

CHAPITRE VII

LA CARTOGRAPHIE PEDOLOGIQUE

P. SEGALEN

7.1. - La carte pédologique est un document qui a pour but de donner une image aussi fidèle que possible de la nature, de la localisation et de la répartition des catégories de sols étudiés.

La carte pédologique est un document, généralement en couleurs, avec une légende, accompagnée d'une notice explicative. Les plages de couleur représentent les unités pédologiques reconnues. Celles-ci vont de la classe à la phase, suivant l'échelle et le degré de précision avec lequel le travail a été fait.

On peut avoir des **unités simples**, c'est-à-dire que les unités reconnues couvrent au moins de 80 % de la surface considérée. On peut avoir également des **unités complexes**. Les **juxtapositions** concernent différentes unités entremêlées de telle sorte, qu'à l'échelle de la carte, on ne peut les différencier. Dans une **séquence**, les sols se succèdent dans un ordre déterminé par suite de conditions particulières (de roche-mère par exemple). Dans une **chaîne**, chaque sol est relié génétiquement au précédent et au suivant.

Chaque unité reconnue est affectée d'une couleur et de signes en noir. Le choix des couleurs a été fait de la manière suivante, adopté par la Section de Pédologie de l'ORSTOM.

Les sols minéraux bruts n'ont pas de couleur. Le fond est laissé en blanc, avec des signes en noir indiquant la roche-mère.

Les sols peu évolués n'ont pas reçu de couleur très précise. Ils sont généralement en points gris, pour indiquer qu'une évolution très nette n'est pas discernable. Un début d'évolution est indiqué par une teinte pâle (bleu pâle pour une hydromorphie, vert pâle pour une halomorphie (peu accentuées, etc.).

Les sols calcimagnésiques ont une teinte jaune (celle qu'on attribue généralement au calcaire). Les vertisols ont une teinte violette ; les sols isohumiques et les sols à mull des teintes brunes ; les podzols ont une teinte rose pour indiquer l'importance revêtue par les mouvements du fer. Les sols à sesquioxides ont des couleurs orangées pour les sols ferrugineux tropicaux, rouges pour les sols méditerranéens et ferrallitiques. Les sols hydromorphes sont représentés par des bleus et les sols halomorphes par des verts.

Les pédologues métropolitains, n'ayant pas les mêmes sols à représenter, ont apporté des modifications sur l'emploi des teintes comme le vert et le rouge. Ils ont souhaité que le vert soit utilisé pour les alluvions, puisque les sols halomorphes sont relativement peu étendus. De même, le rouge des sols à sesquioxides risquait de servir assez peu, alors que les podzols et les sols podzoliques sont assez répandus.

Chaque fois que cela est possible, on indique la famille, d'après la nature de la roche-mère. Un certain nombre de signes fondamentaux en grisé ont été retenus, à partir desquels on indique les roches observées. Il n'a pas été jugé utile de préparer un nombre élevé de signes.

7.2. - Les caractéristiques et types de cartes pédologiques.

Les différentes cartes pédologiques dépendent de l'objectif poursuivi qui conditionne l'échelle et du degré de précision dans la représentation des unités.

7.2.1. - **L'échelle** est sous la dépendance de la dimension des objets à représenter et la facilité avec laquelle on pourra les limiter ; par conséquent, il est important de savoir ce que représente un trait indiqué sur une carte et une surface de terrain déterminée. On a porté sur le tableau suivant ce que représente, aux diverses échelles, un trait de 0,2 mm tel qu'il résulte du tracé normal d'une limite et une surface de 4 mm² qui est une des plus petites que l'on peut normalement espérer représenter sur une carte. Les utilisateurs peuvent donc déterminer sur ces bases l'échelle de la carte à établir.

Tableau 29
RELATION ENTRE L'ECHELLE ET LES DIMENSIONS D'UN TRAIT ET D'UNE SURFACE

| Echelle | Largeur sur le terrain d'un trait de 0,2 mm sur la carte | Surface de terrain correspondant à 4 mm ² sur la carte |
|-------------|---|--|
| 1/10.000 | 2 m | 400 m ² |
| 1/20.000 | 4 m | 1.600 m ² |
| 1/50.000 | 10 m | 1 ha |
| 1/200.000 | 40 m | 16 ha |
| 1/500.000 | 100 m | 100 ha |
| 1/1.000.000 | 200 m | 400 ha |

Un autre aspect important qui intervient dans le choix de l'échelle est la lisibilité de la carte qui conditionne son interprétation et son intérêt. Il ne faut pas que les dimensions des surfaces représentées soient trop petites, sans quoi, la compréhension du terrain échappe à l'observateur et le but poursuivi n'est pas atteint. Il va de soi qu'à toute échelle un certain degré d'abstraction est indispensable. Celui-ci est particulièrement important lorsqu'on veut établir une carte à petite échelle à partir d'une autre à grande échelle.

Les utilisateurs français représentés par le GEPPA (Groupe d'Etude des Problèmes de Pédologie Appliquée) ont fixé les échelles dont ils avaient besoin en vue de la mise en valeur d'une région.

- a) Pour la planification régionale, les cartes pédologiques nécessaires doivent avoir une échelle comprise entre 1/200 000 et 1/50 000.
- b) Pour la mise en valeur d'un secteur déterminé, l'évaluation des aptitudes culturales exige une cartographie au 1/20 000 et plus.
- c) Au niveau de la parcelle, il est nécessaire d'atteindre le 1/5 000.

