

ANALYSE DE LA VARIABILITE D'UN PARAMETRE PEDOLOGIQUE

par J.M. IRIS *

TABLE DES MATIERES

| | | | |
|---|-----|-----------------------------------|-----|
| RESUME | 322 | ABSTRACT | 322 |
| A - INTRODUCTION | 323 | | |
| B - L'ANALYSE GEOSTATISTIQUE | 323 | | |
| 1 - Définition de la variable et du champ d'étude | 323 | 1 - La cartographie manuelle | 328 |
| 2 - L'analyse de la variabilité spatiale | 325 | 2 - L'apport de la géostatistique | 330 |
| 3 - La cartographie par krigeage. | 327 | D - CONCLUSION | 331 |
| C - COMPARAISON DES METHODES GEOSTA - TISTIQUE ET MANUELLE | 328 | Références | 331 |

ILLUSTRATIONS

| | |
|--|-----|
| Figure 1 - Plan d'échantillonnage | 324 |
| Figure 2 - Variogramme NO-SE | 325 |
| Figure 3 - Variogramme NE-SO | 326 |
| Figure 4 - Variogramme moyen | 327 |
| Figure 5 - Carte krigée de l'indice d'appauvrissement | 328 |
| Figure 6 - Carte manuelle de l'indice d'appauvrissement (d'après F. Mahop, 1983) | 329 |

* Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) - BP V51 ABIDJAN - République de Côte d'Ivoire.

JJ.ROYER(ed)-"Computers in Earth Sciences for Natural Resources Characterization" Coll.Int.9-13 Avril 1984 Nancy,France

RESUME

L'application de la "théorie des variables régionalisées" à une variable pédologique cartographiée en Côte d'Ivoire met en évidence des axes privilégiés de variabilité spatiale dans le paysage. Ceux-ci sont fortement liés à la morphologie des versants. Le traitement géostatistique permet de critiquer la géométrie de plan d'échantillonnage classiquement employée en cartographie des sols dans cette région ; ce plan favorise un axe de différenciation des paramètres pédologiques au détriment des autres.

Enfin l'apport de la géostatistique dans le domaine pédologique est avant tout l'acquisition d'une méthode objective de caractérisation du milieu, indépendante de toute hypothèse pédogénétique, et la possibilité pour les naturalistes d'optimiser le rendement de l'information qu'ils recueillent sur le terrain.

ABSTRACT

ANALYSIS OF A PEDOLOGICAL PARAMETER VARIABILITY

The application of the theory of regionalized variables to a soil parameter measured on a small watershed in Ivory Coast shows pronounced axes of the spatial variability in the landscape.

These axes are strongly related to the landscape morphology. Geostatistical analysis leads to criticize the sampling procedure used for soil mapping in the tropical zone. This procedure grants too much importance to a peculiar differentiation's axis at the expense of other axes.

Finally the geostatistical analysis provides within the pedological field :

- (i) an objective method of soil characterization
- (ii) a greater efficiency of the data collected in the field.

A - INTRODUCTION

La présente note a pour but l'application, dans le domaine pédologique, de la méthode d'analyse spatiale des variables régionalisées. La variable étudiée décrit, dans un sol, l'appauvrissement des horizons humifères en particules granulométriques fines et correspond, dans la classification des sols de la région, à un critère de troisième ordre. On cherche à tester l'efficacité, et les avantages de cette méthode d'analyse en la comparant aux méthodes classiques de caractérisation et de cartographie de la couverture pédologique dans le domaine tropical.

Une des particularités de la recherche à l'ORSTOM étant la grande décentralisation des moyens, on a cherché, dans la mesure du possible, à effectuer les traitements localement sur un micro ordinateur. L'objectif était également de savoir si les moyens dont on dispose localement sont suffisants pour obtenir des résultats valables.

Une première partie est consacrée à l'analyse géostatistique, elle est suivie de la comparaison entre les cartes automatique et manuelle pour conclure sur les apports de la géostatistique à notre discipline.

