

# Analyse de la variabilité spatiale de propriétés du sol au sein de trois unités cartographiques

C. WALTER<sup>(1)</sup>

## RESUME

Sur un secteur de 5600 ha ayant fait l'objet d'une cartographie pédologique à l'échelle du 1/25 000, on cherche à décrire la variabilité spatiale de propriétés du sol au sein de trois unités cartographiques. Un échantillonnage et une analyse à différents pas de distance ont permis de quantifier la variabilité au sein des unités cartographiques et de décrire l'échelle de variabilité des propriétés étudiées.

## STUDYING THE SPATIAL VARIABILITY OF SOIL PROPERTIES WITHIN THREE MAPPING UNITS

On a 5600 ha area of a 1/25 000 soil map from Brittany (France), the variability within the three major mapping units is studied. Sampling and data analysis at several lags of distance have allowed to quantify variability within the mapping units and to describe the scale of variability of the studied properties. The scale of spatial variability within the mapping units follows two kinds of behaviour :

(i) The « soil depth » behaviour : almost all variability within a mapping unit is present in a single delineation ;

(ii) The « percent clay in the upper horizon » behaviour : variability is low within a mapping unit delineation, but occurs between two different delineations.

## INTRODUCTION

Plus de 400 000 ha ont fait l'objet d'une cartographie des sols dans le Massif Armoricaïn. La méthode de cartographie employée est basée sur un échantillonnage libre et un tracé des limites sur le terrain, en prenant en compte les relations observées entre les caractéristiques de l'environnement et les propriétés du sol. Cette méthode ne permet pas sans échantillonnage complémentaire, de définir statistiquement la variabilité de propriétés du sol au sein des unités cartographiques (MARSMAN et DE GRUIJTER, 1986).

Les tentatives récentes de confrontation de cette méthode cartographique avec les techniques géostatistiques (BREGT et al., 1987) montrent le gain d'échantillonnage que permet cette cartographie.

Cette étude analyse l'intérêt d'une utilisation complémentaire de la cartographie et des techniques géostatistiques. On cherche à :

- (i) définir la variabilité totale de propriétés du sol au sein de trois unités cartographiques ;
- (ii) décrire l'échelle de variabilité de ces mêmes propriétés au sein des unités cartographiques.

## I. MATERIEL ET METHODES

### A) LES UNITÉS CARTOGRAPHIQUES RETENUES

Sur un secteur de 5600 ha situé en Ile-et-Vilaine, on dispose d'une cartographie pédologique à l'échelle du 1/25 000.

Les trois unités cartographiques présentant la plus grande extension spatiale ont été retenues comme support de l'étude. Ces unités cartographiques sont définies ainsi :

(1) Laboratoire de Science du Sol - INRA-ENSA, 65, rue de Saint-Brieuc, 35042 Rennes cédex.  
Association Française pour l'Etude du Sol - www.afes.fr - 2010

Unité N.B4 : Sol brun sur Schiste Briovérien, de 40 à 60 cm de profondeur, non hydromorphe ;

Unité R3B4 : Sol brun sur Grès Schisteux, de 40 à 60 cm de profondeur, taches d'oxydo-réduction peu abondantes apparaissant à une profondeur de plus de 40 cm ;

Unité O.B4 : Sol brun sur Schiste d'Angers, de 40 à 60 cm de profondeur, non hydromorphe.

## B) LES PROPRIÉTÉS DU SOL ÉTUDIÉES ET LA MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE

Le choix des propriétés du sol dont on cherche à définir la variabilité intra-unité cartographique a été orienté par l'expérience de terrain. Ces propriétés sont : la profondeur du sol, les taux d'argile, de sable et de carbone organique de l'horizon de surface, la capacité d'échange cationique de l'horizon de surface.

Pour chaque unité cartographique, 120 échantillons ont été localisés suivant une méthode d'échantillonnage gigogne (fig. 1) comportant deux étapes :

- (i) Dans un premier temps, les coordonnées géographiques de 30 échantillons sont choisies de façon aléatoire au sein de l'ensemble des plages cartographiques appartenant à une même unité cartographique ;
- (ii) A partir de chaque point précédent, trois autres échantillons sont implantés au sein de la même plage cartographique dans des directions aléatoires par pas successifs de 100, 25 et 5 mètres.

