

ETUDE QUANTITATIVE DES FORMES D'ORGANISATION SPATIALE DU COUVERT LIGNEUX EN MILIEU SAHELIEU A PARTIR DES IMAGES SATELLITAIRES SPOT

C. JACQUEMINET (1,2), C. MERING(2), Y. PONCET(2), M.F. COUREL(3)

1- Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 96, Boulevard Raspail, Paris 6e

2- ORSTOM, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en coopération, 70-74, route d'Aulnay, 93140 Bondy

3- IMAGEO-C.N.R.S., 191, Rue Saint Jacques, Paris 5e

RESUME: En milieu Sahélien, la végétation se caractérise par une texture discontinue, perceptible sur les images satellitaires SPOT par le biais de taches de forme différente. Ces formes et leurs variations reflètent l'état et la dynamique du milieu. Nous tentons de caractériser quantitativement ces formes à l'aide d'une classification multibande dirigée et de transformations morphologiques ensemblistes sur image binaire. L'étude a pour terrain d'expérimentation la région d'Oursi au Nord du Burkina Faso.

ABSTRACT: In Sahelian zone, vegetation is characterized by a discontinuous texture, perceptible on SPOT images through spots of different shapes which variations are due to physical and human conditions of environment. Our object is to quantify the variations of shapes using supervised multispectral classification and morphological set transformations applied to binary images. The method has been tested in the Oursi region, in northern Burkina Faso.

1- Problématique et aire d'étude:

L'objet de ce travail est de déterminer un indicateur de la dynamique du couvert végétal, perceptible sur images satellitaires et quantifiable, afin d'effectuer un suivi du milieu Sahélien dans l'espace et dans le temps. Suite au déficits pluviométriques récurrents qui ont affecté le domaine Sahélien depuis deux décennies, on a observé des modifications dans l'organisation spatiale des ligneux. La couverture ligneuse auparavant diffuse, tend à devenir de plus en plus discontinue en liaison avec les conditions topo-édaphiques des milieux considérés (Courel, 1984).

Le paysage d'Oursi est composé d'une succession, du nord au sud, de cordons dunaires séparés par de larges plaines interdunaires où localement des formations cuirassées affleurent. Ces unités topographiques sont colonisées par une steppe arbustive et arborée dont nous distinguons trois types d'organisation spatiale:

- sur les cordons dunaires, les ligneux s'organisent en bosquets dans les creux intradunaires,
- dans les espaces interdunaires, ils s'organisent en grandes bandes sinueuses et plus ou moins ramifiées et sur les sols cuirassés, en brousse tigrée (alternance régulière de petites bandes boisées et de petites bandes nues).

Ces bosquets et ces bandes apparaissent sur l'image SPOT sous la forme de taches subcirculaires et de bandes sombres de taille et d'espacement variables. Les changements qui affectent le milieu d'Oursi, sous l'effet conjugué d'une baisse de la pluviométrie et d'une forte pression anthropique, sont perceptibles et mesurables par le biais des variations des formes de la couverture ligneuse.

2- Délimitation des aires de ligneux:

Nous utilisons une image satellitaire SPOT (17/12/86) de début de saison sèche où les ligneux encore chlorophylliens se discriminent bien spectralement des herbacées sèches. Pour délimiter les aires couvertes en ligneux, nous effectuons une classification dirigée à partir des critères spectraux à l'aide de la méthode de discrimination non paramétrique (Celeux, Lechevalier, 1982). Cette méthode opère la segmentation des variables quantitatives qui discriminent au mieux les classes déterminées a priori. L'image est partitionnée en plusieurs classes correspondant aux différents composants du paysage ayant une réponse spectrale propre: la végétation ligneuse, les sols sombres, les sols clairs, l'eau. Cette classification est validée à l'aide de parcelles de contrôle déterminées d'après des photographies aériennes et la réalité-terrain. Puis l'image classée est binarisée, nous ne conservons que la classe "végétation ligneuse".

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

N° :

Cote :

26951

ex 1

6.12.89

P3 III

3- Caractérisation quantitative des formes d'organisation spatiale du couvert ligneux:

L'image binaire obtenue à l'étape précédente est subdivisée en quadrats-tests de 85/85 pixels sur lesquels on calcule des paramètres texturaux permettant d'estimer la variation de taille des aires de végétation ligneuse et leur distribution spatiale. Ces paramètres sont mis au point à l'aide des outils de la *morphologie mathématique* (Serra, 1982). Pour étudier la variation de la taille des unités de ligneux, nous utilisons la *granulométrie par ouverture* et pour évaluer la répartition relative des unités de ligneux par rapport aux espaces non couverts en ligneux, nous utilisons la *covariance*.

