

LA CARTOGRAPHIE ASSISTEE PAR ORDINATEUR

*Son utilisation pour l'impression des cartes de sols et l'élaboration
de cartes thématiques dérivées (FRANCE)*

par

A. MORI

*Maître de Recherches Principal
ORSTOM*

I. OBJECTIFS.

Le travail présenté, réalisé en collaboration avec l'I.G.N., a pour but de montrer comment l'informatique peut faciliter :

- d'une part la réalisation graphique et l'impression de cartes de sols,
- d'autre part la déduction automatisée de documents thématiques.

Il est utile, au préalable, de faire une distinction entre :

- cartographie automatique,
- et cartographie assistée par ordinateur, seule considérée dans cet exposé et susceptible d'intéresser l'ORSTOM, à plus ou moins brève échéance.

II. CARTOGRAPHIE AUTOMATIQUE ET CARTOGRAPHIE ASSISTEE PAR ORDINATEUR.

- la cartographie automatique introduit l'informatique

(et les mathématiques) au niveau de la conception même de la carte ; alors que,

- *la cartographie assistée par ordinateur* n'utilise l'informatique (numérisation des contours et mémorisation des informations contenues dans chacune des unités de la carte) que pour faciliter l'impression, la réalisation graphique des cartes et la déduction automatisée des documents thématiques ; la conception de la carte reste de type traditionnel.

III. CARTOGRAPHIE AUTOMATIQUE.

Il est possible de définir les principes et les méthodes de la cartographie automatique de la manière suivante.

Pour un ensemble de mesures réalisées (par exemple : l'altitude) en un certain nombre de points quelconques de coordonnées (x, y) , on définit, au moyen des méthodes d'interpolation de la cartographie automatique, une fonction $z = \ell(x, y)$, continue, connue en tous les noeuds d'un réseau régulier.

Une fois cette fonction connue par les méthodes diverses d'interpolation, d'autres méthodes de cartographie automatique permettent de tracer des courbes d'isovaleurs, (dans l'exemple choisi : altitude, ce seront des courbes de niveau).

Il est aussi possible de construire, une fois les courbes tracées, des blocs-diagrammes ou de calculer automatiquement les pentes.

L'ensemble de ces méthodes ont été conçues en France par J.L. MALLET qui les a publiées dans la publication mensuelle de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy (Revue des Sciences de la Terre). La programmathèque CARTOLAB comprend l'ensemble des programmes informatiques relatifs à ces méthodes.

Ces mêmes méthodes sont appliquées par l'I.G.N. qui publie, à présent, des cartes 1/25.000, en courbes de niveau, réalisées automatiquement, ainsi que des cartes de pentes, réalisées pour certaines régions de France ou à la demande.

Les méthodes de cartographie automatiques sont susceptibles d'être aussi utilisées en pédologie ou en cartographie des sols pour la représentation graphique de la variation continue de la teneur du sol en un élément donné. Ce peut être, par exemple, la teneur en sels solubles. C'est sur quoi Dominique KING (INRA) est en train de travailler dans un secteur du marais Poitevin.

IV. CARTOGRAPHIE ASSISTEE PAR ORDINATEUR. SON UTILISATION POUR L'IMPRESSION DES CARTES DE SOLS ET POUR LA DEDUCTION DE CARTES THEMATIQUES DERIVEES. EXEMPLES.

4.1. Première expérience d'informatisation d'une carte de sols ("numérisation par vecteurs").

- En 1976, compte tenu de l'objectif que nous nous étions fixés, il était décidé d'entreprendre, en collaboration avec l'I.G.N., un essai de numérisation d'un extrait de la carte des sols de l'Oise.

Le but de l'expérience était alors, compte tenu des matériels existants d'une part : numérisation par vecteurs (la numérisation des contours est réalisée point par point) et table à tracer classique, et de la complexité de la carte des sols d'autre part, de voir si la numérisation des contours et la mémorisation des données (caractéristiques des sols + combinaison des couleurs) contenues dans chacune des unités, étaient possibles, tant au plan des délais que des coûts.