B - L'ANALYSE GEOSTATISTIQUE

1 - DEFINITION DE LA VARIABLE ET DU CHAMP D'ETUDE

La variable étudiée est donnée par le rapport des argiles et limons fins estimés sur le terrain entre les horizons d'accumulation (horizons B) et les horizons humifères (Horizons A). Outre son importance dans la classification des sols dans une couverture pédologique ferralliti-

que peu différencié, ce rapport traduit dans la plupart des cas l'influence du colluvionnement et du lessivage des matériaux fins dans le paysage.

Les données proviennent de l'étude systématique de 306 coupes de sols ouvertes pour la cartographie des sols du bassin de DIANRA au Centre de la Côte d'Ivoire à l'échelle du 1/10.000^e (F. MAHOP, 1983). De ce domaine étudié avec une finesse particulière pour une cartographie pédologique, on a tiré un échantillon de 211 sites pour l'analyse géostatistique. Ce choix fut dicté par l'orientation du bassin (figure 1) dont la partie Amont est Nord-Est Sud-Ouest et la partie Avale grossièrement Est-Ouest. La couverture pédologique étant fortement influencée par le modelé il nous a paru préférable de n'envisager l'analyse de la variabilité spatiale de la variable que dans un domaine d'orientation générale homogène situé à l'amont et au centre du bassin.

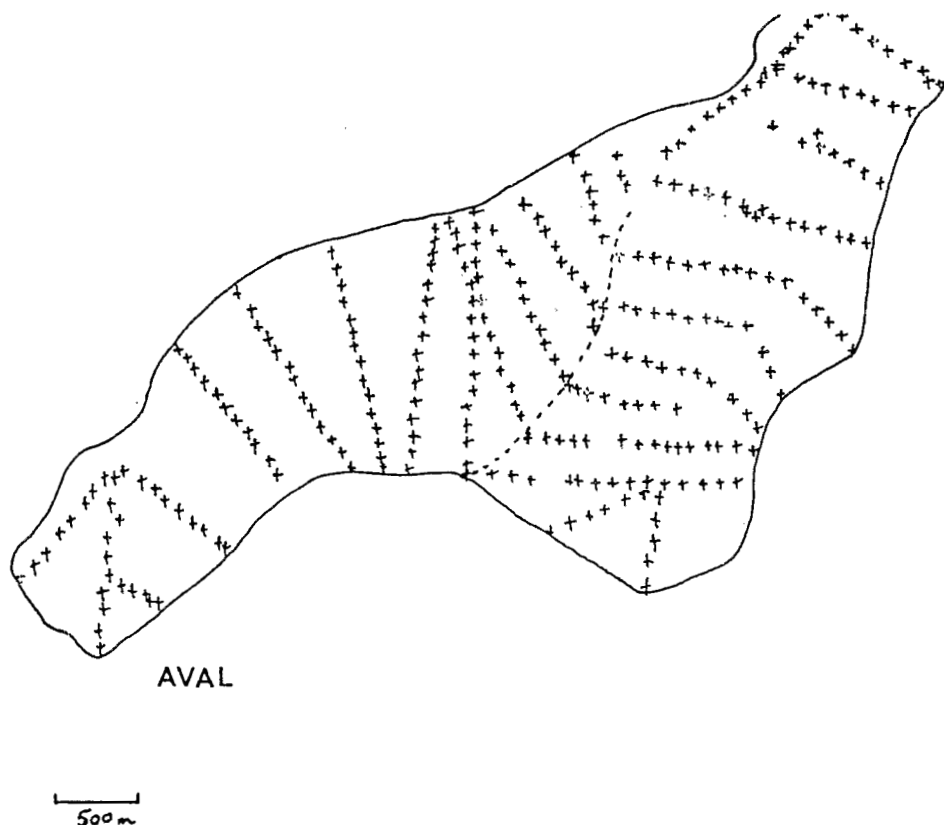


Figure 1 : Plan d'échantillonnage

2 - L'ANALYSE DE LA VARIABILITE SPATIALE

Cinq variogramme ont été construit à partir de l'échantillon ; l'analyse porte sur les variogrammes orientés selon les directions NO-SE et NE-SO traduisant une structure définie tandis que dans les deux directions N-S et E-O les variogrammes sont erratiques et ne montrent pas le même caractère ordonné.