Les pédologues américains procèdent au levé systématique de leurs sols, pour les besoins généraux de l'agriculture à l'échelle du 1/63 360 (1 pouce par mille). Mais, de plus en plus, les besoins créés par des problèmes industriels précis (pose de canalisations diverses telles que gaz, eau, etc.), le développement des zones urbaines (implantation des bâtiments publics, des maisons privées) nécessitent des documents pédologiques à des échelles de l'ordre du 1/20 000.

Dans les zones intertropicale et méditerranéenne, la carte pédologique de base susceptible de donner, au niveau d'une région naturelle, ou pour toute une portion de pays, les renseignements utiles pour la planification régionale sont établis au 1/200 000 ; plus rarement, suivant la nature du

terrain et les buts recherchés, on pousse jusqu'au 1/50 000. La mise en valeur d'une zone limitée exige des documents à plus grande échelle comme le 1/10 000 (plaine alluviale à assainir et irriguer ; plantation à créer, etc.). Lorsque la cartographie est suffisamment avancée dans un pays, on peut tenter une représentation d'ensemble à une échelle assez petite (1/1 000 000 par exemple) afin de donner une idée générale et synthétique de la pédogénèse et de permettre des comparaisons à distance.

7.2.2. Un deuxième problème que l'on relie généralement à celui de l'échelle est la **précision** de la carte. Dans la grande majorité des cas, les cartes à petite échelle sont moins précises que les cartes à grande échelle. En effet, ces dernières ont des limites d'une grande précision et les unités pédologiques représentées correspondent à une différenciation très poussée des critères retenus pour les sols. Mais ce n'est pas obligatoire et on peut très bien concevoir des cartes à petite échelle établies d'emblée à la précision voulue ou bien résultant de la réduction de cartes détaillées.

C'est ainsi que l'on connaît un certain nombre de types de cartes qu'on peut qualifier diversement suivant le degré de précision qui a servi à les établir.

7.2.3. Les cartes pédologiques.

a) La carte **détaillée** nécessite d'avoir au départ des documents cartographiques d'excellente qualité à une échelle plus grande que celle qu'on veut utiliser, des photographies aériennes parfaitement lisibles sur toute leur étendue. Le terrain doit être entièrement accessible et aucune partie ne doit être ignorée. Les limites devront être précises et le degré de pureté des unités élevé (1). Sur cette carte doivent figurer les données fondamentales de la planimétrie, les courbes de niveau et tout repère utile aux utilisateurs.

Les cartes détaillées sont le plus souvent des cartes à grande échelle (1/20 000 et plus).

b) La carte de **reconnaissance** relève d'une technique assez différente. On peut, à la rigueur, se passer d'un document topographique convenable, à condition de disposer d'une couverture photographique complète qui pourra servir aussi à la préparation d'un fond topographique. La cartographie pédologique s'appuie très étroitement sur la photographie aérienne et permet de ne pas parcourir tout le terrain. Un certain nombre d'itinéraires dont l'espacement est variable (jusqu'à 5 ou 10 km) est nécessaire et on interpole pour les zones non vues. Il est alors indispensable de bien connaître la végétation, la géologie, la géomorphologie pour effectuer une interpolation convenable. Les levés de reconnaissance conviennent le plus souvent aux cartes de moyenne échelle.

c) Carte de reconnaissance détaillée.

Ce type de carte n'est pas spécial en soi. Il s'agit d'une combinaison des deux modes précédents. Sur un territoire déterminé, certaines parties sont occupées par des montagnes, des dunes, etc. dont la valeur agricole est « à priori » faible. Ces zones pourront ne faire l'objet que de cartographie de reconnaissance, tandis que le reste, de valeur agricole certaine, fera l'objet d'une cartographie détaillée.

d) Cartes de généralisation.

Il arrive que certaines cartes détaillées occupent une surface (sur le papier) telle qu'il paraisse nécessaire d'opérer une condensation afin d'avoir une manipulation plus aisée. On opère une réduction d'échelle qui peut être très variable suivant le format ou le type de renseignements qu'on désire obtenir.

Dans ce cas, la légende sera à base d'associations. Cette légende pourra être aussi complexe que celle des cartes qui ont fait l'objet d'une réduction.

e) Cartes schématiques.

Alors que les cartes précédentes résultent d'une réduction de cartes déjà établies, les cartes schématiques précèdent souvent l'établissement des cartes de base. Elles résultent d'observations faites sur le terrain combinées à une interprétation de toutes les données non pédologiques. La valeur des cartes schématiques est variable, mais leur utilité est grande car elle permet de se faire une idée générale sur un pays et d'évaluer, même sommairement, ses potentialités. Elle permet la mise au point périodique des connaissances sur les sols d'un pays.

(1) Les pédologues américains estiment que 85 % est nécessaire.

Relation entre le type de carte et l'échelle.

Il n'y a pas de relation obligatoire entre un type de carte et une échelle déterminée. Cependant, il est bien évident, en raison de ce qui a été dit plus haut, que les échelles les plus petites (1/500 000 à 1/2 000 000) permettent généralement d'atteindre le sous-groupe. Une bonne connaissance des matériaux originels permet, dans certains cas, de représenter les familles. Très souvent on est amené à présenter des juxtapositions de sous-groupes ou de familles. Il s'agit alors de cartes de généralisation ou de cartes schématiques. La fiabilité est bonne dans le premier cas, beaucoup moins dans le second.