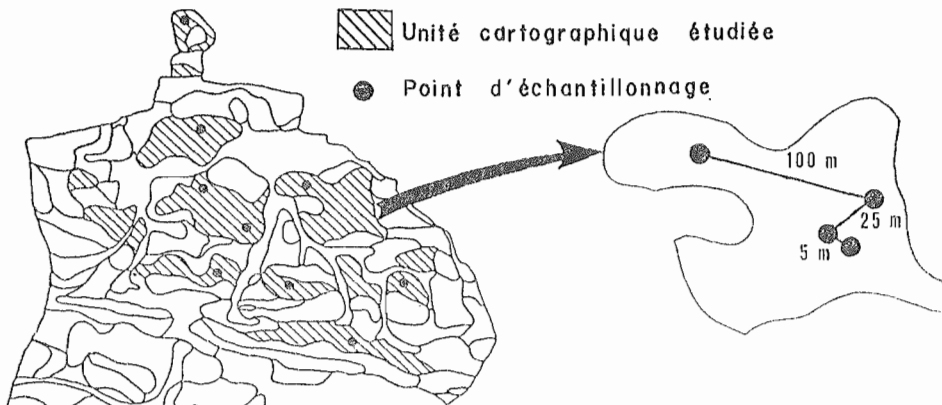


Figure 1 : Schématisation de la méthode d'échantillonnage  
*Illustration of the sampling method.*

Cette méthode d'échantillonnage permet à la fois une analyse de la variabilité totale des propriétés retenues et une mesure de l'échelle de variabilité à quatre pas de distance : 5 mètres, 25 mètres, 100 mètres et plus de 100 mètres. Les points distants de moins de 100 mètres appartiennent à une même plage cartographique, tandis que les points distants de plus de 100 mètres appartiennent pour la plupart à des plages différentes.

## II. RESULTATS

### A) ANALYSE DE LA VARIABILITÉ TOTALE AU SEIN DES UNITÉS CARTOGRAPHIQUES

La réalisation d'un échantillonnage indépendant de la phase de levé de la carte permet le calcul de paramètres statistiques décrivant la variabilité totale au sein des unités cartographiques (tableau 1).

Les trois unités cartographiques ont été définies par les auteurs de la carte comme ayant une profondeur du sol comprise entre 40 et 60 cm. Les mesures de position (médiane, moyenne) de cette variable, calculées à partir de notre échantillonnage, sont bien comprises dans cet intervalle de

variation. Néanmoins, la variabilité de la profondeur du sol apparaît importante au sein de chacune des trois unités cartographiques. A titre d'exemple, pour l'unité cartographique R3B4 sur Grès Schisteux, seuls 26 % des échantillons ont une profondeur du sol comprise entre 40 et 60 cm.

Pour les quatre autres variables étudiées, l'application du test des rangs de Kruskal et Wallis (DAGNELIE, 1984) montre que les trois unités cartographiques ne proviennent pas de la même population statistique. La variabilité intra-unité de ces propriétés est plus ou moins grande suivant l'unité cartographique considérée. Pour le taux d'argile, cette variabilité est modérée au sein de l'unité R3B4 sur Grès Schisteux (écart-type de 2.8 %), mais apparaît très importante pour l'unité O.B4 sur Schiste d'Angers (écart-type de 6.3 %).

Tableau 1 : Paramètres statistiques décrivant la variabilité totale des propriétés étudiées sur les trois unités cartographiques.

*Statistical parameters describing within the mapping units the whole variability of the studied properties.*

Variable	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart-type
Profondeur du sol (en cm)					
Unité N.B4	30	120	45.0	54.7	24.2
Unité R3B4	25	105	52.5	59.7	26.8
Unité O.B4	25	115	45.0	54.1	22.5
Taux d'argile (en %)					
Unité N.B4	15.6	33.4	21.4	22.1	3.9
Unité R3B4	13.4	33.0	19.0	19.4	2.8
Unité O.B4	18.5	48.9	27.8	28.6	6.3
Taux de sable (en %)					
Unité N.B4	12.9	42.2	24.6	25.2	7.1
Unité R3B4	15.3	47.4	27.2	28.1	7.6
Unité O.B4	5.8	39.7	22.5	22.6	6.9
Taux de carbone organique (en ‰)					
Unité N.B4	10.0	26.9	16.0	16.7	3.7
Unité R3B4	8.3	29.2	15.2	15.7	3.5
Unité O.B4	12.9	37.6	22.0	22.4	5.5
Capacité d'échange cationique (en meq/100 g)					
Unité N.B4	6.0	12.7	9.1	8.9	1.6
Unité R3B4	4.6	12.4	7.3	7.3	0.9
Unité O.B4	6.6	15.5	11.0	10.9	1.8

## B) DESCRIPTION DE L'ÉCHELLE DE VARIABILITÉ AU SEIN DES UNITÉS CARTOGRAPHIQUES

La géostatistique, basée sur la théorie des variables régionalisées, fournit les outils nécessaires à la description de la variabilité spatiale d'une propriété du sol (WEBSTER, 1985). L'échantillonnage gigogne adopté permet le calcul des semi-variances pour des pas de distance compris entre 5 et plus de 100 mètres. Le résultat de ces calculs peut être synthétisé sous une forme analogue au variogramme classique : pour cela, on représente la semi-variance en fonction du logarithme de la distance séparant les points d'échantillonnage.

