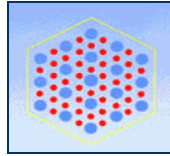


Association de Science Régionale De Langue Française



The poster is for the XLème Colloque de l'ASRDLF. It features a dark blue background with yellow text. The title is 'Convergence et disparités régionales au sein de l'espace européen' and the subtitle is 'Les politiques régionales à l'épreuve des faits'. The location and dates are 'Bruxelles – 1, 2 et 3 Septembre 2004'. On the left side, there is a smaller image showing a map of Europe and some text in French, including 'Association de Science Régionale De Langue Française', 'XLème Colloque', 'Bruxelles', and 'Convergence et disparités régionales au sein de l'espace européen'. There are also logos of various organizations at the bottom left.

**LA DILUTION DES VILLES FRANÇAISES : TEST DE VALIDITE ET ANALYSE DES
PERTURBATIONS D'UN MODELE DE L'ETALEMENT URBAIN**

Cyril ENAULT
Post doctorant
INRETS
Laboratoire LVMT
Marne la Vallée
cyril.enault@u-bourgogne.fr

Résumé :

L'objet de cet article est la mise en place d'un modèle décrivant l'étalement urbain par le biais du pourcentage de surface bâtie (le modèle de dilution). La fonction logistique fournit la base pour cette analyse.

Après une application sur l'extension du bâti dijonnais, le modèle est envisagé, pour la période actuelle, pour un échantillon de 25 villes françaises de taille, de forme et de position géographique variée afin d'en tester la validité. Il est ainsi montré que les agglomérations proposées suivent toutes peu ou prou la même logique radiale mais avec une ampleur et un gradient centre périphérie indépendant de la taille de la ville.

Partant de ce constat, une nouvelle analyse aboutit au constat qu'il existe une gradation dans les facteurs perturbateurs du modèle dans le but d'établir une typologie urbaine.

La dilution des villes françaises : test de validité et analyse des perturbations d'un modèle de l'étalement urbain

Mots clés : *Etalement urbain, dilution, formes urbaines, modèle logistique*

Classification : RO, R11, R14, C22, C25

LA DILUTION DES VILLES FRANÇAISES : TEST DE VALIDITE ET ANALYSE DES PERTURBATIONS D'UN MODELE DE L'ETALEMENT URBAIN

INTRODUCTION

Généralement l'analyse morphologique urbaine est associée à des ajustements statistiques de courbes de densité résidentielle (Clark C. 1951, Newling B.E. 1969, Bussière R. 1975, Peguy P.Y 2000). Cette approche, assez classique, est avant tout le fait des économistes. A l'opposé se trouvent les analyses plus géographiques.

Ce type d'étude ne prend plus comme source la population rapportée à la surface mais le bâti. C'est le cas des travaux de P.Frankhauser (1994, 1997) qui envisagent la morphologie urbaine par le biais des fractals et notamment la notion de dimension fractale. Différentes méthodes sont proposées comme l'analyse radiale mettant en parallèle le comportement scalant des agglomérations (sommairement le niveau d'homogénéité des tissus urbain) et la distance au centre.

Notre approche est assurément géographique, reposant sur le bâti. L'utilisation de ce paramètre n'est pas nouvelle puisque C.Weber et J.Hirsch (2000) ont pu en effet analyser la relation entre le pourcentage de surface bâtie et la distance au centre. Suite à ces travaux, M.Guerois (2003) et C.Enault (2003) proposent dans leur thèse une analyse morphologique de la ville fondée elle aussi sur la densité de bâti. Son idée est alors de comparer les villes au niveau européen avec la mise en place de la notion de spectre morphologique tout en utilisant CORINE LAND COVER. Cette dernière est construite sur un ajustement des données de densité de bâti en fonction de la distance au centre par le biais d'une double fonction linéaire au-delà de la partie la plus centrale. Bien que les coefficients de détermination soient très bons, les données ne sont qu'approchés, en particulier à proximité du centre.

Cet ajustement, bien que confirmant que la densité de bâti suit une logique radiale, n'en présente pas moins un certain nombre de limites. Concernant tout d'abord, l'échelle d'observation (la résolution de CORINE est de 250m), il est possible que le profil ne soit pas celui que l'on pourrait observer avec des cartes au 1/25000 ; en conséquence l'ajustement linéaire pourrait ne pas être le meilleur. Ensuite, l'ajustement proposé ne tient pas compte de l'ensemble des données (la partie centrale est laissée de côté). Enfin, ce même ajustement considère qu'il existe une rupture franche entre le bâti compact du centre et la partie urbaine décroissante.

En partant du cas dijonnais et en généralisant ensuite l'analyse sur 24 villes françaises à partir de plans au 1/25000, nous avons pu noter que si d'un point général, la logique décroissante était respectée même avec cette résolution, elle se différencie toutefois dans le détail des profils observés par M.Guerois. C'est en particulier au niveau de la transition que nos données diffèrent. Contrairement à l'idée de rupture, nous proposons, tout du moins au niveau de l'urbain, la continuité. Cette décroissance progressive de la densité de bâti, nous la qualifions de dilution de l'urbain. L'objet de cet article est de valider cette notion sur un échantillon de villes françaises et d'essayer de comprendre dans quelles conditions le modèle est perturbé.

Pour répondre à ce double questionnement, nous commencerons tout d'abord par mettre en place la notion de dilution, son modèle. Ce dernier est ensuite généralisé à un échantillon de 25 villes françaises puis enfin, dans un troisième temps, nous chercherons, à construire une typologie urbaine, à partir des principaux indices morphologiques afin d'émettre des hypothèses quant aux relations entre morphologie urbaine et validité du modèle de dilution.