Les cartes de moyenne échelle (1/200 000 à 1/50 000) sont le plus souvent des cartes de reconnaissance. L'unité est généralement la famille pour le 1/200 000 ; la série pour le 1/50 000. Les juxtapositions sont fréquentes. La cartographie qui s'appuie sur des documents topographiques variables mais sur les photographies aériennes est nettement meilleure que dans le cas précédent. Elle permet de bien dégager les grandes tendances de la pédogénèse et de fixer les unités de sol les plus importantes.

Les cartes de grande échelle (supérieure à 1/20 000) sont établies avec le maximum de rigueur. Le nombre d'observations est très élevé. L'unité de base est la série mais on atteint très souvent la phase.

7.2.4. Les cartes issues de cartes pédologiques.

La carte pédologique est un document de valeur scientifique qui s'appuie sur de nombreuses observations sur le terrain et des déterminations de laboratoire. Elle sert à l'établissement d'autres qui intéressent plus particulièrement les utilisateurs et donne lieu à l'élaboration de diverses cartes thématiques. On peut ainsi représenter une ou plusieurs propriétés du sol (texture, pH, teneurs en sels, etc.) dont l'influence est prépondérante pour une utilisation bien déterminée, comme le choix d'un emplacement pour un terrain d'aviation, la pose d'une canalisation, la mise en place d'une culture. Les cartes peuvent servir à l'établissement de carte de drainage, d'assainissement ; on peut également représenter des travaux anti-érosifs, etc. Une de ces cartes les plus importantes est la carte d'aptitude culturale. Celle-ci, en fait, ne doit pas être établie par le seul pédologue mais plutôt par une équipe comprenant des spécialistes divers tels qu'agronome, économiste, hydrologue, etc. En tenant compte des facteurs de l'environnement aussi bien que des caractéristiques propres des sols, elles ont pour but de déterminer les cultures qui conviennent le mieux à un sol dans un contexte écologique et économique, d'indiquer les types d'agriculture, de rotation, d'engrais qui apparaissent convenir le mieux. Elles indiquent également les mesures à prendre pour maintenir le niveau de fertilité des sols et, si possible, l'améliorer. Ici encore différentes variantes peuvent être proposées, suivant qu'on met l'accent sur telle ou telle culture ou envisager le cas d'irrigation, etc.

7.3. - Etablissement d'une carte pédologique.

7.3.1. Travaux préparatoires.

L'établissement d'une carte pédologique commence, en fait, bien avant le départ sur le terrain. La première chose est de savoir exactement ce qu'on va faire, dans quel but la prospection a été demandée, quelle est la superficie que l'on va cartographier, et à quelle échelle. Ces renseignements permettent déjà d'orienter le travail et de prévoir à peu près combien de temps il va durer, et combien de personnel et de moyens de travail pour le réaliser.

Ceci connu, il faut procéder au rassemblement des renseignements de tous ordres que l'on possède sur le secteur à étudier.

Les premiers documents sont évidemment les cartes topographiques. Si elles existent à plusieurs échelles, il faut choisir celles dont l'échelle est supérieure à la carte qu'on va dresser. On peut dresser une carte si le document topographique est à une échelle supérieure à la carte qu'on veut obtenir. On ne peut faire l'inverse (c'est-à-dire agrandir un document topographique). On peut à la rigueur, procéder à l'agrandissement photographique d'une photographie aérienne ou d'une carte provenant de photographies.

On procède à l'achat des photographies aériennes et les étudie, couple par couple, en portant sous le stéréoscope, les limites physiographiques qui auront pu être décelées. On établit une carte de travail portant des zones qui devront être contrôlées sur le terrain.

On rassemble également toutes les données sur les roches (la carte géologique doit être étudiée de près), le climat (pluies avec leur répartition, température), les rivières, la forme de leur bassin, les populations et leurs activités.

Enfin, on recherche tous les ouvrages, les articles qui ont traité de la région et on en établit un résumé et une bibliographie sommaire. Il est toujours très profitable d'examiner ce qui a été fait et écrit sur les zones avoisinant celle qu'on va étudier. Dans bien des cas, on observe des analogies entre des régions semblables.

Muni de tous ces documents et renseignements, le pédologue est en mesure de commencer sa cartographie. Plusieurs problèmes se présentent alors à lui ; localiser le sol, l'identifier. Le premier problème relève de la cartographie pure. La solution implique que le pédologue est à même de se situer à chaque instant sur une carte ou sur une photographie aérienne, quelle que soit leur échelle. L'identification du sol se fait d'abord morphologiquement. Les observations faites sur le terrain (chapitre 5) seront complétées par des déterminations au laboratoire (chapitre 6). Un problème délicat consiste à limiter le sol sur la carte.

En effet, le sol est un milieu à trois dimensions et continu, dont tous les éléments sont généralement cachés à l'observateur par la végétation naturelle ou des activités humaines. On ne peut approcher le sol que de manière discontinue, par sondages, par points. Les longues coupes ouvertes pour les routes ou les voies de chemin de fer, si précieuses soient-elles, demeurent assez rares. Il est donc impossible de suivre une limite sur le terrain de manière convenable, aussi est-il nécessaire d'interpoler. Toute la science du pédologue consistera à placer ces limites et de déterminer où doit être situé le profil à observer.

