères) qui varie avec l'échelle et le but de la carte : la notion de combinaison n'est donc pas limitée dans l'espace et est utilisable à divers niveaux de synthèse. D'ailleurs Fridland (1974) précise que des combinaisons peuvent être des éléments de combinaison d'ordre plus élevé.

Le choix des critères va donc être examiné à différentes échelles grâce à l'exemple de Mouyondzi.

Néanmoins, le langage qui sera utilisé pour décrire d'une part les sols, d'autre part l'organisation des sols et leurs relations, c'est-à-dire la structure de la couverture pédologique, peut déjà être précisé ou défini en partie.

2.1.2. LANGAGE UTILISÉ

2.1.2.1. Description des sols

Les cartes traditionnelles définissent généralement une unité cartographique par une unité taxonomique d'ordre plus ou moins élevé suivant leur échelle et leur degré d'analyse, et situent géographiquement les unités ainsi définies. Ainsi, le lecteur ne peut saisir, comme information sur le sol, que celle apportée par la classification utilisée par l'auteur de la carte.

Dans beaucoup d'essais d'intégration, dont les diverses méthodes d'élaboration viennent d'être exposées, les sols des unités cartographiques sont définis chacun par une unité taxonomique. Par exemple, parmi les facteurs qui caractérisent les combinaisons de Fridland, les sols sont décrits pour chaque SPE, qui correspond « à une unité de classification de rang inférieur », généralement la série de la classification soviétique. Cependant l'expression de la nature des relations entre sols apporte une information supplémentaire : par exemple, parler de limite peu contrastée ou contrastée, apporte une précision sur le mode de variation d'un caractère. L'information reste néanmoins essentiellement donnée par la classification.

Celle-ci s'avérant insuffisante, comme le soulignent de très nombreux auteurs, il apparaît la nécessité d'un langage de description des sols qui transmette un plus grand nombre d'information, et qui soit plus synthétique que le vocabulaire de description élémentaire du Glossaire de Pédologie. Certains auteurs décrivent donc les sols en les faisant éventuellement correspondre à des unités taxonomiques, mais aussi par un certain nombre de caractères choisis par eux. Les raisons de ces choix ne sont pas toujours précisées : ils peuvent répondre à des préoccupations agronomiques précises, à une inadaptation locale trop gênante de la classification, etc. et peuvent donc être fort variés.

La qualité de l'information dépend alors du choix de ces caractères, qui doit être explicité.

Le langage proposé par Chatelin et Martin (1972) pour les sols ferrallitiques, nous semble actuellement bien adapté à la description des sols des unités carto-

graphiques, car il permet l'expression d'une typologie très souple des sols ferrallitiques.

Il est utilisé dans le présent travail.

Les différentes unités de sols seront bien entendu placées aussi dans le cadre de la classification CPCS (Classification des sols, 1967).

2.1.2.2. Description de la structure de la couverture pédologique

Il s'agit d'un mode de description d'unités complexes.

Dans l'exposé des différentes cartes qui suit, le terme combinaison désigne une unité de description des unités cartographiques, et le vocabulaire de cette description est dérivé de celui proposé par Fridland et modifié par les divers auteurs cités plus haut.

Il y a plusieurs types de combinaison définis par :

— les relations entre unités d'ordre inférieur qui les composent :

mosaïque : pas de relation topographique, ni génétique

séquence : relations topographiques

chaîne : relations topographiques et génétiques

— le degré de contraste entre ces unités, c'est-à-dire leur éloignement typologique : combinaisons très contrastées, peu contrastées.

— la distance modale entre ces unités :

de l'ordre de 10 m : micro-combinaisons

de 100 m : méso-combinaisons

de 1 km : méga-combinaisons.

D'autre part, les combinaisons ainsi définies (par exemple micromosaïque contrastée) peuvent être décrites par plusieurs caractères :

— nature et proportions des unités d'ordre inférieur qui les composent,

— caractères génético-géométrique

— facteurs de différenciation

— dynamique et stabilité interne et externe

— etc.

Un certain nombre de ces caractères sont quantifiables (Baud 1974 ; Belobrov, Fridland, 1970).

On appelle séquence ou chaîne centrée une forme qui présente des variations de caractères de la périphérie au centre (fig. 1).

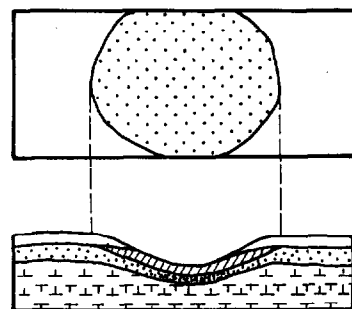


FIG. 1. — Séquence centrée

Une unité qui présente un gradient de caractères variant très progressivement sur sa surface est dite variante (fig. 2).

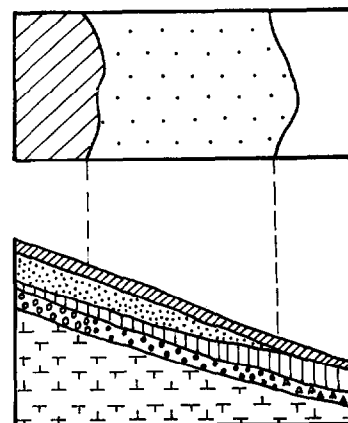


FIG. 2. — Unité variante

La flexibilité correspond à la transition plus ou moins progressive entre sols qui composent une combinaison, à l'échelle de cette combinaison. Une limite est flexible quand elle correspond à une transition entre sols de plus de 10 % de l'ordre de grandeur de la combinaison :

EXEMPLE : combinaison A et B, distance modale de l'ordre de 20 m, (micro), transition A-B de l'ordre de 5 m ; combinaison flexible ;
combinaison C et D, distance modale de l'ordre de 200 m (méso), transition C-D de l'ordre de 5 m ; combinaison peu flexible.

2.2. Application à l'exemple de Mouyondzi

2.2.1. PRÉSENTATION DE LA RÉGION

L'étude pédologique (4) qui sert de base à la cartographie a été réalisée dans la région de Mouyondzi (Rép. Pop. du Congo) (fig. 3), zone de plateaux témoins d'une surface d'aplanissement qui recoupe des formations précambriennes (grès, tillites, calcaires) diversement entaillées, avec présence de formes d'érosion karstique : cirques, dolines.