I. LA DILUTION URBAINE : UNE NOTION POUR L'ANALYSE DE L'ETALEMENT URBAIN

Comment parler de la morphologie de la ville et de son étalement urbain? Doit-on partir de notions telles que la densité, la compacité, la fragmentation, le spectre morphologique ou encore la dilution ? Autant de questions qui méritent d'être posées. Pour certains, c'est la densité qui doit être prise en compte (Fouchier V. 1999). pour d'autres la densité est une notion fondamentale si on l'associe à la vitesse (Wiel M. 2002, Enault C. 2003).

1. La notion de dilution urbaine

D'un autre côté, on peut également arguer que la morphologie repose sur ce qui est visible et non une notion abstraite. La question doit alors être posée en d'autres termes. On parlera plus volontiers de compacité ou de dilution (C.Enault, 2004). Nous nous positionnerons dans cette optique pour toute la suite de notre étude. Nous la définirons comme une concentration génératrice de désagrégation.

Dans les faits, on observe que le passage de l'urbain au rural s'effectue selon une transition douce définie par David J. (1985) comme un continuum. Cette logique associant les espaces périurbains et les zones plus centrales de l'agglomération repose en conséquence sur l'idée de continuité. Notons que c'est également ce que proposent les modèles de densité résidentielle. Il est possible de la mesurer en fonction de la part du bâti dans son rapport avec la distance au centre. Une fonction est en mesure de répondre aux exigences de cette transition douce avec deux asymptotes horizontales : le modèle logistique.

2. Le modèle de dilution

La fonction est classiquement utilisée en géographie pour mettre en évidence les phénomènes de diffusion spatiale. Le modèle logistique est décrit par D.Pumain et T.St Julien (2001) dans le cadre de l'évolution des populations entre un minimum et un maximum, selon une croissance de type exponentielle : « la variation absolue s'effectuera entre un niveau X_0 atteint au temps t_0 , et un niveau N indépassable ».

La variation d'une fonction X , dX est alors dépendante d'une limite N . L'expression du modèle logistique repose sur une relation de type différentiel :

$$\frac{dX}{dt} = A\left(1 - \frac{X}{N}\right)X \quad [1]$$

La résolution de cette égalité conduit à la relation suivante :

$$X(t) = \frac{N}{1 + e^{-At + X_0}} \quad [2]$$

Cette expression est la forme première de la fonction logistique. Elle peut être qualifiée de croissante.

Il existe toutefois un second modèle pour la forme décroissante. Il repose sur la relation différentielle suivante :

$$\frac{dD_i}{dx} = -\omega\left(1 - \frac{D_i}{N}\right)D_i \quad [3]$$

La solution de cette équation est :

$$D_i(x) = \frac{Ne^{-\omega x + p}}{1 + e^{-\omega x + p}} \quad [4]$$

où x est la variable, $D_i(x)$ la fonction logistique de x , N le niveau de saturation indépassable, ω le gradient de pente du modèle logistique et enfin p le paramètre d'éloignement de l'axe des ordonnées.

Dynamique de la dilution

Dans le temps, la transition entre l'urbain et le rural se modifie passant d'une rupture à un continuum (fig. 1). Cette mutation peut définir la dilution de l'urbain ou le passage des franges, à l'origine nettes et tranchées, à des territoires flous. Il est évident que les limites de la ville, dans les premiers temps de nature plus régulières, vont tendre à se fractaliser; la taille de l'espace de transition s'accroît (fig. 1). Notons que le facteur ω représente le gradient de dilution. D'un point de vue dynamique, ω est une relation décroissante du temps à l'évidence non-linéaire, p est une fonction croissante du temps et aussi, et surtout, varie en sens inverse de ω . Cela signifie, d'un point de vue géographique, que la dilution du bâti s'accroît avec le temps (diminution du gradient ω) et que l'étalement continu du bâti progresse (augmentation de p).

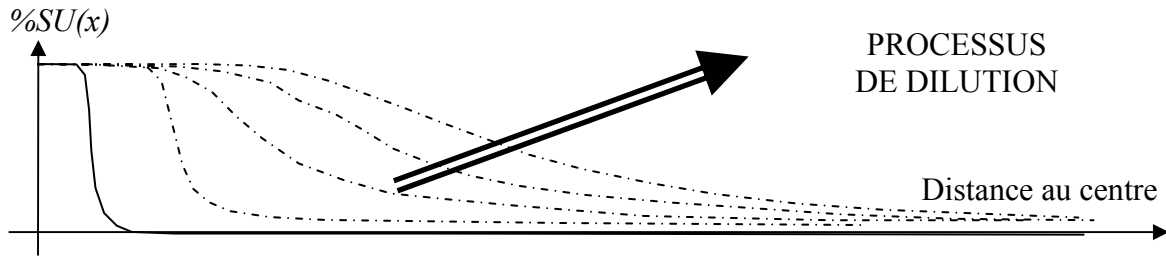


Figure 1 : la dilution de l'urbain

A l'origine des cités, le bâti est constitué de quelques maisons dont il semble peu probable qu'elles soient disposées en un cercle parfait. La rupture totale et franche entre rural et urbain n'existe alors théoriquement jamais et il apparaît toujours une transition plus ou moins douce entre les deux mondes : le facteur ω , lorsque t (la date) tend vers moins l'infini, ne tend pas vers plus l'infini mais admet plutôt une asymptote w_0 . Par la suite, à mesure que le périmètre croît et devient plus irrégulier, l'espace de transition augmente et, comme la surface suit une logique de type exponentiel, le taux de décroissance de ω n'est de ce fait pas constant. Si l'on étend le raisonnement aux périodes postérieures, il arrive un moment où le paramètre ω tendra vers 0, à force de décroître, ce qui suppose une homogénéité spatiale, une répartition relativement uniforme des populations, soit une quasi absence de gradient centre périphérie,

Mathématiquement, ω ne peut jamais être négatif et, en revanche, peut tendre vers 0, suivant une asymptote quand t tend vers plus l'infini. Ce profil de la dynamique de ω à double palier (limite supérieure et asymptote en plus l'infini), à transition exponentielle, est alors une fonction logistique.