Il est difficile d'énoncer une règle précise pour cette opération qui est pourtant l'opération fondamentale du pédologue. On peut toutefois donner quelques indications utiles. Un trou pédologique, et le profil qui y sera observé, doivent représenter une surface importante du paysage ; il ne faut pas que le profil observé puisse être considéré comme un cas particulier. Un profil isolé, quel que soit le soin avec lequel on l'examine, n'a pas de sens en cartographie pédologique (alors qu'on peut concevoir qu'il en a un dans une étude détaillée de pédogénèse). Par conséquent, il faut qu'on puisse le retrouver ailleurs, en exemplaires assez nombreux. Dans ce cas, il est représentatif d'une unité pédologique et sera signalé sur la carte.

7.3.2. Facteurs de formation du sol.

Lorsqu'on examine une certaine superficie, on peut s'attendre à voir un changement de sol dans un certain nombre de cas (et bien entendu, il existe des changements imprévisibles à première vue).

Changements de roche-mère. Chaque fois que l'on change de roche-mère, le profil du sol est modifié. Le changement de roche-mère se traduit par une modification de la granulométrie, de la perméabilité, de l'aération du sol. Un grès et une argile donnent naissance à des sols bien différents. Lorsqu'une roche se présente sous des formes physiques différentes, les sols ont également des propriétés variables. Par exemple, un basalte et des cendres basaltiques donnent naissance à des sols aux caractéristiques différentes (au niveau des séries, car il est bien évident que les deux roches donneront des sols appartenant aux mêmes groupes s'ils sont placés dans les mêmes conditions générales).

Changements de topographie. Un changement de topographie détermine un changement dans le profil, par suite de la pente : une forte pente accélère les processus de lessivage latéral, d'érosion et généralement l'épaisseur du sol est moindre, les roches-mères affleurent parfois. Inversement, une trop faible pente détermine une mauvaise évacuation de l'eau, un mauvais drainage, l'apparition des processus déterminant l'hydromorphie en position de bas-fond. Un plateau rigoureusement plat en pays tropical est souvent le signe de l'existence d'une cuirasse.

Un changement de végétation traduit également un changement de sol. L'apparition d'une masse de raphias dans une zone forestière est souvent l'indice d'un mauvais drainage ou d'un changement de sol. Mais il ne faut pas oublier que le passage de la forêt à la savane n'est pas dû à un changement de sol, mais à une action humaine. Ultérieurement, la dénudation du sol peut entraîner des variations considérables dans l'état du sol par suite de l'érosion.

On voit donc que la connaissance des conditions du milieu, des facteurs de formation du sol, sont essentiels pour aider à la mise en place des limites. Dans la résolution de ce problème, les photographies aériennes apportent une aide tout à fait remarquable. Si elles ne fournissent pas de limites de sols, elles permettent d'avoir une idée assez précise sur le drainage, le relief, la végétation, le mode d'occupation du sol, parfois les roches-mères, etc. et fournissent donc un adjuvant unique dans la mise en place des limites.

7.3.3. Les photographies aériennes et leur utilisation.

Il n'y a pas de véritable doctrine pour l'utilisation des photographies aériennes en pédologie. En effet, la photographie permet de « voir » le relief, le drainage, la végétation, les accidents tectoniques, etc. Mais, lorsque la pluviométrie est suffisante, le sol est presque toujours inaccessible à l'observation aérienne. Il faut alors interpréter les facteurs visibles énoncés précédemment et établir une relation constante et étroite entre les observations faites sur le terrain et sur la topographie.

Tout d'abord, la photographie est un excellent document topographique. Il donne des rivières, des routes, des éléments du relief, etc., des tracés et contours qu'on peut difficilement égaler. Mais il faut se souvenir que l'échelle varie d'une série de photographies à une autre et qu'elle n'est pas rigoureusement la même sur toute l'étendue de la photographie. Des appareils particuliers permettent de procéder à l'élaboration de photoplans et d'obtenir les éléments de la planimétrie à partir des mosaïques.

Différentes méthodes ont été proposées dans le but d'utiliser la photographie aérienne en pédologie. La méthode des itinéraires consiste à établir une carte détaillée le long des itinéraires qu'on peut faire au cours d'une prospection. On a une bonne idée de la nature et la répartition des sols sur des bandes plus ou moins éloignées et qui se recoupent. La méthode des zones témoins est également préconisée. Le choix de ces zones témoins est effectué après étude des photographies et du terrain. Ces zones, entre 1/10 et 1/20 de la superficie totale, doivent donner une représentation correcte de l'ensemble de la carte. Elles sont étudiées en détail. Dans les deux cas on interpole pour les zones non parcourues en s'appuyant sur la comparaison des photographies aériennes des zones étudiées et non étudiées. Il faut procéder à des contrôles entre les bandes et les zones témoins. Le gain de temps et de précision dans les limites est considérable.

Mais il va de soi que l'examen des photographies seules ne saurait être suffisant et qu'un contrôle rigoureux au sol devra toujours être effectué.

7.3.4. Etablissements des itinéraires, de la densité des trous.

Le nombre de trous à creuser dans une région dépend essentiellement de la nature de la carte que l'on a à adresser, et surtout de son échelle et aussi de la possibilité plus ou moins grande que l'on a d'interpoler.

