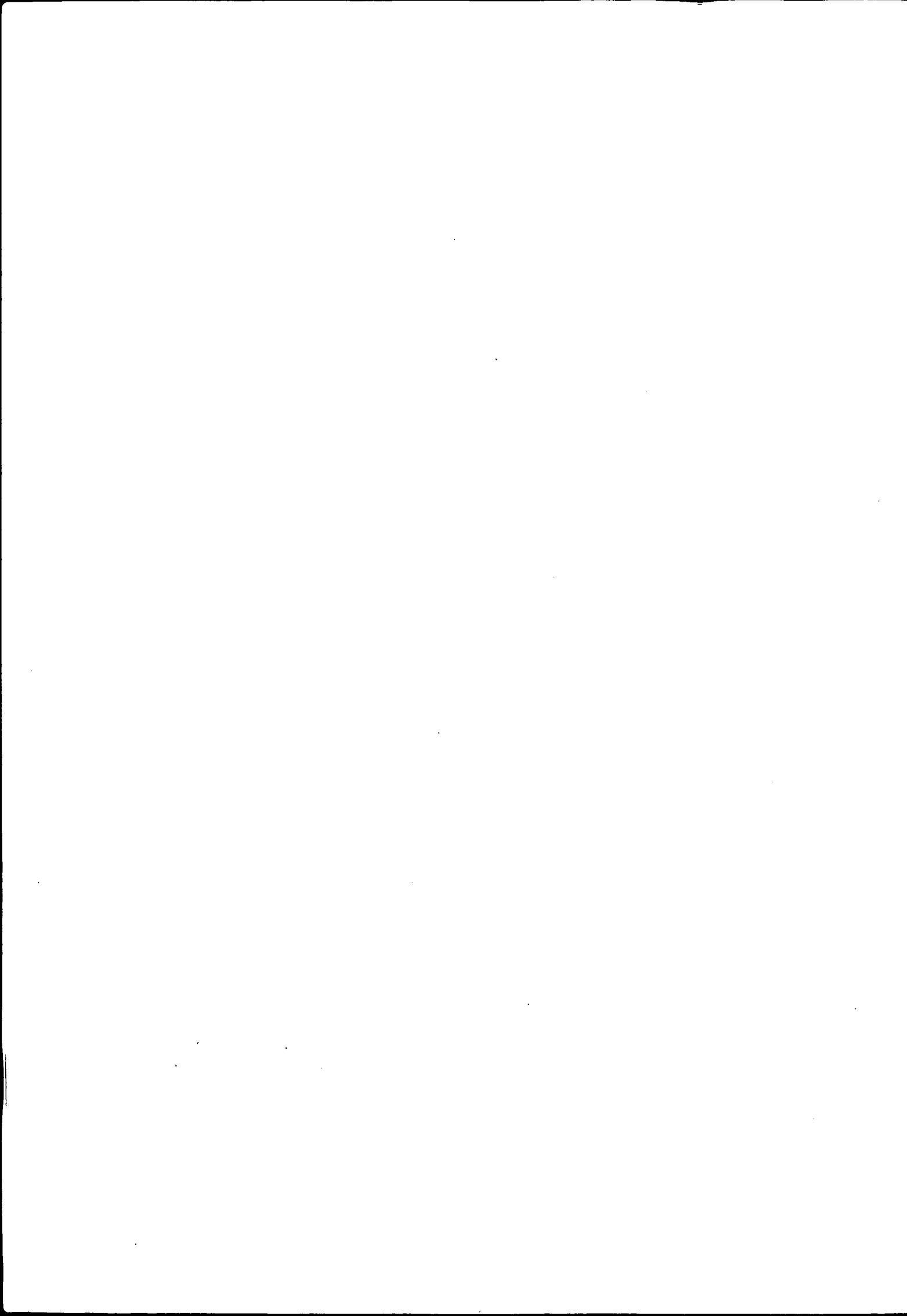


L'EVALUATION DES FONCTIONS D'ENCHÈRES
DES MÉNAGES DANS L'AGGLOMÉRATION BRESTOISE

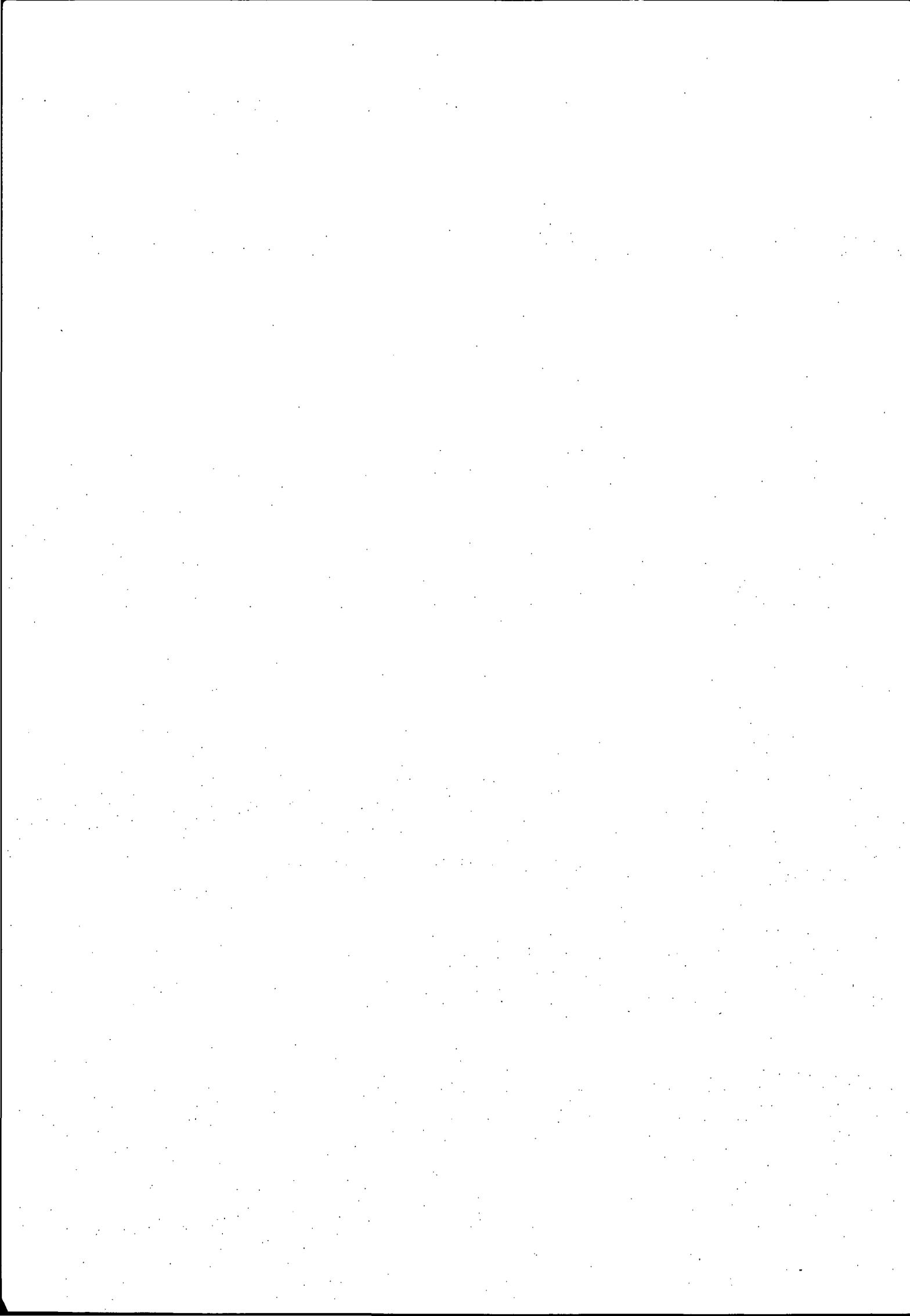
SABINE KAZMIERCZAK et HUBERT JAYET

Lettre de commande n°5524 du 14 novembre 1997
du Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement.

