



CENTRE D'ETUDES SPATIALES URBAINES ET REGIONALES EN ECONOMIE

**« L'Extension de l'Analyse des Prix des Transactions Immobilières
dans l'Agglomération Brestoise »**

Rapport Intermédiaire

**Lettre de commande 5S16
Du 29 novembre 1999**



PLAN

INTRODUCTION	P5
<u>I. La méthodologie.</u>	P7
1.1. Spécificité des données géographiques.	P11
1.2. Le document de base : la carte.	P12
1.3. Définition de l'analyse exploratoire des données spatiales ESDA.	P14
1.4. Mesure des associations spatiales.	P16
1.5. Le problème de l'agrégation des données spatiales « Modifiable Areal Unit Problem » (MAUP).	P17
1.6. Conclusion.	P19
<u>II. Les pistes explorées.</u>	P20
2.1. Les résultats précédents.	P20
2.2. L'utilisation de données spatialement plus fines.	P25
<u>III. La démarche.</u>	P30
3.1. Présentation.	P30
3.2. L'interprétation des estimations.	P33
Annexe 1. Quelques principes de base cartographique.	P37
Annexe 2.	P45

Dans le document « L'Evaluation des fonctions d'Enchères des Ménages dans l'Agglomération Brestoise »², nous avons montré que :

Dans les communes de la périphérie brestoise : globalement, les préférences des agents ayant la possibilité de les exercer montrent une valorisation des logements plus près du centre, où la proportion de cadres est importante et où celle d'agriculteurs est faible. Nous pouvons donc conclure que les ménages valorisent plus particulièrement les communes de la première couronne. Soulignons enfin que la faiblesse des coefficients obtenus sur la facilité d'accès au centre de Brest est toujours compensée par l'importance des coefficients relatifs de la part de cadres dans la population totale de la commune qui exprime assez bien la spécialisation sociale des lieux.

Les estimateurs relatifs à la position des logements par rapport à la mer ne sont pas particulièrement significatifs, si l'on excepte bien sûr les cadres supérieurs de plus de 46 ans. Nous ne pouvons cependant dire que cette caractéristique n'influence pas les dispositions à payer des agents. Pour les ménages actifs et n'ayant pas de projets particuliers pour la retraite, l'importance de la proximité à Brest est le facteur de localisation principal de la détermination des prix qui vient couvrir l'effet de la proximité au littoral.

Même si nous ne pouvons arguer d'un niveau global de significativité important, l'effet de la population d'agriculteurs est à souligner. Visiblement, plus les ménages sont âgés et plus leurs revenus sont importants, moins ils sont disposés à payer pour un logement dans une commune où l'activité agricole est importante. Si nous pouvons interpréter ce résultat comme une appréciation des accédants à la propriété des nuisances inhérentes à l'activité agricole, notamment à l'élevage intensif de porcs, il peut aussi être considéré comme un indicateur révélateur de l'éloignement au centre et au littoral.

Dans la ville de Brest : pour ce qui concerne les ménages choisissant d'acquérir un logement à Brest, nous devons souligner la significativité et le niveau des coefficients relatifs à la proximité au centre ville de Brest des cadres supérieurs. Ces ménages valorisent fortement les logements des quartiers centraux.

Enfin, nous pouvons remarquer que les ménages décidant de devenir propriétaire à Brest et âgés de 30 à 40 ans accordent significativement plus de valeur aux logements situés dans des quartiers socialement privilégiés et au bord de la rade. Ces résultats doivent être

² L'Evaluation des Fonctions d'Enchères de Ménages de l'Agglomération Brestoise, Sabine Kazmierzack et Hubert Jayet, Lettre de commande n°5524 du 14 novembre 1997 du Ministère de l'Equipement, des Transports et du Logement.

soulignés même si les quatre caractéristiques de localisation introduites dans le modèle sont corrélées. Ils confirment en effet l'intérêt que portent les ménages aux critères de localisation des logements et mettent en avant les mécanismes de capitalisation foncière induits par les infrastructures et réalisés au travers l'achat d'une résidence principale qui constitue bien souvent l'essentiel du patrimoine des ménages.

Introduction.

Sur la base de ces travaux, nous avons proposé deux extensions. La première vise à améliorer la représentation de l'espace dans les modèles que nous avons développés en nous inspirant des géographes qui travaillent depuis longtemps sur des représentations plus riches utilisant des indices synthétiques. L'incorporation de mesures de ce type dans les modèles devrait permettre d'améliorer la qualité statistique et la viabilité opérationnelle de nos modèles. La seconde partie de notre analyse porte plus spécifiquement sur la périurbanisation. L'objectif est de préciser les mécanismes en œuvre notamment par une meilleure représentation de l'environnement.

Pour l'amélioration de la représentation de l'espace, on s'appuiera largement sur deux courants. Le premier vient de la géographie. Il consiste à rechercher des mesures synthétiques d'accessibilité, en s'appuyant sur des modèles gravitaires. Dans ces modèles, l'accessibilité est la somme pondérée de la quantité de services accessibles à partir d'un point donné, les pondérations étant inversement proportionnelles à la distance. Ces modèles fournissent un cadre général à partir duquel on peut développer de nombreuses variantes. Ces modèles ont inspiré nos premières appréciations de l'espace, par l'introduction de la distance au centre et par la prise en compte de la proximité à des services tels que la présence d'une ligne de bus ou d'un espace vert dans la commune ou dans le quartier. Précisons que dans la première étude et pour ce qui concerne les transactions réalisées dans la ville de Brest, nous avons pris le quartier comme référence géographique. L'objectif de cette nouvelle étude est aussi d'améliorer la finesse de la représentation de l'espace utilisé, nous étendrons donc l'étude en prenant l'îlot comme référence géographique puisque ces données sont maintenant disponibles. Jusqu'à présent, chaque transaction était décrite par sa distance ou son temps d'accès au centre ville et par quelques attributs secondaires comme la proximité à la mer et la composition sociale du quartier.

Le deuxième courant est à cheval entre la géographie et l'économie. Il s'appuie sur la formulation des comportements urbains comme un processus en deux étapes, formalisable comme un modèle de choix discrets enboîtés : un choix de localisation de répartition spatiale des activités à partir de la localisation choisie. L'accessibilité d'un site est alors assimilée à l'utilité qu'obtient un agent le choisissant comme localisation habituelle quand il se déplace dans le cadre de ses différentes activités pour rejoindre d'autres lieux.

Dans cette optique, on s'intéressera plus particulièrement à deux catégories de caractéristiques de l'espace. Les premières sont les équipements publics à la disposition des usagers. Les secondes sont les aménités et, de manière plus générale, l'ensemble des caractéristiques usuellement attribuées aux espaces naturels. L'intérêt d'une bonne représentation de ces deux catégories est d'éclairer les analyses relatives au deuxième volet de ce projet, celui qui porte sur la périurbanisation. En effet, un des aspects importants de notre projet est d'analyser l'arbitrage que font les ménages périurbains entre accessibilité aux équipements et la disponibilité d'espaces naturels.

Plus concrètement et dans une première étape, il convient donc de donner une bonne représentation des services et des aménités dans l'espace étudié. Pour cela, et dans un premier point, nous exposerons l'intérêt méthodologique d'une meilleure représentation géographique (cartographie) et de l'ESDA (Analyse des données spatialisées). Nous présenterons les méthodologies actuelles comme les aspects plus directement économétriques de ces développements.

Dans la seconde partie de ce travail et à partir d'une description des données à disposition, nous préciserons le type d'ESDA, de cartographie, d'analyse d'autocorrélation souhaitable. Nous serons alors en mesure de proposer des types d'indicateurs d'accessibilité illustrant au mieux l'espace comme les comportements des agents utilisant les différents équipements ou aménités présents sur ce territoire.

Tout au long de ce travail nous garderons à l'esprit qu'une telle analyse doit permettre de mieux analyser les processus de périurbanisation. L'analyse de la périurbanisation qui sera ici poursuivie se fondera d'abord sur l'usage d'une plus grande finesse descriptive de l'environnement périurbain. Si nous utiliserons les rendus de nos recherches en matière de représentation de l'espace, nous proposerons également ici une démarche d'interprétation des coefficients calculés sur la base des recherches de Wheaton³⁴.

³ WHEATON William C, [1977] : Income and urban residence : an analysis of consumer demand for location, *American Economic Review*, 67, 320-31.

⁴ WHEATON William c, [1977] : A bid rent approach to urban housing demand, *Journal of Urban Economic*, avril, 2, 15-32.

I. La Méthodologie.

Le modèle de référence que nous avons utilisé jusqu'à présent est celui d'Alonso. Il s'agit du modèle fondateur de l'économie urbaine. Il est directement inspiré du modèle de Von-Thünen qui peut être considéré comme un des points de départ de l'analyse économique spatiale.

Les principes fondateurs sont les suivants : la ville est un espace homogène, monocentrique et isotrope. La seule référence géographique est de fait la distance au centre. Dans cet esprit nous avons mis en exergue la référence au centre ville. Cette caractéristique de localisation s'est montrée particulièrement significative et révélatrice des préférences des agents : on a montré que les ménages les plus aisés valorisaient beaucoup plus les résidences situées à proximité au centre ville, que l'on considère l'échantillon des mutations réalisées à Brest ou dans sa périphérie. Mais qu'exprime réellement cette préférence des résidents en tant que consommateurs d'espace ?

En termes géographiques comme en termes économiques le centre ville ne représente pas un simple point de repère. La plupart des développements géographiques utilisent le concept de centre ville notamment autour des modèles entropiques inspirés du principe de Newton. D'un point de vue économique, le centre ville peut être considéré comme un centre d'emploi, un centre d'achat ou même un centre de loisir. Bon nombre de trajets s'effectuent donc dans cette direction. Ce type de modèle s'adapte particulièrement à la représentation des villes américaines. Les villes européennes plus anciennes et beaucoup plus diversifiées dans leur structure d'habitat sont plus difficilement assimilables à un schéma aussi simplifié. Les comportements de mobilité quotidienne des agents, leur manière de consommer l'espace et l'ensemble des services localisés est donc beaucoup plus complexe.

L'utilisation de l'espace urbain est appréciable par les choix de localisation des agents, mais aussi par les comportements de mobilité. On constate que le nombre des déplacements n'augmente plus mais la pratique de la mobilité quotidienne évolue. Compte tenu de la stagnation du nombre de déplacements⁵, il n'est pas tant nécessaire d'approfondir la compréhension de la génération des déplacements que leur distribution spatiale et donc la distribution spatiale des équipements.

⁵ Comportements de mobilité et évolution de l'organisation urbaine [1996] : G.E.R.M.E. (Groupe d'Etudes des Représentations de la Mobilité et de l'Espace).

Des entretiens approfondis avec les ménages ont montré qu'il fallait s'éloigner du modèle mécanique qui veut que chacun gère des besoins préexistants à l'environnement. Beaucoup de déplacements se prêtent à cette vision des choses, mais on sous-estime trop souvent la flexibilité des comportements et l'interaction entre les facteurs qui structurent l'offre ou la demande en déplacements. Pour traduire cela, on utilise les termes de pérégrination et de métropolisation. La pérégrination croise deux observations. La première signifie que de plus en plus de personnes réalisent des déplacements en circuits associant plusieurs motifs successifs. Ce terme est aussi adéquat pour suggérer que cette combinatoire de l'usage des lieux, en permanence offert à chacun, peut transformer le rapport à l'espace en y intégrant un maximum d'affectivité, de subjectivité, de moyens de s'identifier ou au contraire de se différencier. Chacun peut construire sa ville dans la ville en sélectionnant les fragments épars qui lui sont utiles. Elle ne s'impose à lui d'office comme une construction de la société, mais devient particulière à chaque individu.

Le terme de métroglobalisation tente quant à lui de donner une vision du phénomène du point de vue du système urbain et non plus des individus. Ces pratiques de mobilité quotidiennes, c'est à dire la manifestation de l'hyperchoix sont liées à l'évolution de la structure urbaine : toutes les parties du système urbain ne sont plus en faible interaction entre elles.

L'utilisation de l'automobile, la structure urbaine qu'elle induit, la variété des pratiques résidentielles et de mobilité quotidienne qu'elle implique bouleverse le mode de représentation de la ville. Nous tenterons ici de donner par l'exemple une illustration de la nécessité d'avoir une vision globalisante de la ville et s'inspirant donc de l'approche des géographes. Ceci, pour deux raisons différentes :

- la première, tient à l'évolution de la structure urbaine et au mode de consommation de l'espace que nous venons de développer,
- La seconde tient au mode de construction des indicateurs d'accessibilité simples et des biais qu'ils peuvent induire.

L'hypothèse principale des modèles de structuration urbaine est celle d'un centre concentrant l'activité. Dans ces modèles théoriques sur lesquelles se fondent bon nombre d'analyses empiriques, l'interaction entre les ménages et les entreprises est donc un concept fondamental. Ces interactions induisent la majorité des déplacements puisque la logique propre aux ménages et aux entreprises privilégie la minimisation des déplacements.

L'organisation urbaine est la résultante de ces stratégies : l'activité étant centrale, les prix fonciers augmentent au fur et à mesure que l'on se rapproche du centre. Or, nous constatons le développement de pôles d'emplois périurbains : sauf dans des secteurs d'activité très précis, les emplois se concentrent moins dans la ville agglomérée, mais plutôt à sa frange ou même dans l'espace périurbain. Les questions d'accessibilité à l'emploi, mais aussi les questions d'accessibilité aux loisirs (développement de complexes de loisirs à la frange des villes) et au centre d'achats (zones commerciales périphériques) doivent donc être traitées différemment puisque les modes de consommation (périgrination) et la structure de l'espace urbain au sens large (au sens du bassin d'habitat) ont évolué.

Outre les problèmes liés au fait que le centre ville ne monopolise pas l'activité, il faut rappeler que les modes de consommation de l'espace ont beaucoup évolué. D'abord l'usage de l'automobile a élargi l'espace des possibles des ménages et donc les bassins d'habitat. Ensuite, les contraintes de localisation des ménages comme leurs préférences ont changé. Les ménages accédant à la propriété sont le plus souvent des ménages biactifs. Le choix de la résidence ne se fait donc pas uniquement en référence à un unique centre d'emploi qui plus est central, mais en fonction de deux centres d'emplois qui peuvent aussi être situés en périphérie. L'usage de l'automobile a rendu la périphérie beaucoup plus compétitive, a élargi la représentation de l'espace des ménages et par conséquent les préférences des agents. L'analyse de la périurbanisation et plus particulièrement l'étude de l'influence d'aménités sur les prix fonciers en milieu périurbain n'est donc possible que si l'on prend en compte un maximum de critères et que ceux-ci soient bien représentés spatialement.

La seconde raison de la nécessité d'une bonne représentation des données spatiales tient aux biais d'estimation qu'un concept trop simplifié mesurant des notions d'accessibilité peut induire. Les données économiques sont fournies selon des référents administratifs : la commune, le quartier ou l'îlot. L'exercice classique et que nous avons déjà réalisé est donc d'introduire la notion de distance à des équipements ou des aménités déterminées, ou encore de mesurer l'effet de la présence de ces mêmes équipements dans une zone de référence. Ce type d'analyse est insuffisant. La seule notion de proximité, même s'il s'agit d'un équipement particulièrement structurant (équipements de transport) n'est sans doute pas le critère le plus adéquat. On peut penser que les ménages apprécient leur environnement plus en termes de diversité et que des résultats obtenus à partir d'indicateurs simples, même économétriquement significatifs, n'expriment pas la réalité des préférences des agents.