- La *granulométrie par ouverture* consiste à transformer l'image par ouvertures successives à l'aide d'un élément structurant convexe de taille croissante. A chaque opération, les éléments connexes de taille inférieure à celle de l'élément structurant sont éliminés, de façon analogue à un tamisage dont la taille des pores croît. Le calcul de la surface et du nombre d'éléments éliminés à chaque ouverture permet d'évaluer la distribution de la taille des unités de ligneux de chaque échantillon. On calcule $G(n)$ la distribution de taille en surface et $F(n)$ la distribution de taille en nombre à l'aide des formules suivantes:

$$G(n) = \{A(X) - A(X_B(n))\} / A(X) \quad n \geq 0$$

$$F(n) = \{N(X) - N(X_B(n))\} / N(X) \quad n \geq 0$$

où:

$A(X)$ est la surface de X ,

$N(X)$ est le nombre d'entités connexes de X ,

$X_B(n)$ est l'ouvert de X par l'élément structurant hexagonal B de taille n .

- La *covariance* consiste à transformer l'image par érosions successives à l'aide d'un bipoint d'espacement croissant et d'orientation donnée. A chaque opération, on évalue la surface de l'ensemble ainsi transformé. La courbe du covariogramme traduit l'état de dispersion des éléments de l'échantillon dans la direction étudiée: la dérivée à l'origine est égale au nombre d'éléments connexes dans la direction étudiée qui pour une surface donnée est un indicateur de la finesse de la texture de l'échantillon. La périodicité d'une structure se traduira par des oscillations du covariogramme: la hauteur et l'amplitude des oscillations indiquent respectivement le diamètre horizontal moyen des éléments connexes et la distance moyenne qui les sépare dans la direction étudiée. On définit la covariance $C(X, h, \alpha)$ de la manière suivante:

$$C(X, h, \alpha) = A((E^{h\alpha}(X)) \cap (E^{h\alpha}(Z))) / A(E^{h\alpha}(Z))$$

où:

Z est le masque de mesure,

$A(X)$ est la surface de X ,

$E^{h\alpha}(X)$ est l'érosion de X par un bipoint de longueur h et d'orientation α .

La méthode est illustrée sur deux échantillons représentatifs de deux types de structure végétale (cf. figures 1 à 6).

Nous obtenons ainsi des descripteurs quantitatifs de la texture pouvant servir à comparer les différents types de couvert ligneux et à en faire le suivi dans l'espace et éventuellement dans le temps. Ultérieurement, nous envisageons d'étudier le caractère discriminant de ces indices texturaux sur l'ensemble de l'image et d'effectuer une typologie des différents types de couvert ligneux discontinu.

CONCLUSION:

Cette étude propose une méthode pour caractériser quantitativement les différentes formes d'organisation spatiale du couvert ligneux et suivre sa dynamique en liaison avec les unités topo-édaphiques et les conditions climatiques et anthropiques qui affectent le milieu. Cette méthode utilise à la fois, les données spectrales et les informations morphologiques contenues dans l'image satellitaire.

BIBLIOGRAPHIE:

- CELEUX G., LECHEVALLIER Y., 1982_ Méthodes de segmentation non paramétrique. Revue de statistique appliquée, vol. XXX, n°4, pp39-53
COUREL M.F., 1984_ Etude de l'évolution récente des milieux Sahéliens à partir des mesures fournies par les satellites. Thèse de doctorat d'Etat, Paris I, 407 p.
SERRA J., 1982_ Image analysis and mathematical morphology. Academic Press, London, 610 p.

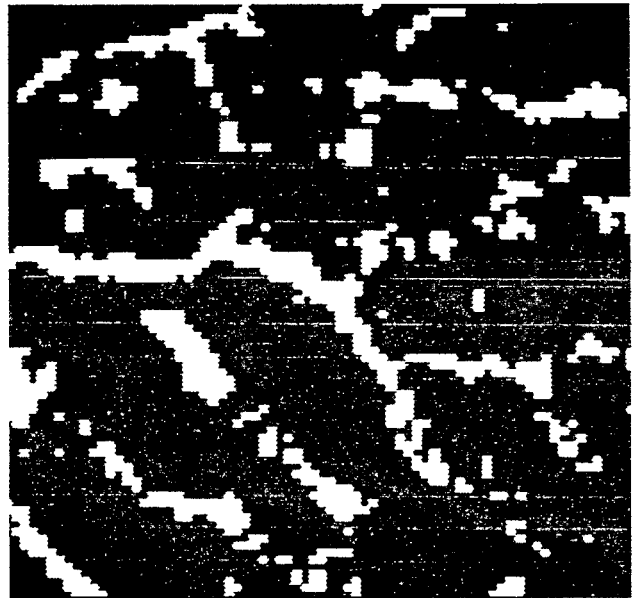
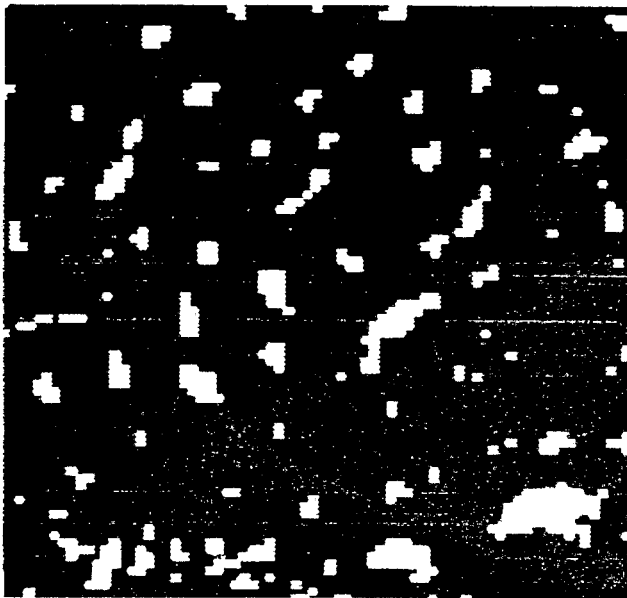