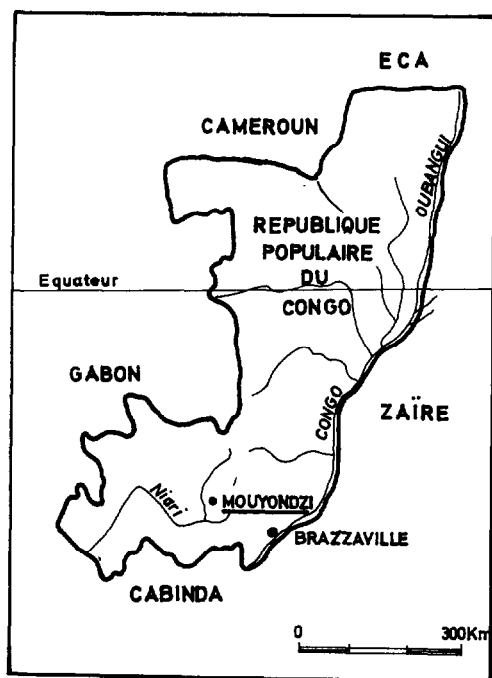


FIG. 3. — Situation de la région de Mouyondzi

Le climat est du type bas-congolais, avec environ 1 400 mm de précipitations annuelles, une saison sèche de 4 à 5 mois de juin à septembre, et un ralentissement statistique des pluies en janvier-février.

Le processus pédologique dominant est la ferrallitisation. Les sols recensés sont des sols ferrallitiques, des intergrades ferrallitiques bruns eutrophes, et des sols hydromorphes. Ils sont le plus souvent très argileux (40 à 90 % d'argile granulométrique), le

concrétionnement et l'induration des sesquioxydes de fer et d'aluminium sont des phénomènes omniprésents et actuels.

Les sols des plateaux, fortement désaturés, sont des ortho-apexols aliatiques sur gravolite plus ou moins stérimorphe : sols ferrallitiques, fortement désaturés, jaunes, typiques, profonds, sur niveau gravillonnaire et ou plus ou moins cuirassé. Des séquences type caractérisent les différentes sortes de versants. Leur étude montre que la pédogenèse y est dominée par deux phénomènes : le remaniement sur une grande épaisseur (plus de 3 m) sur les versants formés par soutirage et effondrement (cirques) ; l'érosion, sur les versants où cette morphogenèse de type karstique n'apparaît pas. La part du colluvionnement de bas de pente, quoique difficile à définir, semble faible.

2.2.2. ÉTABLISSEMENT DE LA CARTE PÉDOLOGIQUE à 1/25 000

2.2.2.1. Définition des unités cartographiques

Unités de description

Lors de la prospection à grande échelle, des pédons ont été approchés par des profils de sols. (Pour la définition du pédon, cf. paragr. 1.2.1.). Ils n'ont pas été décrits par des unités d'ordre inférieur de la classification CPCS, mais, pour les sols ferrallitiques, par la terminologie typologique, pour les raisons évoquées précédemment.

Les pédons sont les unités de description qui montrent le degré d'analyse le plus poussé possible d'un sol, et non des unités cartographiables. Il faut donc définir des unités de volume de sol cartographiable, descriptibles par des unités moins exhaustives que les pédons.

Des unités de description des volumes de sol d'ordre plus élevé ont donc été définies, d'après plusieurs caractères choisis parce qu'ils semblent transmettre une connaissance suffisante des pédons pour permettre la compréhension de la structure, des caractéristiques des sols, de la pédogenèse dans la région cartographiée, où l'horizon gravillonnaire est presque généralisé, et une décision éventuelle d'utilisation des sols. Si ces critères nous semblent généralisables pour ce type de carte, il est évident que la liste des caractères retenus est adaptée à la zone d'étude. On constate d'ailleurs que l'utilisation de la classification CPCS à ce niveau imposerait le choix des caractères.

Une unité de description est donc définie de la manière suivante. Elle correspond aux pédons qui,

(4) Pour plus de précision, se rapporter à Lucas (Y.), 1977.

dans les mêmes situations topographiques, possèdent les caractères ainsi définis :

- nature de l'apexol : ortho, brachy, lepto, absence d'apexol.
- présence, absence et nature des horizons de l'infrasol : structichron, gravolite, sterite, retichron, allotérite et isaltérite, et leurs intergrades ;
- caractères des structichrons (couleur, structure, taux d'argile, taux de saturation éventuellement), nature et organisation des gravillons, des gravolites.

Ce type d'unité est à la fois unité de description et unité cartographiable. Elle semble correspondre au concept de génon. Elle sera donc appelée génon, la définition de celui-ci étant subordonnée aux caractères définis ci-dessus d'après des données de terrain. Il s'agit bien sûr d'une convention, ces unités pourraient être appelées SPE, ou mieux, volumes pédologiques élémentaires (VPE). Cependant, le choix de cette convention est orienté par la fréquence de l'utilisation de ces termes dans les écrits pédologiques.

Les unités de description des unités cartographiques seront donc des génon ou des combinaisons de génon.

Unité	Unité de description	Type de sol	Classification	Situation topographique
Numéro de l'unité	Type d'organisation des génon : Relations entre génon, facteurs éventuels.	Caractères des sols	Classification CPCS des sols	Situation topographique de l'unité

La description du type d'organisation spatiale des génon qui composent les unités cartographiques est faite par le vocabulaire défini précédemment. Dans cette description des combinaisons, seuls sont cités les caractères qui varient d'un génon à l'autre, les caractères communs sont cités dans la description du type de sol.

Si les caractères de l'apexol ou de l'infrasol varient indépendamment les uns des autres, la description, pour simplifier la légende, sera celle de la répartition de ces caractères pour chacun d'eux.

EXEMPLE :

au lieu de : micromosaïque de { — micromosaïque de brachy-apexol avec ou sans stérile.
— micromosaïque de lepto-apexol avec ou sans stérile.

on dira : { — apexol : micro-mosaïque lepto-brachyapexol
— infrasol : micro-mosaïque stérile - absence de stérile.

Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XVI, n° 4, 1978: 349-367

Unités cartographiques

Les unités cartographiques, qui regroupent un ou plusieurs génon, que nous avons définies et cartographiées, sont désignées par la confrontation complexité de la répartition des sols sur le terrain-échelle de cartographie, c'est-à-dire contraintes de la représentation graphique, mais surtout contraintes de densité de prospection et de détermination des limites, celles-ci ne pouvant être toutes déterminées sur photos aériennes, même au 1/15 000.

2.2.2.2. Description des unités cartographiques

Chaque unité cartographique est décrite par :

— les caractères des génon qui la composent : Situation topographique.
Le type de sol, défini par les caractères précités (nature de l'apexol, etc.), la situation des sols dans la classification CPCS est précisée.

— le type d'organisation spatiale des génon et leurs relations, et les facteurs de cette organisation quand ils sont connus et définissables.

La légende se présente donc de la manière suivante :

On peut de la même manière séparer deux caractères de l'apexol ou de l'infrasol.

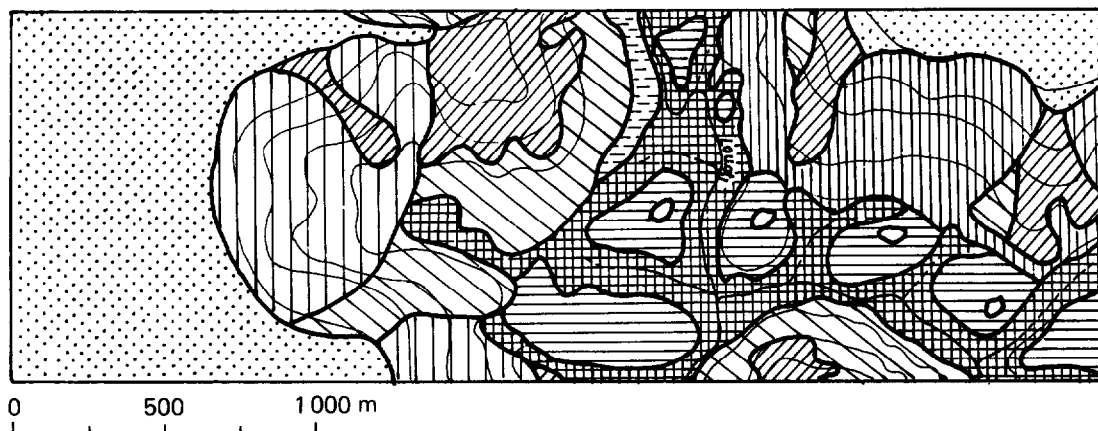
La figure 4 montre un extrait de la carte pédologique à 1/25 000 dressée sur la région de Mouyondzi.

2.2.3. ETABLISSEMENT DE LA CARTE PÉDOLOGIQUE À 1/100 000

2.2.3.1. Définition des unités cartographiques

Unités de description

La démarche qui permet l'élaboration des unités cartographiques est la même que pour la carte à 1/25 000. Il s'agit de préciser la méthode de constitution et de description des unités cartographiques. Quels sont les critères utilisés par les principaux auteurs ?



LEGENDE (extrait)





N°	UNITE DE DESCRIPTION	TYPE DE SOL	CLASSIFICATION	TOPOGRAPHIE
1 	Génon	Ortho-apexol: appumite, épistructichron dyscrophe, puis aliatique, brun vif à brun jaune, très argileux. Gravolite à gravillons arrondis, patinés et / ou contournés, puis contournés.	Sols ferrallitiques, fortement désaturés, typique, humiques, sur matériau argileux	Plateaux plans ou légèrement ondulés
2 	Méso-mosaïque, flexible, peu contrastée, de lepto- et de brachy-apexols, pas de caractères géométriques particuliers de génon.	Lepto et brachy-apexols: appumite, structichron dystophe hétérogène, anguclode très net, brun vif, argilo-limoneux. Gravolite, gravillons non patinés, contournés, aplatis en plaquettes Alté-duri-rétichron.	Sols ferrallitiques, fortement désaturés, pénévulés, hydro-morphes, sur matériau argileux	Terrasses d'érosion planes
3 	Génon	Lepto-apexols ou pas d'apexol, appumite anthropique Duri-isaltérite (faible induration) Isaltérite.	Sols ferrallitiques, moyennement et fortement désaturés rajeunis et pénévulés modaux, argilo-limoneux	Versants de terrasses d'érosion pente 10-15 % dériv. < 40m.
4 	Micro-séquence flexible centrée contrastée	Du centre vers la périphérie : - Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley peu profond. - Sols hydromorphes peu humifères à taches et concrétions - Sols de l'unité cartographique environnante		Dolines : - de plateaux - de terrasses - de vallées

FIG. 4. — Extrait de la carte pédologique à 1/25 000 et de sa légende.

- Pour Fridland, les critères de désignation des combinaisons qui décrivent les unités cartographiques ne sont pas hiérarchisés a priori et sont nommés : pédologiques, génético-géométriques, historiques, etc.
- Beaudou et Chatelin sont par contre beaucoup plus précis, et pensent qu'à ce niveau de synthèse, celui des segments fonctionnels, les critères de désignation sont essentiellement pédologiques, un segment fonctionnel, première subdivision intérieure du paysage pédologique, étant caractérisé par un processus pédologique en raison « de la correspondance communément admise entre processus et trait morphologique ». La nécessité, dans la pratique, de séparer les notions de segment fonctionnel et d'unité cartographique a déjà été soulignée (paragr. 2.1.1.).

Sur l'exemple de Mouyondzi, toujours d'après les critères connaissance des types de profils et de leur répartition — compréhension de la pédogenèse, la description de la couverture pédologique est faite par les caractères suivants (comme précédemment adaptés à la zone d'étude) :

- Situation topographique.
- Caractères des sols : nature de l'apexol (structure, couleur, granulométrie), nature des horizons de l'infrasol.
- Hypothèse génétique : mention de processus dominants dans un ou plusieurs horizons.

