

MORPHOLOGIE D'UN SEMIS DE VILLES EUROPÉENNES

Christine VOIRON-CANICIO*

RÉSUMÉ Trois transformations de morphologie mathématique, l'ouverture, la fermeture et le squelette, sont utilisées pour décrire le semis des villes européennes. Chacune d'elles apporte des informations structurales sur la taille, l'espacement et la forme des points du semis.

• EUROPE • MORPHOLOGIE MATHÉMATIQUE • SEMIS URBAIN • VILLE

ABSTRACT Three morphological transformations: the opening, the closing and the skeleton are used in order to describe a set of points representing the location of European cities. Each of them provides structural information about the size, the shape of the points and the distance between them.

• CITY • DISSEMINATED CITIES • EUROPE • MATHEMATICAL MORPHOLOGY

RESUMEN Tres transformaciones de la morfología matemática, la apertura, el cierre y el esqueleto, se utilizan para describir la distribución de las ciudades europeas. Cada una de ellas facilita informaciones estructurales sobre el tamaño, la distancia y la forma de los puntos de distribución.

• CIUDAD • DISTRIBUCIÓN URBANA • EUROPA • MORFOLOGÍA MATEMÁTICA

Pour analyser une distribution ponctuelle, on dispose d'outils relevant de la statistique, de la géostatistique ou de l'analyse d'images. Les informations structurales sur l'espacement des points sont fournies par différentes mesures dont les plus courantes sont:

- le calcul de la distribution radiale donnée par le nombre moyen de points inclus dans une boule de rayon r centrée successivement sur tous les points de l'ensemble;
- la comparaison d'une distribution observée avec un modèle, un modèle aléatoire ou géographique, comme celui des lieux centraux;
- les calculs de covariance ou de variogramme qui quantifient la manière dont les points sont espacés.

Chacune de ces mesures donne une certaine information structurale sur la distribution étudiée. D'autres informations structurales, complémentaires aux précédentes, peuvent être obtenues à partir de traitements cartographiques et d'analyses d'images.

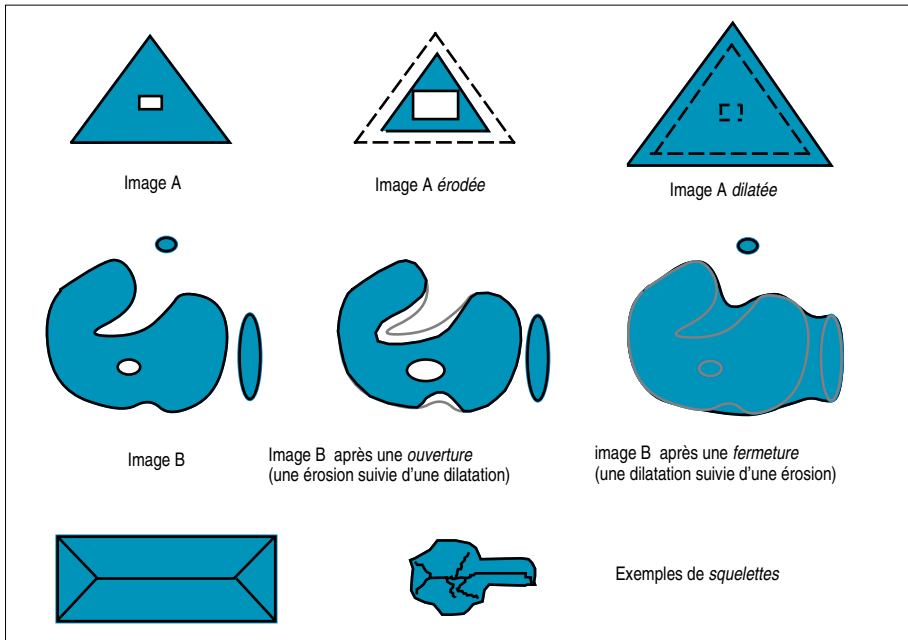
Ainsi, dans son article (1), C. Rozenblat montre l'intérêt de traitements cartographiques consistant à relier des points qui se situent à une certaine distance les uns des autres. Dans le présent article, le même semis de villes est étudié par analyse d'images, à l'aide de transformations de morphologie mathéma-

tique réalisées avec le logiciel *Micromorph* (Centre de morphologie mathématique de l'École des mines de Paris). L'image du semis, de taille 256 x 256 pixels, est extraite de la carte des agglomérations urbaines de plus de 10 000 habitants en 1990, de F. Moriconi-Ebrard (1993); celles-ci sont au nombre de 5 456 sur une superficie de 867 000 km². Sur cette image, ne figurent ni les contours du continent ni les limites des États.