Selon l'orientation NO-SE (figure 2) le variogramme peut être ajusté à deux modèles sphériques enboîtés, la première portée de 300 m

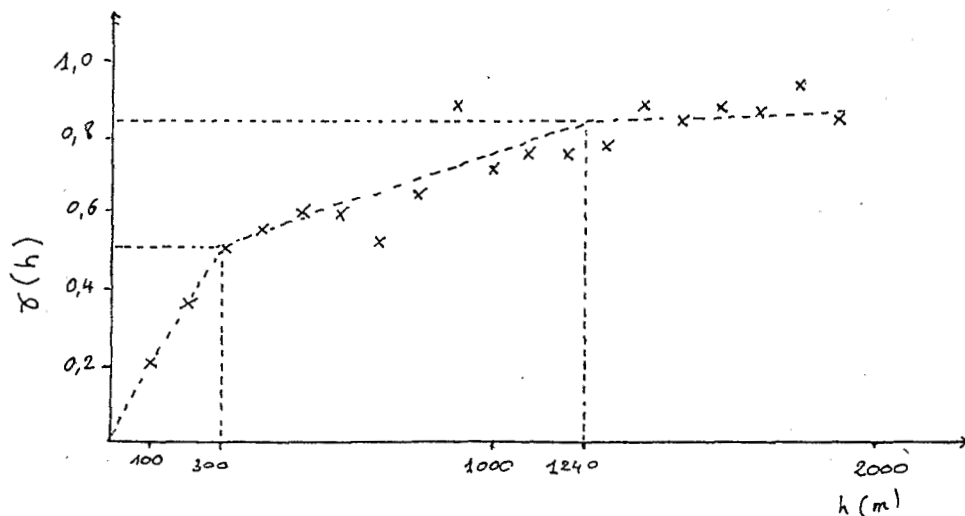


Figure 2 : Variogramme NO-SE

représente approximativement la distance séparant quatre profils sur une ligne toposéquentielle ; la seconde de 1250 m environ représente la longueur moyenne d'un versant. Le palier du second modèle atteint 0,85, celui du premier est estimé à 0,50. L'hétérogénéité à faible distance est faible, de l'ordre de 0,06

Selon l'orientation NE - SO (figure 3) qui correspond à celle de l'axe de drainage du domaine échantillonné la structure du variogramme s'ajuste à un modèle sphérique à faible effet de pépite, de 400 m de portée et atteignant un palier à 0,53.

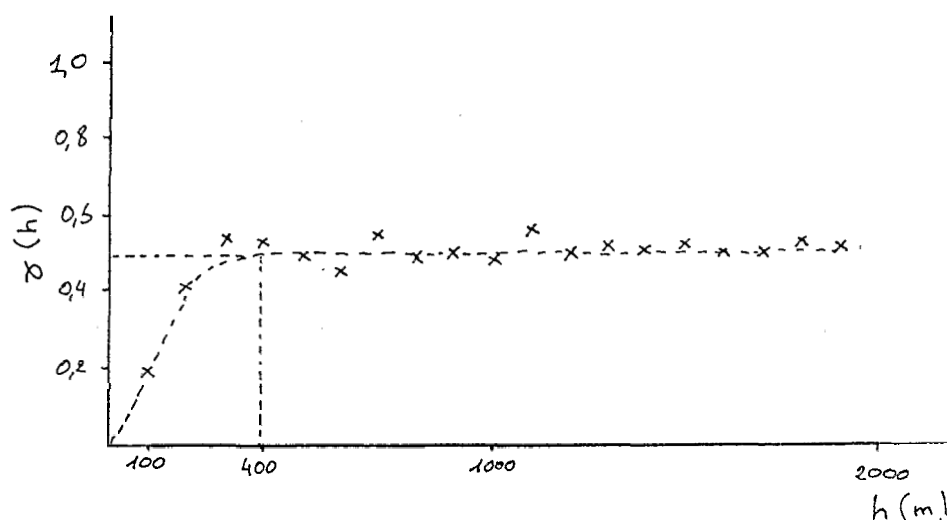


Figure 3 : Variogramme NE-SO

L'organisation spatiale de la variable est fortement liée au modelé, l'axe de variabilité maximum étant le long des pentes, et le deuxième axe qui lui est perpendiculaire traduisant l'organisation d'amont en aval du bassin.