En effet, pour les raisons exposées au paragraphe 1.2.2., il ne nous semble pas souhaitable de définir une telle unité par la seule mention d'un processus pédologique, qui ne peut être qu'une hypothèse, la définition doit d'abord être descriptive, l'hypothèse génétique n'étant qu'une synthèse d'informations données par ailleurs.

Les unités de description ainsi définies ont été appelées unités fonctionnelles, car une hypothèse géné-

tique est proposée pour chaque unité quand c'est possible (ex. remaniement, hydromorphie, etc.). Elles n'ont pas été appelées segments fonctionnels, car, sur la zone étudiée, les unités de description ne correspondent pas toutes à des segments de toposéquences, le terme de segment paraît alors trop limitatif.

Les unités de description des unités cartographiques sont donc des unités fonctionnelles ou des combinaisons d'unités fonctionnelles.

Unités cartographiques

Comme la carte pédologique à 1/25 000 n'est pas une carte de géons (ou VPE au choix), la carte pédologique à 1/100 000 n'est pas une carte des unités fonctionnelles. Les unités cartographiques sont désignées par la confrontation : complexité de la couverture pédologique - contraintes de la cartographie à 1/100 000 (détermination des limites problèmes graphiques) et décrites par des combinaisons d'unités fonctionnelles. Néanmoins, le niveau analytique est le plus détaillé possible à cette échelle.

2.2.3.2. Description des unités cartographiques

Chaque unité cartographique est décrite par :

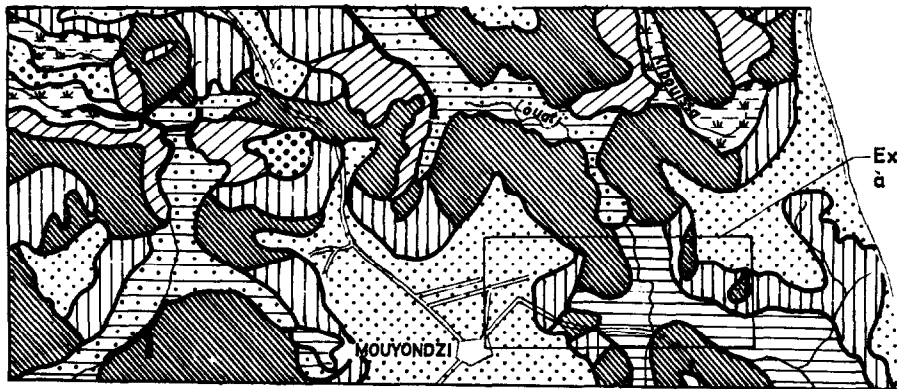
- la situation topographique générale de l'unité ;
- les caractères des unités fonctionnelles qui la composent, définis ci-dessus, la situation des sols dans la classification CPCS est précisée ;
- le type d'organisation spatiale des unités fonctionnelles et leurs relations.

La légende de la carte se présente donc de la manière suivante :

Unité	Situation topographique entre unités fonctionnelles	Unités fonctionnelles	Types de sols	Apexol	Infrasol	Classification CPCS
Numéro de l'unité cartographique.	Situation topographique de l'unité cartographique. Relations entre unités fonctionnelles.	Pour chaque unité fonctionnelle, hypothèse génétique ou description synthétique des caractères descriptifs dominants	Nature de l'apexol	Caractères de l'apexol	Nature des horizons de l'infrasol	Correspondance avec la classification

La figure 5 présente un extrait de la carte pédologique à 1/100 000 de la région de Mouyondzi, et de sa légende.

Comme pour la carte à 1/25 000, des relations entre caractères qui recourent plusieurs unités fonctionnelles d'une même unité cartographique pourront être exprimées séparément.



N°	Topographie Relation entre unités	Unités fonctionnelles	Type de sol	Apexol	Intrasol	Classification
A	<ul style="list-style-type: none"> Plateaux plans légèrement ondulés, hauts de versants de plateaux à pentes très faibles Taches isolées très contrastées de (b), (0,3 %) dans (a), (99,7 %) (Fig. α) 	(a) Sur les plateaux et les pentes faibles associées les sols sont caractérisés par une pédoplasation importante et une induration du réticron à sa partie supérieure	Ortho-apexols	Aliaïtodes, brun-jaune à brun-vif, argileux	Gravolite	Sols ferrallitiques, fortement désaturés typiques, humiques sur mater. argileux
		(b) Dolines de plateaux. Passage progressif centrifuge des sols hydromorphes à gley aux sols de plateaux	Sols hydromorphes peu humifères à gley de surface Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley et concretionnement			
C	<ul style="list-style-type: none"> Bas de versants de plateaux à dénivellée inf. à 100m, rectilignes ou légèrement concaves, pentes faibles (Fig. α) 	(e) Les sols de ces bas de versants sont caractérisés par la présence d'un horizon meuble de plus de 30cm, provenant de la pédoplasation et lou (?) de colluvionnement. Induration du réticron à sa partie sup. en gravo- ou fragi-stérile.	Brachy-apexols	Anguclode à pauciclude brun-rouge à brun-jaune argileux	Gravolite, Gravostérile, Fragi-stérile	Sols ferrallitiques, fortement désaturés typiques humiques sur matériau argileux
G	<ul style="list-style-type: none"> Terrasses d'érosion, planes, et versants correspondants, pentes 15-20 %, dénivellée < 40m. Méso-mosaïque peu flexible, contrastée de k (37%) et l (62%) et taches isolées de m (1%) (Fig. β) 	(k) Sur la surface plane des terrasses, sols caractérisés par un alté-réticron à moins de 2 m. qui s'indure en gravillons à sa partie supérieure et surmonté d'un horizon avec fentes de retraits à rapprocher de l'unité (i)	Lepto-apexols Brachy-apexols	Anguclode très net brun-rouge argilo limoneux à argileux	Gravolite, alté.duriréticron, alté.réticron	Sols ferrallitiques, fortement désaturés, hydromorphes sur matériau argilo limoneux à argileux
		(l) Sur les versants des terrasses, la formation des sols est limitée par l'érosion l'isalterite de calcaire marneux en plaquettes est très près de la surface et légèrement indurée à sa partie supérieure	Lepto-apexols Pas d'apexols	Appumite anthropique	Durisolterite (faible induration) Isalterite	Sols ferrallitiques, faiblement et moyennement désaturés, rajeunis et pénévulés sur matériau argilo limoneux
		(m) Dolines des terrasses, passage centrifuge progressifs de sols à gley aux sols des terrasses.	Sols hydromorphes peu humifères à gley de surface Sols hydromorphes peu humifères à pseudogley et concretionnement			