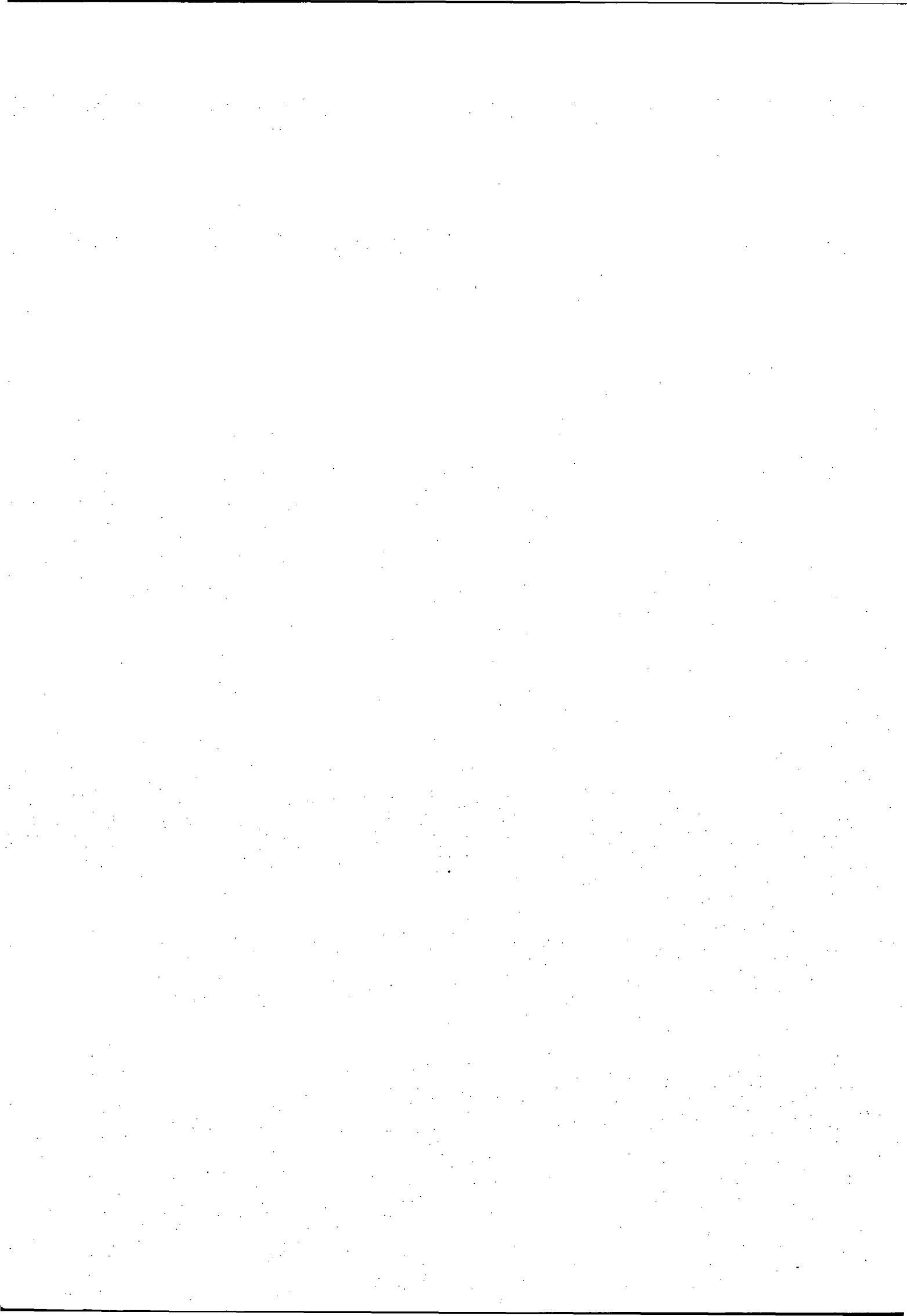


L'évaluation des fonctions d'enchères des ménages dans l'agglomération brestoise.

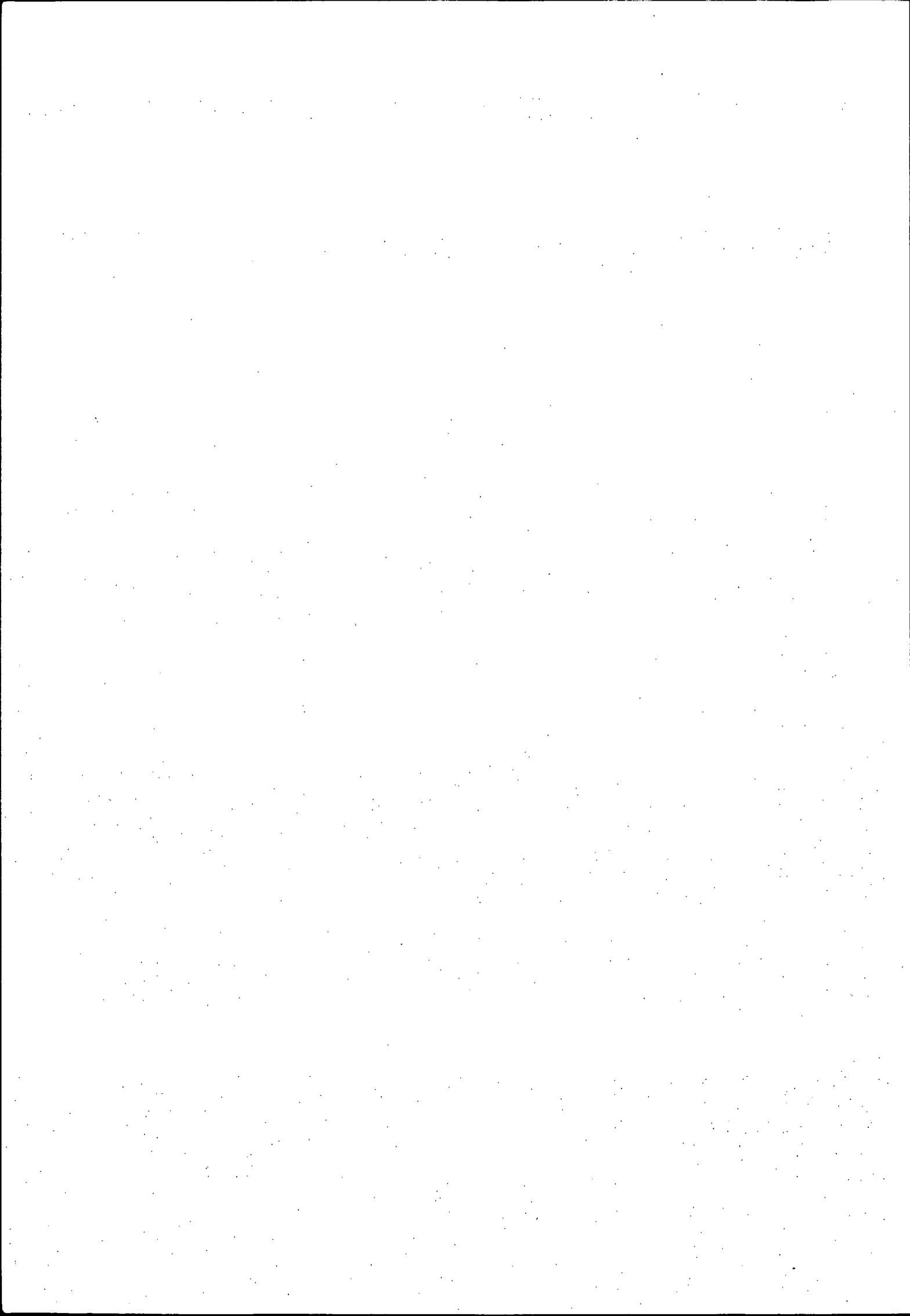
INTRODUCTION GENERALE	P1
1. PRIX FONCIERS, PRIX IMMOBILIER ET CAPITALISATION.	P1
2. MIEUX CONNAÎTRE LA CAPITALISATION FONCIERE.	P3
3. ETUDIER LES TRANSACTIONS INDIVIDUELLES.	P4
4. LA DEMARCHE D'ENSEMBLE.	P6
PREMIERE PARTIE : MODELES THEORIQUES DE BASE.	P7
1.1. VILLES ET RENTES FONCIERES.	P7
1.1.1. Le modèle de base.	P7
1.1.2. La rente d'enchère.	P9
1.1.3. L'équilibre urbain, la rente différentielle et la surplus économique.	P11
1.1.4. La production d'infrastructures et le théorème d'Henry George.	P13
1.1.5. Conséquences pour l'évaluation des infrastructures.	P15
1.1.6. La ville hétérogène.	P17
1.2. L'ANALYSE HEDONIQUE DES PRIX FONCIERS ET IMMOBILIERS.	P22
1.2.1. Le modèle de base de l'analyse hédonique.	P22
1.2.2. Analyse hédonique et modèle urbains.	P27
1.3. LE MODELE ECONOMETRIQUE ET SON ESTIMATION.	P28
1.3.1. Le modèle économétrique.	P28
1.3.2. L'estimation du modèle avec aléas indépendants.	P32
1.3.3. L'estimation du modèle avec aléas dépendants.	P34



SECONDE PARTIE : L'AGGLOMERATION DE BREST.	P41
2.1. LE PARTICULARISME DU PAYS DE BREST.	P41
2.1.1. Les marques de l'histoire sur l'urbanisme.	P43
2.1.2. Un bassin d'habitat contrasté.	P46
2.1.2.1. L'opposition entre la ville centre et sa périphérie.	P46
2.1.2.2. La spécialisation sociale de l'espace.	P54
A) Les communes.	P56
B) La ville centre.	P58
2.1.2.3. Les mutations selon les communes et les quartiers.	P61
A) Les communes de l'arrondissement.	P61
a) Les acheteurs.	P61
b) Les logements.	P63
B) La ville de Brest.	P66
a) Les acheteurs.	P67
b) Les logements.	P70
2.2. LES FICHIERS DISPONIBLES.	P73
2.2.1. Le fichier des mutations immobilières.	P73
2.2.1.1. Les données.	P73
2.2.1.2. Les modifications réalisées.	P74
A) Les observations supprimées.	P74
a) Le cas particulier des sociétés.	P75
b) Les successions et donations.	P76
c) Les variables manquantes.	P76
B) Les modifications et la création des données à partir du fichier des hypothèques.	P77
2.2.2. Les variables de localisation.	P79
2.2.2.1. Les données de recensement 1990.	P79
2.2.2.2. Le fichier sur les équipements.	P80
2.2.2.3. Les coordonnées des centres et la matrice temporelle.	P81
2.3. UNE ANALYSE ECONOMETRIQUE PRELIMINAIRE.	P82
2.3.1. Les fonctions de prix simples.	P82
a) La taille du logement.	P82
b) Le type de logement.	P83
c) Les autres éléments de confort.	P84
d) L'année de mutation.	P85
e) Les notions de proximité au centre de Brest.	P85
f) La part de cadres.	P86
2.3.2. Les premiers résultats du modèle.	P87