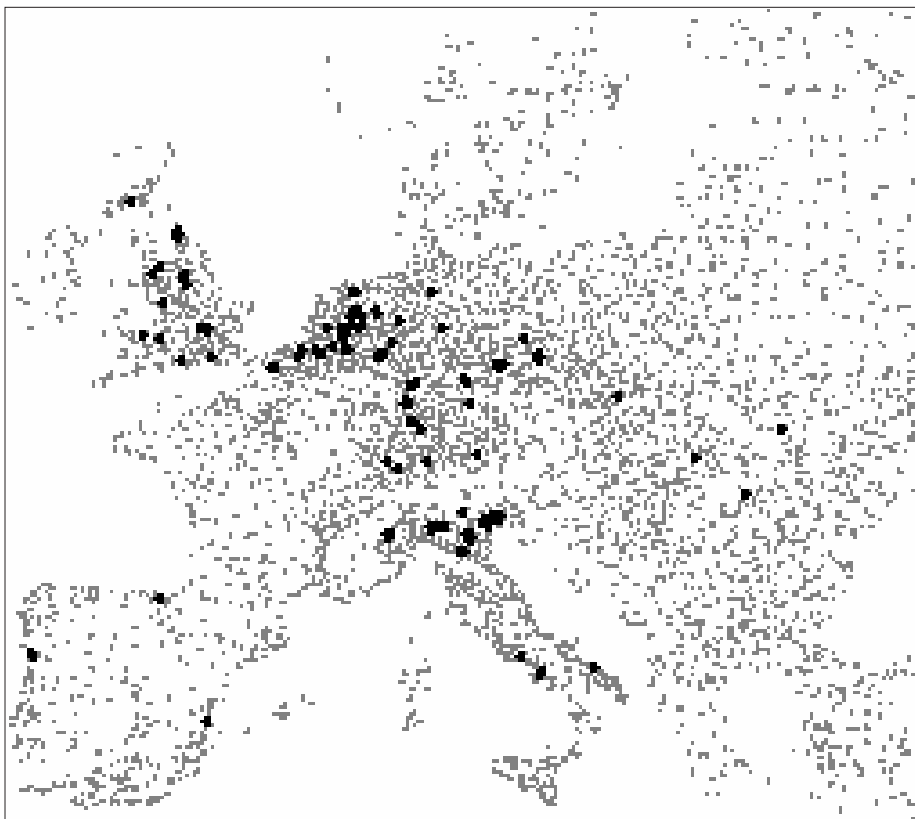
Ouvertures, fermetures et granulométries

D'une manière générale, la structure d'un ensemble se définit comme la famille des relations existant entre les différentes parties de cet ensemble. En morphologie mathématique, le chercheur les inventorie à l'aide de formes géométriques simples, appelées éléments structurants, qu'il choisit et projette sur l'objet d'étude, de manière à voir comment elles coïncident avec lui. Les informations structurales obtenues dépendent des caractéristiques géométriques des éléments structurants, de leur taille et de l'ordre dans lequel les transformations d'images sont réalisées. Ainsi, les deux transformations de base que sont l'érosion et la dilatation peuvent être combinées de manière différente. Une ouverture s'effectue en deux temps, érosion de l'image de départ puis dilatation de l'image précédemment érodée. Une fermeture correspond à la séquence inverse: dilatation puis érosion. Dans les deux cas, non seulement la deuxième transformation appliquée au résultat de la première ne permet

* Université de Nice - Sophia Antipolis, Nice.