Il est ainsi possible d'exprimer un modèle dynamique, en utilisant la relation [4] :

$$D_i(t,x) = \frac{Ne^{-w(t)(x+p(x))}}{1 + e^{-w(t)(x+p(x))}} [5]$$

Où $D_i(t,x)$ est le pourcentage de surface bâtie en fonction de la distance au centre (x) et des paramètres $w(t)$ coefficient de dilution dynamisé et $p(t)$ coefficient d'étalement dynamisé.

3. Application du modèle à l'agglomération dijonnaise

L'idée générale de ce modèle est de rendre compte le plus simplement possible de la forme de la ville. Nous partons d'une carte des espaces bâtis en en 1995 (fig. 2).

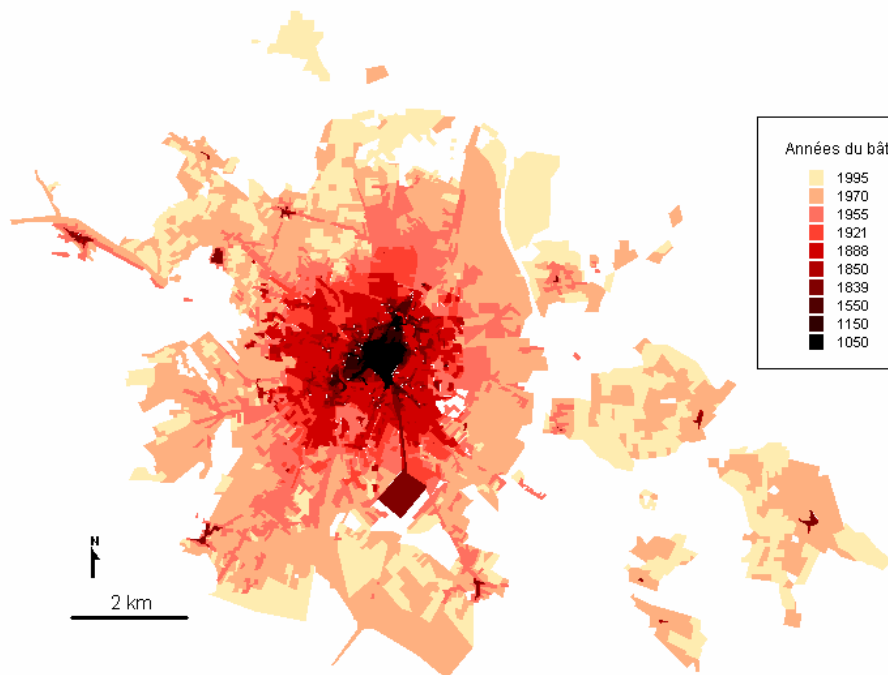


Figure 2 : Croissance surfacique de l'agglomération dijonnaise de 1050 à 1995

A partir du centre fixé a priori place de la Libération (devant la mairie au centre de la tache noire de 1050), nous avons construit des couronnes de pas 100 m. Nous avons ensuite découpé le bâti en fonction de ces dernières puis dans une requête SQL, nous avons retenu les surfaces totales de chaque couronne ainsi que celle des zones bâties découpées. La table obtenue est exportée dans un tableur. En divisant les surfaces des zones bâties découpées par la surface totale des couronnes, on obtient aisément le pourcentage de surface bâtie. On peut alors construire un nuage de points du bâti et ainsi déterminer la fonction logistique par ajustement selon l'expression [5]. Elle repose sur une linéarisation de l'expression [4] soit :

$$\text{Ln}\left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)}\right) = \omega x + p [5]$$

Dans cette expression, ω désigne le paramètre de dilution, p le paramètre d'étalement, N le maximum de la fonction à proximité du centre, x la distance au centre et $D_i(x)$ le pourcentage de surface bâtie assimilable au niveau de dilution.

Cette opération entreprise pour une couche d'informations est reproduite pour les différentes dates du bâti de 1050 à nos jours. On obtient alors une courbe logistique par date (fig. 3).