Cartes à petite échelle 1/500 000 à 1/200 000. On suit les principaux pistes et chemins, et effectue une observation tous les 2 à 10 km, suivant les changements que l'on observe dans le paysage, tout en se rappelant qu'on ne peut guère songer représenter des surfaces trop exiguës. A l'échelle du 1/1 000 000, 1 km sera représenté par une longueur de 1 mm ; par conséquent, toute longueur inférieure est impossible à représenter.

Cartes à moyenne échelle 1/50 000 à 1/200 000. Ce sont ces cartes qu'on est amené à lever le plus souvent. Dans ce cas, au 1/50 000, 1 mm sur la carte représente 50 m sur le terrain. Au 1/200 000, 1 mm sur la carte représente 200 m sur le terrain. Les trous, dans ce cas, devront être beaucoup plus rapprochés.

Cartes à grande échelle 1/5 000 à 1/25 000. Dans la carte au 1/5 000, 1 mm sur la carte représente 5 m sur le terrain ; 1/25 000, 1 mm sur la carte représente 25 m sur le terrain. Les cartes à grande échelle sont généralement dressées dans les plaines. Pour les très grandes échelles, il est souvent difficile de choisir les emplacements des trous. Dans ce cas, il faut procéder à un quadrillage géométrique permettant de couvrir toute la surface sans rien laisser dans l'ombre.

MAIGNIEN (1967) a indiqué, dans le tableau suivant, les relations entre l'échelle et la précision qu'on obtient suivant le nombre d'observations par centimètre carré de carte.

Tableau 30
RELATION ENTRE L'ECHELLE, LA SUPERFICIE REPRESENTEE PAR 1 cm² DE CARTE
ET LE NOMBRE DE TROUS PAR cm² DE CARTE

| Echelle de la carte | Surface représentée par cm ² de carte | Nombre d'observations nécessaire sur le terrain par km ² suivant le nombre de points par cm ² de carte | | |
|---------------------|--|--|------|------|
| | | 9 | 4 | 2 |
| 1/10.000 | 1 ha | 900 | 400 | 200 |
| 1/20.000 | 4 ha | 225 | 100 | 50 |
| 1/50.000 | 25 ha | 36 | 16 | 8 |
| 1/200.000 | 4 km ² | 2 | 0,8 | 0,5 |
| 1/500.000 | 25 km ² | 0,35 | 0,15 | 0,1 |
| 1/1.000.000 | 100 km ² | 0,1 | 0,05 | 0,03 |

7.4. - Utilités de la carte pédologique.

La carte pédologique répond à deux types fondamentaux d'ambitions :

Analyse : présenter une description aussi détaillée que possible des différents éléments constituant les sols et le paysage.

Prévision : prévoir ce qui pourra être fait de ces sols en fonction des données locales et des contraintes exercées par la nature des sols.

La description et la présentation des sols est donnée par la carte pédologique proprement dite. Cette donnée, bien faite, doit être fixe.

La carte d'utilisation rend compte des prévisions. Ces prévisions sont variables car elles dépendent de la nature des sols, des populations, de l'infrastructure économique et de l'état des marchés.

7.4.1. Buts analytiques.

- Déterminer les caractéristiques importantes des sols ;
- les classer et en dresser l'inventaire ;
- établir et porter la limite sur les cartes des types reconnus ;
- prévoir les types d'utilisation possibles sous différents modes de cultures.

7.4.2. Buts généraux des cartes d'utilisation.

1 - Choix des emplacements des fermes expérimentales et stations de recherche :

Pour qu'une recherche agronomique puisse donner des résultats valables, il faut savoir à quels sols s'appliquent les résultats obtenus, quelle est l'étendue à laquelle les résultats obtenus peuvent s'appliquer.

2 - Installations d'exploitations agricoles rationnelles en indiquant : les grands types d'utilisation, les rotations, les méthodes de labour, les engrais et amendements, les systèmes antiérosifs, etc.

3 - Etude du drainage et de l'irrigation. Il est nécessaire de bien connaître les qualités des sols à drainer avant d'effectuer le drainage, certaines régions irriguées ont été affectées par des remontées de sels. Une bonne connaissance du sol (épaisseur des horizons, nature des horizons profonds, texture, etc.) permet d'éviter certaines erreurs.

4 - Etude des sols en vue de leur achat par des organismes d'Etat pour l'aménagement des centres urbains.

5 - La cartographie des sols a de plus en plus d'usage pour les eaux et forêts et pour l'installation des routes, des tuyaux, pipe-lines, câbles télégraphiques, etc.

6 - Connaissances scientifiques enfin : chaque carte pédologique est une contribution à la connaissance générale des sols et aide à une meilleure interprétation des phénomènes qui sont à l'origine de la formation des sols.

Guide dans le peuplement des nouvelles terres.

Pendant des siècles, le peuplement de nouvelles terres est une succession de succès et d'erreurs d'où un gaspillage d'énergie et de temps. Dans la zone tropicale, existent de grandes étendues de sols peu connus et jamais utilisés par l'homme équipé des outils et des services de l'époque actuelle.

Il est nécessaire d'établir des corrélations avec des pays déjà connus et utiliser les résultats obtenus ailleurs, même si les sols ne sont pas tout à fait identiques.