1. Illustration des trois transformations de morphologie mathématique



2. Semis urbain et résultat d'une ouverture de taille 1

En gris: image initiale du semis, en noir: résultat de la transformation

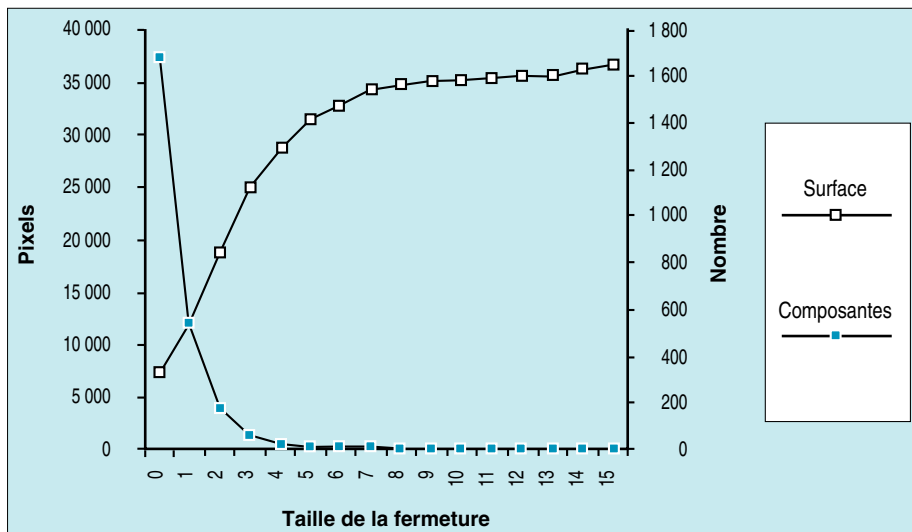
pas, généralement, de revenir au point de départ mais encore, l'ouverture et la fermeture ne produisent pas les mêmes effets (fig. 1).

Ainsi, une ouverture réalisée à partir d'un cercle ou d'un hexagone supprime les petites composantes (2) de l'image et gomme les irrégularités des contours alors qu'une fermeture bouche les trous et réunit les composantes proches.

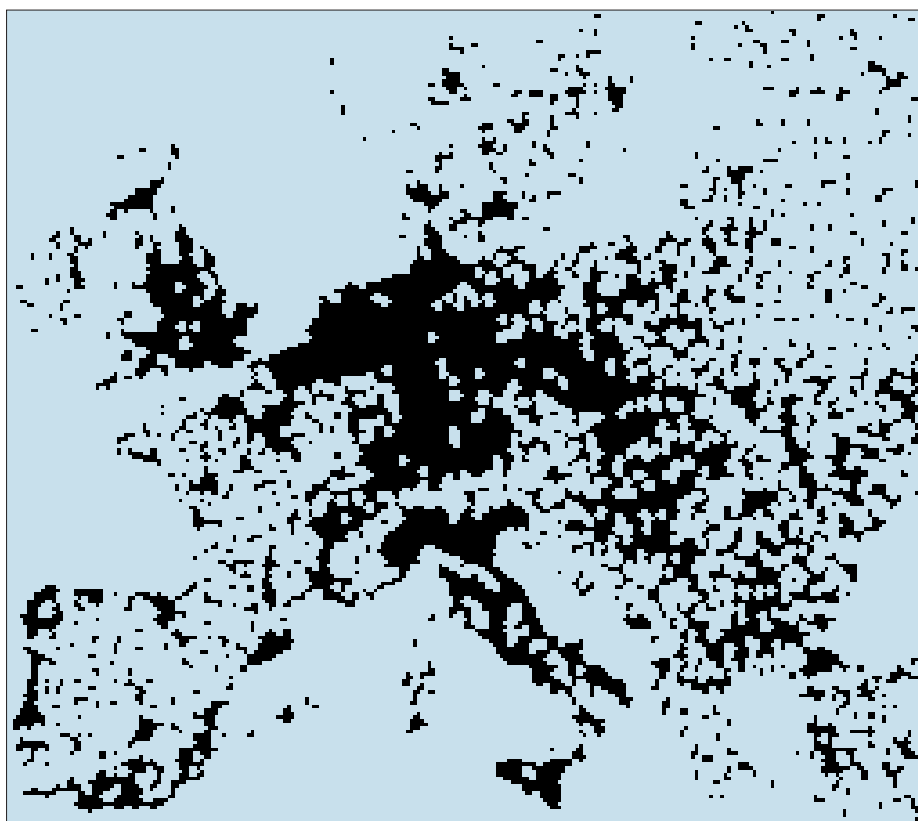
Si l'on réitère la séquence de transformations choisie avec un élément structurant de taille croissante, on obtient un tamisage des composantes. Des mesures sont généralement effectuées après chaque transformation, d'où le terme de granulométrie employé pour qualifier ce type de traitement. Une granulométrie par ouverture donne la distribution de taille des objets de l'image; plus la taille de l'ouverture croît, plus les composantes sont éliminées jusqu'à parvenir à l'ensemble vide. Dans le cas de la granulométrie par fermeture, l'information structurale est relative à la distance car ce ne sont plus les composantes mais l'espace situé entre elles qui est tamisé; au fur et à mesure que la taille de la fermeture augmente, les composantes se rattachent les unes aux autres jusqu'à n'en former plus qu'une seule.