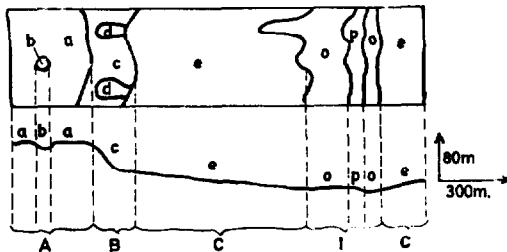


Figure α

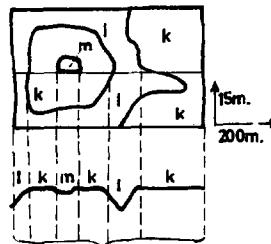


Figure β

FIG. 5. — La carte pédologique à 1/100 000 et sa légende (extrait).

2.2.3.3. *Rapports avec la carte à 1/25 000*

Les unités cartographiques de la carte à 1/100 000 ont bien sûr été établies indépendamment de celles de la carte à 1/25 000.

Il est à noter que certaines unités fonctionnelles correspondent spatialement à des géons de la carte à 1/25 000. Elles ne seront néanmoins pas appelées ainsi, car les caractères choisis pour désigner ces unités ne sont pas les mêmes que ceux qui désignent les géons.

D'autre part, certaines unités fonctionnelles correspondent à des combinaisons de la carte à 1/25 000. Il est normal que l'information donnée par la carte à 1/25 000 soit plus complète, ces combinaisons peuvent être des combinaisons d'unités différenciées par des caractères qui ne sont pas retenus pour la carte à 1/100 000.

2.2.4. CARTE DES PAYSAGES PÉDOLOGIQUES À 1/100 000

La notion de paysage pédologique a été employée par de nombreux pédologues : paysages pédologiques, paysages morpho-pédologiques, etc.

Les unités de paysage sont généralement des volumes pédologiques d'ordre élevé, convenants à une cartographie à 1/100 000 à 1/500 000, et désignés par des critères essentiellement géographiques... La pédologie intégrant les données géomorphologiques, le terme « morphologique » est pléonastique, les paysages sont qualifiés de « pédologiques ».

Pour Beaudou et Chatelin, un paysage pédologique correspond à un type de séquence ou d'unité dynamique, et est désigné par des critères topographiques et géomorphologiques. La largeur des séquences représentatives est d'après ces auteurs de l'ordre du km, rarement de l'ordre de la centaine de mètres.

Sur la zone étudiée, des unités de paysage ont été définies de la manière suivante :

2.2.4.1. *Définition des unités de paysage*

Il s'agit de définir des unités suffisamment synthétiques pour la représentation à des échelles de cartographie assez petites, et suffisamment homogènes pour que leur différenciation et leur caractérisation soient aisément compréhensibles.

Un certain nombre de caractères peuvent être pris en compte :

— succession et répartition géométrique des sols,

- position topographique, forme des unités cartographiques,
- nature des sols, etc.

Or, à cet ordre de grandeur de représentation des volumes, l'ensemble de ces caractères est généralement intégré par les caractères géographiques des volumes (en particulier les caractères géomorphologiques). Les unités cartographiques peuvent donc être définies en partie par des caractères géographiques. D'autre part, les grands caractères pédologiques et leur répartition interviennent aussi dans la définition des unités de paysage.

Deux unités cartographiques de la carte des paysages pédologiques peuvent donc avoir les mêmes caractères géographiques, et être différenciés par des caractères pédologiques.

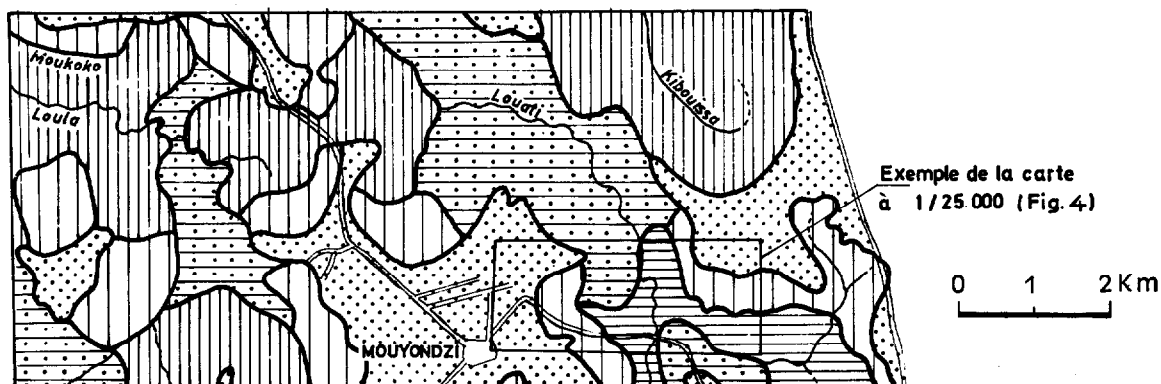
Les unités de paysages sont donc définies :

- par leurs caractères géographiques ;
- par des caractères pédologiques suffisants pour différencier les sols, et dont le choix dépend de la région étudiée.

2.2.4.2. *Description des unités de paysage*

Beaudou et Sayol définissent les unités de paysage à partir de la carte des segments fonctionnels et ne décrivent pas le contenu sol de chaque unité dans la légende de la carte des paysages, qui mentionne uniquement les caractères du relief, les unités n'étant désignées que d'après les critères du relief.

