

# DU MAILLAGE TERRITORIAL AU CARROYAGE : PROBLÉMATIQUE DE LA DÉSAGRÉGATION D'INFORMATIONS ZONALES.

Par Gilles LAJOIE

Maître de Conférences - Université de la Réunion

*Mots clés : maillage, carroyage, agrégation, désagrégation, géographie urbaine.*

## Introduction

Avec l'amélioration constante des outils géomatiques dont le Comité Français de Cartographie s'est fait l'écho dans un récent bulletin [n° 151-152 ; mars-juin 1997], les modes de représentation cartographique se diversifient et deviennent accessibles au plus grand nombre. On ne peut que se réjouir de cette évolution tant que les règles de la sémiologie graphique sont observées. Comme le rappellent utilement M. Béguin et D. Pumain en conclusion de leur incontournable ouvrage sur la représentation des données géographiques, " il importe d'être vigilant quant à la qualité des nouveaux produits, et au fait qu'ils respectent et intègrent les acquis de la cartographie classique, tant dans le domaine des principes de représentation que dans celui de l'efficacité visuelle. [...] La géographie ne saurait sans dommage oublier qu'elle est aussi une science des lieux, au moment où la cartographie en devient une expression multi-médiatique" [Béguin, Pumain, 1994].

Dans ce contexte, la cartographie par carroyage a fait son chemin comme une alternative graphique pour la représentation de données zonales mais ses fondements ainsi que ses potentialités comme outil de recherche et de communication de la carte nous semble encore trop méconnus. Notre propos ne sera pas de passer en revue les avantages désormais connus de ce mode de représentation [Lajoie, 1992 ; Guermond, Lajoie, 1996] mais de faire un point sur la notion de carroyage puis d'illustrer à l'aide d'exemples de nouvelles pistes de recherche pour la désagrégation de données zonales.

## 1 - La méthode du carroyage.

Désormais présente dans certains logiciels de cartographie numérique, "l'option" cartographie par carroyage mérite quelques réflexions qui peuvent être vues comme des précautions d'usage. La seule définition du mot est déjà riche d'enseignements.

*" Carroyage: méthode de rassemblement et de traitement de données en vue d'une exploitation statistique et carto-*

*graphique, consistant à découper l'étendue en carreaux égaux et repérés. Elle offre des avantages substantiels pour les données non numériques (présence / absence), par la possibilité de mettre en relation des variables relevant de domaines très différents, par la suppression des inégalités et configurations des maillages, par l'économie de moyens en ordinateur. L'inconvénient principal est la forme de l'image en mosaïque, mais celle-ci a ses charmes, et peut être corrigée par le lissage des résultats. Nombre de comptages et même des recensements sont faits, surtout en pays scandinaves et anglo-saxons, dans un carroyage standard. La France, réputée cartésienne en est fort loin "*

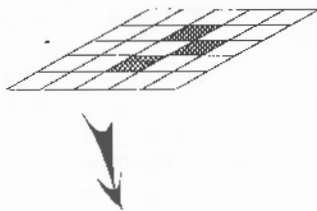
Cette riche définition extraite des fameux "Mots de la Géographie" de R. Brunet rappelle l'essentiel [Brunet, 94]. Alors qu'on assimile généralement le carroyage à " une image en mosaïque ", il s'agit surtout d'une méthode particulière couvrant la production des données (par recensement ou par transfert géométrique), leur stockage, leurs traitements et enfin leurs représentations statistiques et/ou cartographiques.

Plus qu'une image, le carroyage est avant tout un modèle de représentation de l'information géographique associant des réalités si variées qu'un problème de vocabulaire se pose. En effet, dans quelle mesure peut-on associer dans un seul et même corpus les carroyages des géomètres (Lambert, UTMG...), les grilles géométriques particulières issues de transferts de données zonales désagrégées, voire les images satellitaires en mode maillé ? Si le dénominateur commun peut être défini comme la composition en unités spatiales régulières de formes géométriques, la définition de leurs limites dans l'espace géographique et le sens que l'on peut leur accorder différencient nettement ces objets en plusieurs familles. C'est dans ce sens que S. Rimbert rappelle fort justement " qu'il ne faut pas confondre les grilles orthogonales avec les carroyages topo-géodésiques " [Rimbert, 1989]. Dans ce débat, P. Langlois propose de différencier nettement le carroyage de l'image. Dans le premier cas, l'espace est divisé en une partition de carreaux sur lesquels on peut définir une relation avec l'information géographique et dont les limites sont définies avec une précision beaucoup plus grande que la taille des carreaux eux-mêmes. A contrario, l'image est définie comme une partition spatiale composée de pixels dont les contours demeurent flous sur le terrain, la différenciation reposant en réalité sur la méthode d'acquisition de l'information géographique. [Langlois, 1993]

L'image composée de carreaux égaux n'est donc que la

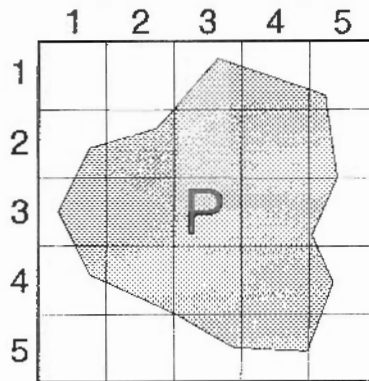
**Figure 1 : Les étapes du transfert géométrique d'une variable zonale**

**A : détermination d'un plan d'information simple (espace habité ou non habité)**



Définition d'une surface de densité SIMPLE (coefficient = 0 ou 1)

case	coefficient
(2,3)	1
(3,4)	1
(4,3)	1

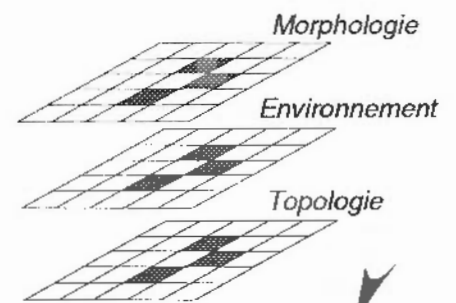


définition d'une surface de densité



**transfert géométrique de la variable associée au polygone P**

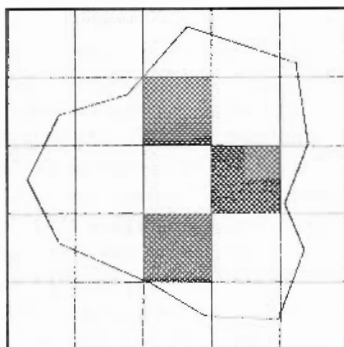
**B : détermination de plans d'informations complexes**