Dans un pays neuf, le meilleur procédé est le suivant :

- faire une carte de reconnaissance ou schématique, de manière à identifier les meilleurs endroits pour les établissements,
- faire ensuite la cartographie détaillée dans différents endroits d'après des ordres d'urgence.

7.5 - Coût d'une carte pédologique.

7.5.1. Conditions générales.

Il est difficile de donner un devis type de carte pédologique car plusieurs facteurs importants interviennent qui influent très fortement sur le prix de revient : en particulier, la situation du pays dans lequel on va travailler et la nature du terrain lui-même.

- a) La situation du pays intervient dans le coût des services (salaires de la main-d'œuvre et des techniciens que l'on peut recruter sur place), dans le coût des produits nécessaires à l'exécution des travaux (produits chimiques, lubrifiants, essence, etc.).
- b) L'éloignement du pays par rapport au pays d'origine des chercheurs et techniciens influera également sur les salaires et accessoires à leur verser, sur le prix des transports, etc.
- c) La nature du terrain interviendra également très fortement. Une forte densité des routes et des pistes sera un facteur favorable à une circulation aisée. Un relief tourmenté, un marais, une zone peuplée seront, par contre, des causes de ralentissement dans la prospection.

Il faudra donc tenir compte de ces facteurs de variation et naturellement le devis s'en ressentira. Toutefois, un certain nombre de données est identique pour toutes les cartes qui comportent toutes les étapes suivantes :

- Avant la prospection : travail en salle pour étudier les documents existants, rapports et cartes antérieurs ; documents sur la géologie, la végétation, les populations ; étude des photographies aériennes, avec délimitation de zones homogènes et repérage des itinéraires éventuels.
- La prospection elle-même : mise en place des trous pédologiques suivant les itinéraires choisis ou bien quadrillage du terrain (suivant l'échelle) ; prélèvement des échantillons ; relevé des profils ; établissement d'une carte provisoire.

— Après la prospection :

- analyse des échantillons : deux types peuvent être envisagés, déterminations effectuées systématiquement sur tous les échantillons et analyses spéciales commandées par les observations faites sur le terrain (sels, minéraux argileux, etc.) ;
- mise au net et impression de la carte : la minute est effectuée par le pédologue lui-même et transmise à un atelier de cartographie pour mise au point d'une maquette définitive et sélection de couleurs ; l'impression de cartes en couleurs doit être faite par une entreprise spécialisée dans ce genre de travail ;
- rédaction d'une notice explicative donnant tous les renseignements utiles sur la région prospectée, sur les sols, leurs propriétés, répartition et superficie : dans cette notice, figurent également les renseignements concernant les aptitudes présentées par ces sols pour leur mise en valeur.

7.5.2. Etablissement du devis.

L'organisme qui est appelé à effectuer les travaux pédologiques établit un devis, pour chaque prospection, qui tient compte des données précédentes et également de l'échelle de la carte et de sa superficie.

Ce devis comprend les deux parties essentielles suivantes, salaires et frais matériels.

A. Salaires.

Personnel expatrié. Il s'agit du pédologue chargé de l'opération ; il peut ou non être assisté d'un technicien (prospecteur). Le salaire tient compte du grade, du prix des voyages, etc. Un contrôle scientifique doit toujours être assuré. Il y a donc lieu de prévoir la venue d'un pédologue ancien pendant un temps qui dépendra de l'importance du travail.

Personnel local. Le personnel local est recruté sur place (technique ou main-d'œuvre) pour la durée de l'opération. Les sommes payées sont calculées d'après les barèmes et les réglementations en vigueur dans le pays où l'on travaille. Il faut tenir compte des frais de déplacement lorsque le personnel quitte la base.

B. Frais matériels.

Véhicules. Amortissement, entretien, réparations ; outillages divers, matériels de prospection, de campement, cartes, papiers, etc.

Analyses des échantillons. Transport au laboratoire ; analyses proprement dites dont le détail peut varier pour chaque opération.

Edition. Préparation et impression de la carte ; rédaction et impression de la notice.

A tous ces frais, il est bon de tenir compte de frais généraux de gestion pour les organismes qui effectuent les travaux.

On peut compter que les frais afférant à l'établissement d'une carte pédologique s'élèveront aux chiffres approximatifs suivants :

Prix à l'ha (suivant le pays)

| | |
|-----------------|-------------|
| 1/200 000 | 0,2 à 0,6 F |
| 1/ 50 000 | 6 à 15 F |
| 1/ 20 000 | 20 à 30 F |