2.4. VERS UN MODELE ABOUTI.	P102
2.4.1. Présentation générale du modèle.	P102
2.4.1.1. La segmentation des ménages.	P103
2.4.1.2. Légitimation de la méthodologie.	P111
2.4.2. Les externalités de voisinage.	P114
2.4.3. Caractéristiques de géographie physique.	P118
2.4.4. La proximité au centre et aux autres activités économiques.	P119
2.4.5. Les équipements de transport.	P124
2.4.6. La typologie de l'habitat.	P126
2.4.7. Variables environnementales.	P131
2.4.8. Le modèle définitif.	P133
 ANNEXE.	 P141



**L'évaluation des fonctions d'enchères des ménages
dans l'agglomération brestoise.**

INTRODUCTION GENERALE

1. PRIX FONCIERS, PRIX IMMOBILIERS ET CAPITALISATION

Un bien foncier ou immobilier est un bien complexe, qui peut être caractérisé par deux grands types d'attributs :

- les attributs internes décrivent la parcelle ou le logement : sa superficie, son agencement, la taille, le nombre de pièces, le caractère individuel ou collectif du logement, les équipements présents dans le logement.
- les attributs externes décrivent l'environnement du logement. Celui-ci comprend les aménités, c'est à dire toutes les caractéristiques non ou faiblement manipulables qui génèrent de l'utilité (ou de la désutilité). Le climat, la proximité du bord de mer sont à ranger parmi les aménités, ainsi que des facteurs plus socio-économiques comme la composition du quartier. Parmi les attributs externes figure également la proximité des équipements collectifs : infrastructures de transport, écoles, équipements culturels, centres commerciaux.

Supposons que, dans une zone géographique occupée par une population homogène (tous les agents ont des préférences et des ressources similaires), nous soyons capables de déterminer la relation entre la combinaison d'attributs qui caractérise un logement et son prix sur un marché approximativement concurrentiel. En faisant varier dans cette fonction de prix le ou les arguments associés à une aménité ou à un bien public particulier, on obtient une

différence de prix qui est égale à la disposition à payer¹ des agents pour la modification d'aménité ou de bien public correspondant à la modification des arguments. En effet, la différence de prix ne peut pas s'écarter durablement de la différence de disposition à payer. Sinon, les mêmes agents atteignent des niveaux d'utilité différents suivant les lieux et les plus défavorisés modifient leurs enchères pour pouvoir accéder aux localisations où ils peuvent atteindre un niveau d'utilité plus élevé.

On dit que le prix du bien foncier ou immobilier capitalise la valeur des aménités et biens publics. Une bonne détermination de ces mécanismes de capitalisation est un élément essentiel de connaissance de la valeur que les agents attachent à la présence ou à la proximité des aménités et des équipements collectifs. L'information ainsi apportée est d'autant plus importante que beaucoup d'infrastructures et d'équipements publics sont fournis sans contrepartie monétaire. C'est le cas des voies, des places, voire de beaucoup de monuments. Aucun mécanisme de marché ne permet donc d'en mesurer directement la valeur, ce qui oblige à se reposer sur d'autres mécanismes pour en faire l'évaluation et la mettre en rapport avec les coûts. La capitalisation foncière est le plus important d'entre eux.

Même quand l'utilisateur paye pour utiliser l'infrastructure, il est impossible d'ignorer la capitalisation foncière. Prenons l'exemple d'une infrastructure de transport urbain. L'utilisateur qui se localise près d'une station de métro ou d'une gare en paye l'usage à la fois en réglant le coût de transport et en supportant un coût foncier plus élevé car capitalisant le supplément d'utilité qu'apporte la proximité de l'infrastructure. C'est l'ensemble de ces deux coûts qui reflète la valeur attachée à l'infrastructure par l'utilisateur. En conséquence, il est bien connu en économie publique qu'une décision d'implantation ou de dimensionnement de l'infrastructure qui ignore cette capitalisation ne peut être optimale. Ce qui conduit certains économistes à préconiser un financement des infrastructures par un prélèvement sur les rentes foncières, voire même à conseiller que les gestionnaires d'infrastructures se voient attribuer les emprises foncières localisées à proximité, afin qu'ils perçoivent l'ensemble de ce que paye l'utilisateur pour bénéficier de l'infrastructure.

¹ Rappelons que la disposition à payer pour un bien est le prix de ce bien qui rend l'agent indifférent entre le fait de disposer de ce bien contre versement de la disposition à payer et ne pas en disposer (sans versement).

Quand la population est hétérogène, en plus de leur rôle de capitalisation, les prix fonciers et immobiliers jouent un rôle essentiel dans les mécanismes de ségrégation spatiale. Les diverses catégories de population diffèrent entre elles par leurs ressources et par la valeur qu'elles attachent aux diverses aménités et infrastructures publiques et donc par leur disposition à payer pour une localisation à proximité de celles-ci. La concurrence pour l'occupation du sol fait que chaque zone est occupée par la catégorie de population dont la disposition à payer est la plus élevée. La population se retrouve ségréguée, chaque catégorie occupant un ensemble particulier de localisations, celles pour lesquelles elle est le plus offrant. Ce mécanisme de ségrégation involontaire joue un rôle important dans la structuration des agglomérations urbaines. De plus, même si elles continuent à capitaliser la valeur des aménités et biens publics, les différences de prix fonciers ne mesurent plus directement les dispositions à payer d'une catégorie de population particulière, ni même d'un individu moyen. La différence de prix entre deux localisations occupées par des catégories différentes résulte en effet à la fois de l'évolution des dispositions de chacune des deux catégories et du passage d'une catégorie à l'autre dans le statut de plus offrant.

2. MIEUX CONNAITRE LA CAPITALISATION FONCIERE

L'intérêt d'une bonne connaissance de la capitalisation foncière de la valeur des aménités et biens publics est d'autant plus grand que cette connaissance peut contribuer de manière importante à l'évaluation des politiques urbaines et en particulier des grandes infrastructures de transport. La capitalisation des externalités générées par ces infrastructures fait partie des informations dont doit disposer le calcul économique pour calculer le surplus social généré par la mise en place et la modification de cette infrastructure.

La Loi d'Orientation des Transports Intérieurs demande que tout projet d'infrastructure soit accompagné d'une évaluation économique. Le groupe de travail du Commissariat Général du Plan présidé par Marcel Boîteux a réactualisé et précisé les grands principes de l'application du calcul économique à ces projets. Suivant ces recommandations, une circulaire récente du Ministère des Transports précise les démarches à suivre pour les projets d'infrastructure interurbains. Les projets intraurbains posent des problèmes beaucoup plus importants car ils génèrent des externalités très fortes en direction des populations situées à proximité et peuvent transformer de manière non marginale les villes ou les quartiers concernés en induisant des relocalisations des agents, entreprises et ménages.

Une commission réunie par le Conseil Général des Ponts et associant des spécialistes extérieurs a travaillé récemment sur les problèmes que pose l'évaluation dans ce contexte. Il ressort de ses réflexions qu'une meilleure connaissance des processus de capitalisation foncière est un ingrédient indispensable du processus d'évaluation. La mesure de l'importance des externalités générées passe par une bonne mesure de leur capitalisation dans les prix fonciers et immobiliers. Et elles jouent un rôle moteur dans les mécanismes de relocalisation des agents et la modification des formes de ségrégation spatiale qui peut en résulter.

Pour qu'il n'y ait pas tendance à des relocalisations, il faut que la hiérarchie des dispositions à payer des différentes catégories d'agents soit cohérente avec l'importance de chacune de ces catégories sur le terrain. Plus la disposition à payer d'une catégorie est forte dans une zone géographique donnée, plus celle-ci doit représenter une part importante de la population de la zone. Ce processus est au coeur de tous les modèles économétriques actuels applicables à des villes. Sans aller jusqu'à l'usage de ces modèles, très lourds, une bonne connaissance des mécanismes de fixation des valeurs foncières permet de repérer les tensions pouvant induire des relocalisations. En évaluant *a priori* la modification des dispositions à payer des différentes catégories d'agents dans une zone donnée, on peut repérer les changements dans leur hiérarchie. On peut également mettre en évidence les discordances entre cette hiérarchie et l'importance relative des différentes catégories d'agents dans la zone. Ce qui permettra de repérer les tensions que ces changements de hiérarchie et les discordances induisent. Ces tensions jouent un rôle moteur pour les relocalisations.

