

**ANALYSE VARIOGRAPHIQUE DE DONNÉES SATELLITAIRES
POUR DÉTERMINER LA TAILLE DES UNITÉS D'ÉCHANTILLONNAGE
EXEMPLE D'UN INVENTAIRE D'OCCUPATION DU SOL EN MILIEU AGRICOLE ET FORESTIER**

P. FOURNIER

Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt d'Ile de France

H. GEROYANNIS

Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS)
Paris

Vincent GODARD

Centre de Biogéographie-Ecologie URA 1514 du CNRS
Université de Paris VIII
Saint-Denis

Résumé

Lorsque l'on effectue un inventaire d'occupation du sol et que l'on souhaite combiner l'apport de la télédétection et celui des sondages spatiaux, il faut résoudre le problème de la taille de l'unité d'échantillonnage. En milieu agricole, cette unité d'échantillonnage se cale habituellement sur la taille moyenne des exploitations agricoles. Cependant, en milieu forestier ou en milieu faiblement anthropisé, il n'existe pas d'information analogue permettant de calibrer l'unité d'échantillonnage sur une quelconque organisation des paysages.

L'analyse variographique des données satellitaires numériques apporte une réponse à ce problème. En effet, comme ces données sont spatialement auto-corrélées, il est possible de déterminer quelle est la taille des entités paysagères et dès lors, quelle distance minimale doit caractériser une unité d'échantillonnage pour qu'elle englobe un nombre élevé de paysages.

L'étude a porté sur deux secteurs agricoles et deux secteurs forestiers du sud du Bassin parisien. Les résultats indiquent que les distances, lues sur les variogrammes, susceptibles de calibrer les unités d'échantillonnage vont de 140 à 260 m pour les secteurs forestiers et de 400 à 450 m pour les secteurs agricoles. Ces distances sont logiquement différentes d'un paysage à l'autre et, à titre de comparaison, elles indiquent que la taille des unités d'échantillonnage (720 m), utilisée en 1986 par le Service Central des Enquêtes et Etudes Statistiques du Ministère de l'Agriculture lors d'un inventaire agricole, est, dans cette région, sur-dimensionnée par rapport à la diversité des paysages.

Mots Clés

Analyse spatiale - Bassin Parisien - Echantillon - Inventaire - Occupation du sol - Sondage spatial - Télédétection - Variogramme

Depuis le milieu des années 80, un grand nombre d'inventaires régionaux de statistiques agricoles utilisent les sondages spatiaux associés aux données satellitaires. Celles-ci sont utilisées pour améliorer les résultats d'estimation de superficie et/ou pour les cartographier. Dans le cadre des sondages spatiaux, l'unité d'échantillonnage est appelée segment. Elle a une taille non nulle, qui doit être définie en fonction de l'hétérogénéité du paysage.

En milieu agricole, l'expérimentation [3] a montré qu'un segment calé sur la taille moyenne des exploitations assurait un compromis satisfaisant entre représentativité des différentes cultures, temps d'enquête et précision des estimations. En revanche, en milieu forestier ou en milieu faiblement anthropisé, il n'existe pas d'information analogue permettant de calibrer le segment sur une quelconque organisation des paysages. Toutefois, certaines caractéristiques des secteurs à inventorier peuvent être perçues grâce à une analyse variographique des données fournies par la télédétection.

1. Le variogramme et la dépendance spatiale

Présente depuis les années 70 dans les Sciences de la Terre, l'analyse variographique est un des outils de la géostatistique utilisé pour analyser la dépendance spatiale des échantillons entre eux. Son utilisation sur des données satellitaires est plus récente : elle date des années 80. Elle a essentiellement servi à calibrer l'espacement des unités d'échantillonnage [1].

Rappelons que les données satellitaires sont spatialement corrélées. Cela signifie que les voisins immédiats d'un pixel tiré au hasard lui sont en général plus ressemblants que des voisins plus lointains. Cette dépendance spatiale reflète l'extension des zones homogènes qui marquent les paysages à inventorier ; son étude doit donc permettre de calibrer les segments d'enquête.