fig.1: bosquets sur cordons dunaires

fig.2: grandes bandes des espaces interdunaires

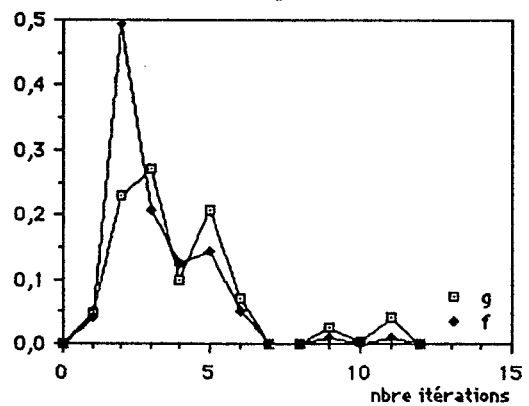
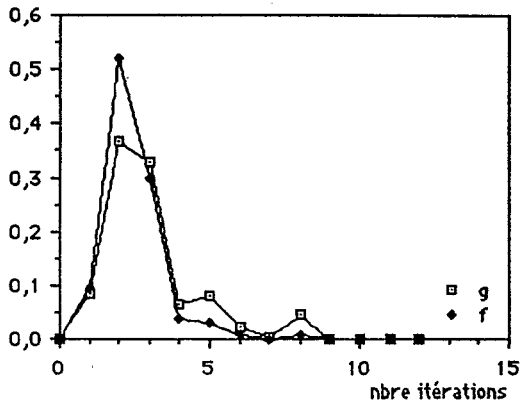


fig.3 et 4: densité granulométrique en surface (g) et en nombre (f): les courbes f et g mettent en évidence trois tailles de grains sur l'échantillon 1 (bosquets) et quatre tailles de grains sur l'échantillon 2 (grandes bandes). Elles soulignent la prédominance d'éléments de petite taille dans l'échantillon 1 et une distribution de taille plus variée au sein de l'échantillon 2.

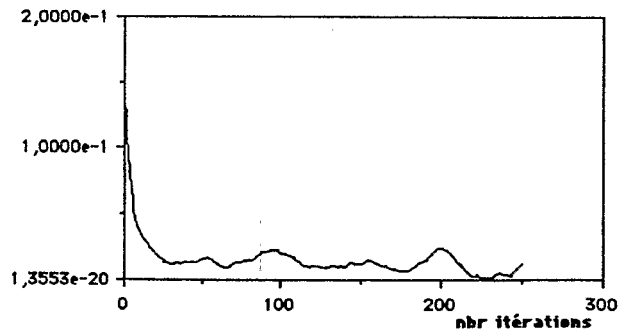
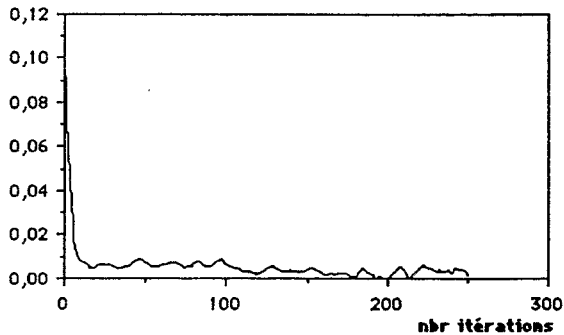


fig.5 et 6: covariogrammes calculés sur les bosquets et les grandes bandes dans la direction horizontale: les ondulations régulières des covariogrammes mettent en évidence une certaine périodicité dans la répartition des éléments, dont l'amplitude est supérieure pour l'échantillon des grandes bandes par rapport à celui des bosquets.