Granulométries par ouvertures et par fermetures du semis des villes européennes

Toutes les transformations d'images sont effectuées à l'aide d'hexagones, de taille croissante. Comme le révèle la figure 2, le nombre de composantes demeurant après la première ouverture a considérablement décré. En effet, chaque ville n'étant représentée



3. Distributions granulométriques en nombre et en surface du semis urbain



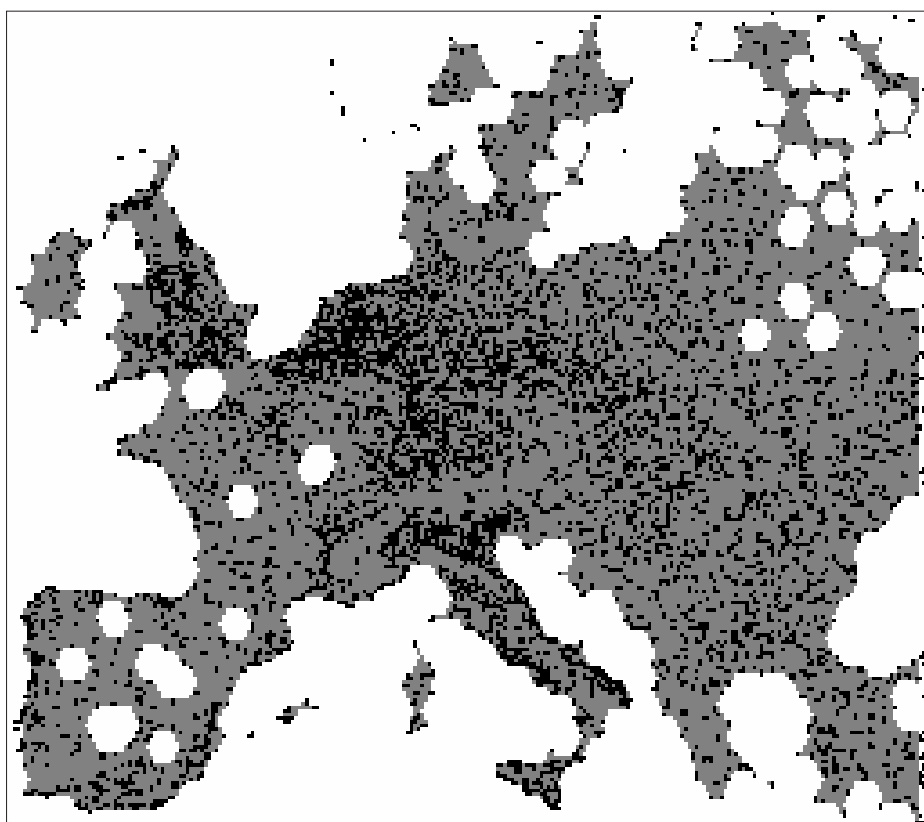
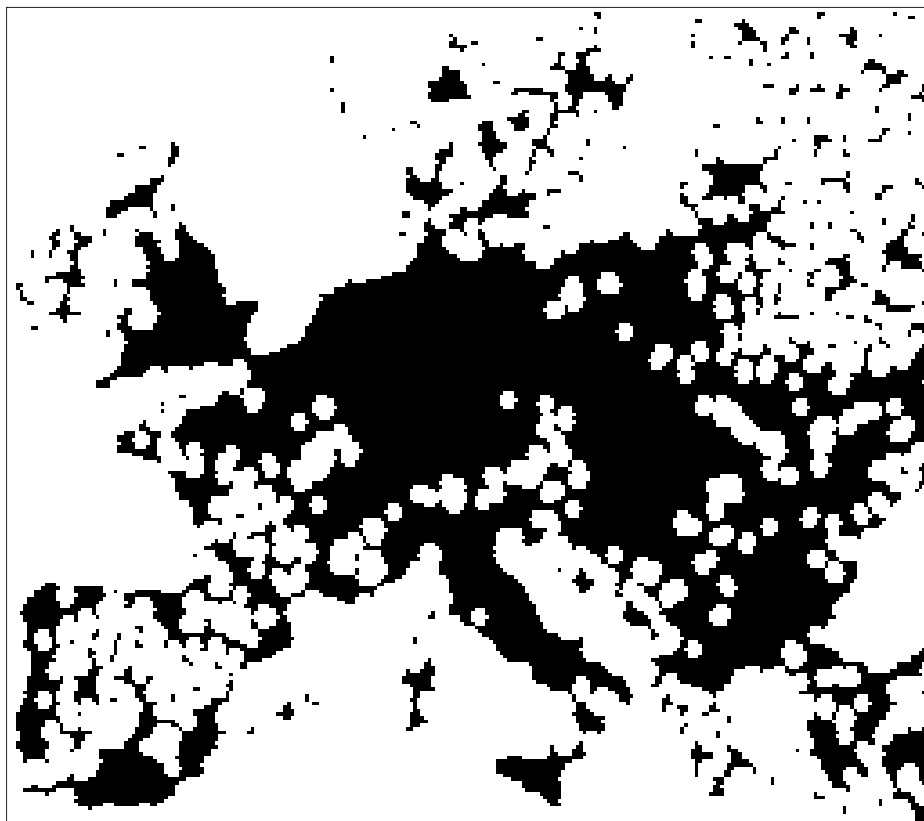
4. Semis après une fermeture de taille 1