Pour connaître les distances caractérisant les changements de paysage, on tire un échantillon de points et l'on compare chaque point à son voisinage immédiat puis, sur des distances de plus en plus grandes, et cela dans un certain nombre de directions. On en tire une variance par distance et par direction que l'on représente en général à l'aide d'une courbe appelée variogramme. La formule utilisée pour calculer cette variance est la suivante :

$$\gamma(D, d) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(y_{i+d} - y_i)^2}{2}$$

où y_i est la valeur radiométrique du premier point tiré au hasard, y_{i+d} la valeur radiométrique du deuxième point du couple pris à une distance d de y_i dans la direction D [2]. La recherche des points d'inflexion sur la courbe informe des ruptures dans la dépendance spatiale, et donc dans la continuité des paysages. Des segments dont la taille est calée sur ces distances doivent permettre une prise en compte satisfaisante des paysages de la zone d'étude.

2. Les données

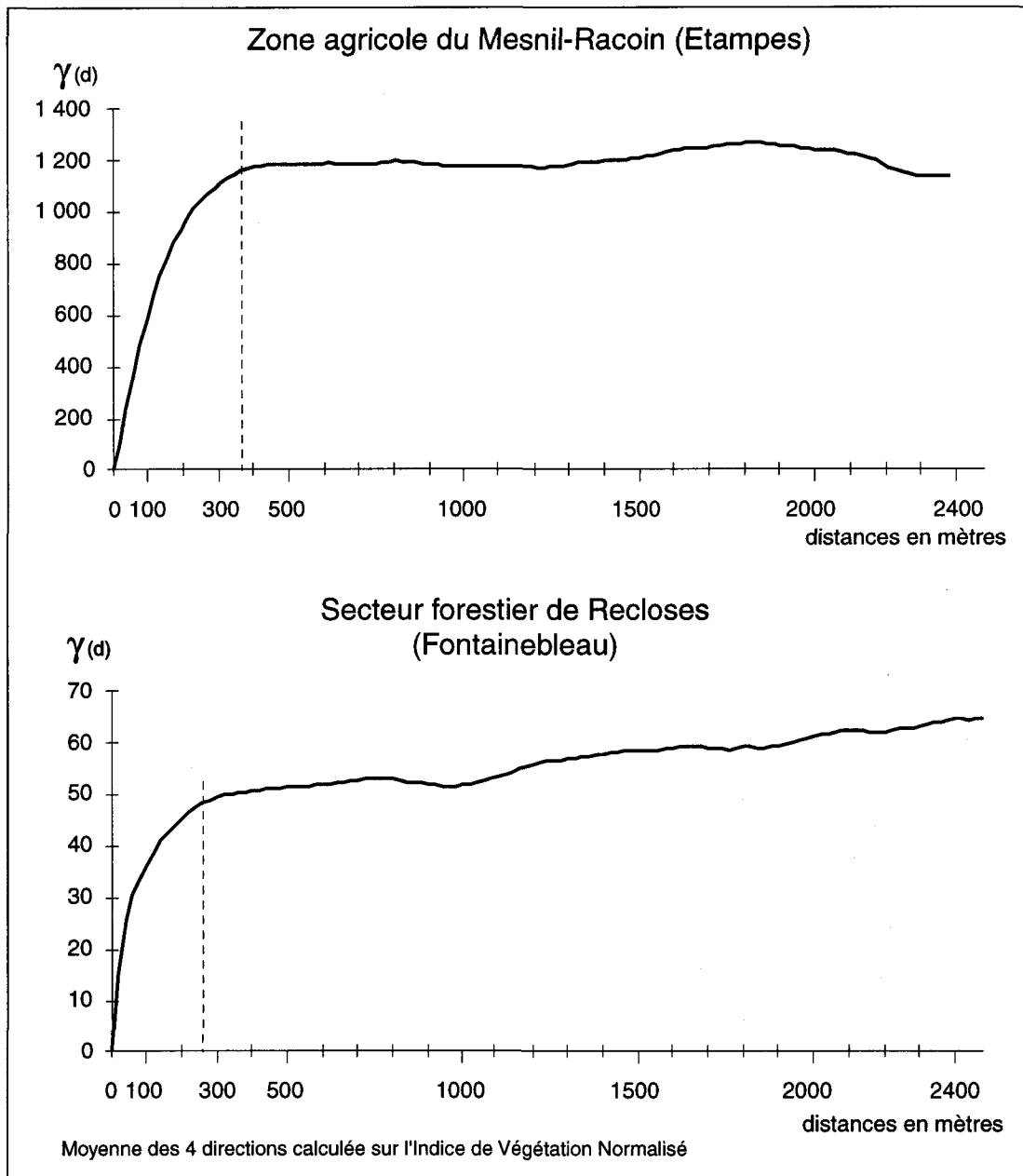
Les milieux sur lesquels ont été réalisés les variogrammes se situent en France au sud du Bassin parisien sur quatre sites : deux à dominante agricole et deux à dominante forestière. Aux confins de l'Essonne, du Loiret et de la Seine-et-Marne, la zone d'étude, d'une trentaine de kilomètres de côté, s'étend du nord au sud entre Brétigny et Pithiviers, et de l'ouest à l'est entre Etampes et Fontainebleau. Pour chaque site de cinq kilomètres de côté, nous avons étudié les données numériques des trois canaux bruts du capteur HRV de SPOT (KJ 40-252, 1er mai 1986) ainsi que deux néocanaux, l'indice de végétation et l'indice de brillance.