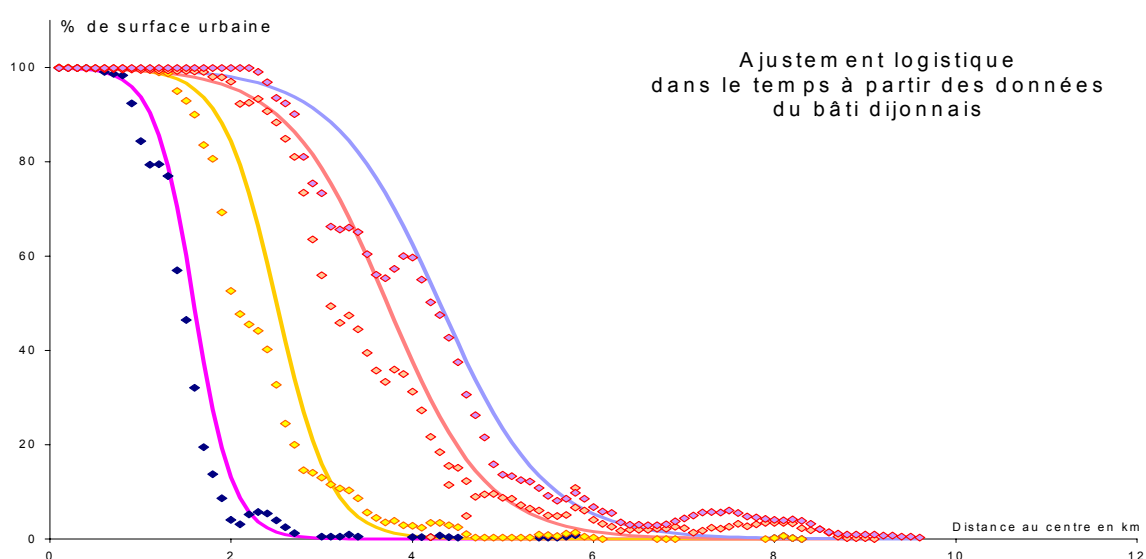


Figure 3 : Etalement et dilution du bâti de l'agglomération dijonnaise

Entre 1050 et 1995, le bâti a changé fondamentalement de morphologie, passant de la pure compacité de la ville monobloc (vers le centre ville) à la fragmentation. Cela signifie en clair que le bâti se désagrège à mesure que l'on s'éloigne du centre. Si à proximité du noyau, l'espace est fortement occupé par les tissus urbains, ce n'est plus le cas de la périphérie où alternent zones construites et espaces bâtis. Avec le temps, on perçoit un basculement de la courbe vers l'horizontale, ce qui traduit un accroissement du domaine où se mélangent le bâti et le non-bâti. Parallèlement, la partie centrale compacte entièrement bâtie s'est étendue. On assiste ainsi, conformément à ce que nous avons pu évoquer dans la partie théorique, à une dilution (accroissement de la zone de mélange) et un étalement de l'urbain (élargissement de l'aire compacte centrale).

Après une étude diachronique sur une ville, on est en droit de se demander si le modèle fonctionne pour la seule agglomération dijonnaise ou au contraire s'il est généralisable.

II. GENERALISATION DU MODELE A UNE ECHANTILLON DE 25 VILLES FRANÇAISES

Constatant que le modèle de dilution fonctionnait bien dans le temps pour l'agglomération dijonnaise et s'appuyant sur les travaux M.Guerois et de C.Weber, nous souhaitons tester notre modèle sur un certain nombre de villes françaises. Constatant également que la résolution de CORINE LAND COVER n'était pas assez précise, nous avons fait le choix d'une vectorisation à l'échelle de cartes au 1/25000 en dépit du temps de collecte et de préparation des données. Nous proposons à présent de présenter sommairement notre échantillon.

1. Composition de l'échantillon

Nous nous sommes fixé un échantillon de 25 villes françaises moyennes ou grandes pour tester notre modèle. La première question tient à la nature de l'échantillon. Sur les 25 villes, nous nous devons de les prendre toutes assez fondamentalement différentes morphologiquement et en terme de taille. Il en ressort une typologie en cinq sous-groupes : villes isotropes et fluviales, villes anisotropes et littorales, villes anisotropes et fluviales, villes isotropes et villes anisotropes.

Au niveau de la répartition dans les différentes classes, nous observons une quasi-égalité entre les villes isotropes (13) et anisotropes (12). Les villes fluviales sont bien représentées avec 14 cas contre 7 villes sans fleuve et 3 villes côtières.

Du point de vue de la taille des villes, nous avons une moyenne de population de 177219.52 habitants, un minimum observé pour Le Creusot (37576) et un maximum pour Nantes avec (544932 habitants). Plus spécifiquement, nous avons une surreprésentation des villes moyennes avec 14 villes entre 37000 et 150000 habitants et une égalité entre les villes entre 150000 et 250000 (6 cas) et les agglomérations de plus de 250000 (5 villes).

Notons que géographiquement, les villes sont assez bien réparties. Le tableau suivant en donne une description (tab. 1).

Nom	R ² dilution	Nom	R ² dilution
Le Creusot	0.8932	Dunkerque	0.7685
Narbonne	0.8646	Reims	0.9314
Arles	0.8982	Angers	0.9437
Agen	0.9511	Clermont-Ferrand	0.9532
Cherbourg	0.92	Rennes	0.9163
Angoulême	0.8741	Nancy	0.9351
Chambery	0.9151	Nantes	0.9557
Lorient	0.9476	Auxerre	0.8217
Valence	0.8134	Colmar	0.9164
Troyes	0.9378	Dijon	0.946
Besançon	0.8586	Le Mans	0.8634
Nimes	0.9417	Strasbourg	0.8814
		Le havre	0.854

Tableau 1 : Composition de l'échantillon

2. Méthodologie d'application du modèle

La méthodologie se décompose en trois parties :

- 1) la collecte et la préparation des données
- 2) Le traitement SIG des cartes
- 3) L'analyse statistique des données et l'ajustement du modèle

2.1. La collecte et la préparation des cartes

L'ensemble des données vectorisées est issu de cartes au 1/25000. Le nombre de ces dernières dépend en réalité de la taille de l'agglomération considérée. Ainsi, pour une ville de la taille de Dijon, il sera nécessaire de numériser une carte alors que pour Nantes, il faudra analyser 4 cartes. Par ailleurs, subsiste le problème des villes coupées en deux.

Le principe est somme toute assez classique reposant sur une numérisation de parties de chaque carte puis au calage des différentes images dans le SIG.