La multiplicité des critères de choix des ménages et l'élargissement des choix possibles, nous amènent à utiliser des techniques d'analyses géographiques que sont la cartographie et

l'Analyse Exploratoire des Données Spatiales. Les Sciences de l'Information Géographique traitent les données acquises sur des objets ou phénomènes localisés à la surface de la Terre, naturels ou liés à l'activité humaine. Les objectifs sont d'une part, la modélisation, le traitement, et la restitution de l'information sous forme de cartes ou de bases de données, d'autre part, la recherche d'un processus d'analyse spatiale et d'intelligence de cette information pour l'aide à la décision. Les Sciences de l'Information Géographique proposent des méthodes toujours plus performantes pour des applications dans des domaines aussi variés que la géographie, la géologie, l'urbanisme, le génie civil, l'environnement, l'aménagement du territoire.

La représentation cartographique est une étape fondamentale de l'analyse des données spatiales. Elle est facilitée par le développement des systèmes d'information géographique. Pour confectionner une carte, graphique ou numérique, dans le but de montrer un aspect de la réalité, l'état de la situation en un espace ou un lieu particulier, le cartographe doit réussir à combiner des données résultant d'analyses statistiques avec des unités de morcellement du territoire adéquates, puis les représenter simplement avec le moins de manipulations possibles. Plus que l'information, ce qui nous intéresse c'est la compréhension et l'explication de l'espace, c'est-à-dire les rapports entre les phénomènes spatiaux impliquant les hommes et leur environnement.

La banalisation des systèmes d'information géographique (S.I.G.) permet actuellement la gestion de bases de données spatiales de plus en plus grandes et la production quasi-automatique de cartes thématiques. Si les cartes produites sont souvent fort attractives visuellement pour un public non averti, il importe de rappeler que des connaissances en analyse des données et en cartographie sont indispensables pour créer un document cartographique scientifiquement correct, permettant de générer des hypothèses valables pour la construction de modèles économétriques et d'aider à la prise de décision en matière de gestion urbaine. L'organigramme présenté à la Figure 3 (p30) situe l'importance de la démarche statistique exploratoire dans notre étude. C'est ainsi que la Section 1.1. rappelle la spécificité des données spatiales et précise en quoi la prise en compte de l'espace complique la démarche économétrique. La section 1.2. (ainsi que l'annexe 1) résume quelques principes de base de cartographie, principes dont les bases sont fortement associées aux statistiques descriptives. La Section 1.3. tente de définir synthétiquement ce qu'est l'analyse exploratoire des données spatiales. La Section 1.4. définit l'autocorrélation spatiale dans les données et

donc une manière de mesurer la non indépendance des observations (condition pourtant indispensable à de nombreux modèles statistiques). La Section 1.5. définit brièvement le problème de l'agrégation des données spatiales. Enfin, la Section 1.6. conclut ce chapitre.

1.1. Spécificité des données géographiques.

La **matrice d'informations géographiques** constitue la base de toute analyse de données spatiales ; cette matrice croise des lieux et des attributs. Un lieu est appelé « contenant » et noté i ; il est caractérisé par une/des coordonnées en latitude (x) et en longitude (y) ; il représente le plus souvent une observation ponctuelle ou polygonale. Dans le cas de Brest, les lieux sont soit les adresses des ventes immobilières (points), soit les îlots ou les communes (polygones). Le/les attributs sont notés z_i et appelés « contenu ». z est souvent une mesure, c'est-à-dire un processus d'assignation d'une classe à un phénomène observé en i en suivant des règles strictes. L'assignation se fait selon un ou des processus opérationnellement définis, donnant des résultats reproductibles. En sciences humaines, il y a fréquemment un décalage important entre la mesure et le phénomène que l'on souhaite étudier (voir par exemple Board et Taylor, 1985). Citons par exemple les notions de surpopulation, de perception, de comportement, de potentiel, ... qu'il n'est pas toujours aisé de quantifier. Dans le cas de Brest, plusieurs attributs z caractérisent chaque lieu i ; ils sont issus (1) de bases de données officielles telles le recensement de la population, (2) de bases de données locales, ou encore (3) de mesures environnementales effectuées spécifiquement.

Les observations géographiques sont dites **géo-référencées**, localisées dans un espace à deux (longitude, latitude) voire trois dimensions (altitude) ; ce positionnement - couplé à l'information contenue dans un ou plusieurs attributs z associés à i - est en lui-même très riche en informations, car il va permettre de construire des mesures spécifiques de proximité, de ressemblance, de **distances** qu'il convient de capter par des méthodes appropriées relevant des statistiques et/ou de l'économétrie spatiales. Ces distances sont mesurées entre attributs z mais dans l'espace de positionnement (latitude, longitude, altitude). L'analyse exploratoire des données spatiales (E.S.D.A.) aide à exprimer ces relations de proximité/de ressemblance entre localisations de façon simple, et en dehors - en principe - de tout modèle (voir Bailey et Gatrell, 1995). L'autocorrélation en est un exemple (voir Section 1.3.).

En géographie économique et humaine, nous sommes donc confrontés à l'utilisation de données observées, non expérimentales, mesurées en des points ou des zones notées i . Nous

sommes dès le départ dans une situation multivariée dans laquelle chaque lieu i est en relation avec d'autres lieux, mais ne savons pas comment s'expriment ces relations, ni quelle est leur importance (Bivand, 1999 ; Bailey et Gatrell, 1995). **Cartes et graphiques** (« *plots* ») sont souvent utilisés afin d'orienter l'analyste à formuler des hypothèses, à développer des modèles adéquats à propos des données à identifier les lieux extrêmes. Nous tâcherons dans les quelques lignes qui suivent d'en rappeler quelques règles tout en sachant que l'E.S.DA. relève à la fois de l'analyse statistique exploratoire, de la cartographie thématique, de la visualisation voire des techniques de modélisation spatiale et que les limites entre ces types d'approches sont difficiles à définir et souvent discutées (Bailey et Gatrell, 1995, pp. 23-24 ; Fotheringham e.a. 2000, pp. 65-92).

1.2. Le document de base : la carte.

Le géographe utilise facilement la carte pour suggérer des hypothèses. Pour rappel, la **géographie** est une science, et comme toute autre science, elle ne se distingue pas par l'objet qu'elle étudie mais bien par le point de vue selon lequel elle l'étudie. Dans le cas de la géographie, il s'agit essentiellement de l'aspect spatial (Bailly et Beguin, 1998, pp. 15-34) ; un même objet peut dès lors être étudié par plusieurs disciplines. Le géographe va donc essayer de comprendre les concentrations spatiales observées, mais aussi les expliquer et suggérer des solutions pour une meilleure gestion du problème dans l'espace. **La carte sera dès lors un outil de prédilection pour représenter, modéliser et agir sur la réalité spatiale analysée.**

La carte est beaucoup plus qu'une simple image ; MacEachren (1995) résume cela très bien dans son cube (voir Figure 1) : selon le type de public auquel elle est destinée, selon le degré de relation entre les données et selon l'interaction entre le lecteur et le document cartographique, la carte servira respectivement (1) à explorer une nouvelle base de données spatiales (usage privé de l'auteur), (2) à analyser/comprendre un phénomène, (3) à synthétiser un ensemble d'observations et/ou de variables et (4) à présenter le résultat d'analyses fouillées par un document de synthèse (publication d'une carte claire au détriment souvent de la précision de l'information spatiale). Selon l'objectif recherché, d'autres règles de cartographie, de graphisme ou de visualisation seront adoptées afin de **faire de la carte un outil scientifique et rigoureux d'analyse et d'aide à la décision, couplé à des statistiques spatiales appropriées.** Aujourd'hui, cartographie et visualisation sont étroitement liées, mais

il manque souvent encore des règles strictes faisant de la visualisation un outil scientifique et rigoureux de représentation des données spatiales (Unwin, 1996). Notons enfin, que les logiciels actuels nous permettent aisément de construire des documents cartographiques tant statiques que dynamiques. Dans le cas de Brest, le logiciel MapInfo sera utilisé.

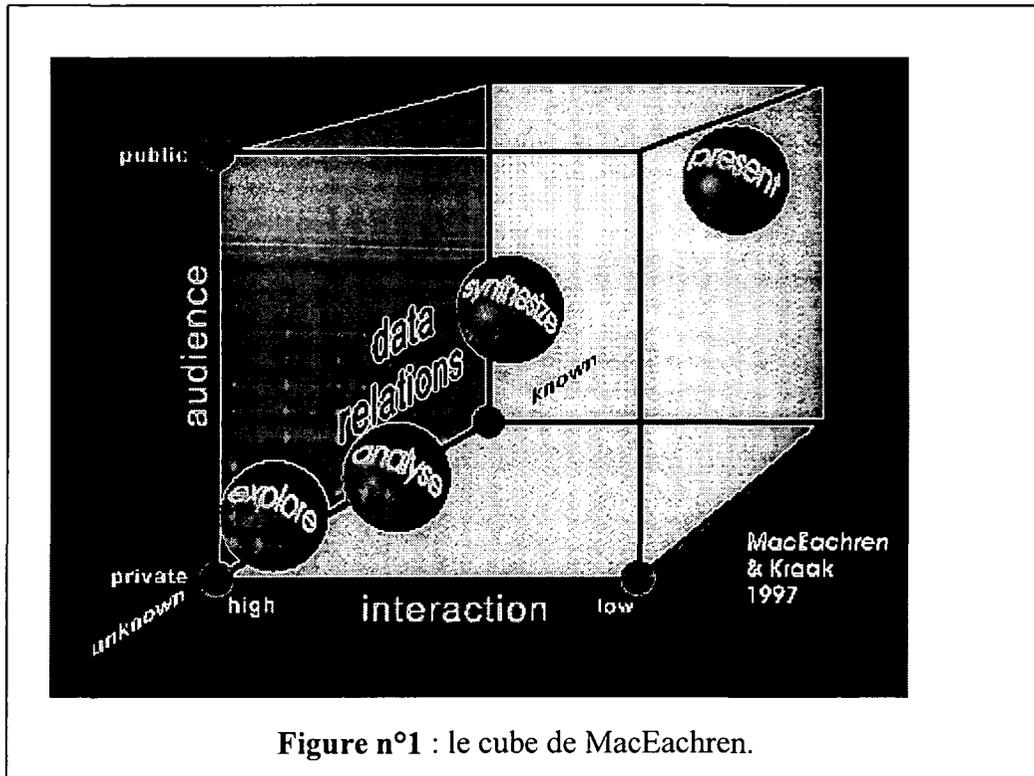


Figure n°1 : le cube de MacEachren.

La carte est par excellence un moyen de **communication de l'information spatiale**. Si la banalisation des logiciels de cartographie thématique en a fait un outil à la portée de chacun, il convient cependant de ne pas sous-estimer les règles élémentaires de base auxquelles elle doit répondre et les liens très étroits qui relient la cartographie thématique à l'analyse exploratoire des données. Un lecteur intéressé trouvera en annexe quelques règles élémentaires régissant la construction de cartes thématiques. Chaque carte est le résultat de choix qui affectent tant le type de carte, le nombre de classes de valeurs, les limites des classes de valeurs, l'usage des couleurs ou des symboles, soit autant de biais influençant la perception de l'image et donc son interprétation (voir annexe 1).

« A bad map is like a bad book, giving the reader a distorted view of what its author intended, whereas a good map is like a good book with a clear message that is almost impossible to misinterpret » (Unwin, 1981).

1.3. Définition de l'analyse exploratoire des données spatiales (E.S.D.A.).

L'E.S.D.A. est une extension aux données spatiales de l'Analyse des Données exploratoire (Tukey, 1977). Anselin (1994, 1998a, 1998b) définit l'*Exploratory Spatial Data Analysis* comme étant un ensemble de techniques qui permettent de décrire et de visualiser des distributions spatiales, d'identifier des localisations atypiques (*spatial outliers*), de découvrir des associations spatiales (*clusters, hot spots*), et de suggérer des structures spatiales voire d'autres formes d'hétérogénéité spatiale. Une notion est centrale : l'autocorrélation spatiale, c'est-à-dire le phénomène selon lequel des similarités existent en termes de localisations (les valeurs semblables d'un attribut sont proches dans l'espace). L'E.S.D.A. vise principalement à visualiser et à tester scientifiquement des structures spatiales ; elle constitue une étape préalable indispensable à la construction d'un modèle d'économétrie spatiale car elle aide à formuler des hypothèses afin d'expliquer et de comprendre la structure spatiale étudiée.

Cressie (1993) distingue deux types de méthodes d'exploration des données spatiales selon le type d'espace sous-jacent. Si on raisonne sur un échantillon de mesures ponctuelles faites dans un espace continu, on parlera de méthodes géo-statistiques ; ce type de méthodes convient particulièrement bien en géologie, par exemple. Si on raisonne dans un espace discret de localisations (points ou polygones) on parlera de « *lattice data* ». Les techniques différeront donc selon que l'on raisonnera dans un espace discret ou continu. La nature des données traitées dans le cas de Brest nous oblige à travailler dans un espace **discret** : les données utilisées sont disponibles à l'échelle du logement (points) ou à l'échelle agrégée de l'îlot ou de la commune (polygones). Les méthodes d'E.S.D.A. relatives aux deux types d'espaces sont différentes et résumées dans le tableau n°1 (voir Anselin, 1998b). Les techniques de l'E.S.D.A. essaient à la fois de révéler une tendance valeurs moyennes (relations globales) et les variations locales par rapport à cette tendance (résidu) ; c'est ce que Wise, Haining et Signoretta (1999) appellent « *smooth* » et « *rough* ». Contrairement à Anselin, Haining et Wise (1997), ci ajoutent aussi les techniques d'estimations par noyaux qui permettent à la fois des cartographies de tendances et plusieurs types de visualisations graphiques. La visualisation des associations spatiales entre lieux est la composante centrale de l'E.S.D.A. Son implémentation n'est cependant pas évidente et requiert des structures spécialisées de données. Dans le cas de Brest, les logiciels Spacestat et SAS seront utilisés.

Tableau n°1 : Techniques de l'E.S.D.A. (Source : Anselin, 1998-b page 81).

	Geostatistical perspective	Lattice perspective
Visualising spatial distribution	<ul style="list-style-type: none"> • Spatial cumulative distribution function 	<ul style="list-style-type: none"> • Box map • Regional histograms • Spatial exploratory analysis of variance
Visualising spatial association	<ul style="list-style-type: none"> • Spatially lagged scatterplot • Variogram cloud plot • Variogram box plot 	<ul style="list-style-type: none"> • Spatial lag charts • Moran scatterplot and map
Local spatial association	<ul style="list-style-type: none"> • Outliers in variogram boxplot • Outliers in variogram cloud plot 	<ul style="list-style-type: none"> • LISA maps • Outliers and Moran scatterplot
Multivariate spatial association	<ul style="list-style-type: none"> • Multivariate variogram cloud plot 	<ul style="list-style-type: none"> • Multivariate Moran scatterplot

1.4. Mesure des associations spatiales.

Comme évoqué à la Section 1.1., un concept clef en analyse des données spatiales est la notion de **voisinage spatial**, qui conduit à la construction d'une matrice de poids spatiaux qui contient une ligne pour chaque observation et dans laquelle traditionnellement la valeur 1 figure pour les voisins (matrice de contiguïté). Actuellement, cette notion de voisinage peut être exprimée de différentes façons selon des critères de contiguïté (frontière commune) ou de distances entre lieux. Pour chaque localisation i la valeur d'un attribut z_i est alors comparée aux valeurs prises par ce même attribut dans les localisations « voisines » ; ces valeurs « voisines » sont résumées sous forme de moyenne ou de moyenne pondérée. Les localisations i dont les lieux voisins sont caractérisés par des valeurs similaires sont caractérisées par une association spatiale positive, alors qu'à l'opposé, des lieux i entourés par des lieux qui sont caractérisés par des valeurs fortement différentes sont dits autocorrélés négativement (Anselin 1995). La mesure de voisinage est une information capitale dans le calcul de l'autocorrélation spatiale.

Les deux manières les plus fréquentes de mesurer voire de tester l'autocorrélation spatiale sont le I de Moran et le G de Geary. La présence d'autocorrélation dans un ensemble de données spatiales traduit la **non indépendance** des données et donc l'obligation de recourir à des techniques statistiques spécifiques pour les modélisations économétriques (voir les différentes variantes de régression incluant une correction pour l'autocorrélation).