La figure 2 représente les variogrammes du taux d'argile ainsi obtenus pour chacune des trois unités cartographiques. Dans tous les cas, les semi-variances sont faibles pour des pas inférieurs à 100 mètres : la variabilité du taux d'argile est donc faible pour des points distants de 100 mètres. Pour les pas supérieurs

à 100 mètres, on note un accroissement important de cette variabilité. De par la conception de notre échantillonnage, ces points sont généralement situés dans des plages cartographiques différentes. On montre ainsi en particulier que la variabilité forte du taux d'argile notée précédemment pour l'unité cartographique O.B4 provient d'une variabilité importante d'une plage cartographique à l'autre. Au sein d'une plage cartographique donnée de l'unité O.B4, la variation du taux d'argile reste au contraire modérée.

Pour la profondeur du sol (fig. 3), l'allure des variogrammes est fort différente : pour des points distants de 100 mètres, la variabilité de la profondeur du sol est de l'ordre de grandeur de celle mesurée sur la totalité de l'unité cartographique. Pour les trois unités cartographiques, des variations importantes de la profondeur du sol se produisent donc pour des pas de distance très courts.

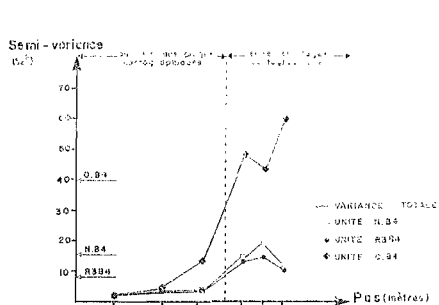


Figure 2 : Variogramme du taux d'argile de l'horizon de surface.  
Variogram of clay content of the upper horizon.

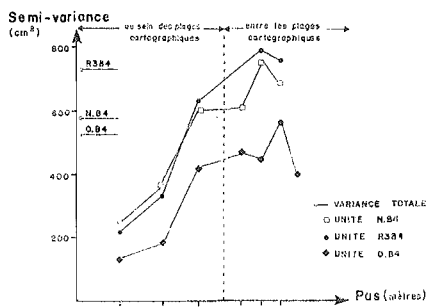


Figure 3 : Variogramme de la profondeur du sol.  
Variogram of soil depth.

## CONCLUSION

L'emploi des techniques géostatistiques pour définir la variabilité au sein de trois unités cartographiques a permis de :

- quantifier la variabilité intra-unité cartographique des propriétés du sol retenues et en particulier de montrer, qu'excepté pour la profondeur du sol, les trois unités cartographiques correspondent à des populations statistiques différentes ;
- décrire l'échelle de variabilité de ces propriétés.

L'utilisateur de la carte pédologique dispose ainsi d'estimations, avec une précision connue, de propriétés du sol au sein des unités cartographiques. De plus, si des estimations plus précises doivent être obtenues, la connaissance de l'échelle de variabilité permet de définir l'effort d'échantillonnage qu'il faudra fournir : une estimation précise du taux d'argile pour une plage cartographique de l'unité O.B4 peut être obtenue avec un nombre restreint d'échantillons, malgré une variabilité totale importante au sein de cette unité cartographique. Pour la profondeur du sol au contraire, l'importance de la variabilité à courte distance induit un effort d'échantillonnage très important pour obtenir des estimations précises de cette propriété.

## BIBLIOGRAPHIE

- BREGT A.K., BOUMA J., JELLINEK M., 1987. — Comparison of thematic maps derived from a soil map and from krigging of point data. *Geoderma*, 39, pp. 281-291.
- DAGNELIE P., 1986. — Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Vol. II. Presses Agronomiques de Gembloux, 463 p.
- MARSMAN B.A., DE GRUIJTER J.J., 1986. — Quality of soil maps. A comparison of soil survey methods in a sandy area. *Soil Survey Papers*, n° 15.
- WEBSTER R., 1985. — Quantitative spatial analysis of soil in the field. *Advances in Soil Science*, vol. 3, pp. 2-70.