A cette étape, reste la phase la plus délicate concernant la collecte des données, la numérisation du bâti. Sont considérés comme bâti l'ensemble des espaces situés à une distance de moins de 50m d'une habitation ou d'un bâtiment quelconque. Notons, à ce titre, que d'autres espaces que les constructions au sens strict du terme ont été ajoutées. Ainsi, les parcs et espaces verts sont inclus dans les zones bâties. Les routes et aires de stockage et plus généralement les territoires dédiés au transport (gare, voies ferrées, autoroute, route...) dans la mesure où ils sont à proximité des habitations et autres bâtiments. Les surfaces en eau sont toutefois laissées de côté.

De fait, l'agglomération est réduite alors à du bâti détourné. Naturellement, il peut arriver que l'agglomération ne soit pas composée que d'un objet.

2.2. Le traitement SIG des cartes

A cette étape, nous disposons d'une base cartographique composée du bâti de 25 villes. Pour chaque carte, nous avons appliqué la même méthodologie.

a) Dans l'éventualité où le bâti est disjoint (ce qui est quasiment toujours le cas), il est nécessaire d'assembler tous les objets.

- sélection de tous les objets
- couche à rendre modifiable
- assemblage des objets

b) La seconde étape réside dans le choix du point d'origine. Deux possibilités ont pu être envisagées, la première plus lourde, pour Dijon uniquement et la seconde pour l'ensemble de l'échantillon.

- dans le cas de Dijon, nous avons eu recours aux données de population à l'îlot. Notre objectif était de calculer un point en fonction des grandes masses de population. Pour ce faire, nous avons calculé le barycentre des populations des îlots du centre ville. Les coordonnées calculées nous ont donné un point quasiment confondu avec l'isobarycentre du centre historique.

- observant ce fait sur Dijon, nous avons cherché à réduire le temps et la lourdeur des données d'entrée en ne conservant comme critère finalement que la localisation du point au cœur du centre historique. Pour des questions de commodité et parce que dans certains cas, il était impossible de déterminer précisément la surface du centre historique, nous avons choisi systématiquement la mairie de la ville centre comme point central et non l'isobarycentre du centre historique.

c) La troisième phase est la mise en place de couronnes autour du point central. Le problème est à ce niveau le choix du pas de calcul des couronnes : que prendre ? 10m, 20m, 50m, 100m voire plus. Au début, nous avons eu l'idée que ce pas devait être fixe et puis finalement, nous nous sommes aperçu, en faisant plusieurs essais avec des couronnes de tailles variables, que nous obtenions des résultats assez voisins (compte tenu du fait que l'échelle de la carte de base restait pour l'ensemble de l'échantillon du 1/25000). En conséquence, il ne servait à rien de prendre des couronnes de petites tailles pour de très grandes agglomérations. Nous pouvons regrouper les pas de couronnes en trois catégories : pour les villes de petite taille (Le Creusot, Narbonne...), le pas était de 10m, pour les agglomérations plus importantes (Valence, Lorient...), nous avons fait le choix de 50m et enfin pour les grandes villes (Nantes, Dijon...), ce dernier était de 100m. En réalité, le choix était fonction de la distance moyenne du rayon urbanisé.

d) La quatrième étape est un overlay entre la surface bâtie et les couronnes. Le bâti est donc découpé en fonction des couronnes. Il est alors possible de calculer la surface bâtie de chaque couronne.

e) La cinquième étape est une requête SQL qui permet d'associer pour chaque couronne, la surface totale de la couronne ainsi que la surface couverte par le bâti avec la distance au centre. Cette opération est possible par le biais de l'opérateur géographique « inclus dans ».

2.3. Analyse statistique des données

Après une exportation de la base de données sur le bâti dans un tableau, on calcule le pourcentage de surface bâtie par couronne. Il est alors aisé de le mettre en relation avec la distance au centre.

L'ajustement des données se réalise par l'intermédiaire d'une régression logistique reposant sur l'expression [5]. On obtient alors un R^2 sur la fonction linéarisée qui n'est autre que le R^2 de l'ajustement logistique.

3. Validité du modèle : analyse des R^2

Statistiquement, le test sur l'échantillon laisse apparaître un bon ajustement voire un très bon ajustement de notre modèle avec un coefficient moyen de détermination de 0.9009 avec un minimum observé pour Dunkerque avec 0.7685 et un maximum de 0.9557 pour Nantes.

A présent, si l'on calcule les coefficients de détermination par type de ville défini qualitativement, on en déduit que les villes radioconcentriques isotropes semblent répondre bien mieux que les autres à notre modèle, le facteur perturbateur principal semble être l'anisotropie. La moyenne des villes isotropes est de 0.9446 contre 0.9082 pour les villes anisotropes. Par ailleurs, des facteurs supplémentaires de perturbation semblent être par ordre de grandeur le fait pour une ville d'être fluviale et enfin côtière.

Un autre élément doit être évoqué. Nous émettons l'hypothèse que la position du point central paraît agir également de façon déterminante sur l'ajustement du modèle et donc sur la nature de la décroissance du modèle logistique du centre vers la périphérie. Or, dans la plupart de nos villes européennes, et l'on pourrait ajouter dans la quasi totalité des villes du monde, le centre historique ne se situe pas en périphérie. En conséquence, on peut imaginer que le modèle logistique s'ajuste également pour les villes américaines. Notons à ce titre que le profil mettant en relation la distance au centre avec le pourcentage de surface bâtie a pu être étudié pour un échantillon beaucoup plus grand que le notre et un territoire également plus important, celui de l'Europe (M.Guerois 2003).