que par un point, l'érosion par laquelle débute une ouverture fait disparaître tous les points isolés. Seules les agglomérations très proches, qui forment, à l'image, un ensemble connexe, demeurent après une ouverture de taille 1 avec, néanmoins, des

contours modifiés. Hormis quelques zones dispersées, leur localisation se calque sur la dorsale médio-européenne où la densité des agglomérations est forte et où les coalescences de points, de ce fait, sont plus nombreuses. Après une ouverture de taille 2, tous ces ensembles disparaissent. La granulométrie par fermetures apporte des informations sur l'espacement des villes. Comme l'indique la figure 3, il faut aller jusqu'à une fermeture de taille 15 pour que tous les pixels soient raccordés les uns aux autres et ainsi ne forment plus qu'un seul ensemble. Toutefois les valeurs significatives se situent en deçà de la taille 5, les regroupements ultérieurs ne concernant pratiquement plus que les îles. Dans les régions où les villes sont très proches ou même se touchent, la dilatation, qui constitue le point de départ de la fermeture, a pour effet de réunir un grand nombre de pixels et de combler les vides; l'érosion qui suit ne peut plus les faire réapparaître. Les coalescences de points résultant de la fermeture de taille 1 produisent deux principaux types de formes: des aires et des alignements, plus ou moins vastes et continus selon les espaces (fig. 4). Les premières sont aisément perceptibles en Angleterre, en Italie du Nord et surtout dans une vaste zone prenant en écharpe la majeure partie de la plaine de l'Europe du Nord-Ouest avec un prolongement en Allemagne du Sud et un autre, vers l'est en direction des pays tchèques. Les alignements sont plus ou moins massifs et continus selon la densité et la régularité du semis. Ils prennent appui sur les principales vallées (Rhône, Seine) ainsi que sur les littoraux, surtout les littoraux méditerranéens (Yougoslavie et Grèce exceptées). C'est en Italie, et sur la côte adriatique notamment, que ces rubans sont les plus larges et les

contours modifiés. Hormis quelques zones dispersées, leur localisation se calque sur la dorsale médio-européenne où la densité des agglomérations est forte et où les coalescences de points, de ce fait, sont plus nombreuses. Après une ouverture de taille 2, tous ces ensembles disparaissent.