Nous avons retenu cette image d'archives pour comparer la taille des segments estimée par analyse variographique, avec celle utilisée par le Service Central des Enquêtes et Etudes Statistiques (SCEES) avec ces mêmes données [3]. Pour calculer les variogrammes, la dépendance spatiale est analysée sur quatre directions (N-S, E-O, NO-SE et NE-SO) et sur des distances qui n'excèdent pas la moitié des sites d'étude.

3. Les résultats

Dans un premier temps, pour chaque site et par canal nous avons réalisé le variogramme moyen des quatre directions. Celui-ci permet d'éliminer rapidement les canaux inutilisables car a-spatiaux ou au contraire dotés d'une variance continue et indéfiniment croissante [1] à notre échelle. Une analyse plus fine par direction peut être entreprise si la dépendance spatiale se révèle nettement anisotropique.

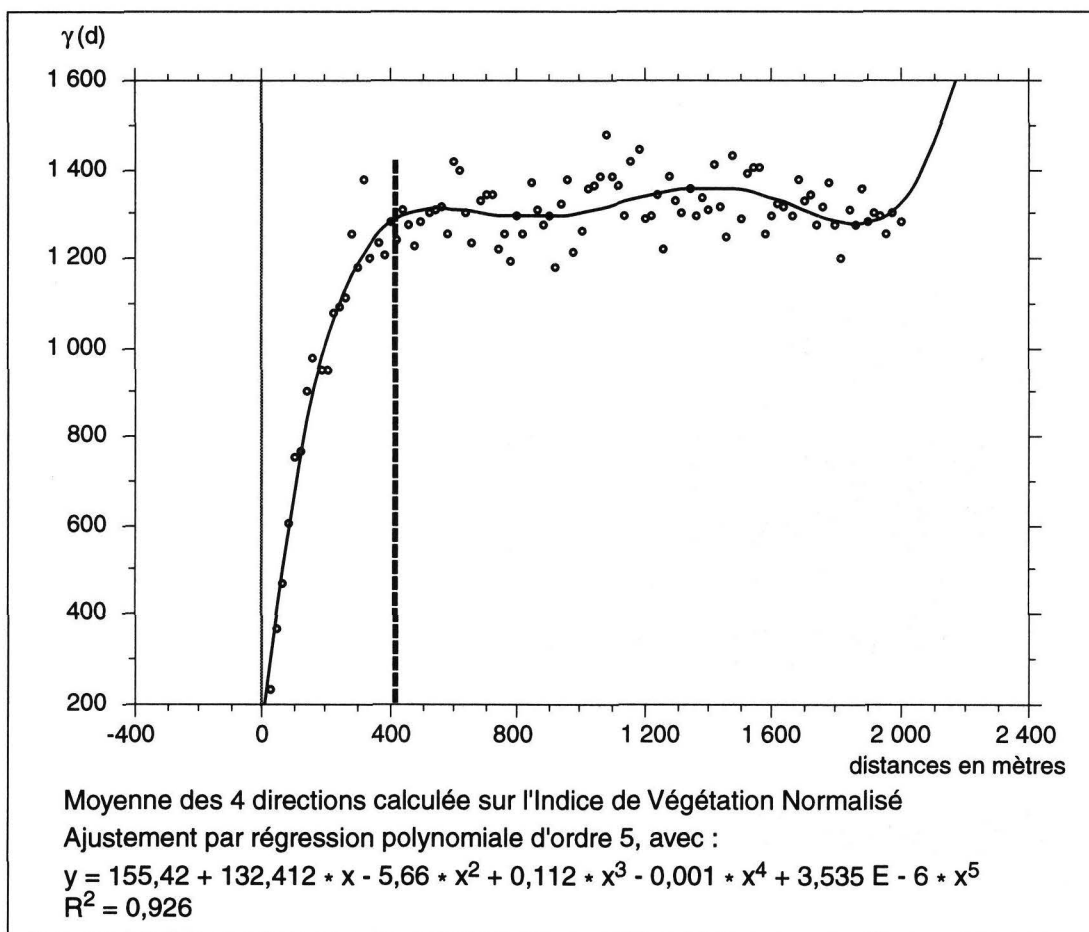
Figure 1 : Variogrammes moyens d'une zone agricole et d'un secteur forestier