Aujourd'hui, des mesures d'**autocorrélation locale** complètent la boîte à outils du spécialiste : elles permettent d'associer à chaque lieu i une mesure exprimant la contribution de ce lieu à l'autocorrélation globale (voir par exemple Anselin, 1995 ; Unwin et Unwin, 1998 ; Fortheringham et al. 2000).

Dans l'analyse empirique des espaces urbains, l'étude de l'**autocorrélation spatiale** est assez récente dans les approches hédoniques des marchés fonciers et immobiliers. Basu et Thibodeau (1998) et Pace R., Barry R. et Simans C. (1998) montrent que les prix des maisons sont autocorrélés et biaisent les estimations économétriques. Les recherches montrent que le traitement de l'autocorrélation spatiale permet d'améliorer les estimations et les prévisions sur ces marchés, peut être un substitut aux variables omises ou permet de traiter les effets de débordement et les externalités spatiales de voisinage (Baumont et Le Gallo, 2000).

1.5. Le problème de l'agrégation des données spatiales : « Modifiable Areal Unit Problem » (MAUP).

Dans le cas de Brest, nous disposons de données individuelles de ventes immobilières. Construire un modèle explicatif nous conduit à rechercher des variables explicatives des variations de prix. Ces données seront recueillies auprès de différents organismes, chacun ayant choisi le niveau d'agrégation des données spatiales qui lui convenait (protection vie privée, conformité recensement, etc.). A chaque zone géographique (exemple : commune) est alors associée une valeur que l'on suppose homogène sur toute la surface. L'agrégation des données en unités géographiques conduit à une série de problèmes spécifiques. Tout d'abord, il existe des **effets de frontières** qu'il est impossible de maîtriser (Haggett 1981). Ensuite, on sait qu'il existe un lien entre la manière d'agréger les observations spatiales individuelles et les résultats statistiques : le **problème d'échelle** (nombre d'unités spatiales) et le problème de **forme des unités spatiales** (manière d'effectuer le découpage aussi appelé *gerrymandering*) constituent des biais sérieux des analyses spatiales. C'est ce que les anglais appellent le M.A.U.P. (Modifiable Areal Unit Problem) et qu'il est difficile de contourner quelque soit le modèle/la technique utilisé(e).

Les tentatives de maîtrise de ce type de biais ont engendré une littérature importante et récente. Openshaw et Taylor (1979) sont les premiers à souligner l'effet dramatique du découpage sur les corrélations, régressions et autocorrélations, sans pouvoir dégager de règle générale sur le sens du biais. Un peu plus tard, Arbia (1989) entreprend une analyse plus systématique du M.A.U.P. Openshaw (1996) résume les nouvelles technologies et méthodologies disponibles pour le choix d'un découpage afin d'optimiser les résultats statistiques sans toutefois pouvoir prétendre à la détention de « la » règle idéale. Enfin, Holt et al (1996) concluent que le choix des variables utilisées pour regrouper les données individuelles en agrégats spatiaux pertinents est déterminant : il permettrait de mieux mesurer les relations entre individus et donc d'éviter les problèmes de MAUP associés à l'« *ecological fallacy* », de conclure de relations individuelles à partir de données agrégées.

Nous sommes conscients que les choix faits dans le cadre de notre analyse sur Brest vont influencer les résultats obtenus ; à chaque étape nous avons essayé de les minimiser mais

le manque de données explicatives individuelles nous met dans l'impossibilité de tester l'effet d'utilisation de moyennes zonales à l'échelle individuelle.

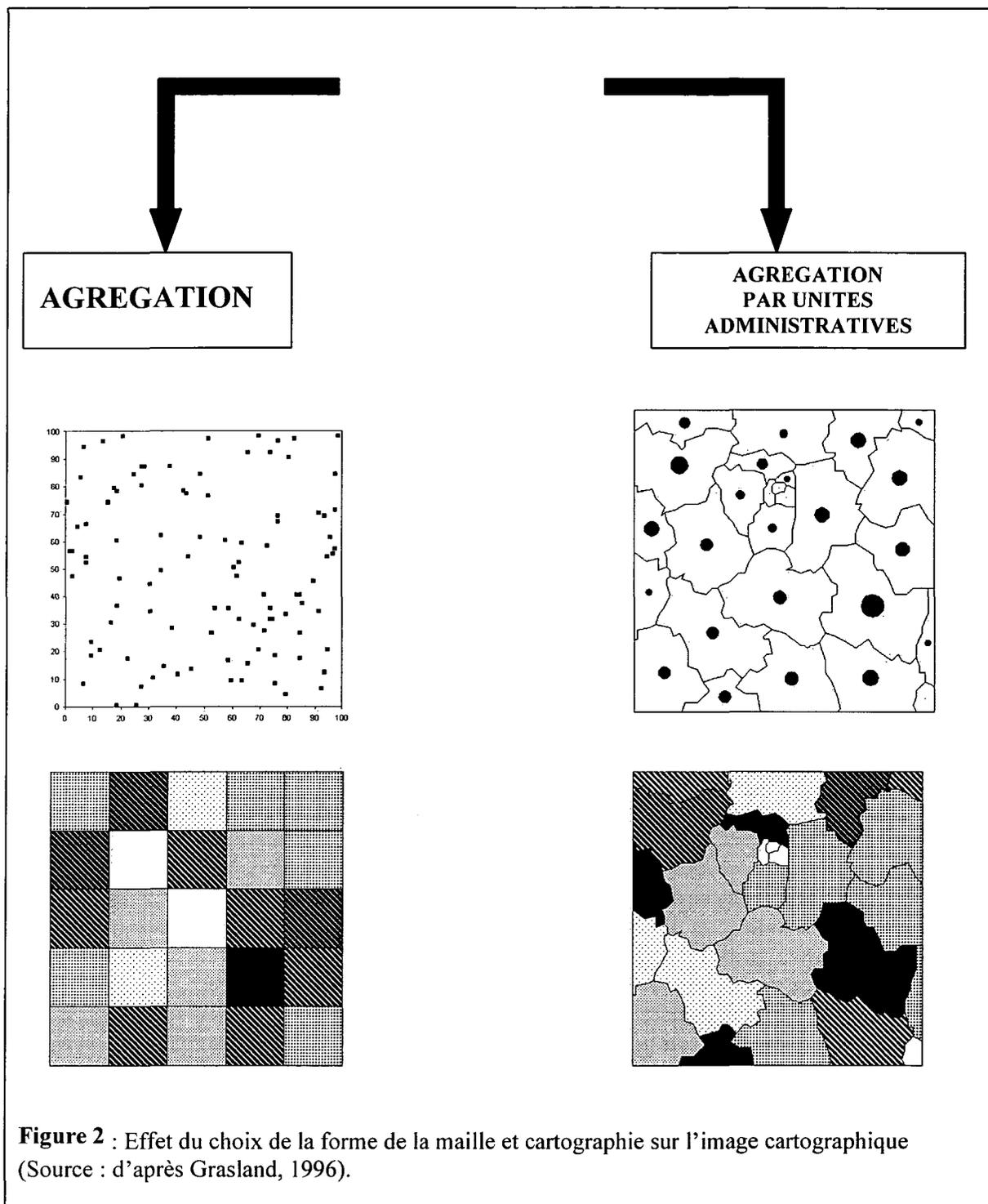


Figure 2 : Effet du choix de la forme de la maille et cartographie sur l'image cartographique
(Source : d'après Grasland, 1996).

1.6. Conclusion.

A priori, analyser les valeurs foncières à l'échelle d'une ville nous amène à réfléchir sur plusieurs aspects de l'analyse des données (Wise, Haining et Signoretta 1999) :

1. les données spatiales possèdent des **caractéristiques spécifiques** qui les distinguent d'autres types de données et qui ont nécessité le développement de techniques, de logiciels de visualisation et d'analyses statistiques tenant compte de leurs spécificités ;
2. la technique la plus courante pour visualiser des données spatiales est la **carte**. Cependant la construction d'un document cartographique nécessite le choix circonstancié du type de carte et le choix du mode de discrétisation (voir annexe). Un même ensemble de données peut conduire à la construction de cartes différentes traduisant des structures spatiales différentes et posant le problème de **l'interprétation visuelle** (Monmonnier, 1992),
3. des zones urbaines tels les îlots ou les communes, tendent à varier en forme et en taille. Si la population totale ou la superficie est dès lors utilisée comme dénominateur, le degré de fiabilité des mesures varie à travers la carte (Champion et al, 1987). **Nombre, forme et taille des unités spatiales** influencent la carte et les statistiques spatiales.
4. indépendance des erreurs
5. il importe de tenir compte des relations de dépendance entre les observations individuelles, de l'arrangement spatial des unités spatiales. Les statistiques spatiales requièrent donc la construction d'une **matrice de connectivité** W , où des w_{ij} peuvent exprimer des connectivités simples (0, 1) ou des distances.

Les techniques d'E.S.D.A. se sont avérées être des outils efficaces pour l'analyse exploratoire des données géoréférencées. Les recherches récentes devraient permettre d'étendre les connaissances vers la visualisation de grandes bases de données en plusieurs dimensions (voir par exemple Edsall, Harrower, et Mennis, 2000).

II. Les pistes explorées.

Grâce au concours de l'ADEUPa, les données à disposition sont nombreuses et très variées. Nous disposons d'information en termes de structure sociale des lieux, d'équipements publics, d'aménités environnementales. En cours de programme, nous avons eu la possibilité d'affecter les transactions et les équipements en fonction de l'îlot. Nous avons bien évidemment développé l'analyse en ce sens. Parce que les éléments à notre disposition sont très variés et a priori d'influence différente sur les enchères des ménages, parce qu'ils relèvent de motifs de déplacements différents, notre travail s'est focalisé et ce concentrera successivement sur les variables suivantes : la structure sociale des quartiers, les équipements scolaires et d'enseignement secondaire, les équipements de transport public et automobiles, les équipements commerciaux, les aménités environnementales,

2.1. Les résultats précédents.

La structure sociale des communes et des quartiers. L'expérience montre que les ménages et notamment les ménages les plus aisés accordent beaucoup d'importance à la représentation sociale de leur lieu de résidence.

Tableau n°2 : Coefficients des fonctions d'enchères attribuables à la proportion de cadres dans les quartiers ou dans la commune.

Catégorie de référence		Brest	Périphérie brestoise
Ouvriers et employés de moins de 30 ans	Coef	0,0018	0,0003
	T	0,5002	5,2086
Ouvriers et employés âgés de 31 à 40 ans	Coef	0,0108	0,0003
	T	3,0624	5,1741
Ouvriers et employés de plus de 40 ans	Coef	0,0106	0,0003
	T	2,7807	4,3717
Cadres moyens de moins de 30 ans	Coef	0,0176	0,0003
	T	4,5992	5,4602
Cadres moyens âgés de 31 à 37 ans	Coef	0,0222	0,0005
	T	5,092	7,9742
Cadres moyens de plus de 38 ans	Coef	0,0354	0,0004
	T	8,8585	5,5666
Cadres supérieurs de moins de 31 ans	Coef	0,0436	0,0005
	T	8,4207	6,9527
Cadres supérieurs âgés de 32 à 45 ans	Coef	0,0449	0,0007
	T	8,9411	7,8517
Cadres supérieurs âgés de plus de 45 ans	Coef	0,0538	0,0003
	T	10,192	3,7041

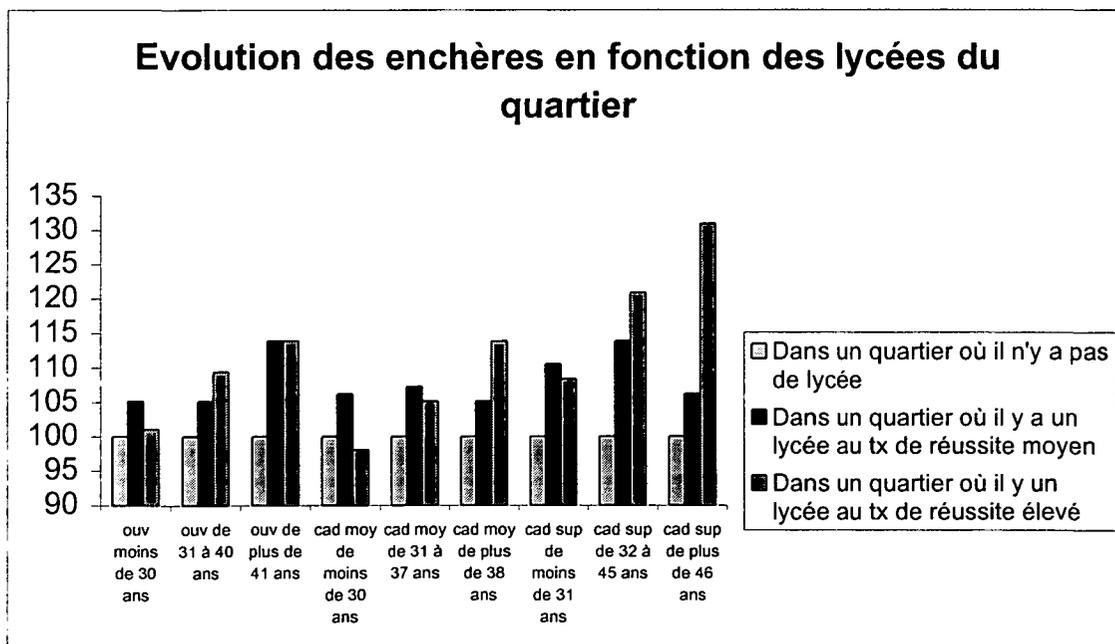
Source : L'Evaluation des Fonctions d'Enchères des Ménages dans l'Agglomération Brestoise, Sabine Kazmierczak et Hubert Jayet, lettre de commande n°5524 du 14 novembre 1997, p115.

Dans les études précédentes, nous avons en effet montré combien les cadres valorisent les quartiers où les cadres sont bien représentés. Pour Brest et parce que nous disposons maintenant de données par îlots, nous affinerons donc l'analyse.

Comme pour la structure sociale des quartiers ou des communes, nous avons montré que la présence d'équipements scolaires influe sur les enchères des ménages. Les premiers résultats effectués sur des indicateurs simples comme le taux de scolarisation hors quartier des écoliers, la présence d'un lycée dans le quartier ou la réputation du lycée dans le quartier se sont révélés significatifs.

Le taux de scolarisation hors quartier : Tous les coefficients obtenus sont de signe négatifs. Ils montrent que les ouvriers et les employés, au contraire des cadres supérieurs, accordent beaucoup moins d'importance au fait d'avoir une école bien réputée dans leur quartier. Les coefficients obtenus sont significatifs mais relativement faibles. Si on ne remet pas en question la simplicité de l'analyse spatiale de ce type de données, on pourrait penser qu'il s'agit d'un critère de choix secondaire.

La présence d'un lycée dans le quartier : Les cadres les plus jeunes n'attachent pas d'importance à cette variable au contraire des ménages les plus âgés. On a montré que cette variable est importante pour toutes les catégories mais son influence augmente avec l'âge de la personne de référence.



Source : Que nous enseignent les prix des transactions immobilières sur le fonctionnement urbains ? Hubert Jayet et Sabine Kazmierczak, présentation au séminaire d'analyse économique du METL du 9 mars 2000.

L'influence de la réputation du lycée : les cadres supérieurs en âge d'avoir des enfants aux lycées valorisent particulièrement cet équipement.

D'ailleurs, cette importance est fonction croissante de l'âge et du revenu. Globalement, nous pouvons conclure que les acheteurs en âge d'avoir des enfants lycéens prennent en compte le fait d'avoir un lycée dans leur quartier de résidence. Plus les acheteurs sont aisés, plus ils sont disposés à payer pour résider à proximité d'un équipement scolaire réputé.