3. ETUDIER LES TRANSACTIONS INDIVIDUELLES

L'analyse des transactions foncières dans une optique de capitalisation nécessite des données sur des transactions individuelles. Cette exigence est particulièrement forte si les résultats de cette analyse doivent être utilisés pour l'évaluation de projets d'infrastructure. Les informations portant sur des moyennes, même à un niveau géographique fin, ne sont pas suffisantes, et ce principalement pour deux raisons :

- Les informations agrégées, en général, ne sont pas ventilées par catégories d'acheteurs. Elles ne permettent donc pas d'estimer des dispositions à payer par catégorie d'agent. Or, la différenciation entre catégories d'agents est fondamentale, à la fois pour éviter des biais dans l'analyse et pour analyser les forces de ségrégation et les tensions à la relocalisation des agents.

- Les informations agrégées ne permettent pas de contrôler convenablement l'effet des caractéristiques internes du logement. En conséquence, toute caractéristique interne d'un logement qui serait corrélée avec des caractéristiques externes entraînerait un biais dans les résultats. Si, dans des environnements plus valorisés, les logements sont plus grands et plus luxueux, le coût plus élevé des logements provient à la fois de leurs caractéristiques internes et externes et une analyse ignorant les premières attribuera leur effet aux dernières. Ces biais sont d'autant plus vraisemblables que les stratégies des promoteurs les conduisent à modeler leur offre (et donc les caractéristiques des logements) en fonction de la clientèle que l'environnement est susceptible d'attirer.

La difficulté à obtenir des données individuelles sur les transactions foncières et immobilières explique la faiblesse des études dans ce domaine en France. Même à l'étranger, rares sont les travaux utilisant une méthodologie rigoureuse. Le travail présenté dans ce rapport exploite une des rares sources d'informations disponibles dans ce domaine en France. D'où l'intérêt des données dont dispose l'Agence de Développement et d'Urbanisme du Pays de Brest (ADEUPa). L'ADEUPa collecte depuis plusieurs années des informations sur les mutations bâties et sur les ventes de terrain à bâtir dans l'agglomération brestoise. Elle dispose d'une base de données portant sur cinq à six années consécutives, répertoriant un peu moins de cinq mille transactions. Pour chaque mutation bâtie, on connaît :

- la catégorie de l'acheteur et celle du vendeur (profession, composition du ménage),
- la nature du bien ayant fait l'objet de la mutation (taille, niveau, confort, état, jardin, garage),
- l'îlot dans lequel le bien est localisé,
- le prix du bien muté.

Ces informations sont suffisantes pour effectuer une analyse des transactions dans une optique de capitalisation. La représentation des caractéristiques internes reste sommaire, mais paraît suffisante pour éviter les principales sources de biais. Il est possible de travailler par catégories d'agents, celles-ci étant connues pour les acheteurs (ce qui est primordial) comme pour les vendeurs (ce qui est moins important car les motifs de vente sont variés). Enfin, si la connaissance de la localisation est limitée à l'îlot pour des raisons de confidentialité, la taille de ces derniers est suffisamment faible pour permettre une bonne précision. En partant de l'îlot et en utilisant les bases de données dont dispose l'ADEUPa à ce niveau, on pourra faire une

bonne représentation des aménités et équipements disponibles dans cet îlot et dans les îlots voisins, et donc des caractéristiques externes du logement : équipements scolaires et commerciaux, structure du réseau routier avec temps de parcours, accessibilité aux transports en commun.

4. DEMARCHE D'ENSEMBLE.

Cependant, avant d'effectuer des analyses de capitalisation, il faut au préalable tester l'applicabilité des modèles de détermination des prix fonciers à des données réelles. Le passage de la théorie aux applications économétriques exige en effet toujours des ajustements. Il faut que les simplifications qui permettent de passer de la formulation théorique générale à des relations estimables. Il faut analyser les résultats d'estimation pour voir s'ils rendent bien compte de la structure générale de la ville étudiée.

C'est la réalisation de ce travail préliminaire qui est l'objet de ce rapport. Le plan en est le suivant :

- Dans une première partie, nous présenterons les modèles théoriques sur lesquels se fonde la recherche. Nous commencerons par les modèles de base de détermination des prix fonciers et immobiliers dans une ville, dont les fondements remontent aux travaux d'Alonso et de Muth dans les années soixante. Ces modèles sont le point de départ, tant des recherches sur la détermination des prix fonciers et immobiliers en milieu urbain que des théories de la capitalisation foncière. Puis nous ferons la liaison entre ces modèles et la théorie des prix hédoniques. Cette dernière est en effet la base des procédures d'estimation couramment utilisées. Nous présenterons en dernier lieu ces dernières.
- Dans une deuxième partie, nous décrirons les grandes structures de la zone étudiée, c'est à dire les pays de Brest. Nous dégagerons les principales caractéristiques de l'organisation géographique, économique et sociale de l'agglomération et des espaces qui l'entourent. Cette connaissance est en effet très utile pour interpréter les résultats des estimations qui suivront. Puis, nous présenterons les résultats d'estimation du modèle. Dans l'analyse des ces résultats, nous nous attacherons à tester la significativité des variables représentatives de l'environnement des logements. Nous nous attacherons tout particulièrement aux variables d'accessibilité, largement déterminées par la nature de l'infrastructure de transport. Ce sont en effet ces variables qui serviront ultérieurement dans les procédures d'évaluation

PREMIERE PARTIE : MODELES THEORIQUES DE BASE

1.1 VILLES ET RENTES FONCIERES

1.1.1 Le modèle de base.

Afin de bien expliciter le principe de la fonction d'enchère, nous allons rappeler les principes du modèle fondateur d'Alonso (1964). Ce modèle repose sur des hypothèses simples et assez restrictives, mais permet de comprendre facilement la notion de rente d'enchère et donc d'apprécier l'intérêt de la méthode utilisée par la suite.

On considère une ville monocentrique habitée par une population homogène. Tous les habitants de la ville disposent du même revenu r et ont les mêmes préférences, caractérisées par la fonction d'utilité $U(m, S)$ où

m est la consommation d'un bien monétaire dont le prix est égal à l'unité.

S est la consommation de terrain (surface occupée par l'habitant).

La fonction d'utilité satisfait aux hypothèses usuelles. Les utilités marginales sont positives et U est concave.

Outre sa superficie, le terrain consommé par un habitant est caractérisé par sa distance l au centre ville. Celle-ci détermine à son tour

$P(l)$, prix unitaire du terrain, également appelé rente foncière.

$T(l)$, coût du transport pour une distance l du centre ville.

En effet, tous les habitants doivent se déplacer vers le centre ville. Les raisons à l'origine de ce déplacement sont variées. Elles peuvent tenir à la concentration de l'emploi, les déplacements étant des navettes entre domicile et lieu de travail. Elles peuvent aussi provenir de la concentration des activités commerciales, sociales. Le coût de déplacement à partir d'une localisation donnée, déterminé par la seule distance au centre ville, l , est une fonction croissante de cette dernière : $T'(l) > 0$

Les ressources du consommateur servent donc à couvrir trois types de dépenses : la consommation de bien monétaire, de coût m ; la consommation de terrain, de coût $P(l)S$ pour un terrain de superficie S localisé à une distance l du centre ville ; le coût $T(l)$ des

déplacements au centre ville. En conséquence, le comportement d'un consommateur localisé à la distance l du centre ville se formalise de la façon suivante:

maximisation de $U(m, S)$

sous la contrainte de budget $m + P(l) \cdot S + T(l) \leq r$.

En posant le Lagrangien correspondant à ce problème de maximisation d'utilité sous contrainte

$$L(m, S, l) = U(m, S) - \lambda(m + S \cdot P(l) + T(l) - r)$$

nous obtenons les conditions de premier ordre suivantes :

$$U'_m - \lambda = 0$$

$$U'_S - \lambda \cdot P(l) = 0,$$

d'où l'on déduit que

$$U'_m / U'_S = \frac{1}{P(l)}$$

La solution du problème ci-dessus conduit à des fonctions de demande de bien banal et de terrain qui dépendent toutes deux de la distance l qui détermine le budget pouvant être réparti entre les consommations des deux biens utiles : $m = m(l)$ et $S = S(l)$. On en déduit la fonction d'utilité indirecte,

$$V(l) = U(m(l), S(l))$$

Or, dans un marché du logement unifié et concurrentiel, les agents peuvent toujours se relocaliser à où l'utilité est la plus élevée. En conséquence, les habitants atteignent tous le même niveau d'utilité u , quelle que soit leur localisation :