Sur la carte des paysages pédologiques de la région de Mouyondzi qui a été dressée, des critères pédologiques peuvent intervenir dans la désignation des unités. De plus, il faut que l'expression du contenu sol dans la légende permette de comprendre la carte des paysages isolément sans référence obligatoire à la carte pédologique à 1/100 000. Des caractères pédologiques sont donc exprimés dans la légende. Il est clair que ce ne sont pas les mêmes que ceux qui définissent et décrivent les unités fonctionnelles de la carte pédologique à 1/100 000. Une référence à ces unités fonctionnelles ne sera donc qu'indicative, et les unités de paysage sont décrites par des combinaisons d'unités qui peuvent correspondre à une ou plusieurs de ces unités fonctionnelles, mais qui n'ont pas le même contenu pédologique. Comme signalé précédemment, celui-ci est défini par les caractères pédologiques suffisants pour différencier les sols ; ces caractères dépendent évidemment de la zone étudiée.



	Situation topographique	Unité correspondante de la carte pédologique au 1/100.000	Caractères et repartition des sols	Classification CPCS
1	Plateaux plans ou légèrement ondulés	A	Ortho-apexols, gravolites à gravillons patinés, puis contournés	Sols ferrallitiques, fortement désaturés, typique, matériau argileux
2	Versants de plateaux, pentes 10-15%, profils rectilignes ou concaves, dénivelé < 100m versants de cirques et fond de vallée correspondants	D, I	Unité caractérisée par le remaniement sur tout le versant de sols à leptos, brachy ou ortho-apexols, gravillons patinés et blocs de cuirasse hétérogènes dans les gravolites. Hydromorphie fréquente en fond de vallée	Sols ferrallitiques, fortement et moyennement désaturés, remaniés, sur matériau argileux Sols hydrom. à gley ou pseudogley
3	Versants de plateaux et de collines, pentes 10-15%, profils convexo-concaves dénivelé < 100m et fonds de vallée correspondants.	B, C, J, I	Les hauts et milieux de versants sont caractérisés par des gravolites affleurants, ou des leptos ou brachy apexols, gravillons surtout contournés En bas de versants et fonds de vallée, le gravolite est plus profond, plus ou moins induré en gravo ou fragi-sterite, brachy et ortho-apexols. Hydromorphie fréquente en fond de vallée.	Sols ferrallitiques, fortement désaturés, rajeunis, avec remaniement de surface éventuel, matériau argileux. Sols ferrallitiques, fortement désaturés, typiques, humiques, sur matériau argileux Sols hydrom. à gley ou pseudogley
5	Terrasses d'érosion, planes et versants correspondants.	G	Sur les terrasses: gravolite peu développé alté-rétichron à moins de 2m. Sur leurs versants, duri-isalterite près de la surface	Sols ferrallitiques, fortement désaturés, penevolués, plus ou moins rajeunis, hydromorphes, sur matériau argilo-limoneux à argileux

FIG. 6. — La carte des paysages pédologiques à 1/100 000 et sa légende (extrait).

Les caractères retenus sur la zone d'étude sont les suivants :

- nature de l'apexol ;
- nature des premiers horizons de l'infrasol, quand

celui-ci est près de la surface, et caractères du gravolite : gravillons en plaquettes ou non.

La légende de la carte des paysages pédologiques se présente donc ainsi :

Numéro de l'unité	Description de la topographie traits géomorphologiques particuliers.	Mode de répartition et caractères des sols ; correspondance avec la carte pédologique à 1/100 000.	Correspondance avec la classification CPCS
-------------------	--	--	--

La figure 6 présente un extrait de la carte des paysages pédologiques à 1/100 000 de la région de Mouyondzi, et de sa légende.

La carte pédologique et la carte des paysages pédologiques ont été représentées à la même échelle, 1/100 000.

Le mode de constitution des unités cartographiques n'est cependant pas du tout le même dans les deux cas :

- L'unité de description de la carte pédologique à 1/100 000 est de l'ordre de l'unité fonctionnelle.
- L'unité de paysage est une représentation à un niveau de synthèse plus élevé, où les caractères géographiques des volumes s'avèrent être de bons intégrateurs de la structure de la couverture pédologique : l'unité de paysage n'est pas conçue comme un simple regroupement d'unités fonctionnelles.

Le gain d'unité d'une carte à l'autre est faible (6 unités au lieu de 10), et l'échelle de représentation est la même : ceci est dû à la complexité de la région étudiée, ce qui fait que les paysages, unités génético-géométriques cohérentes, contiennent peu d'unités fonctionnelles.

Dans de nombreuses régions ferrallitiques, moins variées, l'échelle de représentation d'une carte des paysages peut être plus petite que celle d'une carte pédologique faite à l'ordre de l'unité fonctionnelle.

2.2.5. CARTE DES RÉGIONS PÉDOLOGIQUES

Les régions pédologiques sont des unités qui permettent la représentation cartographique à petite échelle (1/200 000, 1/500 000 et plus petit) des volumes pédologiques.

Pour Beaudou et Chatelin (1972), elles servent à désigner des volumes comportant plusieurs types de toposéquences ou d'unités dynamiques.

Pour Fridland (1974), les régions pédologiques sont désignées d'après une classification des formes génétiques et géométriques. Les critères sont donc essentiellement géomorphologiques.

Là encore, les caractères géomorphologiques sont de bons intégrateurs de l'ensemble des caractères pédologiques et géométriques des sols.

Les unités cartographiques des cartes traditionnelles à ces échelles sont généralement désignées de cette façon. Mais la description des unités cartographiques peut être beaucoup plus précise en utilisant le vocabulaire défini précédemment, en particulier en citant les principales séquences de chaque région et leur mode d'assemblage.

Les régions sont donc définies d'après des caractères géomorphologiques :

- type de topographie
- nature de la roche-mère.

Les caractères retenus pour la description des sols de chaque unité sont désignés d'après les mêmes principes que pour la carte des paysages pédologiques, les contraintes d'échelle étant différentes.