Les équipements publics classiques comme les espaces verts, les espaces culturels comme les cinémas, les théâtres ou les musées, les équipements sportifs.

Pour ce qui concerne Brest, nous nous sommes concentrés sur les espaces verts. Dans une première étape nous avons testé l'influence du nombre d'espace verts dans le quartier. Avec l'arrivée de nouvelles données (par îlot), nous avons exécuté le même type de travail.

Tableau n°3 : Coefficients des fonctions d'enchères attribuables à la proximité aux espaces verts. Echantillon des transactions des mutations réalisées à Brest.

Catégorie de référence		Nombre d'espace vert
Ouvriers et employés de moins de 30 ans	Coef	0,0051
	T	1,2062
Ouvriers et employés âgés de 31 à 40 ans	Coef	0,0154
	T	3,6512
Ouvriers et employés de plus de 40 ans	Coef	0,0276
	T	6,2401
Cadres moyens de moins de 30 ans	Coef	0,0006
	T	0,0677
Cadres moyens âgés de 31 à 37 ans	Coef	0,0268
	T	5,1666
Cadres moyens de plus de 38 ans	Coef	0,0378
	T	8,0197
Cadres supérieurs de moins de 31 ans	Coef	0,0448
	T	7,2825
Cadres supérieurs âgés de 32 à 45 ans	Coef	0,0449
	T	7,615
Cadres supérieurs âgés de plus de 45 ans	Coef	0,0657
	T	10,9036

Source : L'Evaluation des Fonctions d'Enchères des Ménages dans l'Agglomération Brestoise, Sabine Kazmierczak et Hubert Jayet, lettre de commande n°5524 du 14 novembre 1997, p132.

Les équipements commerciaux comme les hypermarchés, les supermarchés et les zones commerciales classiques de proximité.

Pour tenir compte de la facilité d'accès aux zones commerciales nous avons estimé un modèle intégrant la distance au centre et aux principaux centres commerciaux, pour les transactions réalisées dans les communes de la périphérie brestoise. Les résultats concernant ces centres commerciaux ne sont pas significatifs.

Avec les nouvelles données, nous examinerons l'importance de la présence de commerces dits de proximité sur les transactions réalisées à Brest.

Les équipements de transport publics ou facilitant les déplacements en automobile. Dans le rapport « l'Evaluation des Fonctions d'Enchères des Ménages dans l'agglomération Brestoise », nous avons montré que l'accessibilité est un facteur valorisant les prix fonciers et immobiliers. Ces résultats sont particulièrement significatifs quand on analyse les transaction réalisées dans la périphérie brestoise.

Tableau n°4 : Coefficients des fonctions d'enchères attribuables au temps d'accès au centre de Brest et aux équipement de transport. Echantillon des transactions réalisées dans la périphérie brestoise.

Catégorie de référence		Temps d'accès au centre de Brest	Présence d'un accès à la voie express	Présence d'une ligne régulière de bus ou ferroviaire
Ouvriers et employés de moins de 30 ans	Coef	-0,0144	-0,0028	-0,0813
	T	-8,3743	-0,0623	-1,4978
Ouvriers et employés âgés de 31 à 40 ans	Coef	-0,0137	0,0134	0,0289
	T	-6,9479	0,3124	0,542
Ouvriers et employés de plus de 40 ans	Coef	-0,0126	-0,038	0,0922
	T	-6,6358	-0,5449	1,0626
Cadres moyens de moins de 30 ans	Coef	-0,0142	0,447	0,0234
	T	-6,9585	0,8527	0,3510
Cadres moyens âgés de 31 à 37 ans	Coef	-0,0196	-0,0070	0,0558
	T	-4,4239	-0,1429	0,9073
Cadres moyens de plus de 38 ans	Coef	-0,015	0,0539	0,1336
	T	-6,7282	0,8514	1,6086
Cadres supérieurs de moins de 31 ans	Coef	-0,0196	0,0913	0,2327
	T	-6,9958	1,2966	2,3725
Cadres supérieurs âgés de 32 à 45 ans	Coef	-0,0221	0,0956	0,2562
	T	-7,3584	1,2841	2,6227
Cadres supérieurs âgés de plus de 45 ans	Coef	-0,0049	0,2470	0,4989
	T	-1,6745	2,6173	3,6578

Source : L'Evaluation des Fonctions d'Enchères des Ménages dans l'Agglomération Brestoise, Sabine Kazmierczak et Hubert Jayet, lettre de commande n°5524 du 14 novembre 1997, p124.

Pour ce qui concerne la ville de Brest, nous nous étions avions retenu la simple distance euclidienne du centre du quartier au centre ville. Pour compléter l'étude nous utiliserons la distance euclidienne de l'îlot au centre ville. Par la suite, nous envisageons d'analyser l'influence du réseau de bus sur les enchères des ménages notamment par l'utilisation des fréquences et l'influence de la proximité relative à un axe rapide.

Les équipements qui ont été successivement pris en compte sont relativement nombreux. A chaque estimation, nous avons pu mettre en valeur l'importance relatives de ces

équipements sur les dispositions à payer des ménages. Néanmoins, on peut regretter de ne pas disposer d'un modèle regroupant l'ensemble. L'expérience a en effet montré que l'estimation d'un modèle comprenant un nombre important de variables était impossible compte tenu des corrélations entre ces dernières. Ce problème concerne aussi bien les variables descriptives des caractéristiques intrinsèques des logements que les caractéristiques de localisation.

Compte tenu des types architecturaux et régionaux on peut souvent associer certaines caractéristiques. Par exemple, la présence d'un garage est souvent effective dans les logements les plus récents. Introduire ces deux attributs dans un même modèle amène de l'autocorrélation. De la même manière, la prise en compte de variables descriptives de l'environnement trop nombreuses introduit de l'autocorrélation. Prenons l'exemple du centre ville où certains équipements comme les cinémas et les théâtre sont présents. L'introduction de la distance au centre ville conjointement à la distance à ce type d'équipement est souvent difficile.

Les difficultés d'estimation de la représentation de l'espace dans nos modèle d'enchères sont évidents. Prenant en compte la simple distance au centre, une variable dichotomique descriptive de la présence ou de l'absence d'un équipement, nous n'avions pas été en mesure de donner une bonne image de l'ensemble des caractéristiques de l'espace. Notre incapacité à prendre en compte la réalité des choix possibles de localisation relative aux équipements quotidiennement utilisés par les résidents, nous a amené à considérer les approches des géographes.

Disposant de données complémentaires, nous commencerons notre analyse par une étude complémentaires des mêmes données réparties par îlot. En effet, plus les aires d'études sont denses, plus l'existence de micro-marchés immobiliers est possible et plus l'influence de certains équipements urbains sur les dispositions à payer des ménages peut varier sur des faibles distances.

Avec l'arrivée de nouvelles données par îlot, nous sommes maintenant en mesure de fournir un travail et des estimations plus précises. Parce que ces variables ont déjà été étudiées et parce qu'il s'agit d'attributs caractéristiques des zones les plus urbaines nous nous concentrerons sur l'étude des variables relatives à la présence d'espaces verts, de lieux culturels (théâtres, bibliothèques, musées ou cinémas) et de zones commerciales (commerces traditionnels ou hyper et supermarchés).

L'étude descriptive nous a cependant conforté dans l'idée de raisonner en termes de distance. En effet, nous avons remarqué que les variables relatives aux lieux culturels et aux zones commerciales ne concernaient que peu d'îlots. Il est donc plus intéressant de voir si les ménages accordent de l'importance à la facilité d'accès à ces lieux plutôt qu'à la simple présence de ces équipements dans les quartiers ou dans les îlots.

Pour ce faire, nous avons donc construit des matrices de distance par îlot pour chacun des équipements retenus. A la base de données sur les transactions réalisées de 1990 à 1998 nous avons donc affecté la distance minimum au centre de Brest, aux espaces verts, aux lieux culturels et aux zones commerciales. Nous étudierons ainsi les effets de ces caractéristiques sur les dispositions à payer des ménages.

Dans un premier temps, nous nous intéresserons à l'impact de la facilité d'accès aux équipements publics sur les dispositions à payer des ménages et, dans un second temps, à la facilité d'accès à une zone commerciale.

2.2. L'utilisation de données spatialement plus fines.

Les équipements publics. Parce ces équipements publics sont spécifiques aux aires urbaines et aussi parce qu'ils correspondent a priori à des préférences bien différentes, on s'intéressera séparément à deux sortes d'équipements : les espaces verts et les espaces culturels.

Les espaces verts. Nous avons recensé 73 îlots possédant un espace vert. Dans la carte n°1, nous remarquons que les espaces verts sont uniformément répartis dans le pays de Brest. On peut donc présager que la distance minimale à parcourir pour accéder à un espace vert sera relativement faible.

En plus de l'estimation de l'effet de la distance, on peut donc ici envisager une seconde étude mesurant l'importance qu'accordent les ménages à la présence d'espaces verts dans l'îlot. Le coefficient obtenu dans l'estimation des fonctions de prix simples. Pour la variable "distance minimum aux espaces verts" est de $-0,00000122$ et il est significatif ($Pr > F = -1,95$). On peut donc dire que les ménages sont disposés à payer environ 0,12% en plus par kilomètre gagné pour accéder à un espace vert (Tableau n°13 en annexe 2).

On peut expliquer la faiblesse de ce coefficient par le fait que les espaces verts sont assez bien répartis dans la ville de Brest et que, de ce fait, les ménages qui souhaitent acquérir un logement à Brest ne résideront en général pas trop loin d'un espace vert.

Tableau n°5 : Coefficients estimés correspondant à la variable "distance minimum à un espace vert".

	ouvriers et employés			cadres moyens			cadres supérieurs		
	<30 ans	entre 31 et 40	> 40 ans	<30 ans	entre 31 et 37	>37 ans	<31 ans	entre 32 et 45	>45 ans
Coef	-0,085E-3	-0,096E-3	-0,219E-3	-0,182E-3	-0,087E-3	-0,099E-3	-0,072E-3	-0,118E-3	-0,193E-3
T	-45,118	-45,774	-41,219	-42,684	-41,110	-47,735	-15,459	-36,384	-26,763

Source: nouveau fichier des îlots. Tableaux n°4, 5 et 6 en annexe.

Toutes les catégories de ménages sont disposées à payer plus pour habiter à proximité d'un espace vert. Cependant, la disposition à payer semble irréaliste. En effet, d'après ce tableau, on constate que les ouvriers et employés de plus de 40 ans seraient disposés à payer 21% en plus par kilomètre gagné. Dans le même ordre d'idée, les jeunes cadres moyens seraient prêts à payer 18% en plus et les cadres supérieurs de plus de 45 ans environ 19%.

Ces proportions sont donc très élevées et improbables, d'autant plus que la "distance minimum à un espace vert" ne constitue pas une caractéristique fondamentale dans la formation des prix fonciers et immobiliers (par rapport, par exemple, à la taille, au niveau de confort ou à la présence d'un parking).

On peut expliquer ces résultats par le fait que les espaces verts sont assez nombreux et uniformément répartis dans Brest : tous les logements sont relativement proches d'un espace vert et la distance à parcourir pour y accéder est généralement minime. Ces résultats peuvent aussi s'expliquer par le fait que la proximité immédiate à un espace vert intègre d'autres variables descriptives non directement prise en compte (cadre architectural du quartier).

Tableau n°6 : coefficients estimés correspondant à la variable "présence d'un espace vert".

	ouvriers et employés			cadres moyens			cadres supérieurs		
	<30 ans	Entre 31 et 40	> 40 ans	<30 ans	entre 31 et 37	>37 ans	<31 ans	entre 32 et 45	>45 ans
coef	-0,042	0,011	-0,050	0,051	0,034	-0,009	-0,187	-0,030	-0,028
T	-0,891	0,241	-0,902	1,027	0,570	0,172	-1,512	0,435	-0,300

Source : nouveau fichier des îlots. Tableaux n°1, 2 et 3 en annexe.

Nous nous intéressons maintenant à la présence d'un espace vert dans l'îlot. Cette régression n'est pas très concluante car aucun coefficient estimé pour la variable "présence d'un espace vert dans l'îlot" n'est significatif (Tableau n°6). On peut associer ce résultat au fait que le raisonnement par îlot n'est pas approprié : l'îlot est une mesure trop petite, bien souvent l'espace vert constitue en lui-même l'îlot et aucun logement ne lui est affecté dans la base de

données. Enfin rappelons que la vue est souvent un élément plus valorisé que la proximité effective.

Les lieux culturels. Pour construire la variable "lieu culturel" nous avons pris en compte les musées, les bibliothèques, les théâtres et les cinémas : 15 îlots contiennent des lieux culturels.

Dans la fonction de prix simple, le coefficient affecté à la variable "distance minimum à un lieu culturel" est de 0 ($Pr > F = -2,640$). Donc globalement, les ménages n'accorderaient pas d'importance au fait d'accéder rapidement à un musée, un théâtre ou un cinéma. Grâce aux fonctions d'enchères, nous allons voir si ce résultat est valable par catégories de ménages (Tableau n°13 en annexe 2).

Tableau n°7 : Coefficients estimés correspondant à la variable "distance minimum à un lieu culturel".

	Ouvriers et employés			cadres moyens			cadres supérieurs		
	<30 ans	entre 31 et 40	> 40 ans	<30 ans	entre 31 et 37	>37 ans	<31 ans	entre 32 et 45	>45 ans
Coef	-0,03E-3	-0,039E-3	-0,031E-3	-0,026E-3	-0,06E-3	-0,03E-3	-0,03E-3	-0,04E-3	-0,05E-3
T	-45,608	-25,422	-38,855	-49,343	-10,818	-45,409	-12,693	-34,625	-29,033

Source: nouveau fichier des îlots. Tableau n°7, 8 et 9 en annexe.

Contrairement à la fonction de prix simple, les résultats du tableau n°7 intègrent le principe de sélection par l'enchère maximale et permettent d'apprécier par catégorie de ménages les dispositions à payer selon la proximité à un lieu culturel. On remarque que toutes les catégories de ménage accordent de l'importance au fait d'accéder rapidement à un lieu culturel.

Cependant, cette importance varie en fonction de l'âge et des catégories socioprofessionnelles : les ménages les plus jeunes (quelle que soit leur catégorie socioprofessionnelle) sont disposés à payer environ 3% en plus par kilomètre gagné.

En outre, ce sont les cadres supérieurs qui sont globalement disposés à payer plus que toutes les autres catégories. Ces ménages ont les capacités financières pour exercer leurs préférences qui peuvent sembler marginales et ils ont aussi la possibilité financière de souvent se rendre au cinéma ou au théâtre.

En ce qui concerne les ouvriers, les employés et les cadres moyens, on constate que les catégories d'âge intermédiaires, c'est à dire les ménages où la personne de référence est âgée

de 31 à 40 ans, sont disposées à payer plus que les autres. On peut mettre ceci en relation avec le fait que ces catégories sont en âge d'avoir des enfants qui souhaitent fréquenter ces lieux culturels (cinéma, bibliothèque...).

Les équipements en commerces. On s'intéressera ici à la présence de commerces : les îlots où les petits commerces traditionnels sont nombreux mais aussi les hypermarchés et les supermarchés. D'après la matrice de distance, on recense 33 îlots. La carte n°3 ci-dessous nous montre leur répartition dans la ville de Brest.

La fonction de prix simple nous donne un coefficient de $-0,415 \times 10^{-6}$ ($\text{Pr} > F = -1,460$) pour la variable "distance minimum à une zone commerciale". La significativité de ce coefficient peut être contestée. Cependant, si on admet que ce coefficient est significatif, on peut dire que les ménages seraient disposés à payer 0,04% en plus par kilomètre gagné pour accéder à un commerce (Tableau n°13 en annexe 2).