$$\forall l, S(l) > 0 \Rightarrow V(l) = u$$

On en déduit que

$$S(l)P'(l) + T'(l) = 0 \Leftrightarrow P'(l)S(l) = -T'(l)$$

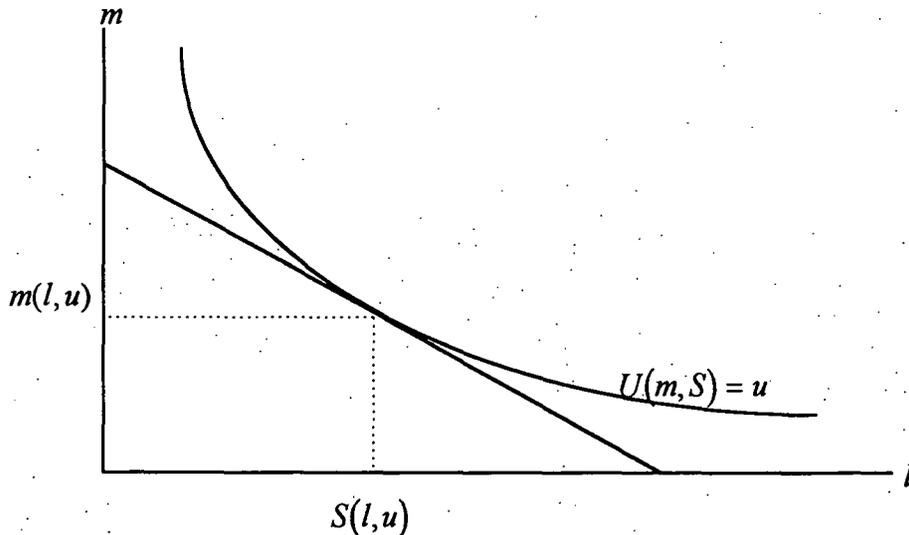
La décision du ménage est donc un compromis entre le coût de transport et le coût d'occupation du sol. C'est dans cette dernière équation qu'intervient la condition d'équilibre spatial. Le premier terme de cette expression est le produit de la dérivée de la fonction de prix du sol et de la quantité de logement consommée par le ménage en situation d'équilibre. Il représente le gain sur la dépense en logement procuré par un éloignement infime du centre. Le second terme désigne la dépense supplémentaire de transport supportée par le ménage pour un

éloignement minimale. Ainsi le ménage optimise-t-il sa fonction d'utilité quand l'économie en dépense de logement induite par un éloignement marginal au centre de la ville est exactement compensée par l'augmentation des coûts de transport correspondante. Alonso appelle la quantité $P'(l).S(l) + T'(l)$ « le coût marginal d'un mouvement spatial ».

1.1.2 La rente d'enchère.

L'autre principe essentiel du modèle d'Alonso est le concept de fonction ou de rente d'enchère, qu'on peut définir comme la capacité d'un ménage à payer un logement pour un niveau d'utilité fixe. C'est ce concept de rente d'enchère que nous utiliserons concrètement pour déterminer les facteurs influençant le choix des individus en matière de logement. La figure 1 permet d'introduire concrètement ce concept. Puisque, à l'équilibre urbain, tous les agents ont le même niveau d'utilité u , toutes les combinaisons $(m(l,u), S(l,u))$ déterminant les consommations respectives en bien monétaire et terre d'un agent localisé à la distance l et atteignant le niveau d'utilité d'équilibre u se trouvent sur la même courbe d'indifférence, $U(m, S) = u$.

Figure 1 : Choix du consommateur à la distance l .



L'habitant localisé à la distance l et disposant d'un revenu m choisit le point $(m(l,u), S(l,u))$ de l'isoquante où la tangente à cette dernière correspond exactement à sa contrainte de revenu. En conséquence, les quantités consommées de terre, de bien banal et le prix $H(l,u)$ que l'agent est disposé à payer pour une unité de terre localisée à la distance l sont les solutions du système de trois équations à trois inconnues :

$$U(m(l,u), S(l,u)) = u$$

$$\frac{\partial U(m(l,u), S(l,u)) / \partial S}{\partial U(m(l,u), S(l,u)) / \partial Z} = H(l,u) \quad (1)$$

$$m(l,u) + H(l,u)S(l,u) = r - T(l)$$

On notera que ce système est équivalent à la solution des conditions du premier ordre du problème suivant :

$$P(l) = H(l,u) = \max_{(m,S)} \left[\left(\frac{r - T(l) - m}{S} \right) \mid U(m,S) \geq u \right] \quad (2)$$

On retrouve la définition initiale de la fonction d'enchère donnée plus haut, à savoir le prix maximum que l'agent accepte de payer tout en se maintenant à un niveau d'utilité au moins égal à u , niveau qu'il peut atteindre ailleurs sur le marché.

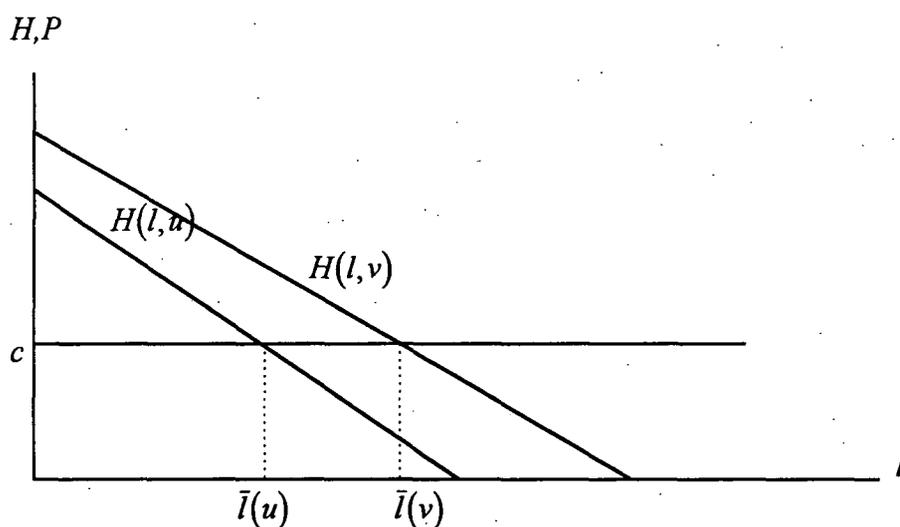
Un simple contrôle visuel sur la figure 1 montre que quand la distance au centre l augmente, u étant inchangé, il y a un pur effet de substitution entre la consommation de bien monétaire et la consommation de terre, $m(l,u)$ diminuant pendant que $S(l,u)$ augmente. La pente de la droite de budget diminue en valeur absolue ; il en est donc de même de la rente d'enchère $H(l,u)$. Cette dernière diminue donc avec la distance au centre. Cette baisse se démontre facilement sur la formule (2) : si $T(l)$ est plus élevé, il en est de même du ratio $(r - T(l) - m)/S$ pour tous m et S , et donc de la valeur maximale de ce ratio, c'est à dire $H(l,u)$.

De même, toute élévation du niveau d'utilité d'équilibre u se traduit sur la figure 1 par un déplacement vers le haut de la courbe d'indifférence et, dans la formule (2), par un resserrement de la contrainte $U(m,S) \geq u$. Il en résulte une baisse de la rente d'enchère $H(l,u)$, qui est donc une fonction décroissante de u . La raison en est simple. A budget inchangé, plus les habitants peuvent atteindre un niveau d'utilité d'équilibre élevé, moins ils sont prêts à payer pour un logement déterminé.

1.1.3 L'équilibre urbain, la rente différentielle et le surplus économique.

Les courbes de rente d'enchère ont donc l'allure présentée figure 2. On y a tracé deux courbes de rentes d'enchères, correspondant respectivement aux niveaux d'utilité u et v , avec $u < v$. Quand les habitants sont homogènes, les prix fonciers sont égaux aux rentes d'enchère. Si donc u est le niveau d'utilité à l'équilibre, $P(l) = H(l, u)$. Cependant, les propriétaires fonciers ne louent la terre que si le prix qu'ils obtiennent est supérieur au coût d'opportunité de la terre². En conséquence, la ville ne s'étend que jusqu'à la distance maximale $\bar{l}(u)$. Toute baisse du niveau d'utilité d'équilibre conduit, à revenu inchangé, à une des rentes d'enchères plus faibles, à une distance maximale plus élevée, et donc à des villes plus petites.

Figure 2 : Rente d'enchère et prix fonciers.



La ville s'étendant autour du centre jusqu'à la distance $\bar{l}(u)$, elle abrite un nombre d'habitants $N(u)$ qui payent au propriétaires fonciers une rente globale $R(u)$, où

$$N(u) = \int_0^{\bar{l}(u)} \frac{\Theta(l)}{S(l, u)} dl \quad (3)$$

$$R(u) = \int_0^{\bar{l}(u)} \Theta(l) H(l, u) dl$$

où $\Theta(l)$ est la quantité de terre disponible à la distance l . On montre facilement que, à revenu inchangé, $N(u)$ est une fonction décroissante de u . Plus le niveau d'utilité à l'équilibre est élevé, plus la ville est petite si elle n'est pas capable de générer des revenus supplémentaires. On peut alors distinguer deux cas. Dans le premier, les habitants sont parfaitement mobiles

² par exemple, sa productivité marginale pour un usage agricole.

entre la ville et l'extérieur. On parle de *ville ouverte*. Le niveau d'utilité à l'équilibre est à l'extérieur de la ville. Il est égal au niveau d'utilité maximal qu'atteignent les habitants en la quittant. Le nombre d'habitants de la ville est alors déterminé par le niveau d'utilité à l'équilibre. A l'opposé, on a la *ville fermée*, dont les habitants sont parfaitement immobiles. Maintenant, c'est le nombre d'habitants, N , qui est fixe. Celui-ci détermine en retour le niveau d'utilité à l'équilibre, qui doit être tel que $N = N(u)$. Dans ce qui suit, par commodité, nous nous référerons au cas de la ville ouverte.