Dans les deux cas les variogrammes présentent une forte pente et se stabilisent à un palier voisin de 0,5. Un effet de versant se traduit, pour la variable, par une variabilité spatiale supérieure à ces paliers.

Le variogramme moyen (figure 4) ne possède pas les caractères des variogrammes orientés ; influencé par les directions EO et NS, il est

quasi aléatoire. Ajusté à un variogramme sphérique de portée 650 m et de palier 0,6, ce variogramme sphérique présente un effet de pepite estimé à 0,3 représentant 50% de l'hétérogénéité maximum.

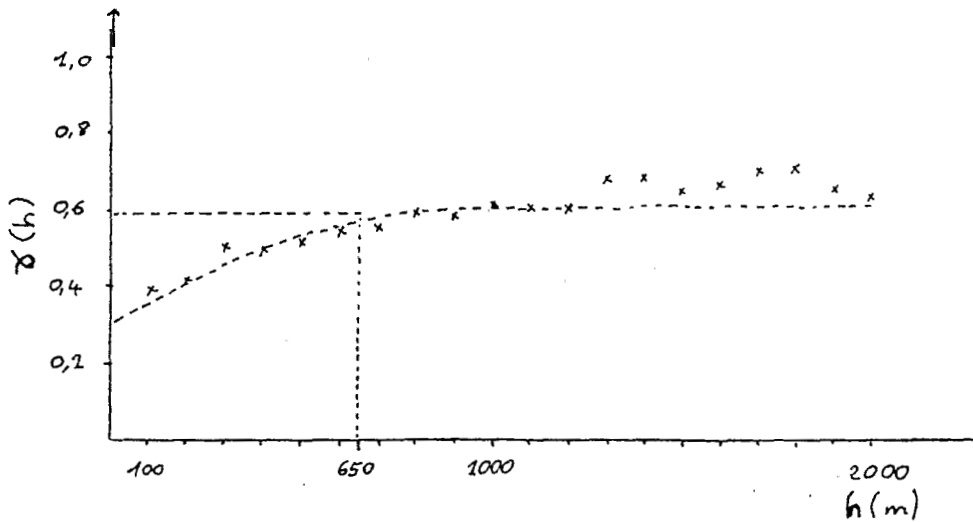


Figure 4: Variogramme moyen

3 - LA CARTOGRAPHIE PAR KRIGEAGE

L'interpolation cartographique a été effectuée à partir du variogramme ajusté sur le variogramme moyen. Une vérification de cette structure a donné les résultats suivants :

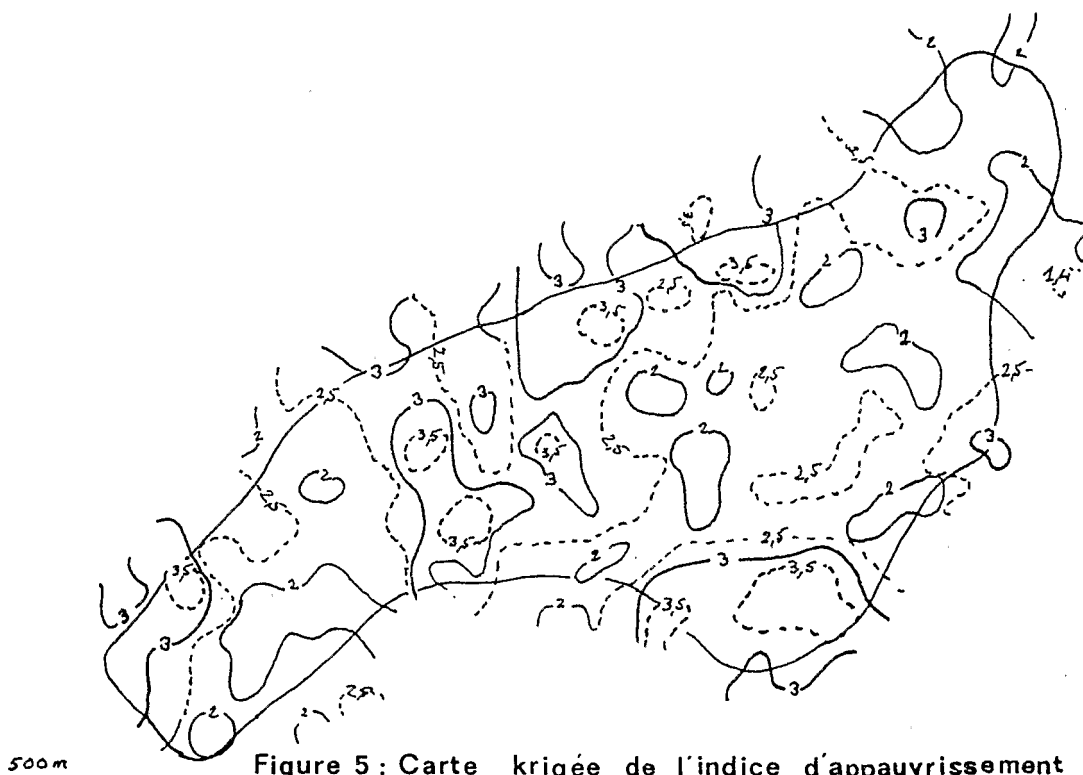
$$\frac{1}{n} \sum (z - z^*) = 0,00178$$