Tableau n°8: Coefficients estimés pour la variable "distance minimum à une zone commerciale".

	ouvriers et employés			cadres moyens			Cadres supérieurs		
	<30 ans	Entre 31 et 40	> 40 ans	<30 ans	entre 31 et 37	>37 ans	<31 ans	entre 32 et 45	>45 ans
coef	-0,69E-5	-0,01E-5	-0,08E-5	0,02E-5	-2,29E-5	-5,13E-5	-4,01E-5	-9,01E-5	-11,31E-5
t	-16,81	-0,091	-0,564	0,146	-33,785	-51,545	-18,378	-36,744	-27,691

Source: nouveau fichier des îlots. Tableau n°10, 11 et 12 en annexe.

Les coefficients de la variable "distance minimum à une zone commerciale" pour les ouvriers et employés de plus de 31 ans et pour les cadres moyens de moins de 30 ans ne sont pas significatifs. Les autres catégories de ménage sont toutes disposées à payer plus pour accéder rapidement à une zone commerciale. Par exemple, les jeunes ouvriers et employés sont prêts à payer environ 0,69% en plus par kilomètre gagné.

On remarque aussi que les dispositions à payer des cadres moyens et supérieurs augmentent avec l'âge. Les jeunes cadres supérieurs sont, en effet, prêts à payer 0,4% en plus par kilomètre gagné, tandis que ceux de plus de 45 ans sont disposés à payer jusqu'à 1,1% en plus : Les cadres ont tout simplement la possibilité financière d'exercer l'ensemble de leurs préférences et ne doivent pas se limiter aux plus importantes (caractéristiques internes au logement).

* * * * *

Dans le précédent rapport, nous avons montré que les ménages achetant un logement dans la ville de Brest valorisent plus particulièrement les logements situés dans des quartiers centraux où les cadres sont bien représentés. L'introduction d'autres variables n'a pas vraiment été satisfaisante.

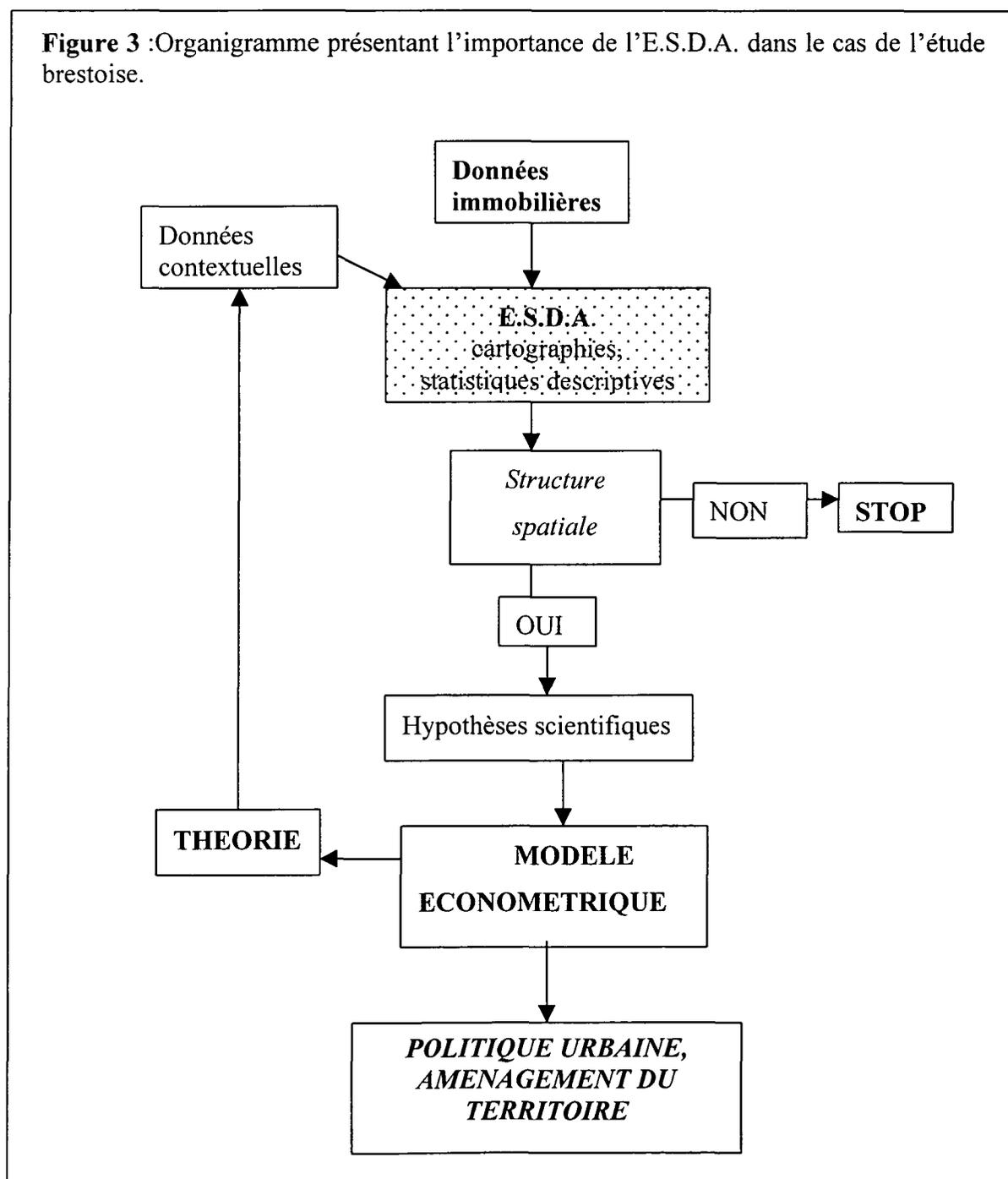
Nous avons montré que globalement, toutes les catégories de ménage souhaitent accéder rapidement aux lieux culturels ou aux zones commerciales (commerces traditionnels et hypermarchés). Certains sont disposés à payer beaucoup plus que d'autres pour satisfaire ce désir : Encore une fois l'on conclut que les catégories aisées financièrement et donc capables d'exercer l'ensemble de leurs préférences ont des dispositions à payer supérieures pour des attributs du logement a priori assez marginalement constitutifs de la formation des prix fonciers.

III. La démarche.

3.1. Présentation.

L'organigramme présenté à la Figure 4 situe l'importance de la démarche statistique exploratoire dans notre étude. Dans la mesure du possible, nous nous attacherons à suivre cette procédure.

Figure 3 : Organigramme présentant l'importance de l'E.S.D.A. dans le cas de l'étude brestoise.



Les Données : Les données à disposition géoréférencées sont de différents ordres. Compte tenu de l'importance des effets déjà mesurés dans une l'approche simple (distance), ces données géographiquement référencées être classées de la manière suivante :

- La structure sociale des communes et des quartiers. Cette variable sera appréciée par la représentation des catégories les plus aisées, par un ratio opposant des catégories « opposées » dans l'échelle des CSP.

- La répartition de l'activité économique dans la zone d'étude. La mobilité entre le lieu de résidence et le lieu de travail est le principal motif de mobilité. Nous fondant sur les modèles de la Nouvelle Economie Urbaine, nous avons retenu l'hypothèse de centralité des activités. Cette idée doit être nuancée pour deux raisons. La première tient aux spécificités de la zone d'étude, la seconde au mouvement plus général de localisation ou de relocalisation des activités dans des zones moins centrales. Pour cela, nous analyserons de manière plus précise les types d'activités et le nombre d'emplois dans les communes comme Landerneau et Lesneven.

- Les équipements scolaires. Au préalable, nous avons montré que le taux de scolarisation hors quartier donnait des résultats significatifs sur les fonctions d'enchères, et plus particulièrement sur celles des ménages appartenant aux catégories sociales les plus élevées. Compte tenu du cadre administratif de la carte scolaire et de l'importance qu'accordent les ménages à la scolarisation des jeunes enfants cette notion doit être examinée avec précaution. Cette variable risque en effet d'être fortement corrélée avec une quelconque variable descriptive de la composition sociale des quartiers.

- Pour ce qui concerne les équipements publics classiques des aires urbaines, nous retiendrons les espaces verts et les équipements culturels comme les musées, les théâtres ou les salles de cinéma. Notons d'ores et déjà certaines objections quant à ce type d'équipements qui sont plus souvent localisés dans les centres villes ou qui s'insèrent dans un cadre architectural particulier. L'effet de la proximité à ces équipements peut alors exprimer la préférence des ménages pour le centre ville et l'ensemble des services qu'il fournit ou pour un cadre architectural de qualité.

- Les équipements de transport. Comme pour d'autres équipements, les infrastructures de transport publics ou les infrastructures facilitant l'usage du véhicule particulier se localisent ou sont plus particulièrement présentes dans des environnements particuliers : Les voies rapides et accès autoroutiers sont plus nombreux dans la proche périphérie, les équipements de transports en mode fixes sont plus denses et donc plus accessibles dans les

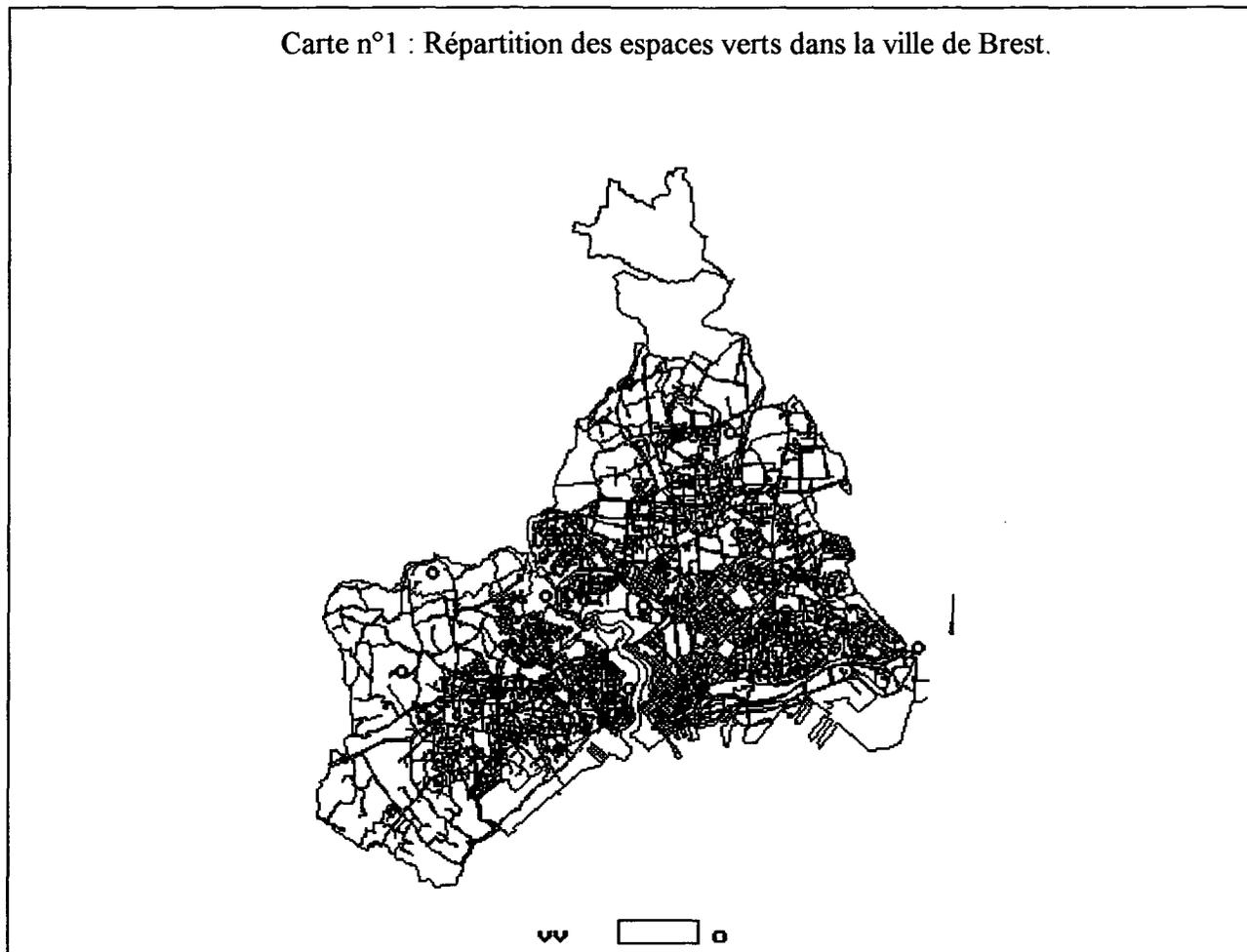
centres villes ou dans les villes très denses. Dans le même ordre d'idées, les lignes de bus et les fréquences de passage sont plus importantes dans les zones urbaines. L'implantation et la facilité d'utilisation de ces différentes infrastructures devrait donc être indissociable à d'autres usages de l'espace urbain, périurbain ou rural.

- Les équipements commerciaux. Les achats sont un autre motif de la mobilité quotidienne. La montée en puissance de commerce périphérique depuis la fin des années soixante avec les premiers hypermarchés et les années quatre-vingt avec les zones d'activité commerciale a entraîné la dispersion croissante des achats entre quatre pôles distincts: la zone commerciale de l'Hermitage-route de Guesnou, l'espace central, les centres commerciaux Géant Casino et de l'Iroise. Faut-il, dans ces conditions parler d'un centre et d'une périphérie ou plutôt de la mise en place d'un système multipolaire où chaque élément tend à rentrer en concurrence avec les autres?

Dans les études précédentes nous avons pris comme référence la simple distance aux équipements. L'addition d'un nombre trop important de variables de localisation dans nos modèles pose donc des problèmes. D'abord la distance à un équipement ou la seule distance au centre peut avoir une influence significative sur les enchères des ménages, mais peut en fait exprimer la préférence pour un autre attribut de l'environnement qui n'aura pas été pris en compte. Enfin, la prise en compte d'un environnement géographique précis, c'est à dire l'introduction de nombreuses caractéristiques descriptives, est impossible. Il est donc nécessaire de construire un indicateur global et de visualiser au préalable la répartition de l'ensemble des équipements cités plus haut pour suivre la démarche décrite dans la figure n°3.

Comme dans la carte n°1, nous nous attacherons donc à représenter plus précisément les équipements. Contrairement aux études précédentes ces attributs seront représentés par un symbole adéquat et non plus par une coloration de du polygone de référence. Après cette première étape purement représentative et cartographique nous serons en mesure de réaliser une première analyse de l'autocorrélation, d'apprécier les pondérations souhaitables pour construire des indicateurs globaux qui tiennent compte de la diversité des services localisés et de préciser une nouvelle démarche d'estimations des fonctions d'enchères des ménages.

Carte n°1 : Répartition des espaces verts dans la ville de Brest.



3.2. L'interprétation des estimations.

L'interprétation des résultats des estimations se fera en deux temps.

Tout d'abord, les paramètres estimés des caractéristiques de l'environnement, pour chaque catégorie de ménage, s'interprètent comme les valeurs marginales attribuées par ces ménages à ces caractéristiques. En effet, l'équation estimée est la suivante :

$$\ln E_k = \sum_{n=1}^N \alpha_{k,n} h_n + \varepsilon_k$$

où k désigne le type de ménage, $h = (h_1, \dots, h_n, \dots, h_N)$ est le vecteur des caractéristiques du logement prises en compte, les $\alpha_{k,n}$ sont les paramètres estimés et ε_k est le terme d'erreur.

En se référant à la théorie hédonique, la dérivée de la courbe de rente offerte par rapport à une caractéristique est le prix marginal de la caractéristique et s'interprète comme la disposition marginale à payer pour cette caractéristique.

$$\frac{\partial E_k}{\partial h_n} = \frac{\partial U / \partial h_n}{\partial U / \partial x}$$

Etant donné la forme log-linéaire de l'équation estimée, cette dérivée est égale au paramètre de chaque caractéristique.

$$\frac{\partial E_k}{\partial h_n} = \alpha_{k,n}$$

Les paramètres estimés peuvent également être utiles dans la perspective d'analyser d'une analyse des déterminants des choix de localisation des ménages à une certaine distance du centre. On peut en effet chercher à savoir, par exemple, dans quelle mesure la valeur importante accordée par un groupe de ménage à la proximité d'espaces verts influence la localisation de ces ménages plus ou moins loin du centre.