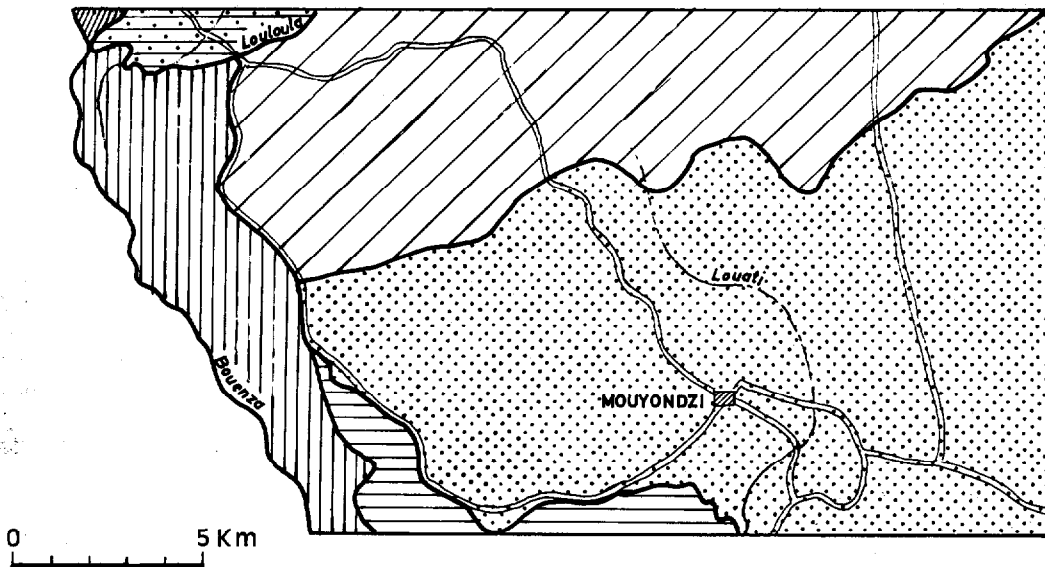
Aspect général du profil : défini par la nature de l'apexol et l'horizon qu'il surmonte.

Mode d'assemblage des sols : séquence, mosaïques de séquences, etc.

Taux de saturation } donnés par la correspondance avec la
Texture } classification CPCS.

La légende se présente donc ainsi :

N°	Définition des régions : caractères géomorphologiques	Roche-mère	Type de sol répartition	Classification CPCS
----	---	------------	-------------------------	---------------------



N°	Définition des régions caractères géomorphologiques	Roches mères	Type de sols	Classification C.P.C.S
3	Collines et versants de plateaux, pentes souvent sup. à 15%, profils rectilignes, dénivellation 150-300m.	Calcaires et dolomies	Mésoséquences : - Lepto et brachy-apexols sur gravolite en haut des versants. - Au milieu des versants, apparition du réticron, puis de l'alterite à moins de 2m.	Sols ferrallitiques : matériaux argileux (calcaires) ou argilo-sableux (tillites, grès) - Fortement désaturés, rajeunis, avec remaniement de surface - Moyennement et fortement désaturés rajeunis et pénévulés avec remaniement de surface.
4		Tillites et grès		
5	Plateaux et collines, versants à pentes souvent inf à 15% profils rectilignes (cirques) ou convexo-concaves, dénivellations 100m. Caractères karstiques.	Calcaires et dolomies	Mésoséquences de mésoséquences : - Orthoapexols sur gravolite des plateaux - Ortho, brachy Lepto et brachy apexols sur ou lepto apexols gravolites de haut de versants des cirques - Bas de versants : lepto et brachy brachy et ortho apexols sur ortho apexol alté réticron sur gravolite - Sols hydromorphes fréquents en fonds de vallée	Sols ferrallitiques : - Fortement désaturés, mat. argileux : typiques, humiques-remaniés, modaux rajeunis modaux ou avec remaniement de surface. - Fortement et moyennement désaturés, mat. argileux à argilo-limoneux, pénévulés, hydromorphes. Sols hydromorphes peu humifères à gley ou pseudo-gley.
6	Même topographie que l'unité 5, mais sans cirques ni caractères karstiques, pentes plus fortes en haut des versants	Tillites	Mésoséquences : - Orthoapexols sur gravolite en haut des versants - Lepto brachy et orthoapexols sur gravolites - Hydromorphie fréquente en fond de vallée	Sols ferrallitiques, fortement désaturés, typiques modaux, ou rajeunis modaux ou avec remaniement de surface, matériau sablo-argileux ou argilo-sableux Sols hydromorphes peu humifères à gley ou pseudo-gley
7		Grès		

FIG. 7. — Extrait de la carte à 1/200 000 des régions pédologiques et sa légende.

La figure 7 présente un extrait de la carte des régions pédologiques et de sa légende.

CONCLUSION

A une échelle donnée, le travail de cartographie privilégie la représentation d'un type d'unités qui font partie d'un système de volumes emboîtés, définit et décrit ces unités (travail de Beaudou, Chatelin, etc.), et décrit les relations entre elles (apport du travail de Fridland). Ces unités permettent la description des unités cartographiques.

Les critères de désignation des unités de description sont choisis, à chaque échelle, d'après les mêmes préoccupations : transmission de la meilleure connaissance de la couverture pédologique à des niveaux de synthèse différents. Ces critères correspondent, à chaque échelle, à un ensemble de caractères qui dépendent de la région étudiée : caractères pédologiques, géomorphologiques, géométriques.

Les critères de regroupement éventuels des unités de descriptions en unités cartographiques sont difficilement définissables a priori, des groupements étant constitués pour des raisons seulement techniques. Les unités cartographiques peuvent comporter plusieurs unités de description voisines sur le plan génétique ou morphologique, ou simplement rapprochées dans l'espace. Ceci dépend des contraintes de l'échelle utilisée et de la structure de la couverture pédologique. Dans la mesure du possible, il faut essayer de construire des unités cartographiques qui correspondent à une unité de description.

Les moyens de description des unités cartographiques dépendent des caractères retenus : d'après les niveaux de synthèse, il pourra s'agir du vocabulaire pédologique traditionnel du glossaire, de la terminologie typologique, de la classification des sols, de

vocabulaire géomorphologique. Les relations entre unités sont décrites par le vocabulaire utilisé par Fridland, qui a beaucoup d'intérêt quand la structure de la couverture pédologique est complexe, et qui a l'avantage de permettre éventuellement un traitement informatique des données (Belobrov, Fridland, 1970).