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME. — Soil classification. A comprehensive system. 7th approximation. Soil Survey Staff Soil Conserv. Serv. U.S.D.A. 265 p.
- AUBERT (G.). — 1947. Les sols à croûte calcaire. C.R. Conf. Pedol. Médit. Alger-Montpellier. pp. 330-332.
- AUBERT (G.). — 1954. Les sols latéritiques. C.R. 5^e Cong. Internat. Sc. Sol. Léopoldville.
- AUBERT (G.). — 1963. Soils with ferruginous or ferrallitic crusts of tropical regions. Soil Sci., 95, 4, pp. 235-242.
- AUBERT (G.), DUCHAUFOR (Ph.). — 1956. Projet de classification des sols. VI^e Cong. Intern. Sc. Sol. Paris, V, 97, E, 597-604.
- AUBERT (G.), FOURNIER (F.). — 1955. Les cartes d'utilisation des sols. Sols africains. III, 1, pp. 96-109.
- AUBERT (G.), SEGALEN (P.). — 1966. Projet de classification des sols ferrallitiques. Cah. Rrstrom. ser. Pedol., IV, 4, p. 97-112.
- BOCQUIER (G.). — 1964. Présence et caractères de solonetz solodisés dans le bassin tchadien. 8^e Cong. Internat. Sc. Sol. Bucarest, VI, pp. 381-384.
- BONTE (A.). — 1945. Introduction à la lecture des cartes géologiques. Masson, Paris, 223 p.
- BOTELHO DA COSTA (J.V.). — 1959. Ferrallitic, tropical fersiallitic and tropical semi-arid soils. 3^e Conf. Interafr. des Sols. Doc. 91.
- BOTELHO DA COSTA (J.V.), AZEVEDO (A.L.). — 1960. Generalized soil map of Angola. Trans. 7th Internat. Congr. Soil Sci., Madison, IV, p. 56-62.
- BOTTENER (P.), LOSSAINT (P.). — 1967. Etat de nos connaissances sur les sols rouges du Bassin méditerranéen. Sci. Sol, 1, pp. 49-80.
- BOULAIN (J.). — 1957. Etude des sols des plaines du Chélif. S.E.S. Alger, 582 p. (thèse Sc.).
- BUCHANAN (F.). — 1807. A journey from Malabar through the countries of Mysore, Canara and Malabar. Vol. 2, pp. 436-460. London, East Indian Company.
- CUMMINS (A.B.), KELLEY (W.P.) — 1923. The formation of sodium carbonate in soils. Calif. Agric. Exp. Sta. Techn. Pap. n° 7.
- D'HOORE (J.). — 1954. L'accumulation des sesquioxides libres dans les sols tropicaux. Pub. INEAC 62. 132 p.
- DUCHAUFOR (Ph.). — 1967. La podzolisation en climat atlantique. Ann. Edafol. Agrobiol. (Madrid), XXVI, 1-4, pp. 241-258.
- DUCHAUFOR (Ph.). — 1965. Précis de pédologie. 2^e Ed. Masson, Paris, 481 p.
- DUCHAUFOR (Ph.). — 1961. Données nouvelles sur la classification des sols. Ann. Ec. Nat. Eaux et Forêts et Stat. Rech. Exp. XVIII, 4, 9-67.
- DUCHAUFOR (Ph.), DOMMARGUES (Y.). — 1963. Etude des composés humiques de quelques sols tropicaux et subtropicaux. Sols africains, 8, 1.
- DUDAL (R.), BRAMAO (L.). — 1967. Sols argileux focnés des régions tropicales et subtropicales. F.A.O. Rome Coll. Progrès et mise en valeur. Agriculture, n° 83, 172 p.
- DURAND (J.H.). — 1963. Les croûtes calcaires et gypseuses en Algérie. Formation et âge. Bull. Soc. Geol. France V, pp. 959-968.
- GAUCHER (G.). — 1948. Sur quelques conditions de formation des croûtes calcaires. C.R. Ac. Sci., 227, pp. 215-217.
- GEDROIZ (R.R.). — 1912. Colloidal chemistry as related to soil science. I. Colloidal substances in the soil solution. Formation of sodium carbonate in the soil. Alkali soils and saline soils. Zhur. Opit. Agron., 13 ; pp. 363-412.
- GERASIMOV (I.P.), GLAZOVSKAYA (M.A.). — 1965. Fundamentals of soil science and soil geography. Israël program for scientific translation. Jerusalem. 382 p.
- GILE (L.H.), PETERSON (F.F.), GROSMAN (R.B.). — 1966. Morphological and genetic sequences of carbonate accumulation in desert soils. Soil. Sc. 101, 5, pp. 347-360.
- HERBILLON (A.), GASTUCHE (M.C.). — 1962. Etudes des gels d'alumine ; cristallisation en milieu désionisé. Bull. Soc. Chim. France 7, pp. 1404-1412.
- IARKOV (S.P.). — 1956. Dynamique saisonnière de certains processus dans les sols. VI^e Cong. Internat. Sc. du Sol, Paris. V, 66, E. pp. 401-405.
- IVANOVA (E.N.), REZOV (N.N.). — 1960. Classification of soils and the soil map of the U.S.S.R. — Transac. 7th Intern. Cong. Soil Sc. Madison Wisc. IV, pp. 77-87.
- KELLEY (W.P.) — 1951. Alkali soils, their formation, properties, and reclamation. Rheinhold publ. New York, 176 p.
- KELLOGG (C.E.), DAVOL (F.D.). — 1949. An exploratory study of soil groups in the Belgian Congo. Pub. INEAC Ser. Sci., 46, 73 p.
- KOVDA (V.A.). — 1965. Alkaline soda — saline soils. Agrokenia es Talajtan. Proc. Symposium on sodic soils. Budapest, t. 14, pp. 15-48.
- KOVDA (V.A.). — 1965. Common features and differences in the history of the soils of the continents. Soviet Soil Sci., 1, pp. 1-11.
- KUBIENA (W.L.). — 1953. The soils of Europe. Madrid.