L'auteur obtient un profil similaire et ce quelque soit la taille de la ville considérée en Europe (notons à ce sujet qu'une simple régression entre la population et le R^2 du modèle de dilution nous montre qu'il n'existe pas de lien significatif, autrement dit, la fiabilité du modèle semble indépendante de la population de l'agglomération (coef. de détermination de 0.0619) et nous pouvons rajouter de la surface de l'agglomération avec une corrélation faible entre la limite moyenne urbaine et le R^2 de dilution: coef. de détermination de 0.0421).

Dernier élément à envisager : le cas des villes polycentriques. Comment peut-on étudier des conurbations comme Lille-Roubaix-Tourcoing ? Comme, il n'y a pas de centre unique, il n'est pas possible d'envisager d'organisation de nature centre-périphérie, notre modèle ne peut pas conséquent pas fonctionner dans ces cas précis.

L'approche par le pourcentage de surface bâtie semble être une bonne entrée pour l'analyse de la morphologie urbaine. Tant d'un point de vue temporelle que statique avec une généralisation à un échantillon de 25 villes, nous avons pu observer la relative robustesse de ce modèle. La question de la validité ne se pose donc plus d'autant plus que des études à l'échelle européenne laissent augurer une grande fiabilité. Le problème posé est donc plus en terme de perturbation ; autrement dit quelles sont les éléments qui contribuent à diminuer le R^2 de notre forme logistique ? Une première approche qualitative émet l'idée que c'est l'anisotropie urbaine qui influe le plus sur la le R^2 . D'autres hypothèses sont également émises quant à la position du point central. Par ailleurs, il semble exclu que la population ou la taille de l'agglomération joue un rôle quelconque dans le calcul du R^2 . La partie suivante se propose d'analyser plus précisément la forme urbaine et de la mettre en relation avec la qualité de l'ajustement.

III. TYPOLOGIE DE L'ECHANTILLON ET ANALYSE DES PERTURBATIONS DU MODELE

L'étude de la forme des villes repose principalement sur les indices morphologiques.

1. Les indices de forme des agglomérations et gradation des facteurs perturbateur du modèle

Les premiers indices statistiques ont été développés dans les années 50 et 60. Il est possible de regrouper ces indices en deux catégories : les indices « arithmétiques » de compacité et d'élongation et les indices « géométriques ». De l'ensemble de ces indices, nous en retiendrons trois :

- l'indice I1, retenu par M.Guerois (2003), variante de l'indice de Gravelius (1963) : $I1 = 4\pi A/P^2$ (avec A l'aire et P le périmètre)
- l'indice I2, lui aussi retenu par M.Guerois (2003), s'inspirant de l'indice de Stoddart (1965)
- enfin un indice I3 (fig. 3), que nous proposons. Il s'agit d'un indice d'étalement dissymétrique. Il mesure en premier lieu le plus grand rayon bâti passant par le centre, ensuite on mesure à partir du centre sur cet axe, la plus grande longueur (L_{max}) et la plus petite (L_{min}). L'indice réalise le rapport entre L_{min} et L_{max} . Un indice proche de 0 sera le signe que la plus grande longueur est infiniment plus longue que L_{min} . En somme, l'étalement est très fortement dissymétrique. En revanche si l'indice est proche de 1, la ville est symétrique, avec 0.5, la ville s'étale deux fois plus vite dans un sens que dans l'autre.

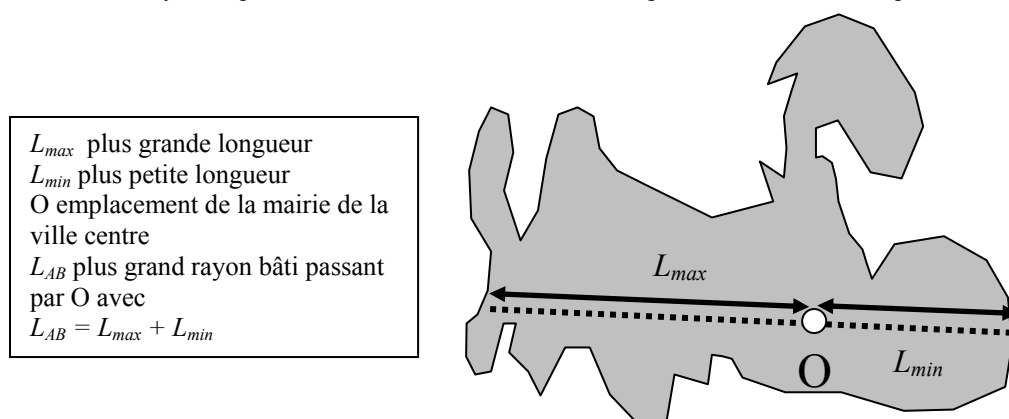


Figure 4 : Calcul de l'indice I3

Après le calcul des différents indices pour l'ensemble de nos agglomérations, il nous restait le problème du choix de l'indice servant à la typologie. Nous avons alors établi des régressions entre le R² du modèle de dilution et les indices (tab. 2).

Indice	I1	I2	I3
Coef de déterm. du R ²	0.0173	0.1331	0.061

Tableau 2 : R² des corrélations entre le R² de la dilution et les différents indices

Nous en déduisons que l'indice I2 contribue le plus à la perturbation du modèle de dilution, suivi de très loin par l'indice I1 et enfin l'indice I3.

Plus concrètement, il existe une corrélation négative entre le R² du modèle de dilution et I1, on en déduit que plus la ville est indentée, plus le modèle est fiable.

Un I2 faible va de pair avec un R² de dilution faible. En somme, l'anisotropie est le facteur le plus perturbant pour notre modèle.