$$\frac{1}{n} \sum \frac{(z - z^*)^2}{\sigma} = 0,955$$

La variance d'estimation est conforme à la variance calculée et il n'apparaît pas le biais systématique.

Les calculs d'estimation par krigeage ont été effectués à partir des valeurs de cinq estimateurs parmi les plus proches voisins du site estimé.

La carte obtenue sur la totalité du domaine d'étude (figure 5) présente un aspect contourné et hétérogène. Dans la zone amont l'appauvrissement est, d'une façon générale plus faible qu'à l'aval et sa valeur croît fortement selon l'axe des vallées. Ces valeurs fortes forment des îlots disposés en chapelets sans véritable continuum. L'effet de versant est caractérisé par la tendance à un appauvrissement marqué au centre de la carte.



C - COMPARAISON DES METHODES GEOSTATISTIQUE ET MANUELLE

1 - LA CARTOGRAPHIE MANUELLE

Dans le domaine tropical et sur les socles anciens la distribution des caractères pédologiques dans le paysage présente souvent, dans le détail, un aspect aléatoire difficilement prévisible. L'existence d'une

relation générale entre la distribution des sols et le modelé a toutefois permis d'élaborer une méthode cartographique morphopédologique dont l'origine provient à la fois des multiples observations de terrain et de thèses pédogénétiques montrant l'influence de la morphologie du paysage sur l'élaboration des différents types de sols (BOCQUIER 1973 ; CHAUVEL 1977).

Ces travaux ont entraîné l'élaboration d'une méthode d'échantillonnage privilégiant l'axe des pentes, principale source de différenciation des sols. Sur le bassin le plan d'échantillonnage est formé de lignes toposéquentielles le long desquelles les observations sont distantes d'environ 100 m , deux lignes étant elles-mêmes séparées d'environ 200 m.

La carte des courbes isovaleurs de la variable (figure 6) s'apparente à la carte krigée, avec cependant des différences dans les zones de faible densité d'observations où le dessin manuel paraît plus lié à la topographie que le dessin automatique. Dans ce cas le manque d'informations sur le terrain est pallié par les hypothèses pédogénétique concernant la différenciation