- LACROIX (A.). — 1923. Minéralogie de Madagascar. 3 vol. Soc. Ed. Geogr. Marit. Colon. Paris. Vol. 3, pp. 91 à 136.
- LAMOUREUX (M.). — 1965. Observations sur l'altération des roches calcaires sous climat méditerranéen humide. Cah. Orstom. Ser. Pedol. III, 1, pp. 21-42.
- MAIGNIEN (R.). — 1958. Le cuirassement des sols en Guinée. Mem. Serv. Carte Geol. Als-Lor. 16, 239 p.
- MAIGNIEN (R.). — 1966. Compte rendu de recherche sur les latérites. UNESCO, 155 p.
- MAIGNIEN (R.). — 1967. Manuel de prospection pédologique. 2 vol., 199 p. Mimog. Centre Orstom Yaoundé.
- MARBUT (C.F.). — 1928. A schema for soil classification. First Intern. Cong. Soil Sci. Washington, IV, pp. 1-31.
- MARTIN (D.), SIEFFERMANN (G.), VALLERIE (M.). — 1966. Les sols rouges du Nord-Cameroun. Cah. Orstom, Ser. Pedol., IV, 3, pp. 3-28.
- MILLOT (G.). — 1964. La géologie des argiles. Masson, Paris, 499 p.
- MONDESIR (P. de) — 1888. Sur le rôle du pouvoir des terres dans la formation des carbonates de soude naturels. C.R. Ac. Sc. 160, pp. 459-462.
- MOHR (E.C.J.), VAN BAREN (F.A.). — 1954. Tropical soils. Interscience publishers. London, New York, 498 p.
- PEDRO (G.). — 1966. Essai sur la caractérisation géochimique des différents processus zonaux résultant de l'altération des roches superficielles (cycle alumino-silicique). C.R. Ac. Sc. 262, pp. 1828-1831.
- PRESCOTT (J.A.), PENDLETON (R.L.). — 1952. Lateritic soils. Commonwealth bur. Soil Science Techn. Comm., 47, 45 p.
- REIFENBERG (A.). — 1935. Soil formation in the mediterranean. 3^e Conf. Intern. Sc. du Sol, 6, pp. 306-309.
- RODE (A.A.). — 1962. Soil Science. Israël program for scientific translations Jerusalem. 517 p.
- RUELLAN (A.). — 1966. Sols isohumiques et accumulations du calcaire en basse Moulouya et dans l'ensemble du Maroc. Description, pédogénèse et classification. Document ronéotypé communiqué par l'A. 167 p.
- SEGALEN (P.). — 1964. Le Fer dans les sols. Publ. Orstom. Init. Doc. Tech. n° 4, 150 p.
- SEGALEN (P.). — Les Produits alumineux dans les sols de la zone tropicale humide. Cah. Orstom sér. Pedol. III, 2, pp. 149-176, III, 3, pp. 179-206.
- SMIRNOVA (K.M.), GLEBOVA (G.I.). — 1958. Content of mobile compounds in podzolic soils of the Moscow region. Sov. Soil Sc., pp. 857-862.
- SMITH (G.). — 1965. Lectures on soil classification. Pédologie 4, 135 p.
- Soil Survey Staff. U.S.D.A. — 1951. Soil survey manual. U.S. Dept. Agric., Washington DC. 503 p.
- STEPHENS (C.G.). — 1953. Soil surveys for land development. F.A.O. agricultural Studies n° 21.
- SYS (C.), en collaboration avec VAN WAMBECKE (A.), FRANKART (R.), GILSON (P.), JONGEN (P.), BERCE (J.M.), JAMAGNE (M.). — 1960. La cartographie des sols au Congo et au Ruanda-Urundi, ses principes et ses méthodes. Publ. INEAC, Bruxelles, n° 63.
- SYS (C.). — 1960. Principles of soil classification in the Belgian Congo. Transac. 7th Internat. Congr. Soil. Sc., Madison, IV, 112-118.
- THOMANN (Ch.). — 1964. Les différentes fractions humiques de quelques sols tropicaux de l'Ouest africain. Cah. Orstom, ser. Pedol., II, 3, pp. 73-79.
- VEENENBOS (J.S.). — 1956. Méthode et coût d'une étude de la classification des terres et sols par emploi de la photographie aérienne. Sols africains IV, 2, pp. 123-135.
- VILENSKII (D.G.). — 1963. Soil Science. 3^e Ed. Traduct. Israël program. Scientific Translation. Jerusalem. 488 p.
- VINCK (A.). — 1963. Aspects de pédologie appliquée. A la Baconnière. Neufchatel, 174 p.
- WILBERT (J.). — 1962. Croûtes et encroûtements calcaires au Maroc. Al Awania, 3, pp. 115-192.
- WILLS (J.B.). — Ed. 1962. Agriculture and land use in Ghana. Ghana ministry of Food and Agriculture. Oxford University Press. 504 p. Chap. 6. Soils par H. Brammer.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Secrétariat d'État aux Affaires Étrangères

techniques rurales en afrique

10

pédologie et développement

B. D. P. A.

O. R. S. T. O. M.

1970

techniques rurales en afrique

10

pédologie et développement

A la demande du Secrétariat d'Etat
et pour faciliter la tâche des ingénieurs travaillant en Afrique

Ce document a été établi par un groupe de travail
auquel ont collaboré,

l'Office de la Recherche Scientifique et Technique
Outre-mer,

le Bureau pour le Développement de la Promotion
de l'Agriculture.