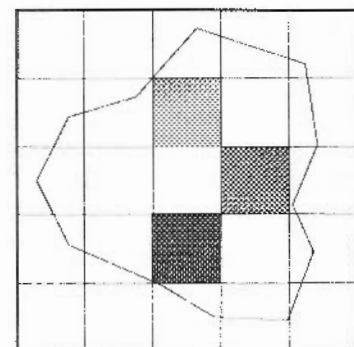
Définition d'une surface de densité COMPLEXE (coefficient = 0 à 255)

case	coefficient
(2,3)	x
(3,4)	y
(4,3)	z

**Transfert SIMPLE :** équirépartition de la variable dans 3 cases du carroyage qui constituent le sous-espace habité du polygone P

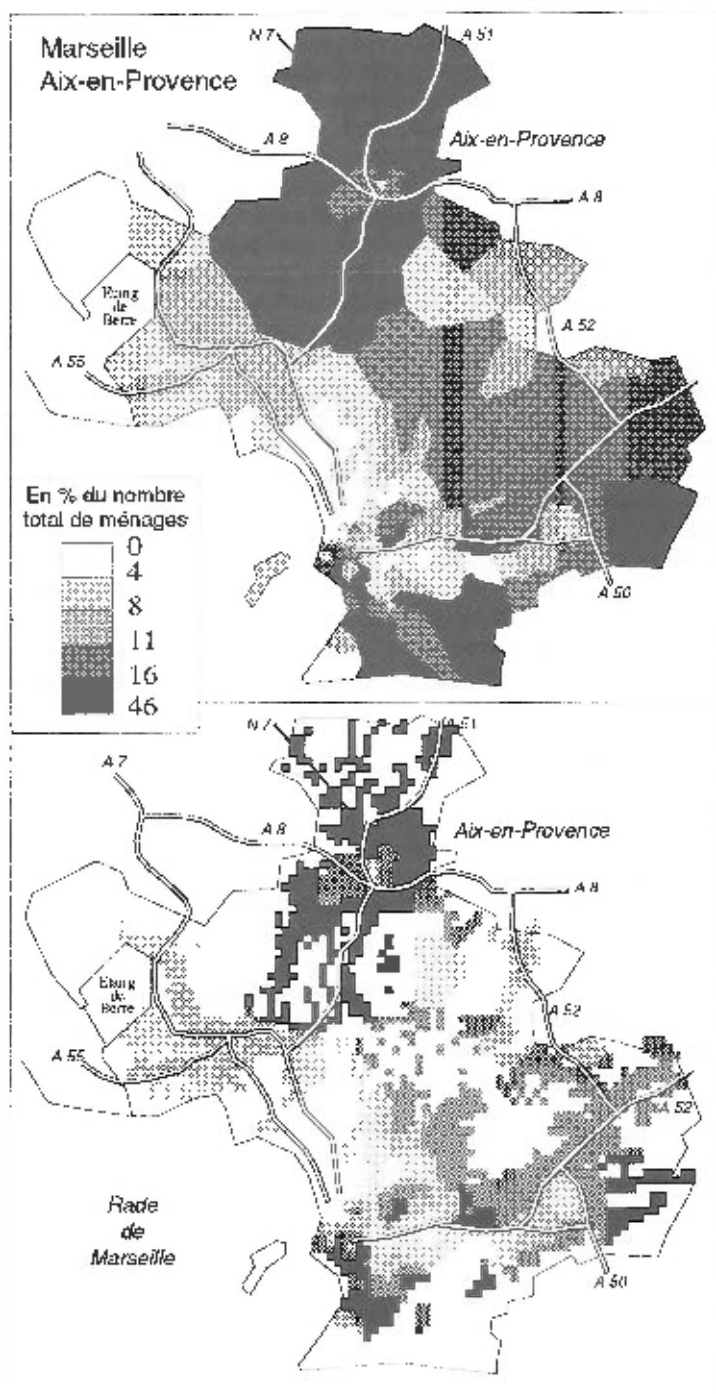


**Transfert COMPLEXE :** répartition différenciée de la variable dans 3 cases du carroyage qui constituent trois sous-espaces aux attributs différents (morphologie, environnement, topologie...)



**Figure 2**

Exemple de transfert simple de la variable "cadres et professions intellectuelles supérieures" dans l'unité urbaine de Marseille - Aix-en-Provence en 1990.



partie émergée de l'iceberg et ne dit rien des procédés qui ont conduit en amont à la production de données zonales réparties dans un maillage atypique appelé carroyage par souci de simplicité, mais qui produit dans le même temps une certaine ambiguïté...

## 2 - " L'option cartographie par carroyage " et ses risques.

Le pli étant pris, on parle donc de carroyage dans les logiciels de cartographie " automatique " pour désigner des grilles orthogonales qui constituent un cas très particulier de transfert géométrique de données zonales. En effet, ces carroyages résultent en réalité d'une désagrégation de l'information géographique de base contenue dans des unités spatiales de collectes souvent irrégulières (zonages administratifs) vers un maillage géométrique appelé par convention carroyage. Les données zonales sont donc " ventilées " des zones vers les carreaux en fonction des participations géométriques des unes aux autres. Le transfert s'effectue donc au prorata des surfaces incluses dans les carreaux du carroyage. Mais à ce niveau, le caractère " automatique " du transfert masque le plus souvent quelques problèmes essentiels qu'il convient de souligner.

En premier lieu, le choix du maillage géométrique n'est pas offert et le carroyage se compose invariablement de carrés égaux. Cependant, rien n'interdit de penser qu'une grille composée de triangles, de rectangles ou plus sûrement d'hexagones soit plus indiquée pour l'analyse de telle ou telle répartition spatiale. La constitution de plusieurs maillages a d'ailleurs été envisagée depuis longtemps en tant que tests pour distinguer des types de concentrations spatiales [A. Liebetrau & E. Rothman, 1977]. Ensuite, l'origine et l'orientation des grilles ne sont pas non plus discutées alors qu'elles décident en partie des résultats du transfert.

Mais c'est surtout le choix du " pas " (la dimension du côté du carreau) qui pose le principal problème. Comme le souligne R. Brunet dans " La carte, mode d'emploi ", ce choix est " le résultat d'un compromis entre le coût de l'information et la précision de l'image " [R. Brunet, 1987]. Il est bien évident qu'une maille trop grande, indépendamment de sa forme, opérera un lissage considérable des données, ce qui conduit à appauvrir l'information géographique.