Les méthodes de cartographie qui ont été exposées ici ont été appliquées à une surface assez restreinte et assez particulière par la diversité des sols et des processus qu'elle présente. Cette variété des sols et de leurs successions en toposéquences a permis de définir plusieurs régions pédologiques à une échelle de travail qui, dans beaucoup de zones ferrallitiques, serait celle du paysage pédologique. Si le principe de la définition des unités fonctionnelles, des paysages, des régions, est partout le même, l'échelle de représentation cartographique optimale de ces unités peut varier, bien sûr dans des limites définies par un critère d'échelle subjectif.

Le texte qui est proposé ne montre pas une méthode détaillée applicable partout, mais présente un mode de raisonnement permettant, dans chaque cas, d'élaborer une méthode de construction des unités cartographiques et de description de la structure de la couverture.

Enfin, il semble souhaitable d'arriver à une standardisation des notions et des termes utilisés par les pédologues. Ce texte ne constitue pas une « école » particulière, et ne doit être considéré que comme un outil de travail pour une définition la plus collective possible des modes de représentation cartographique.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie M. Y. Chatelin et MM. J. Boulaine, R. Maignien, D. Martin du temps qu'ils ont bien voulu consacrer à la lecture et à la correction de cet article.

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'ORSTOM le 3 novembre 1978

BIBLIOGRAPHIE

ANTOINE (P.), 1974. — Hommes, Terres et Eaux. *Revue de l'ANAFID*, BP 704, Rabat. Maroc, n° 12, 3^e Trimestre 1974 : 21-45.

Aperçu sur le climat du Congo, 1964. — ASECNA, représentation en République du Congo (Brazzaville).

BAUD (R.), 1974. — Essai de cartographie suivant les principes de Fridland. INA Paris, Grignon, 46 p. *multigr.*

BEAUDOU (A.G.), CHATELIN (Y.), 1976. — Méthodologie de la représentation des volumes pédologiques. Typologie et cartographie en milieu ferrallitique. Doc. *multigr.* ORSTOM, Abidjan.

BEOBROV (V.P.), FRIDLAND (V.M.), 1970. — Essai de caractérisation quantitative de la morphologie des SPE et de la complexité de la couverture pédologique : in : « Lois de variation

- dans l'espace des propriétés des sols et méthodes d'information et de statistique pour les étudier». Ed. Nauka, Moscou, 15-26. Trad. ORSTOM, 1972, n° 233.
- BOISSEZON (P. de), GRAS (F.), 1970. — Notice explicative de la carte pédologique Sibiti-Est à 1/500 000, ORSTOM, Paris.
- BOULAINÉ (J.), 1975. — Géographie des Sols. PUF, coll. SUP. Paris.
1977. — La structure de la couverture pédologique (3^e Approximation). INA - Paris, Grignon, *multigr.*, 14 p.
- BRESSON (L.M.), 1974. — Rubéfaction récente des sols sous climat tempéré humide. Thèse 3^e cycle, Paris VI, 197 p.
- CHATELIN (Y.), 1972. — Eléments d'épistémologie pédologique. Application à l'étude des sols ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. X, n° 1 : 3-24.
- CHATELIN (Y.), MARTIN (D.), 1972. — Recherche d'une terminologie typologique applicable aux sols ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. X, n° 1 : 25-44.
- CHATELIN (Y.), 1976. — Contribution à une épistémologie des sciences du sol. Thèse, université de Dijon, 142 p. et *Mém. ORSTOM*, n° 88, Paris, 1979.
- Classification des sols, 1967. — CPCS, ENSA, Grignon, 87 p., *multigr.*
- ESCHENBRENNER (V.), BADARELLO (L.), 1975. — Feuille Odienne à 1/200 000. ORSTOM, Abidjan. Etude Pédologique de la région d'Odienne (Côte d'Ivoire). Carte des paysages morpho-pédologique. Feuille Odienne à 1/200 000. *Notice* n° 74, 123 p., pl., cartes et tabl. h.-t., ORSTOM, Paris, 1978.
- FRIDLAND (V.M.), 1970. — Les surfaces pédologiques élémentaires en tant qu'unité de départ de la taxonomie pédologique et géographique, et certaines de leurs dérivées. In : « Lois de variation dans l'espace des propriétés des sols et méthodes d'information et de statistique pour les étudier ». Acad. Sci. d'URSS, Soc. des pédologues de l'Union, Ed. Nauka, Moscou, 5-14. Trad. ORSTOM 1971, n° 203.
- FRIDLAND (V.M.), 1974. — Structure de la couverture pédologique. *Géoderma*, 12 : 35-41.
- Glossaire de Pédologie, 1969. — ORSTOM, Init. Doc. Techn. N° 13, 82 p.
- JAMACNE (M.), 1967. — Bases et techniques d'une cartographie des sols. *Annales agronomiques*, vol. 18, 1967, n° hors série.
- KILLIAN (J.), 1974. — Etude du milieu physique en vue de son aménagement. Conceptions de travail. Méthodes cartographiques. *L'Agronomie Tropicale*, XXIX, 2-3 : 141-153.
- KORNBLJUM (E.A.), 1970. — Horizons, stratos et problèmes de leur analyse structurale. In : « Lois de variations dans l'espace des propriétés des sols et méthodes d'information et de statistique pour les étudier ». Edit. Nauka, Moscou, 60-67. Trad. ORSTOM, 1972, n° 234.
- LUCAS (Y.), 1977. — Etude pédologique de la région de Mouyondzi (RP Congo). Méthodologie de la représentation cartographique. ORSTOM, Centre de Bangui, 213 p. *multigr.*
- MAIGNIEN (R.), 1969. — Manuel de prospection pédologique, ORSTOM, Init. Doc. Techn. n° 11, 132 p.
- MARTIN (D.), 1972. — Utilisation de la classification ORSTOM des sols ferrallitiques par les pédologues. Doc. *multigr.*, ORSTOM, Brazzaville.
- TRICART (J.), 1974. — De la géomorphologie à l'étude écographique intégrée. *L'Agr. Trop.*, XXIX, 2/3, 122-132.
- USDA - Soil Survey Staff, 1975. — Soil Taxonomy. A basic System of soil classification for making and interpreting soil surveys. *Agriculture Handbook*, 436, 754 p.