- Les résultats de l'expérience sont présentés sur une diapositive sur laquelle figurent d'une part l'extrait de la carte des sols de base et les différentes sorties thématiques réalisées en sélectionnant une partie de l'information reliée à un thème donné (caractéristiques de l'unité, combinaison de couleurs fondamentales) :

- l'ensemble des contours (en noir)
- sélection des unités à hydromorphie (en bleu)
- sélection des unités comportant une certaine pierrosité (en rouge)
- etc...

- Il ressort de ces résultats que si notre objectif était atteint, la méthodologie était néanmoins difficilement généralisable à cause des délais et des coûts qui avaient largement dépassé ce qui avait été initialement prévu, à cause tant de la nature du matériel qui rendait la numérisation longue et problématique, que de la complexité de la carte (le problème de l'enregistrement des noeuds était nouveau, puisqu'il n'apparait pas lors de la numérisation des cartes en courbes de niveau).

Toutefois, des progrès substantiels allaient être réalisés avec l'acquisition, par l'I.G.N., d'un nouveau système de numérisation par micro-maillages.

4.2. Exemples d'informatisation d'une carte de sols par numérisation par micro-maillages.

Au moyen du nouveau système (SEMIO), la numérisation des contours, beaucoup plus performante que les procédés de numérisation par vecteurs est réalisée par balayage optique sur des micro-maillages de l'ensemble des contours de la carte ; et la sortie des données mémorisées (numéro d'unité, caractéristiques de l'unité, combinaison de couleurs et de figurés spécifique de l'unité) est assurée par le déplacement d'un faisceau laser qui impressionne un film sensible. La sélection des couleurs en quadrichromie pour une impression offset est ainsi relativement facilement réalisée.

On gagne beaucoup en rapidité et en précision ; il suffit notamment que le pédologue fournisse un dessin des contours renseigné par des numéros d'unités.

Les deux exemples suivants qui vous sont présentés illustrent ce nouveau type de numérisation,

4.2.1. Cartographie thématique à petite échelle.

- . Cartes des réserves en eau utile des sols de France.
- . Cartes des sols de France affectés par l'hydromorphie à l'échelle de 1/2.000.000.

Sur la base de la carte des sols de France, à l'échelle 1/1.000.000 élaborée dans le cadre de la réalisation de la carte des sols des pays de la C.E.E. avec une légende conçue dans le système de la légende FAO/UNESCO, ont été déduites deux cartes thématiques à

l'échelle de 1/2.000.000 sur les thèmes :

- réserve en eau utile des sols (en 3 classes)
- intensité de l'hydromorphie (en 4 classes).

La numérisation des contours par micro-maillages et la sélection des couleurs en trichromie préalable à l'impression offset ont été réalisées automatiquement selon les principes exposés précédemment.

Le travail préalable de dessin du pédologue est réduit : trait perdu, numérisation des unités sont seuls nécessaires, c'est le premier avantage. Les autres avantages résident dans les délais, plus courts et les coûts, moins élevés, par rapport aux procédés traditionnels.

4.2.2. *Cartographie des sols à moyenne échelle et cartographie thématique dérivée.*

Au moment où le nouveau procédé de numérisation par micro-maillages et l'ensemble du système étaient mis en place à l'I.G.N., l'INRA (Station Agronomique de Chateauroux) et la Chambre d'Agriculture de la région "Centre" ressentaient l'intérêt de publier, avec des coûts et des délais intéressants, l'ensemble des cartes de sols à l'échelle de 1/50.000, levés dans les départements de la région accompagnés de cartes thématiques susceptibles d'intéresser la profession et les utilisateurs potentiels.

La carte de Léré (France) qui vous est présentée, est la première d'une série à paraître.