Si l'on considère à présent, l'indice I3, un faible I3 suppose un R² de dilution faible et inversement. On en conclut que l'étalement dissymétrique est également un facteur perturbant pour le modèle mais toutefois moins important que l'anisotropie.

En essayant à présent de dégager une hiérarchie et quantifier les contributions respectives, on note que le facteur le plus important (l'anisotropie) est 2.15 fois plus important que l'étalement dissymétrique donc la position du point central et 7.6 fois plus important que l'indentation de l'agglomération.

villes	UUA	Périmètre	Surface	L1	L2	Lmin	Lmax	I1	I2	I3	R ²	classe I1	MoyR ₂	Classe I3	MoyR ²	
Dunkerque	191173	133.6	47.29	14.5	7.17	6.19	8.05	0.033	0.4945	0.77	0.7685	CLALL	0.8864	CLALLDIS	0.875	
Cherbourg	89704	98.93	25.41	11.53	5.92	3.89	6.62	0.033	0.5134	0.59	0.92					
Colmar	86832	85.49	26.87	12.78	6.81	2.88	6.54	0.046	0.5329	0.44	0.9164					
Le Creusot	37576	72.91	12.63	7.5	4.49	3.68	4.05	0.03	0.5987	0.91	0.8932					
Narbonne	46510	35.35	9.38	5.66	3.55	1.76	3.32	0.094	0.6272	0.53	0.8646			CLALLSYM		0.898
Nantes	544932	471.8	158.4	28	17.78	7.24	15	0.009	0.635	0.48	0.9557					
Agen	64488	123.9	21.1	12.82	8.19	3.53	7.69	0.017	0.6388	0.46	0.9511					
Auxerre	40945	70.62	17.06	8.82	5.82	1.56	6.69	0.043	0.6599	0.23	0.8217					
Chambery	113457	124.6	38.82	12.71	8.4	5.38	6.24	0.031	0.6609	0.86	0.9151	CLINTE RM	0.8897	CLINTE RMDIS	0.894	
Troyes	128945	111	37.97	12.58	8.43	6.09	6.31	0.039	0.6701	0.97	0.9378					
Valence	117448	121.7	38.84	12.63	8.47	3.4	9.38	0.033	0.6706	0.36	0.8134					
Le Havre	248547	299.8	63.61	18.96	13.01	0.7	15.4	0.009	0.6862	0.05	0.8554					
Dijon	236953	170.2	61.03	16.26	11.76	4.35	9.55	0.026	0.7232	0.46	0.946			CLINTE RMSYM		0.885
Angoulême	103746	145.7	37.66	13.02	9.42	4.67	7.29	0.022	0.7235	0.64	0.8741					
Le Mans	194825	266.6	64.26	15.33	12.11	3.01	10.3	0.011	0.79	0.29	0.8634					
Besançon	134376	209.1	47.7	14.67	11.79	6.48	8.74	0.014	0.8037	0.74	0.8586					
Angers	226843	185.3	64.15	14.26	12.64	5.01	7.81	0.023	0.8864	0.64	0.9437	CLRON D	0.9256	CLRON DDIS	0.94	
Clermont Ferrand	258541	200.3	61.86	14.77	13.41	3.63	9.82	0.019	0.9079	0.37	0.9532					
Lorient	116174	174.5	33.77	13.74	12.59	6.87	6.95	0.014	0.9163	0.99	0.9476					
Rennes	272263	196.3	60.29	16.64	15.96	5.97	10.2	0.02	0.9591	0.59	0.9163					
Nîmes	148889	113.7	49.26	11.53	11.07	5.05	5.97	0.048	0.9601	0.85	0.9417			CLRON DSYM		0.912
Reims	215581	118.8	36.32	9.78	9.39	4.16	4.81	0.032	0.9601	0.86	0.9314					
Arles	53057	96.25	17.86	8.27	7.98	3.22	5.03	0.024	0.9649	0.64	0.8982					
Nancy	331363	116.1	47.11	10.64	10.49	3.48	6.52	0.044	0.9859	0.53	0.9351					
Strasbourg	427245	356.4	84.72	17.08	17.06	5.95	8.28	0.008	0.9988	0.72	0.8814					

Tableau 3 : calcul des indices I1, I2 et I3 et résultat de la typologie

2. Typologie morphologique de l'échantillon

Notre méthodologie repose sur un principe très simple. Nous avons choisi, pour établir des classes le facteur le plus significatif, autrement dit l'étirement ou encore l'anisotropie. Nous en déduisons trois classes, les villes étirées (CLALL : Dunkerque, Cherbourg, Colmar, Le Creusot, Narbonne, Nantes, Agen, Auxerre), les villes intermédiaires (CLINTERM : Chambéry, Troyes, Valence, Le Havre, Dijon, Angoulême, Le Mans, Besançon, Angers) et enfin les isotropes (CLROND : Clermont Ferrand, Lorient, Rennes, Nîmes, Reims, Arles, Nancy, Strasbourg). La moyenne des R^2 de dilution de la première catégorie nous donne la plus faible valeur avec 0.886, la seconde classe oscille autour de 0.89 et enfin la troisième se distingue très nettement avec 0.925. Ces résultats confirment nos analyses de régression.

La seconde étape a été de classer chaque type de ville en fonction de la valeur de I3 (second indice le plus significatif). Il apparaît que l'on ne retrouve pas significativement de logique de classe. Il semble difficile d'en tirer des conclusions. Toutefois, on note que pour les villes étirées, le fait d'avoir un étalement dissymétrique, renforce un peu plus la perturbation du modèle.