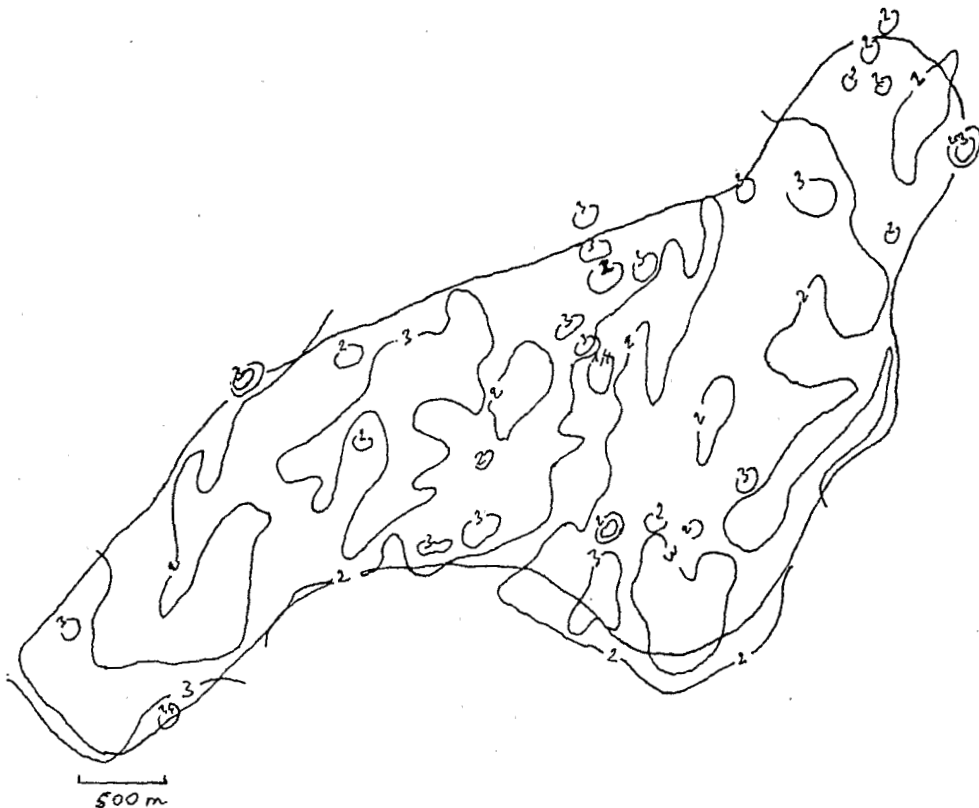


Figure 6 : Carte manuelle de l'indice d'appauvrissement
(d'après F. MAHOP 1983)

des sols, mais il est vraisemblable que l'hétérogénéité de la variable observée dans la partie médiane du bassin se retrouve dans sa partie aval ; dans cette zone l'estimation par krigeage est moyennement limitant ainsi le risque d'erreur et l'écart type d'estimation est élevé.

2 - L'APPORT DE LA GEOSTATISTIQUE

L'analyse structurale de la variable met en évidence le biais qu'imposent les hypothèses pédogénétiques ; si les axes de plus grande pente présentent, avec l'axe de drainage une organisation bien définie, celle-ci paraît, lorsqu'on tient compte de toutes les directions, beaucoup moins nette. Dans ce cas l'hétérogénéité à faible distance représente la moitié de la variance intravariant.

Bien que les pentes soient des axes de différenciation de la variable étudiée, l'hétérogénéité intervariant intervient de façon plus marquée. L'analyse géostatistique de la variabilité spatiale peut être considérée ici comme objective, indépendante des relations morpho-pédologiques. En cela elle permet d'affiner la caractérisation de la variable dans le domaine étudié.

La mesure de l'hétérogénéité à faible distance, compte tenu de la géométrie du plan d'échantillonnage, permet d'avoir une idée de la fiabilité de la carte obtenue. Dans l'exemple traité elle met en évidence l'effet de la densité des observations à l'aval du domaine.

Enfin cette méthode a permis de constater qu'en favorisant un axe de différenciation, le plan d'échantillonnage atténue l'effet d'autres types d'organisation spatiale de la variable. Il serait plus rationnel de définir, dans un champ restreint, l'organisation de la variable avant de réaliser l'échantillonnage sur l'étendue du domaine d'étude. Ici un carroyage de 150m de côté aurait permis, avec 250 observations, une représentation cartographique aussi précise sur l'ensemble du bassin que les 306 observations réalisées.

D - CONCLUSION

Le développement de la micro informatique fourni la possibilité d'accéder localement à des moyens de traitement des données pédologiques de terrain. Corrélativement la demande des utilisateurs porte de plus en plus sur des documents simples et répondant immédiatement à une demande précise. Les cartes thématiques mono ou pluri factorielles sont les documents les plus adaptés à ce genre de problème si leur élaboration est suffisamment souple pour satisfaire une large gamme de demandeurs.