Il ressort de l'analyse du variogramme moyen de chaque canal, et pour cette date d'enregistrement, que pour les quatre sites, l'indice de végétation est le canal le plus systématiquement exploitable, car après une croissance rapide à l'origine, la courbe s'infléchit et décrit un plateau (fig. 1). Cela signifie que la diversité radiométrique et donc thématique croît rapidement sur les premières dizaines voire centaines de mètres et qu'ensuite cette diversité s'estompe. Continuer de s'éloigner du point origine n'apporte pas un gain d'informations supplémentaires significatif. La rupture de pente sur le variogramme marque ainsi la dimension moyenne du parcellaire agricole ou des peuplements homogènes forestiers. C'est donc une taille pertinente pour caler le segment.

La détermination de cette rupture de pente (portée du phénomène) est effectuée ici de manière visuelle (fig. 1). Comme on pouvait s'y attendre, les points d'inflexion caractérisant les milieux forestiers et les milieux agricoles sont légèrement décalés. La distance significative est d'environ 350 m sur les secteurs agricoles, et 250 m sur les secteurs forestiers. Si l'on se réfère à un variogramme moyen global, établi sur l'ensemble de la zone d'étude (30 km de côté),

Figure 2 : Variogramme moyen global de la zone d'étude



il convient alors de caler le segment sur une distance d'environ 400 m (fig. 2). Cet accroissement de la portée est dû à la prédominance d'un parcellaire agricole de grande taille dans la zone d'enquête.

Au vu de ce dernier résultat, on peut penser que l'inventaire agricole réalisé par le SCEES en 1986 s'est appuyé sur une taille d'unités d'échantillonnage (720 m de côté) nettement sur-dimensionné (de plus de 300 m) par rapport à la diversité des paysages. Un «sur-dimensionnement» des unités d'échantillonnage a également été constaté sur un inventaire d'occupation du sol en milieu naturel tropical [4].

Une analyse variographique des images des secteurs agricoles et forestiers du sud du Bassin parisien a montré qu'il était possible de caler la taille des unités d'échantillonnage d'un inventaire sur la complexité des paysages étudiés à l'aide des données satellitaires. En même temps, par rapport à d'autres méthodes de détermination de la taille des segments, le variogramme semble minorer systématiquement la taille de l'unité d'échantillonnage.

Actuellement, il ne nous est pas possible de dire si un inventaire dont les segments ont été déterminés par analyse variographique est plus efficace qu'un inventaire dont les segments ont été déterminés par une autre méthode. Les outils d'évaluation, encore en développement, ne sont pas satisfaisants. De plus, il conviendrait de voir si les résultats obtenus sont stables en fonction de différentes dates de prises de vues et de différentes résolutions spatiales.

Bibliographie

- [1] CURRAN P.J. : « The Semivariogram », in Remote Sensing : An Introduction, *Remote Sensing of Environment*, 24, 1988, pp. 493-507
- [2] DUPLAT P., PERROTTE G. : *Inventaire et estimation de l'accroissement des peuplements forestiers*, Paris, ONF, 1981, 432 pages
- [3] FOURNIER P., GERUYANNIS H., GILG J.P. : « Evaluation des surfaces des cultures annuelles et inventaire du territoire dans le Bassin parisien par combinaison des enquêtes statistiques classiques et des données SPOT (PEPS 127) », in *SPOT-1, Utilisation des images, Bilan, Résultats*, Paris, 23-27 novembre 1987, Toulouse, Cépadués, 1988, pp. 251-259
- [4] GODARD V. : « Apport de l'analyse variographique pour déterminer la taille et l'espacement des unités d'échantillonnage lors d'un inventaire d'occupation du sol en milieu naturel », *Bulletin de la SFPT*, 94-4 (136), 1994, pp. 33-44