A contrario, une maille très fine au regard du zonage initial ne pourra se justifier que si l'on imagine un transfert " intelligent " permettant de préciser les localisations des phénomènes ou des individus dans l'espace géographique. Sans transfert de ce type (transfert sélectif sur lequel on reviendra), on ne procède qu'à un émiettement de l'information géographique de base qui n'apporte rien en terme d'analyse spatiale. Comme on le verra plus tard, la solution du transfert sélectif demeure rare dans les logiciels autorisant la cartographie par carroyage.

Dans tous les cas, il semble clair que chaque étude d'une répartition spatiale pose un problème d'échelle et le géographe-cartographe doit chercher pour chaque cas la définition du maillage qui minimise la perte d'informations. On sait depuis longtemps l'importance de cette question puisque " les résultats d'une étude peuvent varier avec la taille de l'unité aréale choisie " [M.F. Cicéri, Marchand B., Rimbart S., 1977].

En second lieu, indépendamment du type de grille et de la définition spatiale adoptée, il est une contrainte rarement discutée : la disparition des limites géographiques. En effet, " l'option cartographie par carroyage " aboutissant de facto à l'abolition de toute frontière, il paraît essentiel que l'opérateur ait mené au préalable une réflexion sur le sens du maillage qu'il manipule. Selon l'échelle d'analyse et le thème abordé, il va sans dire que la frontière est plus ou moins significative.

Pour prendre deux cas extrêmes, les variables des recensements Insee par îlots urbains peuvent être transférées sans risque dans un carroyage plus ou moins fin dans la mesure où ces partitions techniques sont méconnues du plus grand nombre et n'ont pas toujours de sens d'un strict point de vue urbanistique. A contrario, on n'imagine mal une cartographie par carroyage des minorités ethniques en Bosnie-Herzégovine ou des implantations juives à Jérusalem-Est. A toutes les échelles, il est des frontières qui comptent...

En dernier lieu, une question plus théorique doit être abordée qui a trait au type de données que l'on manipule. En effet, les variables que l'on désire transférer dans un carroyage doivent être impérativement mesurables par rapport à l'espace. En d'autres termes, il doit s'agir de variables quantitatives pouvant être exprimées sous la forme d'une densité. Ainsi, la population totale ou le nombre de logements sont des variables " carroyables " car il est possible de déterminer une densité en un point quelconque de l'espace géographique en divisant la valeur des variables par les surfaces sur lesquelles elles ont été recensées.

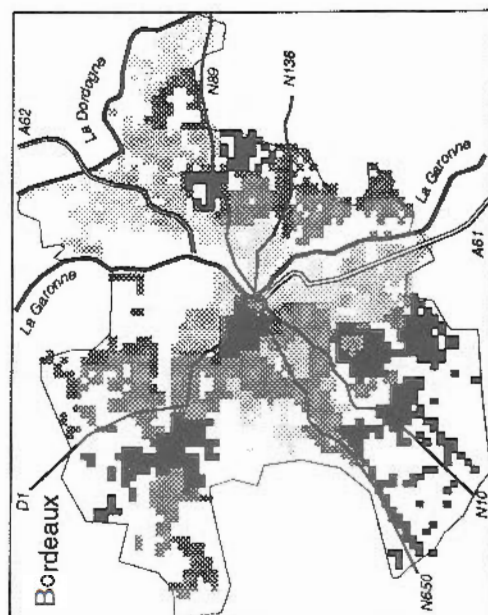
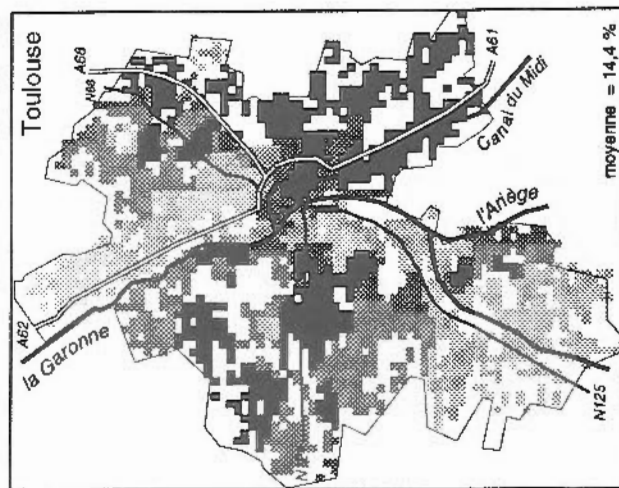
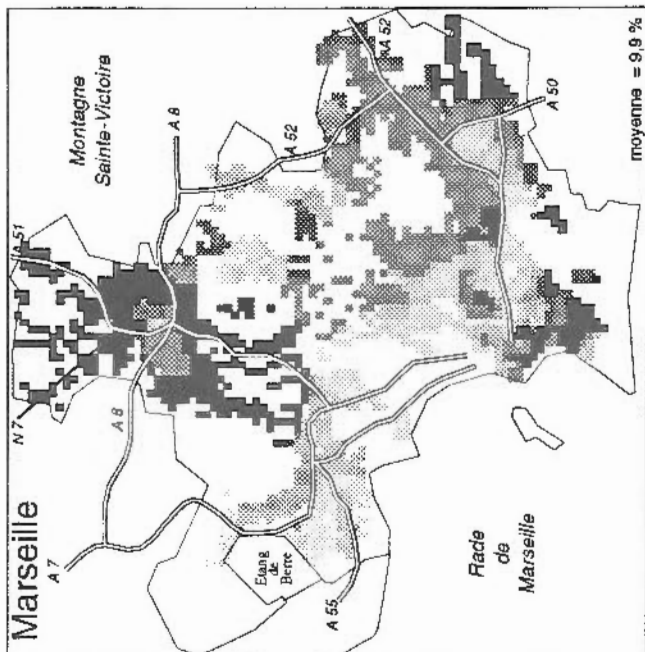
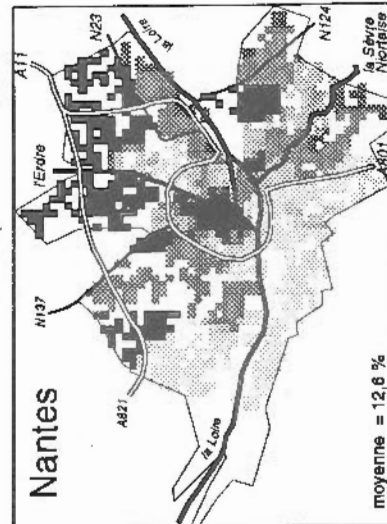
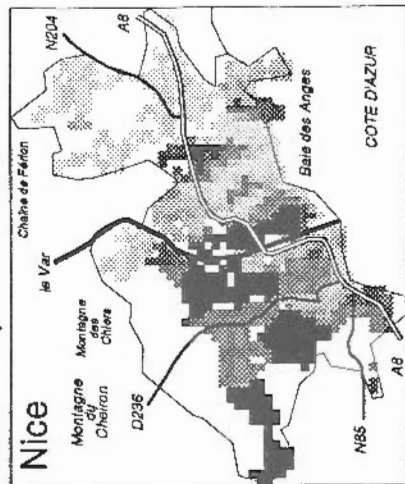
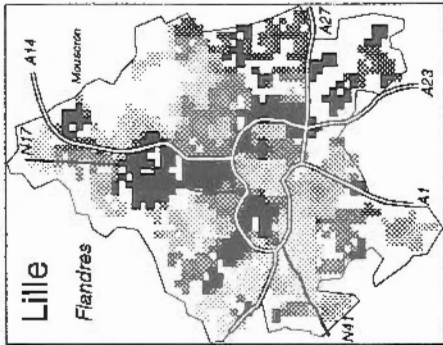
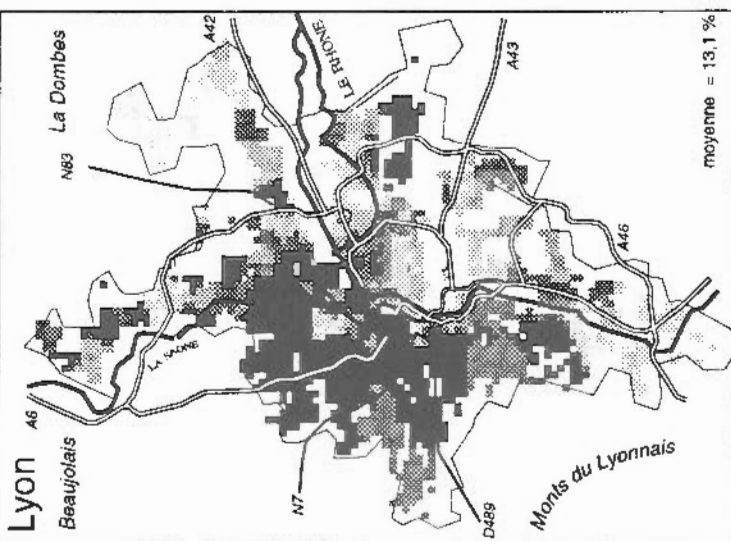
En fait, une telle évaluation aboutit à une représentation très lointaine de la réalité qui figure des densités homogènes sur l'ensemble de la zone et qui changent brutalement dès la zone suivante. Bien que simplificatrice, cette formalisation de l'information géographique constitue néanmoins une véritable règle que l'on retrouve dans la plupart des représentations cartographiques actuelles. Disposant de données quantitatives zonales, le transfert vers le carroyage ne peut donc s'effectuer qu'en postulant l'équirépartition spatiale du phénomène sur la zone initiale. Mais comme nous allons le voir maintenant, cette dernière contrainte peut être dépassée si l'on dispose de sources d'informations relatives aux zones initiales permettant de préciser les localisations des phénomènes ou des individus géographiques.