Pour les villes intermédiaires, il n'y a pas d'influence de l'étalement dissymétrique alors que pour les villes isotropes, il semble qu'au contraire le fait d'avoir un étalement dissymétrique entraînerait une amélioration du R^2 de dilution (relativisons très fortement cet élément en arguant que chaque moyenne de R^2 porte sur un très faible nombre d'individus).

CONCLUSION

Au delà de l'approche fonctionnaliste des densités, soumise à bien des controverses de la part des géographes, l'étude de l'étalement urbain par la notion de dilution reposant sur la densité de bâti apparaît comme un bon moyen de modéliser simplement la dynamique des tissus urbains. La simple fonction logistique suffit à rendre compte d'un phénomène qui n'est autre qu'un processus de diffusion spatiale. A l'aide de ce modèle somme toute assez classique, nous ne fixons pas de limite à la ville. Des territoires flous servent ainsi à décrire et simuler l'espace urbain. Par définition, nous ne sommes jamais ni réellement dans le bâti pur ni dans le rural pur. Les aires urbanisées ne sont que des taches bâties diluées.

Fonctionnant assurément dans le temps pour la ville de Dijon, son agglomération et son aire urbaine (un article en cours de publication en fait état) mais selon des modalités assez différentes, le modèle pourrait n'être qu'adapté à un cas ou à un type de ville (le type radioconcentrique) et pourtant, il n'en est rien. En effet, testé sur un échantillon de 24 autres agglomérations françaises que Dijon, toutes différentes du point de vue de la surface, de la population et de la morphologie, le modèle logistique décroissant conserve sa validité avec de très bons ajustements.

L'étape supplémentaire a été ensuite, à partir des coefficients d'ajustement, d'essayer de comprendre quelles pouvaient être les perturbations du modèle. Plusieurs voies ont été explorées et ont montré que d'une part, la population n'était en aucun cas significative de la qualité de l'ajustement et d'autre part que la surface urbaine ne l'était également pas. Comme, le modèle reposait sur le bâti, il semblait logique, en revanche, que ce soit la morphologie urbaine qui influe sur l'ajustement. L'analyse morphologique urbaine a permis en premier lieu de définir des indices servant de base à des régressions avec les R^2 du modèle de dilution : l'anisotropie est apparu comme le principal facteur perturbateur du modèle, suivie de l'étalement dissymétrique (s'apparentant à la position du point central) et en dernier de l'indentation de la ville. Fort de ce classement, une typologie a pu être dressée pour l'échantillon des 25 villes.

Notre propos, à travers le modèle de dilution, ouvre de nouvelles voies pour l'analyse de l'étalement urbain sans toutefois en révolutionner son étude. Il contribue à une meilleure connaissance des limites de la ville et de la morphologie urbaine. Pourtant cette fonction ne représente qu'une étape dans la constitution d'un modèle encore plus efficient reposant sur la notion de bâti cumulé.

BIBLIOGRAPHIE

- BUSSIERE R. 1975 – *Interactions urbaines. Le modèle de la CRU*, Annales 1975, Centre de recherche d'urbanisme
- CLARK C. 1951 – Urban population densities, *Journal of the royal Statistical Society serie A*, n°114, p. 490-496
- DAVID J. 1985 – Les périphéries urbaines : nouvel espace ou discours ?, *Les périphéries urbaines*, acte de colloque Angers, géographie sociale, p. 259-262

- ENAULT C. 2003 - *Vitesse, accessibilité et étalement urbain ; analyse et application à l'aire urbaine dijonnaise*, thèse de doctorat en géographie université de Bourgogne
- ENAULT C. 2003, « Vitesse automobile et étalement urbain dans l'aire urbaine dijonnaise », *XXXIX^{ième} colloque de l'ASRDLF concentration et ségrégation*, Lyon, LET, ENTPE
- ENAULT C. 2004, Modéliser la forme urbaine par une fonction logistique, analyse de l'étalement urbain à partir de la notion de dilution, *colloque géoport la forme en géographie*, Avignon, 1 et 2 juin 2004
- FOUCHIER V. & al. 1999 – Ville, densités urbaines et développement durable, ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement
- FRANKHAUSER P. 1994 – *Les fractalités des structures urbaines*, Anthropos, Paris
- FRANKHAUSER P. 1997 – L'approche fractale : un nouvel outil de réflexion dans l'analyse spatiale des agglomérations urbaines, *Population*, n°4, p. 1005-1040
- GUEROIS M. 2003, *Les formes des villes européennes vues du ciel. Une contribution de l'image Corine à la comparaison des grandes villes d'Europe occidentale*, thèse de doctorat en géographie, université de Paris I Panthéon Sorbonne
- GUEROIS M., 2003, « The shapes of West European cities from above », *Communication au 13th European Colloquium on Theoretical and Quantitative Geography*, Lucca, Italy, September 5-9.
- NEWLING B.E. 1969 - The spatial variation of urban population densities, *Geographical Review*, n°59, p. 242-252
- PEGUY P.Y. 2000 *Analyse économique des configurations urbaines et de leur étalement*, thèse de doctorat en sciences économiques, université de Lyon II
- PUMAIN D. & Saint Julien T. 1997 – *L'analyse spatiale*, Armand Colin, Cursus, collection géographie
- WEBER C., HIRSCH J. 2000 « Processus de croissance et limites urbaines », revue européenne de géographie, *Cybergeo*, n°158
- WIEL M. 2002 – *Ville et automobile*, Descartes & Cie, Paris
- WIEL M. 2003 « L'automobile et la ville : le rôle clé des vitesses automobiles », *communication au XXXIX^{ième} colloque de l'ASRDLF concentration et ségrégation*, Lyon, LET, ENTPE