Pour construire une méthodologie adéquate, nous nous fondons sur une proposition de Wheaton (1977) pour analyser les causes du choix de localisation des ménages à revenus élevés dans les zones périphériques des villes.

L'idée centrale est que la localisation des différentes catégories de ménages les uns par rapport aux autres est déterminée par la comparaison des pentes des courbes de rente offerte : ce sont les ménages qui ont les courbes de rente offerte les plus plates qui se localisent le plus loin du centre. Wheaton évalue donc les pentes des courbes de rente offerte pour différents groupes de ménages, à partir d'une estimation des paramètres de la fonction d'utilité fondée sur la régression du prix des logements sur leurs caractéristiques.

Ceci étant, Wheaton suppose que le fait de scinder l'ensemble des ménages en différents groupes, en utilisant la méthode des moindres carrés ordinaires, suffit pour appréhender les courbes de rente offerte. L'analyse d'Ellikson (1981) montre en revanche qu'il est nécessaire d'utiliser une méthodologie économétrique spécifique pour estimer réellement les paramètres des courbes de rente offerte.

Nous nous proposons donc d'utiliser le type de raisonnement mené par Wheaton, pour analyser les résultats des estimations des fonctions de rente offerte des ménages sur la base du modèle probit généralisé proposé par Ellikson.

Par ailleurs, Wheaton n'intègre que peu de caractéristiques de l'environnement des logements dans son analyse. La pente des courbes de rente offerte est mesurée à partir de deux composantes : la valeur accordée par les ménages au temps de déplacement domicile-travail et l'élasticité-revenu de la demande de logement. L'effet cumulé de ces deux composantes ne varie que peu avec le revenu, Wheaton conclut simplement que le fait que les ménages à

revenus élevés se localisent à la périphérie des villes s'explique par une meilleure qualité de l'environnement dans la périphérie.

Il est possible d'aboutir à des conclusions plus précises quant à l'effet des différents attributs des lieux. C'est ce que nous nous attacherons à faire dans le cas de la ville de Brest et du pays de Brest, en tenant compte explicitement de l'influence des caractéristiques de l'environnement.

Un modèle urbain avec attributs de l'environnement a été proposé par Brueckner *et al.* (1999)⁶. Dans ce cadre, la dérivée de la courbe de rente offerte par rapport à la distance au centre s'écrit de la façon suivante :

$$\frac{\partial E_k}{\partial t} = \frac{1}{q_k} \left[-\frac{dT_k}{dt} + \sum_{n=1}^N \frac{U_{k,h_n}}{U_{k,x}} h_n'(t) \right]$$

où t est la distance au centre, q_k est la taille du logement, T est le coût généralisé de transport (qui comprend une part monétaire et une part temporelle), dT_k/dt est le coût marginal de transport (susceptible de varier avec la catégorie de ménage considérée), U_{k,h_n} et $U_{k,x}$ sont les dérivées de la fonction d'utilité de la catégorie considérée par rapport à l'attribut h_n et par rapport au bien composite, respectivement.

Cette équation nous indique que la variation de la rente offerte avec la distance au centre a deux composantes : d'une part, l'augmentation du coût généralisé de transport au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre et, d'autre part, la variation du bénéfice tiré des attributs de la localisation, qui est, pour chaque attribut, le produit de sa valeur marginale pour la catégorie de ménage considérée et de la variation de cet attribut avec la distance au centre.

Il est donc possible, à partir de l'évaluation de ces éléments pour chaque catégorie de ménage, de calculer la pente de la courbe de rente offerte et de la comparer pour différentes catégories. Cela nous permettra à la fois de tirer des conclusions quant aux localisations relatives des différents groupes de ménages, et de savoir quels sont les attributs de l'environnement qui pèsent le plus dans ces choix de localisation.

Le calcul de la pente de la courbe de rente offerte se fera individu par individu. La quantité de logement consommée (q_k) est disponible pour chacune des transactions du fichier analysé. Le temps marginal de transport (dT_k/dt) devra être évalué pour chaque individu à partir de la localisation du logement et de la spécification d'une fonction de coût de transport tenant compte de l'effet du revenu et éventuellement des caractéristiques socio-

⁶ Brueckner J., Thisse J.-F., Zenou Y. (1999), Why is central Paris rich and downtown Detroit poor ? An amenity-based theory, *European Economic Review*, 43, 91-107.

démographiques du ménages. Les indicateurs d'accessibilité décrits précédemment seront mobilisés pour réaliser cette évaluation.

L'évaluation de la variation spatiale de la quantité de chaque attribut sera fondée sur l'estimation de courbes de distribution des attributs. Pour chacune des caractéristiques de l'environnement pertinentes, une régression de la quantité de la caractéristique sur la distance au centre sera réalisée. La dérivée par rapport à la distance de la fonction obtenue nous donnera la valeur de $h_n'(t)$ commune à tous les ménages. Enfin, ce sont les paramètres estimés de chacun des attributs dans les fonctions de rente offerte par groupe de ménages qui nous donneront les ratios des utilités marginales $\frac{U_{k,hn}}{U_{k,x}}$.

On calculera enfin la moyenne de la pente des courbes de rente offerte par groupe de ménages pour effectuer des comparaisons entre catégories.

On mettra également en évidence, pour chaque catégorie de ménages, le rôle des différents attributs des localisations dans la formation de la pente de la courbe de rente offerte. On peut penser que les caractéristiques pertinentes seront différentes selon que l'analyse portera sur les transactions réalisées dans la ville de Brest ou dans la zone périurbaine.

ANNEXE 1

Quelques principes de base de cartographie (Thomas, 2000).

Intéressons-nous à la nature de z . Comment représenter z de telle sorte que les biais soient minimaux dans sa représentation cartographique ? En quoi la nature de z influence-t-elle le type de carte ? Il convient ici de rappeler quelques règles de base de cartographie thématique, car la carte est bien plus qu'une « simple » image. La carte n'est pas une œuvre d'art, sa construction répond à des règles strictes dont l'importance est d'autant plus justifiée que sa lecture implique des processus de perception. Il faut donc que le message soit clair, juste et impossible de mal interpréter (Unwin, 1981), car le document cartographique peut être à l'origine de prises de décisions stratégiques en termes d'aménagement ou de modélisation. L'utilisation de logiciels de cartographie et de dessin semble souvent avoir annihilé tout raisonnement logique face aux différentes étapes de l'élaboration d'une carte; rappelons donc ici certaines contraintes de réalisation.

On peut classifier les cartes de plusieurs façons, selon différents critères tels que l'échelle, la projection ou le contenu. Néanmoins, dans le champ de la production cartographique, les cartes se rangent habituellement en deux catégories : les cartes de base et les cartes thématiques. Les **cartes de base** représentent les renseignements à propos de la surface de la Terre : formes de terrain, hydrographie, points de repère tels les voies de communication, les lieux habités, les noms ou centroïdes géographiques. Les cartes qui offrent seulement des renseignements bidimensionnels sont nommées **planimétriques** tandis que celles qui représentent aussi l'altitude sont appelées **topographiques**. On peut indiquer l'altitude sur les cartes topographiques de différentes manières; la méthode la plus couramment utilisée consiste à tracer des courbes de niveau qui relient les points d'égale altitude positive ou négative (*isolignes*).

Les **cartes thématiques** rendent compte de la distribution spatiale de renseignements qualitatifs et/ou quantitatifs agrégés par surfaces. Les cartes thématiques **qualitatives** représentent la distribution de données nominales de base, soit des données classifiées sans hiérarchie (exemple : répartition des aménités selon leur nature). Les cartes thématiques

quantitatives sont plus complexes, car elles touchent à la fois la localisation de données ordinales, d'intervalles et de ratios. Les données ordinales offrent à l'utilisateur des informations sur le rang et la hiérarchie (par exemple une carte indiquant les lieux habités qui sont classés en tant que ville, village ou hameau). Les données d'intervalles offrent quant à elles des renseignements plus précis. Elles emploient une échelle de données modifiées habituellement décrite dans une légende (exemple : une cartographie de la hauteur des précipitations qui indique le nombre de millimètres de pluie par année dans différents lieux par un jeu de couleurs illustrant les intervalles de données).

Dans le cadre de ce travail, **cinq règles de base** sont évoquées afin de résumer quelques principes élémentaires de cartographie thématique, mais également afin de montrer comment des choix faits par le cartographe influencent la perception de la structure spatiale de z , influencent le message rendu par la carte et donc les hypothèses préalables au modèle. Pour plus d'information, le lecteur se référera à quelques ouvrages de référence tels ceux de Béguin et Pumain (1996), Brunet (1985), Dent (1985), Kraak et Ormeling (1998) ou Slocum (1999).

Règle de base n°1 :

La nature de la mesure détermine le type de carte.

Le type de carte est principalement déterminé par la nature de la mesure : une variable nominale conduira automatiquement à une carte **chorochromatique**, c'est-à-dire une carte sur laquelle les couleurs appliquées aux unités géographiques se côtoient selon le choix de l'auteur. Citons l'exemple des couvertures végétales ou des découpages administratifs. Une variable cardinale se cartographie quant à elle soit par une carte symbole, soit par une carte **choroplèthe** (voir règle n°2). Cette dernière traduit par une gradation des couleurs la croissance ou la décroissance d'un phénomène spatial mesuré sur une échelle continue. Dans ce cas, une gradation judicieuse des teintes doit être appliquée; le mélange des couleurs n'est pas fréquent et est limité à des cas très particuliers (exemple : carte de résidus). On voit ici l'importance d'une analyse exploratoire des données spatiales, préalable à la construction d'une cartographie thématique rigoureuse.

Règle de base n°2 :

le type de mesure détermine le type de carte.

Un second principe élémentaire de cartographie est de dire que les valeurs absolues et les nombres relatifs ne se cartographient pas de la même manière. Lorsque z est exprimée en nombres absolus, il convient d'utiliser la **carte symbole**, c'est-à-dire une carte avec des symboles centrés sur les lieux (contenants), la surface de chaque symbole étant proportionnelle à la mesure de z en ce lieu. Le choix de la forme du symbole (cercle, carré, etc.) dépend de la problématique étudiée, mais également de l'écart entre la plus petite et la plus grande valeur utilisée ou du public à qui la carte est adressée.

Si par contre, la variable z est exprimée en nombres relatifs - tels des densités, des pourcentages ou des indices - elle se cartographie à l'aide d'une carte **choroplèthe**, c'est-à-dire une carte sur laquelle la surface des objets élémentaires (les communes, les îlots, ...) est « coloriée » judicieusement (voir règle de base n°3), à l'aide d'une gradation de teintes ou d'une progression de trames.

Règle de base n°3 :

la discrétisation des valeurs n'est pas le fruit du hasard.

Sur base des résultats obtenus lors de l'analyse descriptive exploratoire simple des données spatiales (voir règle de base n°1), l'auteur de la carte choroplèthe va ensuite définir la manière de discrétiser la variable étudiée. En effet, dresser une carte par exemple à l'échelle de Brest n'autorise pas, malgré les nombreux progrès techniques, de « colorier » les quelques 1460 îlots avec 1460 teintes de grisés ou 1460 couleurs différentes : l'œil humain a ses limites. Il va donc falloir définir des classes de valeurs, c'est-à-dire définir un nombre de classes et les limites de ces classes (voir par exemple Cauvin et Reymond, 1986, pp. 61-74, Slocum, 1999, Kraak et Ormeling, 1998, pp 140-149).

Il existe de très nombreuses manières de discrétiser une variable mesurée sur un nombre important de lieux. Deux règles générales sont rappelées ici. Tout d'abord, le choix du **nombre de classes** est principalement guidé par (1) les limites visuelles et techniques qui conduisent généralement à retenir de 5 à 7 classes (maximum 9), et par (2) l'application de formules simples inspirées des techniques de construction des histogrammes de fréquences

qui, pour la plupart, sont basées sur le principe de proportionnalité au logarithme du nombre de lieux (voir par exemple Slocum (1999), Cauvin et Reymond (1986) ou Evans (1977)).

Ensuite, les **limites de classes** seront définies selon des critères stricts en fonction de l'objectif de la carte, du public auquel la carte est destinée mais surtout et avant tout, à partir de la distribution statistique des données étudiée. Différentes catégories de méthodes sont mentionnées dans la littérature : intuitives, exogènes, mathématiques, statistiques, graphiques et expérimentales. Il est fortement conseillé d'utiliser des méthodes (1) compréhensibles par le public auquel la carte est destinée, et (2) reproductibles et rigoureuses. La carte est un outil statistique, dont l'interprétation doit se faire sans ambiguïté. L'histogramme des fréquences est souvent à la base du choix d'une méthode de discrétisation. En pratique, quatre méthodes sont très fréquemment utilisées : classes d'égale amplitude, classes d'égales fréquences, seuils naturels et déviations standard. Toutes présentent des avantages et des inconvénients qu'auteur, lecteurs et utilisateurs de cartes devraient pouvoir maîtriser.

Ajoutons enfin que la distribution statistique des valeurs à cartographier peut éventuellement être normalisée par une **transformation** statistique appropriée (par exemple puissance ou logarithmique); ceci permet alors d'avoir recours à la discrétisation en fonction de la moyenne et de l'écart-type, très satisfaisante pour le statisticien. Dans ce dernier cas, il s'avère ensuite indispensable de retransformer les données dans la légende car un lecteur non averti ne comprendra pas des valeurs correspondant – par exemple – au logarithme du revenu moyen.

Le nombre de classes et les limites de classes influencent fortement l'image et la perception que le lecteur aura de la carte. Il convient que lecteurs comme auteurs de cartes en soient conscients et que la méthode de transformation soit mentionnée sur chaque carte afin d'en faciliter la lecture.

Règle de base n°4 :

Le niveau et la nature de l'agrégation spatiale déterminent l'image produite.

Toute cartographie thématique relate une distribution spatiale d'événements individuels agrégés par unités administratives ou autres. Il importe donc que le cartographe maîtrise le niveau d'agrégation spatiale, sachant que le choix du contenant doit être pertinent par rapport aux questions posées. Certaines réalités spatiales telles les commerces de détail seront inventoriées sous forme de points (**carte par points**). Cette carte est un inventaire de la situation souvent difficile à analyser (semis de points). D'autres seront associées à des segments de routes tel le trafic; la carte reflète alors une structure réticulaire sur laquelle

l'intensité du phénomène est relatée soit par une épaisseur proportionnelle, soit par un jeu de couleurs appropriées appliqué par tronçons préalablement définis (**carte par lignes**). Enfin, d'autres réalités seront agrégées par entités aréales tels les îlots ou les communes (**cartes par surfaces**); sur chaque unité aréale peut être centré un symbole dont la taille est proportionnelle aux faits enregistrés dans cette entité (cartes symboles), ou bien chaque unité peut être « coloriée » selon l'intensité du phénomène recensé (cartes choroplèthes). L'image qui en découle et le message qui s'y rapporte sont fortement influencés par les choix des individus statistiques, des tailles et formes des « contenants » définis précédemment.

Lorsque l'on croise les caractéristiques du contenant (point, ligne, surface) avec celles de l'attribut z (nominal, ordinal, cardinal), on obtient un tableau qui suggère les principales alternatives cartographiques qui peuvent exister pour une même réalité spatiale (voir Tableau 1 en annexe 1). Une carte par points est une carte d'inventaire, un semis de points ou autres symboles de tailles identiques qui représentent une répartition spatiale d'événements exprimés de façon nominale (par exemple des villes, quelle que soit leur taille). Si la variable à cartographier est ordinale le symbole variera selon des classes (exemple : un petit point pour une petite ville, un cercle plus grand pour une ville de taille moyenne et un gros cercle pour une grande ville). Enfin, on parlera de carte symbole lorsque le cercle centré sur chaque ville aura une surface proportionnelle au nombre d'habitants de cette ville. Pour les cartes par lignes, on peut simplement avoir des lignes représentant les routes, quelle que soit leur importance (variable nominale), ou faire varier le trait selon la catégorie de routes comme le font les cartes routières (variable ordinale) ou, enfin, faire varier le trait en fonction de l'importance du flux de trafic qui y est enregistré (variable cardinale). En ce qui concerne les cartographies par surfaces, elles conduisent à des cartes chorochromatiques lorsqu'il s'agit d'une variable nominale voire ordinale, et aux cartes symboles et choroplèthes lorsqu'il s'agit de variables cardinales.