## 3 - Principes mathématiques du transfert et localisation de l'information géographique.

Si on appelle  $\{Z_k\}_{k=1, \dots, X}$  l'ensemble des zones initiales et  $\{C_r\}_{r=1, \dots, M}$  l'ensemble des carreaux de la nouvelle partition spatiale, la méthode générale consiste en une désagrégation de l'information géographique (la variable) sur les sous-polygones  $I_{k,r} = Z_k \cap C_r$ , suivie d'une réagrégation sur les carreaux du carroyage.

Pratiquement, on commence par calculer une matrice de transfert géométrique  $T$  qui contient les coefficients  $t_{k,r}$  calculés à partir des intersections des zones  $Z_k$  et des carreaux  $C_r$ . Si l'on fait l'hypothèse de l'équirépartition spatiale du phénomène étudié, ou bien qu'aucune informa-

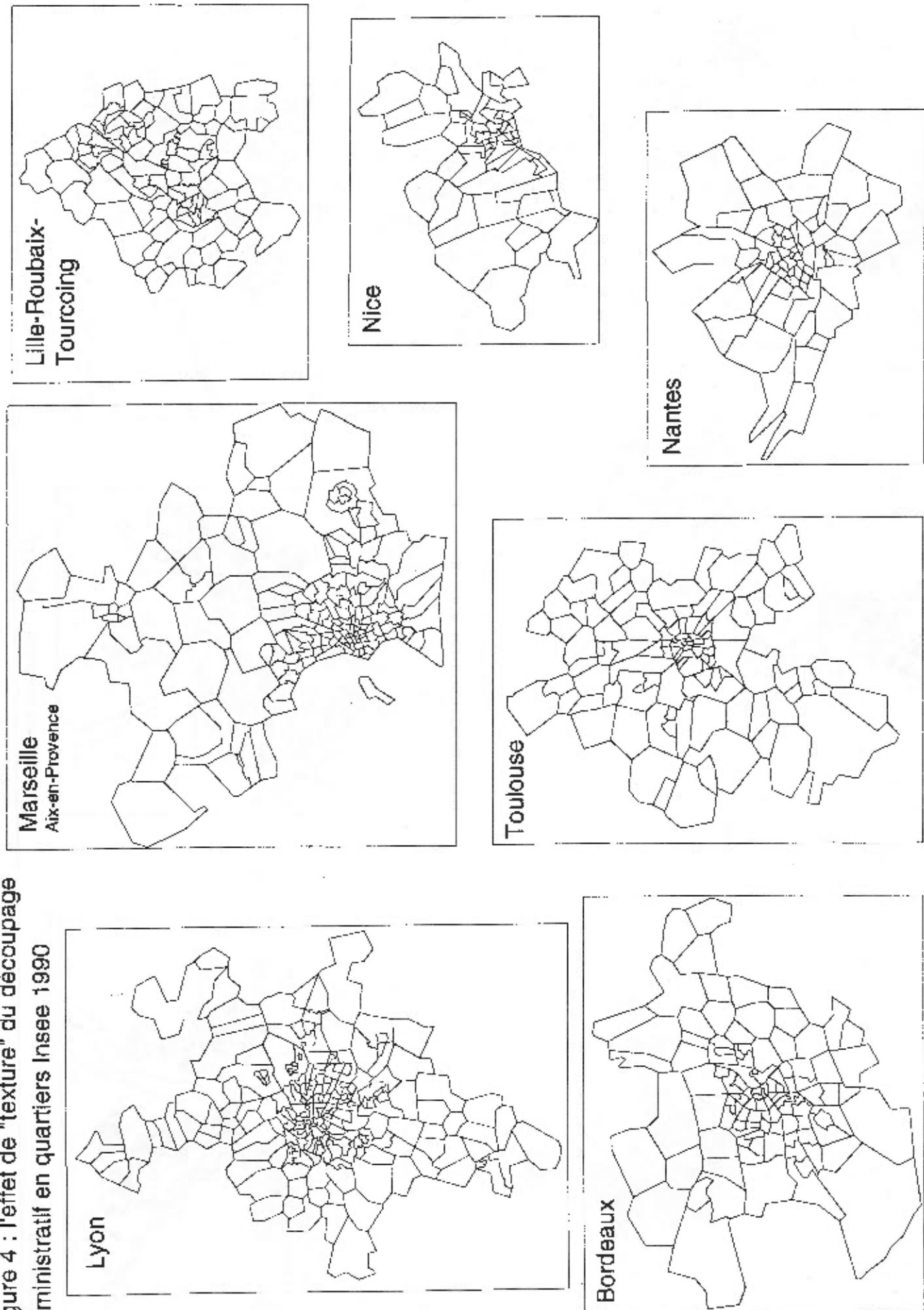
Figure 3 : Proportion de ménages "cadres et professions intellectuelles supérieures"