Dans ce cas, la rente foncière $R(u)$ s'interprète comme la somme de deux termes. Le premier, $\Gamma(u) = c \int_0^{j(u)} \Theta(u) du$ est le coût d'opportunité global de l'ensemble des terres utilisées par la population de la ville. En l'absence de coûts fixes de mise en place du centre ville et du système de transport permettant de s'y rendre, le deuxième terme, $\Omega(u) = R(u) - \Gamma(u)$, appelé rente différentielle, est une mesure monétaire du surplus économique apporté par l'existence du centre ville.

En effet, pour un habitant localisé à la distance l , le prix $P(l)S(l, u) = H(l, u)S(l, u)$ qu'il paye pour se loger est exactement égal à sa disposition à payer pour habiter la ville plutôt que d'aller à l'extérieur. Du fait de la mobilité des habitants et de leur concurrence pour l'espace, cette disposition à payer est entièrement captée par le propriétaire foncier. En intégrant sur l'ensemble de la ville, *la rente foncière globale est la disposition globale à payer de l'ensemble des habitants de la ville pour y loger. De cette disposition à payer, il faut retirer le coût d'opportunité des terres utilisées. On aboutit à la rente foncière différentielle, qui est bien une mesure monétaire du surplus, au sens de Dupuit. Ce surplus est capitalisé dans les rentes foncières.*

Le modèle simple que nous venons d'utiliser illustre ainsi un résultat beaucoup plus général, rappelé plus haut dans l'introduction : à l'intérieur d'un marché raisonnablement fluide, les prix fonciers et immobiliers capitalisent la valeur que les usagers attachent à la proximité des infrastructures et des équipements publics qui sont mis à leur disposition. En effet, ce que nous avons interprété comme une ville peut aussi bien s'interpréter comme n'importe quelle zone polarisée (par exemple, par un centre commercial ou un équipement public) à l'intérieur d'un ensemble urbain plus vaste. Du fait de son intégration à cet ensemble urbain, la zone est ouverte et le niveau d'utilité d'équilibre qui y prévaut, u , est le même pour l'ensemble de la

ville. Le coût d'opportunité de la terre est la valeur qu'elle aurait en l'absence de polarisation de la zone. On dispose donc de l'ensemble des termes permettant de calculer la rente différentielle qui mesure le surplus apporté à la ville par la présence des équipements polarisants de la zone.

1.1.4 La production d'infrastructures et le théorème d'Henry George.

Dans ce qui précède, nous avons négligé le coût des équipements polarisants qui sont à l'origine de la formation de la zone urbaine en supposant implicitement qu'ils étaient nuls. Il est facile de rectifier le modèle pour prendre ce coût en compte. Supposons, pour simplifier, que ce coût soit la conséquence de la réalisation du système de transport desservant le centre ville. La fonction de coût de transport prend maintenant la forme $T(l, K)$, où K est à la fois une mesure des performances du système de transport et des coûts engagés par l'aménageur pour sa création et son fonctionnement. $T(l, K)$ est une fonction croissante de K : plus le système de transport est efficace, plus les coûts individuels sont faibles.

Les choix des agents, et donc les demandes de bien banal, $m(l, u, K)$, de terre, $S(l, u, K)$, ainsi que la rente d'enchère, $H(l, u, K)$ dépendent maintenant des performances du système de transport. En revenant sur la figure 1, on voit que, le niveau d'utilité d'équilibre étant inchangé pour une ville ouverte, un système de transport plus efficace, (la valeur de K étant plus élevée) conduit à une rente d'enchère plus élevée, à une augmentation de sa consommation de bien monétaire et à une diminution de la superficie de terre utilisée :

$$\frac{\partial H(l, u, K)}{\partial K} > 0, \quad \frac{\partial m(l, u, K)}{\partial K} > 0, \quad \frac{\partial S(l, u, K)}{\partial K} < 0$$

Les habitants ayant une dépense de transport $T(l, K)$ plus faible, peuvent consacrer plus de ressources à l'acquisition de bien monétaire et de terre. Ils sont alors prêts à enchérir plus pour cette dernière, d'où la diminution de la superficie et le déplacement de l'arbitrage entre dépenses en faveur du bien monétaire.

A leur tour, la distance maximale définissant la limite de la ville, $\bar{l}(u, K)$, sa population, $N(u, K)$ et la rente foncière totale collectée, $R(u, K)$, dépendent de l'efficacité du système de transport. Un coup d'oeil sur la figure 2 et la formule 3 montre qu'une ville disposant d'un système de transport plus efficace est plus grande, plus peuplée et que la rente foncière totale qui y est collectée est plus importante :

$$\frac{\partial \bar{l}(u, K)}{\partial K} > 0, \quad \frac{\partial N(u, K)}{\partial K} > 0, \quad \frac{\partial R(u, K)}{\partial K} < 0$$

En effet, comme on l'a noté au paragraphe précédent, la rente d'enchère étant plus élevée, la distance $\bar{l}(u, K)$ à laquelle elle égalise le coût d'opportunité de la terre est plus grande. La superficie de la ville augmente ; de plus, la diminution des superficies $S(l, u, K)$ occupées par chaque habitant entraîne une densification. Ces deux facteurs conduisent à une augmentation de la population $N(u, K)$. Et des habitants plus nombreux payant chacun un rente foncière plus forte conduisent à une augmentation de la rente foncière globale $R(u, K)$.

La mesure économique du surplus apporté par la création de la ville doit maintenant inclure le coût de production du système de transport. Elle est égale à la différence entre la disposition des habitants à payer pour habiter en ville et les coûts de biens utilisés, la terre et le système de transport. Pour la terre, comme plus haut, on se base sur le coût d'opportunité $\Gamma(u, K) = c \int_0^{\bar{l}(u, K)} \Theta(u) du$. Pour le système de transport, on a posé plus haut que K était à la fois une mesure de son efficacité et de son coût. La mesure économique du surplus est donc

$$\Omega(u, K) = [R(u, K) - \Gamma(u, K)] - K \quad (4)$$

où le terme entre crochets est la rente foncière différentielle.

La formule (4) conduit à un résultat central en planification urbaine, connu sous le nom de *théorème d'Henry George*. Un choix efficace du niveau d'infrastructure est une valeur de K qui maximise $\Omega(u, K)$, c'est à dire la rente différentielle diminuée du coût de production de l'infrastructure. Il s'ensuit que, *si l'agent qui supporte les coûts d'aménagement de l'infrastructure peut intégrer la rente foncière différentielle dans ses recettes, il est conduit à prendre des décisions économiquement efficaces*. Réciproquement, s'il n'intègre pas la rente différentielle, il ne peut pas prendre de décision efficace. La captation de la rente foncière différentielle par l'aménageur est l'internalisation des externalités générées par la mise en place de l'infrastructure, suivant un mécanisme similaire à celui de la taxe pigouvienne.

Pour que l'aménageur puisse intégrer la rente différentielle dans ses recettes, il faut que le dispositif institutionnel le permette. Le cas le plus simple est quand l'aménageur est en même temps propriétaire foncier, les terres concernées lui appartenant. C'est cette idée qui est sous-jacente à la proposition de nombreux économistes que les gestionnaires d'infrastructures (par exemple les compagnies de chemin de fer) puissent devenir propriétaires des terrains

environnant celles-ci. Il faut cependant que, s'ils obtiennent cette propriété par acquisition auprès des propriétaires existants, ceux-ci ne puissent pas intégrer l'anticipation des effets de la capitalisation dans le prix de vente des terrains.

Une autre solution est le passage par la fiscalité, avec un impôt foncier assis sur la valeur des terrains nette de leur coût d'opportunité. Cette solution n'est, évidemment, accessible qu'à la puissance publique.

Qui plus est, supposons que la production de villes (ou de nouvelles infrastructures) soit une activité économique comme une autre, avec un fonctionnement concurrentiel et libre entrée sur le marché. Il faut pour cela qu'il y ait suffisamment de macro-agents potentiels pouvant réunir les financements nécessaires pour la production d'infrastructures. Avec des dispositifs institutionnels leur permettant de capter les rentes foncières différentielles, chacun de ces macro-agents produit une ville efficace et son profit est égale au surplus $\Omega(u, K)$ que dégage son activité. Il y a production de nouvelles infrastructures tant que ce profit est positif. En conséquence, à l'équilibre de long terme, $\Omega(u, K) = 0$: *la captation des rentes foncières différentielles est la source de financement de la production des infrastructures urbaines.*

1.1.5 Conséquences pour l'évaluation des infrastructures.

Les analyses qui précèdent ont des conséquences importantes pour l'analyse des infrastructures en milieu urbain. La formule (4) comprend deux composantes. La première, la rente foncière différentielle, mesure un bénéfice social. La seconde mesure un coût social. Or, dans les procédures usuelles d'évaluation des infrastructures, la seconde composante est beaucoup mieux mesurée que la première. La raison en est simple : le coût social est la contrepartie directe d'actions engagées par l'autorité gestionnaire. L'évaluation du coût de ces actions fait partie de sa gestion interne.