- La carte des sols a été réalisée, par cartographie assistée par ordinateur, selon le procédé dont les principes ont été exposés. Sont réalisés en automatique :

- le fond topographique (noir rompu)
- les couleurs (quadrichromie) traduisant la place du sol dans la classification
- les figurés relatifs aux principales caractéristiques des sols : texture, hydromorphie, charge en cailloux.

Les contours des unités de sols, les lettres traduisant la présence d'un substrat à une profondeur donnée et la légende sont

réalisés de façon traditionnelle (l'habillage de la carte : légende + figurés restant identiques pour l'ensemble des cartes à venir, c'est peut-être là un manque de souplesse, une certaine rigidité qui constitue un inconvénient).

- Une fois la carte des sols, numérisée, et l'ensemble des caractéristiques des unités, mémorisées, il était relativement simple de déduire des cartes thématiques. Quatre cartes ont été ainsi élaborées :

. certaines, simples (monofactorielles) sélectionnent préférentiellement un caractère des sols :

- carte des textures superficielles
- carte des excès d'eau. Celle-ci peut servir notamment de zonage préalable à des études plus détaillées relatives à des opérations de drainage.

. D'autres, plus complexes (plurifactorielles) sélectionnent une combinaison de propriétés des sols :

- carte des réserves en eau utile : prenant en compte texture, profondeur, charge en cailloux, nature du substrat.
- cartes des potentialités agricoles. La méthodologie pour l'élaboration de cette carte-ci est déduite de celle de la carte des aptitudes culturales des sols de l'Oise : un certain nombre de facteurs en relation avec la croissance des plantes (réserve utile, texture, profondeur, hydromorphie, état calcique et humique ... etc ...) sont sélectionnés, hiérarchisés et affectés d'une certaine cotation numérique. La valeur de potentialité d'un sol est obtenue en sommant les cotations des différents facteurs (il s'agit de méthodes d'estimation dites "paramétriques"). Un découpage en classes est ensuite opéré.

Cette méthodologie sera susceptible d'évoluer dans l'avenir. Il est en effet utile d'explicitier la valeur potentielle du sol (ou l'aptitude) par les contraintes que les sols présentent, et/ou par les propriétés les plus essentielles. Par ailleurs, la

tendance actuelle est de substituer aux "méthodes paramétriques" d'évaluation des sols, des méthodes "non paramétriques ou catégoriques" qui évitent les phénomènes de compensation apparaissant dans les premières, et qui ont l'avantage de privilégier l'effet des facteurs limitants essentiels.

De plus, il est probable qu'on s'acheminera vers des cartes envisageant l'aptitude, non plus globale à la culture, mais d'aptitude à une culture, intégrant les facteurs du sol et les facteurs climatiques.

Enfin, il est à prévoir des combinaisons cartes des sols avec les cartes de pentes et les données télédétection.

V. CONCLUSIONS.

a) Tous les aspects du problème de la numérisation n'ont pas été abordés; ils pourront l'être lors de la discussion ultérieure.

b) Avec la cartographie assistée par ordinateur, je pense que la carte des sols (contenant, sous forme explicite ou implicite, analytique ou synthétique, une somme de données) sera, de plus en plus, considérée comme une base de données, de laquelle on déduira des cartes thématiques répondant à des questions précises d'utilisateurs (drainage, autre amélioration foncière, adéquation systèmes de cultures aux sols).

c) Compte tenu de cette perspective, se posent, avec encore plus d'acuité, le problème de la fiabilité des documents thématiques, relié à celui de la pertinence des données saisies au départ et contenues dans l'unité-sol.

d) Il importe que l'ORSTOM ait conscience que, tôt ou tard, ces nouvelles méthodes devront être appliquées et qu'il lui est nécessaire d'envisager d'ores et déjà de prendre des initiatives en ce sens.

COMPT E R E N D U
DES J O U R N É E S P É D O L O G I Q U E S
DE S E P T E M B R E 1 9 8 1

O.R.S.T.O.M. – P A R I S – 1 9 8 2