La granulométrie par fermetures apporte des informations sur l'espacement des villes. Comme l'indique la figure 3, il faut aller jusqu'à une fermeture de taille 15 pour que tous les pixels soient raccordés les uns aux autres et ainsi ne forment plus qu'un seul ensemble. Toutefois les valeurs significatives se situent en deçà de la taille 5, les regroupements ultérieurs ne concernant pratiquement plus que les îles. Dans les régions où les villes sont très proches ou même se touchent, la dilatation, qui constitue le point de départ de la fermeture, a pour effet de réunir un grand nombre de pixels et de combler les vides; l'érosion qui suit ne peut plus les faire réapparaître. Les coalescences de points résultant de la fermeture de taille 1 produisent deux principaux types de formes: des aires et des alignements, plus ou moins vastes et continus selon les espaces (fig. 4). Les premières sont aisément perceptibles en Angleterre, en Italie du Nord et surtout dans une vaste zone prenant en écharpe la majeure partie de la plaine de l'Europe du Nord-Ouest avec un prolongement en Allemagne du Sud et un autre, vers l'est en direction des pays tchèques. Les alignements sont plus ou moins massifs et continus selon la densité et la régularité du semis. Ils prennent appui sur les principales vallées (Rhône, Seine) ainsi que sur les littoraux, surtout les littoraux méditerranéens (Yougoslavie et Grèce exceptées). C'est en Italie, et sur la côte adriatique notamment, que ces rubans sont les plus larges et les



5. Semis après une fermeture de taille 2

plus continus en raison de la forte densité du semis urbain. Les alignements sont plus discontinus le long de la péninsule Ibérique et se présentent sous la forme d'un étroit liséré sur la côte française.

Avec les fermetures de taille supérieure (fig. 5 et 6), les connexions se multiplient, raccordant même les îles au continent. Désormais ce sont les espaces en blanc qui attirent l'attention. Sur la figure 5, ces derniers correspondent aux lacunes du semis (zones montagneuses, espaces côtiers de Yougoslavie et de Grèce, plaine russo-polonaise, Centre-Ouest de la France et zone intérieure de l'Espagne). La plupart se trouvent comblées après une fermeture de taille 4, exceptés deux ensembles, situés à l'opposé l'un de l'autre. Ces vides ultimes signalent les trous majeurs existant dans la trame urbaine. Il convient de souligner qu'en Europe de l'Ouest, seules la France et l'Espagne sont caractérisées par ce phénomène.