Echelle commune : 1/ 500 000

Gilles LAJOIE

Figure 4 : l'effet de "texture" du découpage administratif en quartiers Insee 1990



Echelle communes : 1/ 500 000

tion supplémentaire ne permet de rejeter cette hypothèse, alors la densité est constante et la surface d'une zone étant notée  $D_k$ , on a :  $t_{k,n} = \text{Surf}(I_{k,n}) / D_k$

Au contraire, si l'on sait que la densité du phénomène est variable sur la zone et que cette variation est mesurable (-l'exemple le plus évident étant la densité de population sur le territoire d'une commune ou d'un quartier déduite de la densité du bâti-), on peut alors préciser géographiquement l'ampleur du transfert en établissant une matrice de densité dans laquelle chaque carreau possède sa propre densité de transfert notée  $d_n$ . Dans l'exemple précédent, la simple utilisation d'une carte au 1/25 000 ou l'exploitation de photographies aériennes permettent de créer cette surface de densité par superposition d'une grille transparente, opération qui va permettre un transfert "intelligent" de la variable "population communale" vers un carroyage très précis (pas de 100 ou 200 mètres).

S étant la surface de chaque carreau et  $D_k$  la surface de la zone  $Z_k$ , la valeur de la densité sur le polygone d'intersection  $I_{k,n}$  vaut alors :  $d_n \cdot \text{Surf}(I_{k,n})/S$  et la densité totale de la zone  $Z_k$  vaut :

$$1/S \sum_{n=1}^N d_n \cdot \text{Surf}(I_{k,n}) = D_k/S$$

En notant  $p_{k,n} = d_n \cdot \text{Surf}(I_{k,n})/S$  et  $x_k$  la valeur statistique de la zone  $Z_k$ , on peut en déduire la valeur désagrégée  $y_{k,n}$  de la variable zonale X sur l'intersection  $I_{k,n}$  par :

$$y_{k,n} = (p_{k,n} \cdot x_k / S) / (D_k / S) = p_{k,n} \cdot x_k / D_k$$

Enfin, en notant  $t_{k,n} = p_{k,n} / D_k$  on peut déduire la valeur  $y_n$  réagrégée sur le carreau  $C_n$  par sommation sur les différentes zones k :

$$y_n = \sum_{k=1}^K t_{k,n} \cdot x_k$$

En conclusion, le transfert de la variable zonale suivant la matrice de transfert se résume donc dans le produit matriciel  $Y = T \cdot X$  où  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$  est la variable zonale initiale, où T est la matrice de transfert et où  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  est la variable carroyée obtenue.

#### 4 - Quelques exemples de transfert.

Comme on vient de le montrer mathématiquement, un transfert d'informations zonales vers un carroyage peut représenter un gain de précision pour peu que l'on dispose d'une source d'informations permettant de préciser l'intensité du transfert géométrique d'une variable. La figure 1 résume graphiquement cette possibilité en opposant deux types de transfert (simple et complexe) d'une population résidant dans le polygone P vers un carroyage de 25 carreaux. En rejetant l'hypothèse d'équirépartition

de cette population sur P, on cherche à en préciser la localisation dans le cadre d'un carroyage. Deux possibilités sont alors offertes.

En A, on détermine un plan d'informations simple possédant la même définition que le carroyage et précisant les cases susceptibles de recevoir l'information zonale (coefficient 1 = espace habité) et celles qui, non concernées par le transfert, vont demeurer vides (coefficient 0 = espace non habité). On remarquera au passage que cette première solution ne rejette pas totalement le principe d'équirépartition de la variable mais le "déplace" à l'échelle d'un sous-espace du polygone P, sous-espace composé des n carreaux habités.

En B, on procède à une algèbre de carroyages qui croise différentes sources d'informations (morphologiques, topologiques, environnementales...) afin de déterminer une surface de densité complexe composée de coefficients qui vont décider de l'intensité du transfert. A titre d'exemple, on peut établir de telles surfaces pour désagréger des populations communales de cadres supérieurs ou d'ouvriers en croisant des informations relatives au coût du logement, à la qualité de l'environnement, à la proximité des équipements, au niveau d'enclavement... , cette combinaison d'informations devant rendre compte pour chacune des variables (cadres, ouvriers...) des logiques de localisation à l'échelle de la commune.

Comme on le voit, cette possibilité de transfert permet de dépasser réellement le principe d'équirépartition lors de la désagrégation de la variable zonale vers les carreaux du carroyage. On aura compris que ce gain de précision en terme de localisation se paye cependant au prix fort: pour être "intelligent", ce transfert nécessite une surface de densité propre à chaque variable, surface traduisant par ailleurs une logique de localisation parfois datée dans le temps.