Il n'en est pas de même de la composante mesurant le bénéfice social. Même quand l'accès à l'infrastructure est tarifé, comme c'est le cas des transports collectifs urbains, les recettes tirées de cette tarification ne mesurent qu'une très faible partie du bénéfice social. Certes, le modèle des sections précédentes ne prend directement pas en compte cette question de la tarification de l'accès aux infrastructures. Mais il le prend indirectement à travers le coût de transport privé $T(l, K)$, dont les paiements faits au gestionnaire de transport sont une composante importante. Or, ces tarifs sont la contrepartie des coûts variables de

fonctionnement de l'infrastructure induits par la présence du trafic. Les recettes de tarification sont donc un transfert vers le consommateur des charges de fonctionnement qu'induit l'utilisation qu'il fait de ces infrastructures. De ce fait, il est logique que le modèle ci-dessus impute au consommateur cette charge de fonctionnement, la retirant à l'entreprise.

Ainsi, comme on l'a souligné plus haut, tant qu'il n'existe pas de dispositif institutionnel permettant au gestionnaire des infrastructures de capter les rentes foncières différentielles, celui-ci ne peut prendre de décision efficace, sauf à intégrer une mesure de celles-ci dans une procédure de planification utilisant le calcul économique public. Encore faut-il que le système économique génère cette mesure. La plupart des autorités planificatrices n'en ont actuellement pas les moyens. Qui plus est, la mise en place de nouvelles infrastructures exige souvent des acquisitions foncières. Il est fort possible que les prix exigés pour celles-ci capitalisent, pour partie, la rente différentielle associée à la nouvelle infrastructure. Ce qui devait apparaître du côté des recettes apparaît maintenant du côté des coûts !

En conséquence, le modèle simple que nous venons de présenter souligne un point déjà abordé dans l'introduction de ce rapport : une procédure efficace de planification doit disposer d'informations sur les processus de capitalisation foncière et d'un outil de mesure de la rente foncière différentielle. C'est cette question qui est au coeur de la recherche que nous présentons. En effet, le modèle d'Alonso suggère une voie de mesure de cette rente : l'information est, pour l'essentiel, contenue dans les prix acquittés par les habitants pour leurs acquisitions foncières et immobilières. C'est donc cette information qu'il faut exploiter. Ce rapport retrace une première tentative d'exploitation de ce type de données, pour une des rares villes où elle est disponible sous une forme adéquate, l'agglomération de Brest et le pays qui l'entoure.

Cependant, avant de préciser les méthodes d'analyse, il nous faut regarder ce qui se passe quand on abandonne l'hypothèse d'homogénéité de la population d'une ville. Le passage à une ville dont la population est hétérogène nous permettra d'aborder deux questions nouvelles. La première est du rôle des marchés fonciers et immobiliers dans la ségrégation intra-urbaine. La deuxième est celle de la liaison entre les prix fonciers observés et les capacités d'enchères (et donc les dispositions à payer) des différentes catégories de population. Ces deux questions sont essentielles pour les développements de notre analyse. La première est au coeur des méthodes d'analyse de la formation des prix fonciers et immobiliers que nous utiliserons. La deuxième

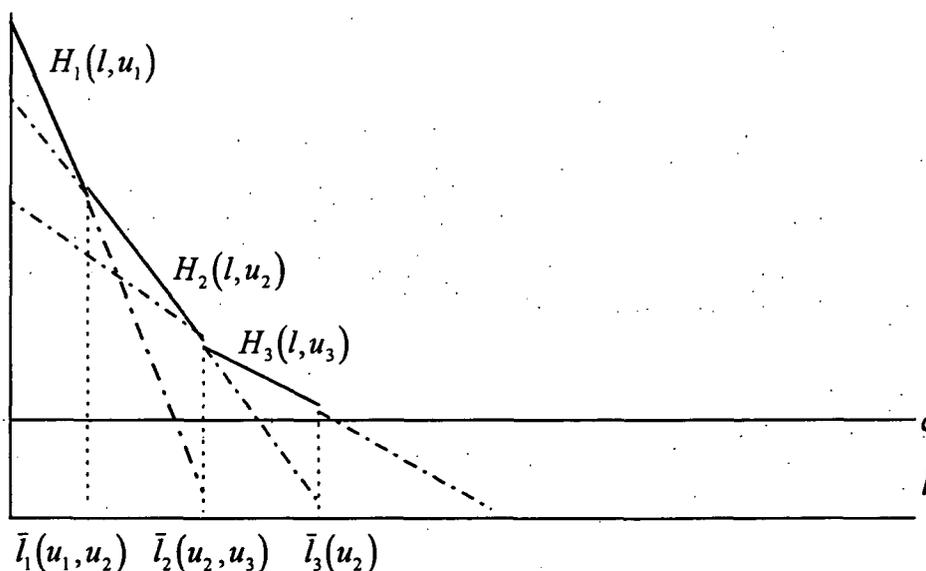
soulève le problème des conséquences des choix d'infrastructures sur la structure sociale des villes. C'est une question qu'aucun planificateur urbain ne peut ignorer.

1.1.6 La ville hétérogène.

Nous supposons maintenant qu'il existe I catégories de population. Les habitants de la catégorie i sont caractérisés par une structure de préférences commune, représentée par la fonction d'utilité U_i , et par leurs ressources r_i . En appliquant le modèle des sections précédentes, on en déduit la rente d'enchère, $H_i(l, u_i)$, ainsi que les demandes correspondantes de bien monétaire et de terre, $m_i(l, u_i)$ et $S_i(l, u_i)$.

Dans une ville ouverte, les niveaux d'utilité u_i atteints par chaque catégorie de population sont fixés de l'extérieur par la meilleure opportunité dont chacune dispose en dehors de la ville. En conséquence, la position des courbes de rente d'enchère est fixée. On se retrouve dans une situation similaire à celle de la figure 3, où nous avons représenté trois catégories de population.

Figure 3 : La ville hétérogène.



Dans un environnement concurrentiel, les propriétaires fonciers cherchent à tirer le maximum de la terre dont ils sont propriétaires. En conséquence, à la distance l du centre, le prix foncier est égal à rente d'enchère maximale. Une seule catégorie d'habitants loge à cette

distance, celle qui effectue l'enchère maximale. D'où, en notant $\gamma(l)$ la catégorie d'habitants résidant à la distance l ,

$$\begin{aligned} \gamma(l) &= \arg \max_j H_j(l, u_j) \\ P(l) &= \max_j H_j(l, u_j) = H_{\gamma(l)}(l, u_{\gamma(l)}) \end{aligned} \quad (5)$$

La ville se structure en conséquence. Plus précisément :

- Comme enveloppe supérieure de fonctions d'enchères décroissantes, la fonction de prix décroît avec la distance. De plus, si les rentes d'enchère sont convexes, il en est de même de la fonction de prix.
- Plus on s'éloigne du centre, plus on passe à des catégories d'habitants dont les rentes d'enchère sont faiblement sensibles à la distance. Plus précisément si l'on peut indiquer les différentes catégories d'habitants pour que, quelle que soit la distance l ,

$$-\frac{\partial H_1(l, u_1)}{\partial l} > \dots > -\frac{\partial H_i(l, u_i)}{\partial l} > \dots > -\frac{\partial H_I(l, u_I)}{\partial l}$$

et il existe des distances limites $0 = \bar{l}_0 < \bar{l}_1(u_1, u_2) < \dots < \bar{l}_i(u_i, u_{i+1}) < \dots < \bar{l}_I(u_I, c)$, avec $H_i(\bar{l}_i, u_i) = H_{i+1}(\bar{l}_i, u_{i+1})$ pour $i < I$ et $H_I(\bar{l}_I, c) = c$, telles que

$$\bar{l}_{i-1} < l < \bar{l}_i \Rightarrow \gamma(l) = i$$

- Cette structuration est logique. Les catégories les plus proches du centre sont celles pour lesquelles la pente de la rente d'enchère en valeur absolue, $-\partial H_i(l, u_i)/\partial l$, est la plus élevée. Ce sont donc les catégories d'habitants les plus sensibles à la proximité du centre au sens où elles sont le plus disposées à augmenter le prix qu'elles payent pour la terre en compensation d'un rapprochement du centre.
- Enfin, la différence de prix $P(l') - P(l)$ entre deux logements localisés à des distances respectives l et l' du centre et occupés par des habitants de catégories différentes ($\gamma(l') \neq \gamma(l)$) n'a pas d'interprétation économique directe. Elle résulte d'un équilibre de marché qui ne dépend pas des seules préférences des agents mais aussi d'autres paramètres comme les tailles des catégories de population en présence ou les opportunités dont elles disposent hors de la zone polarisée. En particulier, on se gardera bien d'interpréter cette différence de prix comme une disposition à payer pour passer d'un logement situé à distance l à un logement situé à la distance l' . Les seules quantités ayant cette interprétation sont les différentiels de rentes d'enchères, $H_i(l', u_i) - H_i(l, u_i)$. La difficulté est évidemment

que, contrairement aux différentiels de prix, ils ne sont pas directement observables sur le marché foncier.