Nature de l'unité géographique	PONCTUEL	LINEAIRE	AREAL - DISCRET	AREAL-CONTINU
Type de variable				
MINIMALE	Symboles ponctuels variant selon la forme, l'orientation et/ou la couleur (1) <i>Types de villes selon leurs fonctions (2)</i> Carte par points (3)	Symboles linéaires variant selon la forme ou la couleur. <i>Routes selon le type de revêtement</i>	Plages variant selon la couleur ou l'orientation <i>Affectation des parcelles agricoles</i> Carte chorochromatique	Plages ouvertes, variation de couleur ou d'orientation. <i>Zones d'influence des villes</i> Isoligne
ORDINALE	Symboles ponctuels variant selon la valeur <i>Niveau des villes selon la hiérarchie urbaine</i>	Symboles linéaires variant selon la valeur <i>Routes selon l'importance du flux (faible, moyen, important)</i>	Plages variant selon la valeur <i>Niveaux des aides à l'investissement</i>	(rare)
CARDINALE D'INTERVALLE	Symboles ponctuels variant selon la valeur <i>Entreprises selon leur date de fondation</i>	Symboles linéaires variant selon la valeur <i>Date du tracé de la voirie</i>	Plages variant selon la valeur <i>Dates de poldérisation</i>	Courbes de niveau <i>Températures moyennes</i> Isolignes
CARDINALE DE RAPPORT	Symboles ponctuels variant selon la taille ou la valeur <i>Villes selon le volume de population</i> Carte symbole	Symboles linéaires variant selon la taille (ou la valeur) <i>Routes selon l'importance des flux de trafic.</i>	Plages variant selon la valeur <i>Part des herbages dans la surface agricole.</i> Carte choroplèthe	Courbes de niveau Quantités de précipitations Isolignes

Tableau n°1 : Type de données, types de cartes : principes élémentaires (1), exemples (2) et nomenclature (3).

Règle de base n°5 :

le respect des règles élémentaires de sémiologie graphique s'impose.

En cartographie, des **symboles** sont communément utilisés pour représenter la localisation, la direction, le mouvement, les processus et les corrélations. Ces éléments du monde réel sont abstraits et généralement représentés sur les cartes par des points, des lignes et des surfaces. Pratique et compétence s'avèrent dès lors indispensables pour une symbolisation correcte des phénomènes spatiaux (Bertin, 1967 et 1983 ; Foote et Crum (site Internet non daté); Béguin et Pumain, 1996 ; Brunet, 1987). Bertin (1967 et 1983) a inventorié ces ressources en utilisant des catégories : taille, forme, couleur, valeur, texture-structure, grain et orientation des symboles. Celles-ci constituent un ensemble de stimuli physiologiques et psychologiques combinés pour rendre compte de z. A chacun de ces aspects correspondent des règles strictes qui ne seront pas détaillées dans le cadre de cet article, mais que tout cartographe/géographe est sensé maîtriser et respecter, chaque élément pouvant être utilisé soit individuellement, soit en combinaison.

A titre d'exemples, citons trois règles de base. La règle de **spécificité** a trait à la **nature** des phénomènes et impose des figurés de même nature pour des faits de même nature et des figurés différents pour des faits différents. En d'autres termes, chaque rubrique a donc un type de symbole qu'il convient de respecter dans le moindre détail. La règle de **proportionnalité** impose quant à elle un parallélisme strict entre la hiérarchie des faits et la hiérarchie des figurés. En d'autres termes, la taille, l'intensité des figurés doit être proportionnelle à la place que tiennent les faits dans la réalité. Enfin, la règle d'**universalité** a trait à la constance dans la représentation, et tout fait symbolisé doit l'être de manière complète.

En d'autres termes, la carte est loin d'être un document artistique, fruit de l'imagination du cartographe. Il convient de maîtriser un ensemble de règles qui prévalent à sa construction mais également d'être conscient des biais que l'on peut y introduire tant par le choix du type de carte, du nombre et des limites de classes de valeurs, des unités de base, du mode de discrétisation, de l'usage des couleurs ou du graphisme. De nos jours, les supports informatiques permettent de manipuler des jeux de données de plus en plus grands (*hardware*), les logiciels de cartographie permettent de « faire » des cartes de plus en plus facilement (*softwares*), mais il importe de connaître et de respecter la syntaxe, la grammaire, les règles de cartographie pour une interprétation correcte des documents cartographiques

(*lifeware*). Enfin, la construction d'une carte relève des statistiques, et son interprétation touche à de nombreux problèmes de l'analyse des données tels le *modifiable areal unit problem* (M.A.U.P.) ou l'*ecological fallacy*. Il importe enfin de mentionner que seules les cartes thématiques « traditionnelles » ont été abordées ici ; il existe des formes plus récentes de cartographie et de représentation graphique (**visualisation**) qui rendent compte de façon « différente » des réalités spatiales. Elles constituent autant d'alternatives graphiques offertes aux chercheurs et cartographes, et qu'il convient de maîtriser au niveau de la construction et de la lecture (voir Brunet (1987), Slocum (1999) ou Raper (1989)). Malheureusement, peu de règles strictes existent en termes de visualisation.

ANNEXE 2.

Tableau n°1: fonctions d'enchères des ouvriers et employés. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la présence d'un espace vert par îlot.

	Cat 1		Cat 2		Cat 3	
	coef	t	coef	t	coef	t
écart-type	0,557	44,303	0,596	45,789	0,639	41,753
Constante	3,895	35,407	4,021	40,415	3,854	33,355
Studio	-0,939	-15,089	-0,950	-12,199	-0,678	-11,052
T1	-0,867	-18,027	-0,753	-15,408	-0,565	-12,501
T1 bis	-0,568	-6,857	-0,558	-5,725	-0,437	-4,643
T2	-0,330	-11,506	-0,352	-10,696	-0,307	-8,715
T4	0,161	5,983	0,240	8,354	0,141	4,601
T5	0,258	6,574	0,444	12,432	0,247	6,055
T6	0,276	3,847	0,514	9,431	0,315	4,503
T7	-0,080	-0,418	0,496	4,974	0,490	4,671
T8	0,057	0,298	0,222	1,556	0,122	0,749
T9	0,070	0,341	-0,137	-0,530	0,042	0,203
logement collectif	0,008	0,112	-0,253	-4,542	-0,095	-1,297
maison avec jardin 100m ²	0,169	2,279	0,147	2,560	0,214	2,873
maison avec jardin 200m ²	0,247	2,834	0,200	3,036	0,318	3,875
maison avec jardin 300m ²	0,429	3,884	0,221	2,279	0,435	4,042
maison avec jardin 400m ²	0,139	0,605	0,211	1,310	0,400	2,346
maison avec jardin 500m ²	0,470	3,217	-0,309	-1,382	0,008	0,032
maison tout confort	0,008	8,925	0,008	8,604	0,009	8,394
présence d'un garage	0,152	5,168	0,155	5,250	0,178	5,380
présence d'un espace vert	-0,042	-0,891	0,011	0,241	-0,050	-0,902
distance au centre de Brest	0,037 ^E -3	2,908	0,025 ^E -3	1,915	-0,014 ^E -3	-0,968
Log	-1633,45		-1827,79		-1919,06	

Tableau n°2: fonctions d'enchères des cadres moyens. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la présence d'un espace vert par îlot.

	Cat 4		Cat 5		Cat 6	
	coef	t	coef	t	coef	t
écart-type	0,683	38,692	0,738	33,237	0,680	44,743
constante	4,002	33,752	4,226	32,904	4,193	41,409
studio	-1,227	-15,734	-0,636	-7,959	-0,679	-11,195
T1	-0,899	-17,578	-0,720	-11,347	-0,569	-12,892
T1bis	-0,669	-6,918	-0,375	-2,952	-0,356	-3,988
T2	-0,360	-10,880	-0,379	-8,683	-0,295	-8,426
T4	0,185	6,294	0,288	7,977	0,167	5,446
T5	0,269	6,379	0,534	11,273	0,481	12,696
T6	0,285	3,720	0,672	9,846	0,575	9,364
T7	0,434	3,955	0,806	8,125	0,651	6,575
T8			0,565	3,489	0,660	5,223
T9	-0,094	-0,304	0,690	3,611	0,807	5,023
logement collectif	0,087	1,105	-0,185	-2,460	-0,181	-2,823
maison avec jardin 100m ²	0,048	0,590	0,130	1,667	0,033	0,494
maison avec jardin 200m ²	0,289	3,202	0,333	3,962	0,221	2,973
maison avec jardin 300m ²	0,240	1,916	0,431	4,005	0,285	2,880
maison avec jardin 400m ²	0,438	2,483	0,586	4,009	0,308	1,987
maison avec jardin 500m ²	-0,055	-0,200	0,348	1,912	0,261	1,585
maison tout confort	0,006	5,862	0,003	2,395	0,006	6,842
présence d'un garage	0,231	7,130	0,200	5,411	0,153	4,824
présence d'un espace vert	0,051	1,027	0,034	0,570	-0,009	-0,172
distance au centre de Brest	0,014 ^{E-3}	0,968	-0,023 ^{E-3}	-1,518	-0,039 ^{E-3}	-2,996
Log	-2343,31		-2050,58		-2400,38	

Tableau n°3: fonctions d'enchères des cadres supérieurs. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la présence d'un espace vert par îlot.

	Cat 7		Cat 8		Cat 9	
	coef	t	coef	T	coef	t
écart-type	1,000	18,274	0,800	36,654	0,934	27,913
Constante	3,592	14,425	4,351	34,202	3,730	19,464
studio	-0,959	-5,938	-0,485	-5,990	-0,443	-4,357
T1	-0,961	-8,240	-0,549	-8,851	-0,370	-4,859
T1bis	-1,023	-3,499	-0,221	-1,981	0,117	0,970
T2	-0,405	-5,537	-0,203	-4,312	-0,174	-2,918
T4	0,272	4,331	0,255	6,076	0,148	2,627
T5	0,584	7,352	0,614	12,360	0,602	8,896
T6	0,738	5,680	0,987	14,739	0,842	8,833
T7	0,950	5,787	1,168	12,363	0,981	6,610
T8	1,067	4,711	1,039	7,814	1,154	5,745
T9	0,638	1,684	1,177	7,735	0,775	2,628
logement collectif	0,205	1,353	-0,078	-1,020	0,090	0,661
maison avec jardin 100m ²	0,223	1,430	0,280	3,595	0,091	0,646
maison avec jardin 200m ²	0,389	2,174	0,496	5,808	0,396	2,561
maison avec jardin 300m ²	0,658	3,160	0,831	7,936	0,717	3,935
maison avec jardin 400m ²	1,054	3,977	1,042	7,303	1,013	4,868
maison avec jardin 500m ²	1,340	4,984	1,311	9,746	1,235	5,487
maison tout confort	0,000	0,082	0,001	0,675	0,004	2,196
présence d'un garage	0,251	3,850	0,241	6,348	0,131	2,352
présence d'un espace vert	-0,187	-1,512	-0,030	-0,435	-0,028	-0,300
distance au centre de Brest	-0,137 ^E -3	-5,048	-0,149 ^E -3	-8,766	-0,183 ^E -3	-7,557
logement collectif	-1338,67		-2214,33		-1815,69	

Tableau n°4: fonctions d'enchères des ouvriers et employés. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la distance minimum à un espace vert par îlot.

	Cat 1		Cat 2		Cat 3	
	coef	t	coef	t	coef	t
écart-type	0,548	45,714	0,592	48,860	0,648	42,703
constante	3,935	38,388	4,053	43,285	3,676	33,610
studio	-0,920	-15,278	-0,940	-12,138	-0,657	-10,691
T1	-0,851	-18,309	-0,741	-15,188	-0,555	-13,838
T1bis	-0,542	-6,845	-0,551	-5,941	-0,384	-4,474
T2	-0,324	-11,678	-0,336	-10,430	-0,292	-8,584
T4	0,164	6,341	0,255	9,384	0,142	5,084
T5	0,273	7,403	0,444	13,959	0,273	7,243
T6	0,295	4,419	0,448	9,458	0,339	5,419
T7	-0,067	-0,355	0,474	5,132	0,474	4,727
T8	0,130	0,662	0,267	1,711	0,233	1,273
T9	0,148	0,838	-0,190	-0,706	0,025	0,119
logement collectif	-0,016	-0,231	-0,317	-6,061	-0,096	-1,478
maison avec jardin 100m ²	0,164	2,371	0,128	2,398	0,225	3,413
maison avec jardin 200m ²	0,279	3,493	0,239	4,145	0,322	4,570
maison avec jardin 300m ²	0,466	4,490	0,166	1,871	0,547	6,159
maison avec jardin 400m ²	0,253	1,177	0,141	0,869	0,507	3,060
maison avec jardin 500m ²	0,652	4,927	-0,239	-1,031	-0,163	-0,815
maison tout confort	0,009	10,782	0,009	10,621	0,011	11,071
présence d'un garage	0,153	5,315	0,148	5,675	0,169	5,520
distance minimum à un espace vert	-0,085 ^{E-3}	-45,118	-0,096 ^{E-3}	-45,774	-0,219 ^{E-3}	-41,219
Log	-2217,72		-2405,41		-2439,05	

Tableau n°5: fonctions d'enchères des cadres moyens. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la distance minimum à un espace vert par îlot.

	Cat 4		Cat 5		Cat 6	
	coef	t	coef	t	coef	t
écart-type	0,633	44,532	0,633	44,127	0,687	47,110
constante	4,035	39,766	4,093	43,674	4,057	43,773
studio	-1,086	-14,764	-0,668	-10,176	-0,670	-10,950
T1	-0,849	-18,953	-0,711	-13,689	-0,553	-12,980
T1bis	-0,602	-7,034	-0,428	-4,165	-0,309	-3,426
T2	-0,331	-11,472	-0,402	-11,945	-0,274	-8,151
T4	0,183	7,430	0,274	9,573	0,155	5,096
T5	0,290	8,538	0,552	14,980	0,499	13,253
T6	0,297	4,890	0,645	13,649	0,624	11,457
T7	0,469	4,879	0,857	11,013	0,682	6,805
T8			0,616	7,410	1,200	21,039
T9	-0,052	-0,178	0,649	4,200	0,841	4,998
logement collectif	0,038	0,557	-0,023	-0,470	-0,161	-3,103
maison avec jardin 100m ²	0,045	0,653	0,298	5,817	0,068	1,185
maison avec jardin 200m ²	0,341	4,682	0,481	9,260	0,256	4,059
maison avec jardin 300m ²	0,311	2,939	0,458	7,381	0,272	2,889
maison avec jardin 400m ²	0,519	3,260	0,714	5,946	0,407	2,616
maison avec jardin 500m ²	0,619	6,905	0,583	6,415	0,333	1,964
maison tout confort	0,008	9,092	0,004	5,131	0,007	8,031
présence d'un garage	0,222	8,216	0,215	7,699	0,166	5,354
distance minimum à un espace vert	-0,182E-3	-42,684	-0,087E-3	-41,110	-0,099E-3	-47,735
Log	-3042,93		-2526,19		-3110,09	

Tableau n°6: fonctions d'enchères des cadres supérieurs. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la distance minimum à un espace vert par îlot.