Pour illustrer cette désagrégation d'information zonale, la figure 2 présente le transfert simple de la variable "cadres et professions intellectuelles supérieures" en 1990, depuis les quartiers et communes non découpées de l'unité urbaine d'Aix-Marseille vers un carroyage de 8096 carreaux de 500 mètres de côté. Ayant défini à cette échelle un plan d'informations binaires (1=habité ; 0=non habité), on mesure le gain au niveau des localisations mais l'on notera surtout le changement en terme d'impression visuelle. Sur la carte zonale, c'est l'imposante concentration des cadres supérieurs autour d'Aix-en-Provence qui dominait graphiquement en raison des vastes communes rattachées à la classe supérieure (noir). Sur la carte en carroyage, en ne considérant que les espaces habités, la surface cartographiée en noir est réduite de moitié et renvoie plutôt l'image d'un émiettement géographique (carreaux non contigus).

De même, l'autre concentration de cadres bien visible sur la carte zonale (quartiers sud de l'agglomération marseillaise) se trouve limitée à quelques carreaux sur la carte en carroyage puisque la frontière sud de la carte représente en fait la zone des calanques, espace naturel heureusement protégé.

Dans le cadre d'une comparaison interurbaine, cette même variable a été désagrégée pour les sept plus grandes unités urbaines françaises, Paris exceptée. La collection de carroyages qui en résulte (figure 3) souligne un avantage important de ce type de cartographie. Alors qu'une cartographie classique aurait produit un résultat médiocre en raison du nombre élevé de zones (820 quar-

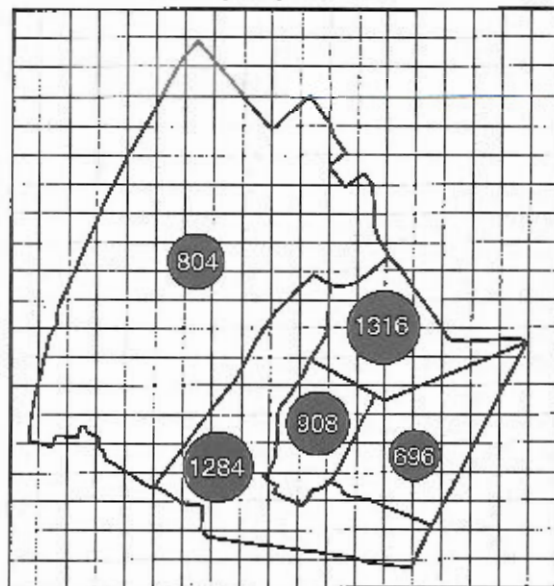
## Figure 5 : mise au point d'une méthode de désagrégation de données zonales

L'objectif est d'approcher la répartition réelle d'une variable zonale par désagrégation (des quartiers en îlots) puis réagrégation (des îlots en cases).

Au départ (en 1), seules cinq données zonales sont connues que l'on désire désagréger pour accroître la précision de la répartition spatiale.

En utilisant le découpage des quartiers en îlots (2), on calcule le poids démographique de chaque îlot en rapportant sa population à celle de son quartier. On établit alors (en 3) un carroyage sur la base des îlots en mesurant les intersections entre les deux partitions spatiales qui sont stockées dans une table de transfert géométrique. Celle-ci est utilisée pour ventiler la donnée agrégée en quartier (1) mais en fonction du poids démographique des îlots (2) afin de produire un carroyage qui précise largement les localisations (5 au lieu de 4). A ce stade, on postule que la répartition des ouvriers est "conforme" à la distribution générale de la population, ce qui demeure largement vrai à cette échelle.

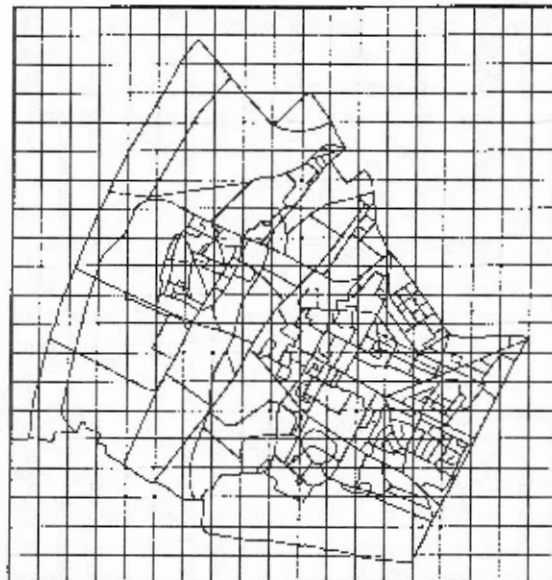
### 1 Nombre d'ouvriers par quartier en 1990



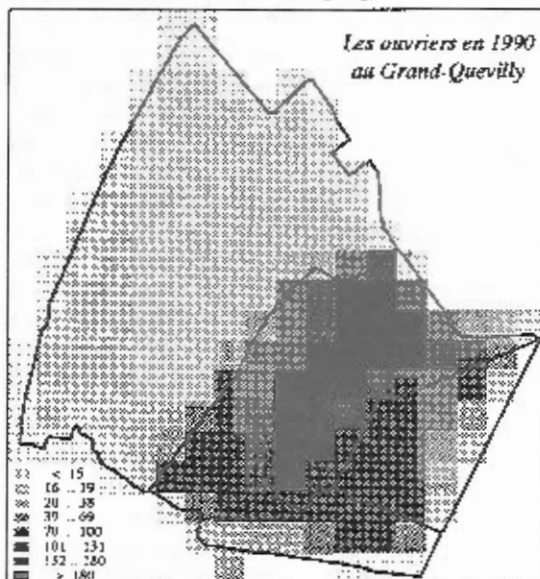
### 2 Découpage des 5 quartiers en 229 îlots et calcul du poids démographique de chaque îlot