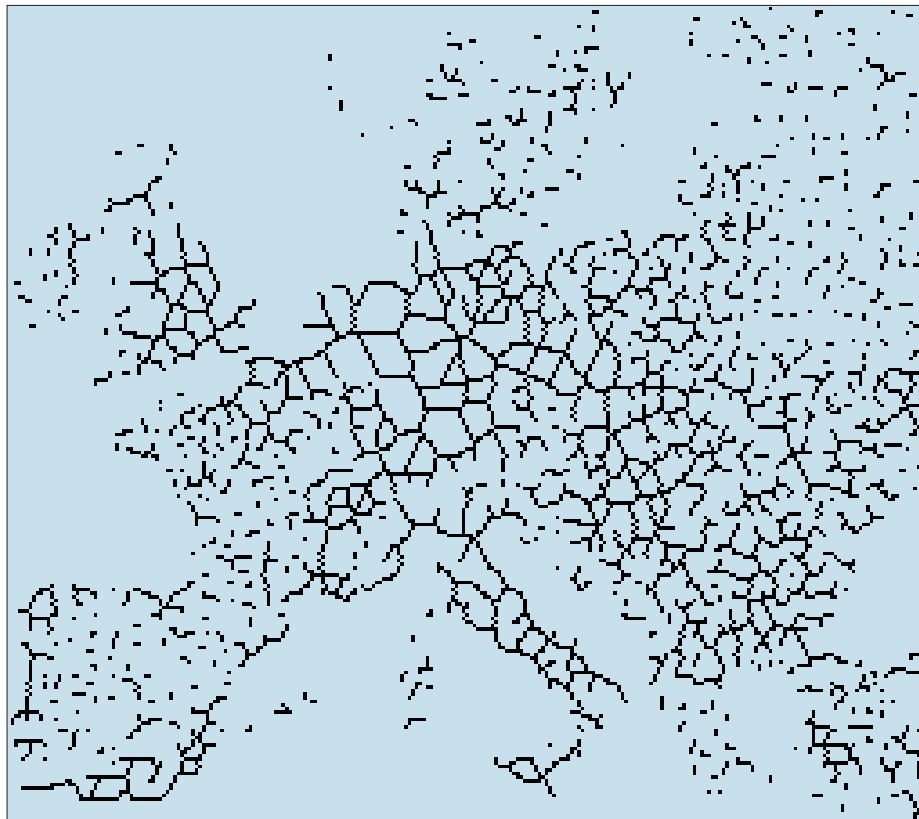
Squelettisation du semis urbain

Une autre façon de distinguer les traits structuraux majeurs du semis urbain consiste à utiliser la transformation du squelette. De façon imagée, le squelette d'un objet donne son ossature réduite à un pixel. On peut le représenter également comme étant le lieu des centres des boules maximales incluses dans l'objet (fig. 1).

6. Résultat d'une fermeture de taille 4

En noir; semis initial, en gris, résultat de la transformation

Cette transformation, appliquée au résultat d'une fermeture de taille 1, a pour effet de souligner les contours du continent puisque les alignements côtiers se trouvent réduits à une ligne de 1 pixel d'épaisseur (fig. 7). Lorsque le squelette présente un contour fermé et dessine une maille c'est le signe que les connexions de points résultant de la fermeture ont créé des zones concentriques au centre desquelles subsistent des trous. La dimension des mailles est fonction de l'étendue des zones connectées et de la taille des trous intermédiaires. Ces limites donnent donc une information sur la compacité et la forme du semis et ne doivent pas être confondues avec des limites de zones d'influence. Le squelette souligne la dichotomie existant entre les espaces périphériques, au semis lâche: squelette réduit à un point et les espaces centraux, au semis plus dense, où le squelette dessine un maillage



7. Squelette du semis après une fermeture de taille 1

plus ou moins large en fonction de l'étendue des zones urbanisées. Les formes prises par le squelette permettent, en outre, de distinguer quatre grandes zones géographiques, qui sont orientées NO-SE:

- un ensemble occidental, composé de l'Irlande, de la péninsule Ibérique et de la majeure partie de la France (Nord et région Rhône-Alpes exceptés), caractérisé par des points isolés, en position intérieure et des segments, le long des littoraux;
- un ensemble central, allant de la Grande-Bretagne à l'Italie du Nord, constitué de mailles larges et régulières;
- un ensemble aux mailles plus petites ou en voie de formation, qui concerne la majeure partie de l'Europe orientale et l'Italie du Sud;
- un ensemble périphérique (Russie et pays Baltes) où, en raison de la rareté des regroupements, le squelette ne se limite qu'à quelques bribes de points.

Il convient également de noter que le passage de la zone médio-centrale aux espaces avoisinants s'effectue de deux manières fort différentes: à l'ouest, par une discontinuité nette, à l'est, par une transition de type gradient.

Chacun de ces traitements d'images place le semis urbain sous un éclairage différent. Les informations structurales qui en résultent sont à la fois quantitatives et qualitatives. Aux mesures

élémentaires habituelles (surface, dénombrement) ou plus élaborées (variogramme, par exemple) s'ajoutent, ainsi, de précieux renseignements sur la localisation, la forme, l'espacement et l'orientation des composantes du semis restant à l'image, après chaque transformation.

- (1) Cf. ROZENBLAT C., 1995, «Tissu d'un semis de villes européennes», *Mappemonde*, Montpellier, GIP Reclus, n° 4, pp. 22-27.
- (2) Le terme générique de composante est employé pour qualifier une entité constituée de plusieurs pixels connexes ou d'un seul pixel.

Références bibliographiques

- MORICONI-EBRARD F., 1993, *L'Urbanisation du monde*, Paris, Anthropos, coll. Villes.
- VOIRON-CANICIO C., 1995, *Analyse spatiale et analyse d'images*, Montpellier, GIP Reclus, coll. Espaces Modes d'Emploi, 190 p., 89 figures, 28 fiches, 7 tableaux.