En plus de cet aspect pratique, l'analyse structurale des variables régionalisées est un outil pour le naturaliste. Les hypothèses de stationnarité d'ordre deux sont vérifiées par de nombreuses variables pédologiques descriptives ou compartimentales. Quelques pédologues ont testé cette méthode (BURGESS, WEBSTER et *al.* 1980a, 1980b, Mc BRATNEY et WEBSTER, 1983a, 1980b, WEBSTER, BURGESS 1980, Von KUILENBERG 1982, GASCUEL ODOUX et *al.*, 1982). La pédologie peut ainsi se doter d'un moyen d'optimisation du rendement de l'information qu'il recueille sur le terrain.

REFERENCES

- BOCQUIER, G. (1971 - Génèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique.
Thèse Sci. Strasbourg et Mém. ORSTOM n° 62, 1973, 350 p.
- BURGESS, T.M., WEBSTER, R. (1980a) - Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I the semi-variogram and pontual kriging.
The Journal of Soil Science 31, pp. 315-331.
- BURGESS, T.M., WEBSTER, R. (1980b) - Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties II Block kriging.
The Journal of Soil Science 31, pp. 33 -341.

- CHAUVEL, A. (1977) - Recherche sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées.
Thèse Sci. Strasbourg et Trav. Doc. ORSTOM n° 52, 532 p.
- GASCUEL ODOUX, C., MEORT, P., CURMI, P. (1982) - Approche de la variabilité spatiale de l'état et du transfert hydrique dans le sol.
Les colloques de l'INRA n° 15, pp. 87-102.
- Mc BRATNEY, A.B., WEBSTER, R. (1983a) - Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties V. Co-regionalization and multiple sampling strategy.
The Journal of Soil Science 34, pp. 137-162.
- Mc BRATNEY, A.B., WEBSTER, R. (1983b) - How many observations we needed for regional estimation of soil properties ?
Soil Science 135, n° 3, pp. 177-183.
- MAHOP, F. (1983) - Etude pédologique et représentation cartographique à 1/10.000 d'une zone représentative de savane du Centre-Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. ORSTOM, Adiopodoumé, 86 p.
- VAN KUILENBERG, J. De, GRUIJZER, J.J., MARMAN, B.A., BOUMA, J., (1982) - Accuracy of spatial interpolation between point data on soil moisture supply capacity, compared with estimates from mapping units.
Geoderma 27, pp. 311-325.
- WEBSTER, R., BURGESS, T.M., (1980) - Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties III. Changing drift and universal kriging.
The Journal of Soil Science 31, n° 3, pp. 505-524.

iris

N° 20 NOVEMBER 1984

SCIENCES DE LA TERRE

INFORMATIQUE GÉOLOGIQUE

■ PART 1

COMPUTERS IN EARTH
SCIENCES

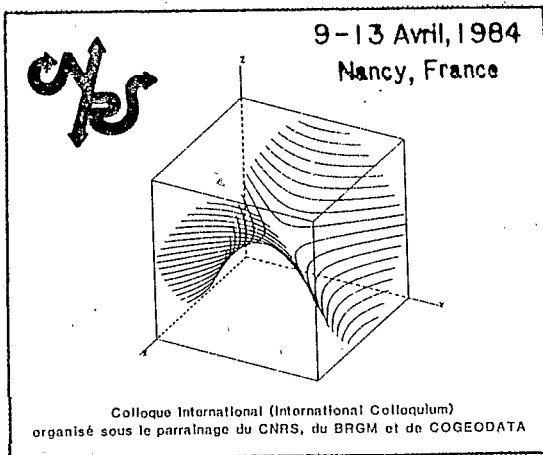
for
Natural Resources
Characterization

INFORMATIQUE DANS
LES SCIENCES DE LA TERRE

pour
la Caractérisation
des Ressources Naturelles B

Edited by

J.J. ROYER



O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 28827, ex 1

ANNALES DE L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE GÉOLOGIE APPLIQUÉE ET DE PROSPECTION-MINIÈRE
DU CENTRE DE RECHERCHES PETROGRAPHIQUES ET GÉOCHIMIQUES (C.N.R.S.)
ET DES LABORATOIRES DES SCIENCES DE LA TERRE DE L'UNIVERSITÉ NANCY (FRANCE)