### 3 Calcul des intersections cases / îlots et création d'une table de transfert géométrique



### 4 Transfert obtenu sans désagréger les données



### 5 Transfert obtenu avec désagrégation des données

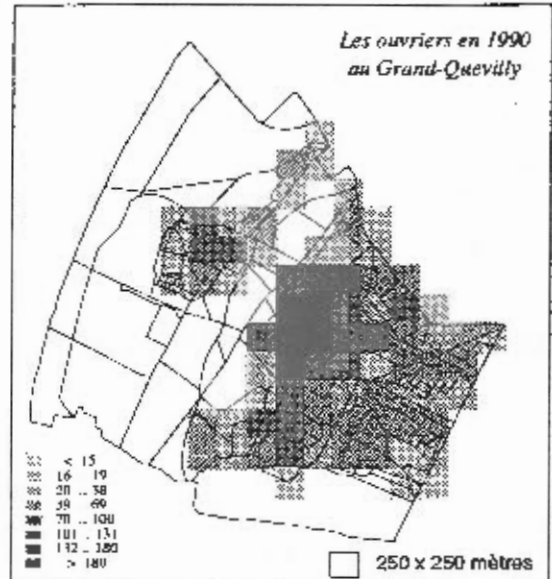
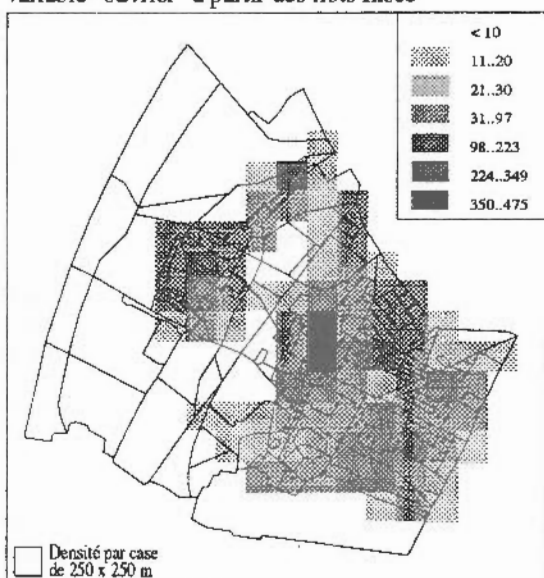


Figure 6 : désagrégation de la variable "ouvrier" au Grand-Quevilly - RGP 1975

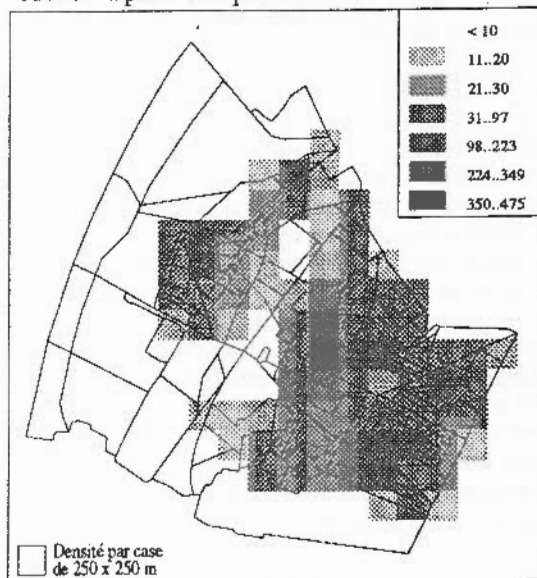
En 1975, la commune du Grand-Quevilly compte 6300 ouvriers pour 27700 habitants. Ce caractère ouvrier très marqué se traduit spatialement par une répartition homogène (1). Le modèle de désagrégation de la variable qui repose sur le poids démographique de chaque îlot fonctionne donc particulièrement bien pour cette variable (2). En effet, non seulement la structure spatiale d'ensemble est précisément restituée mais l'erreur d'affectation spatiale entre la réalité et le modèle ne représente que 13% du total des ouvriers de la commune. Cet écart demeure faible si l'on considère que l'on désagrège une variable qui compte 6300 individus regroupés en six quartiers vers une partition de l'espace, le carroyage, composé de 342 cases de 250 mètres de côté.

En ce qui concerne les écarts négatifs et positifs constatés entre la répartition réelle et le modèle, il n'apparaît pas d'explication d'ensemble. En effet, ces carroyages (3 & 4) ne présentent ni gradient, ni structure spatiale. Les plus grands écarts négatifs correspondent à quelques cités où les ouvriers sont encore particulièrement présents en 1975, "sur-représentation sociale" non prévue par le modèle. A contrario, les écarts positifs sont plutôt concentrés dans le quart sud-est de la commune qui correspond à une zone plus résidentielle où les ouvriers sont rares.

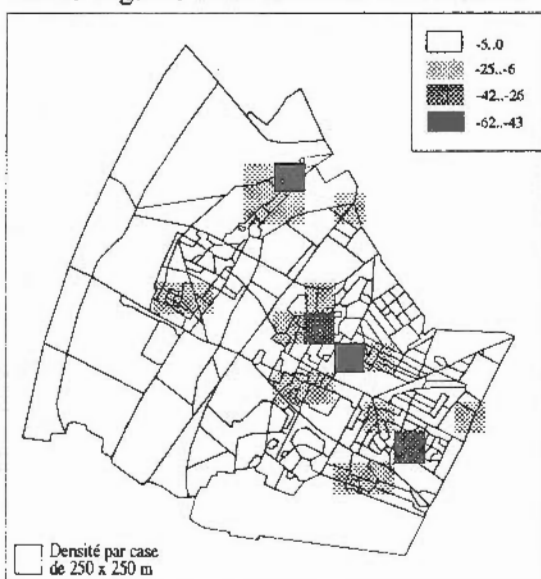
1 Carroyage obtenu par transfert géométrique de la variable "ouvrier" à partir des îlots Insee



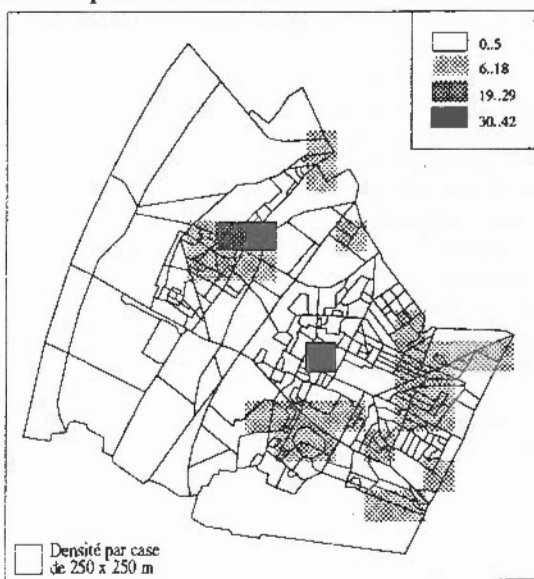
2 Carroyage obtenu par désagrégation de la variable "ouvrier" à partir des quartiers Insee



3 Ecart négatifs entre la réalité et le modèle



4 Ecart positifs entre la réalité et le modèle



tiers) et d'une forte hétérogénéité de forme et de taille bien visible sur la figure 4 (contrastes entre les petits quartiers des centres villes anciens et les vastes communes périurbaines non découpées en quartiers), la cartographie des sept carroyages demeure satisfaisante visuellement. Elle permet la comparaison des structures spatiales : si Lyon se distingue par une concentration unique à l'ouest (Monts d'Or du lyonnais), les cadres supérieurs se répartissent en plusieurs concentrations à Bordeaux et Toulouse tandis qu'ils occupent le cœur du centre ville et le nord de l'agglomération nantaise. Cette collection de carroyages qui regroupe plusieurs dizaines de milliers de carreaux de 500 mètres de côté présente donc un avantage graphique indéniable.