	Cat 7		Cat 8		Cat 9	
	coef	t	coef	t	coef	t
écart-type	1,109	16,459	0,802	36,943	0,939	28,480
constante	3,217	11,768	4,132	33,275	3,402	18,084
studio	-0,907	-4,997	-0,466	-5,703	-0,409	-4,003
T1	-0,978	-7,570	-0,542	-8,821	-0,356	-4,734
T1bis	-1,010	-3,095	-0,151	-1,350	0,173	1,434
T2	-0,391	-4,747	-0,184	-3,971	-0,137	-2,310
T4	0,261	3,732	0,233	5,680	0,120	2,201
T5	0,591	6,802	0,604	12,503	0,574	8,710
T6	0,705	5,554	0,993	15,304	0,873	9,764
T7	0,869	5,265	1,163	14,300	0,991	6,568
T8	1,170	4,453	1,168	8,245	1,271	5,553
T9	0,668	1,464	1,155	7,524	0,810	2,949
logement collectif	0,197	1,401	-0,042	-0,548	0,126	0,916
maison avec jardin 100m ²	0,186	1,228	0,275	3,535	0,089	0,620
maison avec jardin 200m ²	0,335	1,888	0,474	5,736	0,354	2,251
maison avec jardin 300m ²	0,582	3,241	0,770	7,956	0,670	3,665
maison avec jardin 400m ²	0,906	4,764	1,029	6,904	1,026	4,749
maison avec jardin 500m ²	1,215	5,449	1,305	11,152	1,081	5,302
maison tout confort	0,000	-0,036	0,001	0,503	0,004	2,676
présence d'un garage	0,264	3,646	0,239	6,507	0,114	2,093
distance minimum à un espace vert	-0,072E-3	-15,459	-0,118E-3	-36,384	-0,193E-3	-26,763
Log	-1572,65		-2765,56		-2141,65	

Tableau n°7: fonctions d'enchères des ouvriers et employés. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la distance minimum à un lieu culturel par îlot.

	Cat 1		Cat 2		Cat 3	
	coef	t	coef	t	coef	t
écart-type	0,560	46,400	1,032	27,112	0,686	40,836
constante	3,824	39,152	3,336	18,901	3,683	33,871
studio	-1,063	-18,531	-1,014	-7,575	-0,697	-10,823
T1	-0,877	-18,854	-0,753	-8,681	-0,686	-17,269
T1bis	-0,557	-7,426	-0,475	-2,785	-0,433	-5,065
T2	-0,364	-13,249	-0,276	-4,822	-0,339	-9,511
T4	0,157	6,153	0,352	7,808	0,144	4,911
T5	0,293	8,381	0,541	10,418	0,242	6,420
T6	0,301	5,169	0,710	10,154	0,258	4,151
T7	-0,047	-0,221	0,458	3,036	0,465	4,276
T8	0,294	1,625	0,331	0,977	0,340	1,597
T9	0,362	2,412	-0,179	-0,428	0,255	1,067
logement collectif	-0,045	-0,715	-0,512	-5,522	-0,001	-0,014
maison avec jardin 100m ²	0,110	1,744	-0,006	-0,069	0,179	3,325
maison avec jardin 200m ²	0,222	3,155	0,056	0,580	0,423	6,520
maison avec jardin 300m ²	0,460	4,884	-0,021	-0,151	0,716	9,581
maison avec jardin 400m ²	-0,152	-0,817	0,066	0,292	0,562	3,282
maison avec jardin 500m ²	0,749	6,476	-0,412	-0,869	0,147	0,668
maison tout confort	0,011	13,811	0,010	6,355	0,009	8,597
présence d'un garage	0,195	6,917	0,183	4,354	0,221	7,043
distance minimum à un espace culturel	-0,030 ^{E-3}	-45,608	-0,039 ^{E-3}	-25,422	-0,031 ^{E-3}	-38,855
Log	-2226,47		-2781,92		-2522,46	

Tableau n°8: fonctions d'enchères des cadres moyens. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la distance minimum à un lieu culturel par îlot.

	Cat 4		Cat 5		Cat 6	
	coef	t	coef	t	coef	t
écart-type	0,575	54,386	2,632	11,439	0,705	47,258
constante	4,078	47,324	-1,827	-2,806	4,046	49,656
studio	-1,092	-17,284	-0,654	-3,678	-0,682	-11,173
T1	-0,843	-22,298	-0,802	-5,354	-0,559	-13,296
T1bis	-0,646	-8,702	-0,542	-2,276	-0,412	-4,730
T2	-0,339	-13,840	-0,491	-4,567	-0,310	-9,275
T4	0,184	8,850	0,422	4,675	0,141	4,774
T5	0,247	8,777	0,611	5,547	0,472	12,991
T6	0,309	5,985	1,073	7,136	0,600	11,999
T7	0,595	8,059	1,604	7,590	0,870	12,065
T8			1,604	4,799	1,123	16,912
T9	0,064	0,243	0,535	1,271	0,747	4,372
logement collectif	0,037	0,623	-0,469	-2,857	-0,035	-0,765
maison avec jardin 100m ²	-0,018	-0,298	-0,023	-0,142	0,166	3,467
maison avec jardin 200m ²	0,309	4,768	0,422	2,476	0,352	6,530
maison avec jardin 300m ²	0,345	3,945	0,452	2,257	0,375	4,219
maison avec jardin 400m ²	0,595	4,445	0,757	2,556	0,508	4,159
maison avec jardin 500m ²	0,371	4,922	1,030	3,634	0,467	3,182
maison tout confort	0,007	10,878	0,006	2,267	0,006	8,359
présence d'un garage	0,212	9,611	0,322	3,700	0,189	6,820
distance minimum à un espace culturel	-0,026 ^{E-3}	-49,343	-0,06 ^{E-3}	-10,818	-0,03 ^{E-3}	-45,409
Log	-3125		-5198,4		-3143,25	

Tableau n°9: fonctions d'enchères des cadres supérieurs. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la distance minimum à un lieu culturel par îlot.

	Cat 7		Cat 8		Cat 9	
	coef	t	coef	t	coef	t
écart-type	1,560	13,524	0,833	35,553	0,889	30,581
constante	1,442	3,682	4,070	33,132	3,450	20,361
studio	-1,209	-6,495	-0,453	-5,543	-0,455	-5,120
T1	-1,065	-7,253	-0,535	-8,307	-0,406	-5,798
T1bis	-1,184	-3,187	-0,133	-1,144	0,087	0,776
T2	-0,369	-3,978	-0,195	-3,984	-0,201	-3,832
T4	0,246	3,190	0,239	5,674	0,114	2,257
T5	0,578	6,147	0,604	12,105	0,566	9,823
T6	0,640	4,756	1,071	16,608	0,916	11,153
T7	1,295	7,131	1,283	14,869	1,000	7,686
T8	2,221	8,012	1,311	8,472	1,299	6,514
T9	0,134	0,322	1,370	8,377	0,886	3,580
logement collectif	0,086	0,521	-0,038	-0,570	0,102	0,821
maison avec jardin 100m ²	0,019	0,106	0,260	3,731	0,094	0,720
maison avec jardin 200m ²	0,107	0,525	0,480	6,499	0,342	2,408
maison avec jardin 300m ²	0,469	2,338	0,832	9,864	0,698	4,366
maison avec jardin 400m ²	1,275	5,722	1,136	8,144	1,071	5,456
maison avec jardin 500m ²	1,475	5,775	1,044	10,150	1,393	9,089
maison tout confort	0,000	0,043	0,002	1,403	0,006	3,831
présence d'un garage	0,267	3,378	0,299	8,097	0,067	1,389
distance minimum à un espace culturel	-0,03 ^E -3	-12,693	-0,04 ^E -3	-34,625	-0,05 ^E -3	-29,033
Log	-2038,53		-2733,23		-2142,31	

Tableau n°10: fonctions d'enchères des ouvriers et employés. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la distance à une zone commerciale par îlot.

	Cat 1		Cat 2		Cat 3	
	coef	t	coef	t	coef	t
écart-type	0,546	45,753	0,596	46,017	0,639	41,876
constante	3,905	37,322	4,048	41,361	3,836	33,674
studio	-0,972	-16,515	-0,953	-12,326	-0,678	-11,024
T1	-0,850	-18,114	-0,752	-15,421	-0,565	-12,487
T1bis	-0,558	-6,930	-0,560	-5,792	-0,437	-4,618
T2	-0,328	-11,782	-0,355	-10,807	-0,305	-8,662
T4	0,162	6,215	0,245	8,530	0,138	4,492
T5	0,257	6,876	0,447	12,541	0,245	5,989
T6	0,281	4,039	0,515	9,421	0,314	4,484
T7	-0,066	-0,358	0,498	5,005	0,490	4,687
T8	0,100	0,515	0,214	1,497	0,135	0,817
T9	0,107	0,542	-0,143	-0,558	0,046	0,225
logement collectif	-0,007	-0,090	-0,262	-4,717	-0,089	-1,223
maison avec jardin 100m ²	0,168	2,340	0,148	2,575	0,215	2,877
maison avec jardin 200m ²	0,260	3,106	0,207	3,154	0,317	3,833
maison avec jardin 300m ²	0,452	4,237	0,234	2,436	0,430	3,981
maison avec jardin 400m ²	-0,241	-1,448	0,229	1,412	0,396	2,310
maison avec jardin 500m ²	0,513	3,762	-0,280	-1,257	0,013	0,053
maison tout confort	0,009	10,609	0,008	9,100	0,009	8,348
présence d'un garage	0,157	5,477	0,157	5,341	0,178	5,334
Distance minimum à une zone commerciale un hyper ou un supermarché	-0,69 ^E -5	-16,81	-0,01 ^E -5	-0,091	-0,08 ^E -5	-0,564
Log	-1650,03		-1829,68		-1919,77	

Tableau n°11: fonctions d'enchères des cadres moyens. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la distance minimum à une zone commerciale par îlot.

	Cat 4		Cat 5		Cat 6	
	coef	t	coef	t	coef	t
écart-type	0,662	40,676	0,695	37,080	0,664	51,394
constante	4,088	36,326	4,366	41,158	4,222	52,022
studio	-1,112	-14,292	-0,749	-10,918	-0,713	-12,233
T1	-0,878	-17,864	-0,782	-14,023	-0,573	-13,891
T1bis	-0,655	-7,031	-0,578	-5,704	-0,352	-4,096
T2	-0,355	-11,174	-0,369	-9,532	-0,300	-9,535
T4	0,187	6,687	0,245	7,780	0,142	5,012
T5	0,272	6,787	0,422	10,615	0,493	13,982
T6	0,286	3,913	0,670	12,530	0,651	13,545
T7	0,472	4,442	0,677	9,877	0,727	9,499
T8			0,618	4,581	1,115	18,789
T9	-0,055	-0,182	0,564	3,331	0,870	5,150
logement collectif	0,069	0,920	-0,250	-4,142	-0,144	-3,194
maison avec jardin 100m ²	0,058	0,747	0,022	0,352	0,075	1,570
maison avec jardin 200m ²	0,286	3,319	0,231	3,612	0,235	4,425
maison avec jardin 300m ²	0,250	2,077	0,421	5,516	0,231	2,681
maison avec jardin 400m ²	0,439	2,627	0,508	4,303	0,376	2,422
maison avec jardin 500m ²	-0,045	-0,153	0,249	3,394	0,303	1,837
maison tout confort	0,006	5,893	0,002	1,942	0,006	7,178
présence d'un garage	0,221	7,160	0,187	5,958	0,204	7,382
Distance minimum à une zone commerciale un hyper ou un supermarché	0,02 ^E -5	0,146	-2,29 ^E -5	-33,785	-5,13 ^E -5	-51,545
Log	-2342,01		-2596,05		-3138,15	

Tableau n°12: fonctions d'enchères des cadres supérieurs. Transactions réalisées à Brest. La variable expliquée est le logarithme du prix du logement en milliers de francs. On prend en compte la distance minimum à une zone commerciale par îlot.

	Cat 7		Cat 8		Cat 9	
	coef	t	coef	t	coef	t
écart-type	0,958	20,113	0,801	37,094	0,921	29,054
constante	3,620	16,475	4,202	35,075	3,495	18,901
studio	-1,001	-6,627	-0,460	-5,605	-0,477	-4,800
T1	-0,951	-8,604	-0,537	-8,696	-0,395	-5,451
T1bis	-0,994	-3,608	-0,293	-2,762	0,099	0,819
T2	-0,363	-5,202	-0,184	-3,955	-0,198	-3,590
T4	0,233	3,931	0,224	5,532	0,117	2,183
T5	0,528	7,338	0,594	12,284	0,588	9,336
T6	0,624	5,966	1,033	15,924	0,899	9,740
T7	0,854	6,343	1,188	12,607	0,954	6,662
T8	1,383	7,286	1,199	8,129	1,260	5,685
T9	0,497	1,330	1,281	7,972	0,910	3,147
logement collectif	0,107	0,930	-0,075	-1,128	0,137	1,011
maison avec jardin 100m ²	0,102	0,801	0,242	3,511	0,085	0,603
maison avec jardin 200m ²	0,255	1,706	0,448	5,891	0,345	2,232
maison avec jardin 300m ²	0,428	3,077	0,736	8,611	0,651	3,667
maison avec jardin 400m ²	0,719	4,839	0,999	6,742	1,022	4,681
maison avec jardin 500m ²	1,048	6,101	1,060	9,030	1,260	6,897
maison tout confort	0,000	-0,095	0,000	0,165	0,004	2,283
Présence d'un garage	0,237	3,932	0,287	7,848	0,102	2,033
Distance minimum à une zone commerciale un hyper ou un supermarché	-4,01 ^E -5	-18,378	-9,01 ^E -5	-36,744	-11,31 ^E -5	-27,691
Log	-1573,59		-2742,71		-2165,24	

Tableau n°13: fonctions de prix simple. On prend successivement en compte la distance minimum à un espace vert, à un lieu culturel et à une zone commerciale.

	coef	Pr>F	coef	Pr>F	Coef	Pr>F
Pr>F	0,0001		0,000		0,0001	
F value	928,9		929,290		928,7	
R ²	0,614		0,614		0,61	
constante	5,506	219,230	5,508	219,210	5,506	219,210
studio	-0,772	-38,440	-0,773	-38,470	-0,773	-38,450
T1	-0,684	-47,050	-0,684	-47,060	-0,684	-47,050
T1bis	-0,492	-17,540	-0,492	-17,560	-0,492	-17,550
T2	-0,321	-29,470	-0,321	-29,500	-0,321	-29,480
T4	0,180	18,900	0,180	18,920	0,180	18,890
T5	0,394	32,230	0,394	32,230	0,394	32,200
T6	0,524	27,560	0,524	27,580	0,523	27,530
T7	0,649	22,490	0,650	22,530	0,650	22,510
T8	0,676	14,130	0,679	14,180	0,675	14,110
T9	0,627	11,050	0,626	11,040	0,627	11,070
logement collectif	0,075	3,370	0,076	3,430	0,075	3,380
logement neuf	0,007	0,650	0,009	0,770	0,007	0,660
logement occasion	0,002	0,080	0,001	0,050	0,002	0,080
maison avec jardin 100 m ²	0,107	4,690	0,107	4,640	0,107	4,660
maison avec jardin 200 m ²	0,248	10,030	0,247	10,000	0,247	9,990
maison avec jardin 300 m ²	0,374	12,100	0,374	12,100	0,373	12,080
maison avec jardin 400 m ²	0,458	10,220	0,460	10,260	0,456	10,170
maison avec jardin 500 m ²	0,605	13,040	0,608	13,110	0,602	12,980
garage	0,204	20,580	0,205	20,660	0,204	20,590
parking	0,209	19,010	0,210	19,080	0,209	18,970
distance minimum espace vert	-0,12 ^e -5	-1,950				
distance minimum à un espace culturel			0,000	-2,640		
distance minimum à une zone commerciale un hyper ou un supermarché					-0,0415 ^e -5	-1,460