La constitution de plans d'informations pour la ventilation des données pouvant représenter un investissement important en temps et en coût, nous proposons pour conclure une dernière méthode de désagrégation de données zonales par carroyage plus simple dans son principe (figure 5). L'objectif étant toujours le gain en terme de précision spatiale, la méthode consiste à désagréger une variable connue à une échelle donnée (ex : les ouvriers d'un quartier) en s'inspirant de la répartition d'une variable "guide" connue à une échelle plus précise (ex: la population totale par îlots).

Cette méthode trouve une application intéressante dans le cas des variables socio-économiques du recensement Insee à l'échelle urbaine. En effet, la Commission Informatique et Libertés (CNIL) ayant interdit l'accès aux données sociales recensées à l'îlot, les chercheurs s'intéressant à la ville n'ont accès qu'à des quartiers de plus de 5000 habitants qui agrègent ainsi des réalités socio-démographiques très variées. Si la contrainte n'est pas trop forte dans le cadre de vastes comparaisons interurbaines, elle prend toute sa mesure dès qu'il s'agit d'analyser le tissu social d'une commune.

Pour contourner cette contrainte, la figure 5 présente la désagrégation de la variable "ouvriers" en 1990 depuis les quartiers de la commune du Grand-Quevilly vers un carroyage au pas de 250 mètres. N'ayant pas accès à la répartition des ouvriers par îlots, on va désagréger cette variable en se basant sur la répartition de la population totale par îlots (variable de dénombrement dont l'accès est autorisé à cette échelle). Le carroyage résultant (figure 5-5) est évidemment beaucoup plus précis qu'un carroyage classique (figure 5-4) n'utilisant pas de variable guide. On se doit de préciser cependant qu'il s'agit moins d'une carte de répartition des ouvriers que d'un "modèle de la répartition ouvrière" dans la commune. En effet, cette variable étant désagrégée en fonction du seul poids démographique des îlots, le résultat obtenu est une répartition théorique des ouvriers "conforme" à la répartition de la population totale. On fait donc l'hypothèse que les ouvriers se répartissent "comme tout le monde" dans la commune du Grand-Quevilly.

N'ayant pas la possibilité de tester cette hypothèse pour le recensement de 1990 (variable non disponible sous la

seuil de 5000 habitants), nous avons choisi d'utiliser le dernier recensement exhaustif et d'accès libre (1975) afin de mesurer la qualité de cette méthode de désagrégation de données zonales. La figure 6 en présente un résultat. En comparant la répartition ouvrière réelle (carroyage 6.1 obtenu à partir des îlots) à la "répartition ouvrière simulée" suivant le poids démographique des îlots (carroyage 6.2 obtenu à partir des quartiers), on constate la bonne tenue du modèle. En réalité, la commune étant encore particulièrement ouvrière en 1975, la qualité du résultat était attendue : seul 13% des ouvriers ont été mal localisés, les écarts entre le modèle et la réalité donnant lieu à des interprétations micro-locales (carroyage 6.3 et 6.4 : présence d'une cité très ouvrière ou, au contraire, îlots plus "bourgeois" où les ouvriers sont rares).

Appliquée à d'autres variables sociales, cette méthode de désagrégation a cependant montré ses limites. Si les erreurs de localisation sont limitées pour la désagrégation de certaines variables (jeunes de moins de 20 ans répartis comme la population totale, ouvriers, employés), elles s'élevaient rapidement pour les groupes sociaux dont les logiques résidentielles sont très spécifiques. Pour prendre des exemples extrêmes, la désagrégation de la variable "cadres supérieurs" ou de la variable "population étrangère" n'a aucun sens si elle est guidée par le seul poids démographique des îlots. Ces groupes sociaux ont des logiques résidentielles fortes qui les distinguent justement de la répartition générale de la population.

Dans ce dernier cas de figure, la solution pour limiter le risque d'erreur est de coupler les deux méthodes de désagrégation évoquées plus avant. L'utilisation d'une variable "guide" (ex: répartition de la population totale par îlot) produit une désagrégation globale de la variable que l'on traite (ex: cadres supérieurs par quartier), désagrégation précisée au niveau des carreaux du carroyage en intégrant les plans d'informations disponibles (coût du logement, qualité de l'environnement, niveau d'équipement...). La réunion des deux méthodes exige un investissement important mais aboutit à une désagrégation "intelligente" de variables zonales. Appliquée à la répartition des groupes sociaux dans la ville, cette méthode est prometteuse d'un double point de vue pratique et heuristique puisqu'elle passe par la compréhension des logiques résidentielles à différentes échelles.

## Conclusion

Désormais mieux connue, la cartographie par carroyage représente une alternative cartographique pour la représentation des données zonales mais cette diffusion croissante ne doit pas masquer les risques liés à son utilisation. Toute donnée zonale n'est pas "carroyable" et la disparition de la frontière doit être justifiée. Pour la désagrégation de données zonales, le carroyage ouvre un champ de recherche prometteur qui concerne tout à la fois la cartographie et l'analyse spatiale.

## Bibliographie

BEGUIN M., PUMAIN D. (1994). - La représentation des données géographiques : statistique et cartographie, Paris, Armand Colin.

BRUNET R. (1994). - Les Mots de la Géographie, Paris, La Documentation Française

BRUNET R. (1987). - La carte, mode d'emploi, Paris, Fayard-Reclus

CICERI M.F., MARCHAND B., RIMBERT S. (1977). - Introduction à l'analyse de l'espace, Paris, Masson.

COMITE FRANCAIS DE CARTOGRAPHIE (1997) - Bulletin n° 151-152

GUERMOND Y., LAJOIE G. (1996) - S.I.G. et analyse urbaine : les bases de données par carroyage, Annales des Ponts et Chaussées n° 78, pp.31-38.

LIEBETRAU A., ROTHMAN E. (1977) - A classification of spatial distributions based upon several cell sizes, Geographical analysis, pp.14-28.

LAJOIE G. (1992) - Le carroyage des informations urbaines, Collection Nouvelle Donne en Géographie, P.U.R.

LANGLOIS P. (1993) - Une chaîne de programmes pour la gestion des carroyages, Systèmes d'information géographique et systèmes experts, GIP RECLUS - Théo Quant - L'Espace Géographique pp. 11-23.

RIMBERT S. (1989) - G.I.S. ou pas ? , Mappemonde, n°89/1, GIP RECLUS, pp. 1-3.