Comme plus haut, on peut déterminer les effectifs de chacune des catégories de population, la taille globale de la ville et la rente foncière acquittée par les habitants dans un contexte de ville ouverte :

$$N(u_1, \dots, u_I) = \sum_{i=1}^I N_i(u_1, \dots, u_I) \quad \text{et} \quad R(u_1, \dots, u_I) = \sum_{i=1}^I R_i(u_1, \dots, u_I)$$

où $N_i(u_1, \dots, u_I)$ et $R_i(u_1, \dots, u_I)$ sont respectivement la population de la catégorie i et la rente foncière globale que ses membres acquittent, avec

$$\begin{aligned} N_i(u_1, \dots, u_I) &= \int_{l_{i-1}(u_{i-1}, u_i)}^{l_i(u_i, u_{i+1})} \frac{\Theta(l)}{S_i(l, u_i)} dl \\ R_i(u_1, \dots, u_I) &= - \int_{l_{i-1}(u_{i-1}, u_i)}^{l_i(u_i, u_{i+1})} \Theta(l) H_i(l, u_i) dl \end{aligned} \quad (6)$$

Avec un système de transport dont l'efficacité et le coût sont mesurés tous deux par K , on retrouve la mesure économique du surplus comme la rente différentielle diminuée du coût de production du système de transport;

$$\Omega(u_1, \dots, u_I, K) = [R(u_1, \dots, u_I, K) - \Gamma(u_1, \dots, u_I, K)] - K \quad (7)$$

où $\Gamma(u_1, \dots, u_I, K) = c \int_0^{l_i(u_i, c, K)} \Theta(u) du$ est le coût d'opportunité des terres utilisées par les habitants de la zone polarisée.

Ce qui permet de reprendre dans le modèle avec population hétérogène des analyses similaires à celles que nous avons développées dans les sections précédentes, en particulier le théorème d'Henry George. Cependant, ce qu'ajoute de nouveau la prise en considération de l'hétérogénéité de la population est la participation des infrastructures et biens publics aux processus de ségrégation spatiale au sein de la ville. La traduction par les marchés fonciers de la valorisation de ces équipements par les différentes catégories sociales conduit à une différenciation de l'espace, chaque zone correspondant à la où aux catégories qui, étant en général les plus forts enchérisseurs, l'occupent de manière privilégiée. Ce qui, compte tenu des difficultés actuelles que rencontrent de nombreuses agglomérations faisant face à une ségrégation qui dégénère en exclusion, explique l'importance accordée par cette question dans notre projet.

Il faut souligner deux choses à propos de ces phénomènes de ségrégation. La première est qu'il s'agit de processus de *ségrégation involontaire*. Il n'y a à aucun moment, dans le modèle présenté ci-dessus, de *ségrégation volontaire*, que ce soit sous sa forme positive, avec des habitants recherchant le voisinage d'autres ménages de la même catégorie ou de groupes proches, ou sous sa forme négative, avec certaines catégories d'habitants fuyant le voisinage d'autres groupes. La ségrégation volontaire a pour caractéristique qu'elle est la traduction spatiale des seules différences de préférences ou de contraintes budgétaires des différentes catégories. Notre deuxième observation est que, *dans le contexte restrictif du modèle présenté plus haut, la ségrégation involontaire est Paréto-optimale*. En conséquence, si le gestionnaire public décide d'intervenir à l'encontre de la ségrégation involontaire, c'est qu'il existe des interactions potentielles positives entre groupes que la ségrégation freine. Ce sont ces interactions, par définition absentes du modèle simple ci-dessus, dont il faut déterminer la nature et l'ampleur pour fixer la politique à suivre.

En présence mécanismes de ségrégation volontaire, les deux phénomènes se superposent. Il faut noter que, comme le montrent les études faites par plusieurs auteurs, les mécanismes de ségrégation volontaire agissent sur les choix de localisation des différentes catégories de ménages de la même manière que la présence d'infrastructures, par capitalisation dans les rentes d'enchères. Les habitants d'une catégorie faisant de la sélection négative sont d'autant moins prêts à enchérir pour un logement que ce dernier est proche des groupes cibles avec lesquels ces habitants refusent de cohabiter. De ce fait, il est d'autant plus vraisemblable que leur rente d'enchère soit inférieure à celle de la catégorie précédente.

Parmi les facteurs de définition des catégories de ménages, les différences de niveau de revenu et de structure familiale sont parmi les plus intéressantes. Les différences de niveau de revenu induisent des différences dans les demandes de terre et de bien banal ainsi que dans les rentes d'enchères comme résultat d'une modification de la contrainte budgétaire, sans qu'il y ait nécessairement de changements dans les relations de préférence. A l'opposé, les différences de structure familiale induisent des différences de besoin en sol. Il en résulte des modifications des relations de préférence, des changements dans les demandes de terre et de bien banal et dans les rentes d'enchères, et ce même en l'absence de modification de la contrainte budgétaire.

En reprenant les analyses d'Alonso (1964) et de ceux qui les ont suivis, on montre que, quand la terre est un bien normal, toute augmentation du niveau r des ressources globales

conduit à une diminution de la sensibilité de la rente d'enchère à la distance : $-\partial H/\partial a < 0$. Le phénomène est aisé à comprendre. Une augmentation de la richesse des habitants les conduit, à préférences inchangées, à augmenter leur demande de terre. Ils sont alors moins prêts à payer pour une même diminution des coûts de transports en valeur absolue car, appliquée à une consommation de terre plus élevée, la même croissance des prix fonciers pèse relativement plus sur le budget. D'où une rente d'enchère qui augmente moins vite quand on se rapproche du centre. Il résulte de ce que nous avons dit plus haut que, en l'absence d'autres facteurs de différenciation, les ménages se logent d'autant plus loin du centre qu'ils sont riches.

Quand à la structure des ménages, on peut, à l'instar de Fujita (1989), différencier ces derniers en fonction du nombre d'actifs et d'inactifs qui le composent. Fujita montre que plus les foyers sont composés d'inactifs, plus la pente de leurs rentes d'enchères est faible, d'où une localisation plus éloignée du centre ville. En effet, les inactifs augmentent le poids de la consommation de logement dans la fonction d'utilité par rapport au poids de temps de loisir, qui n'est réduit par le temps de transport que pour les actifs. Les inactifs induisent donc une demande d'espace plus importante.

1.2 L'ANALYSE HEDONIQUE DES PRIX FONCIERS ET IMMOBILIERS

1.2.1 Le modèle de base de l'analyse hédonique.

Le modèle exposé dans la section précédente reposait sur une vision simplifiée à l'extrême de la consommation de logement des ménages. Outre sa distance au centre, il se réduit à une surface habitée. On ne peut en rester là si l'on veut développer des applications du modèle, adaptées à un contexte réaliste. La première tâche est d'introduire une caractérisation plus riche des logements, permettant de rendre compte de la variété des formes d'habitat qui sont à la disposition des ménages. Comme on l'a signalé en introduction, un bien foncier ou immobilier est un bien complexe, qui peut être décrit par deux grands types d'attributs :

- les attributs internes décrivent la parcelle ou le logement : Le plus rudimentaire est la superficie, le seul à être pris en compte dans le modèle simplifié. D'autres attributs internes sont l'agencement, le nombre de pièces, le caractère individuel ou collectif du logement, les équipements qui y sont présents.
- les attributs externes décrivent l'environnement du logement. Le premier d'entre eux est la distance au centre-ville. Cependant, les villes réelles ont une structure plus complexe que celle du modèle monocentrique, dont il faut rendre compte en introduisant la distance à des centres secondaires et la proximité des équipements collectifs : infrastructures de transport, écoles, équipements culturels, centres commerciaux. Il faut également ajouter les aménités, c'est à dire toutes les caractéristiques non ou faiblement manipulables qui génèrent de l'utilité (ou de la désutilité). Le climat, la proximité du bord de mer sont à ranger parmi les aménités, ainsi que des facteurs plus socio-économiques comme la composition du quartier.

Il faut donc disposer d'une méthode d'analyse qui permette de rendre compte de la formation des prix sur des marchés où coexistent des biens différenciés entre eux par un nombre important d'attributs. De plus, ce modèle doit déboucher sur des propositions quand aux méthodes économétriques à mettre en oeuvre. C'est l'analyse hédonique qui nous le fournit. Dans la suite de cette section, nous exposerons d'abord le modèle théorique général qui est à la base de l'analyse hédonique. Nous montrerons ensuite en quoi le modèle urbain de la section précédente apparaît comme un cas particulier du modèle hédonique général. Enfin, nous développerons l'application de ce dernier au cas particulier de la formation des prix

immobiliers et fonciers. Ce qui nous permettra de déboucher, dans la section suivante, sur les méthodes d'estimation à mettre en oeuvre.

L'objectif premier de l'analyse hédonique est de dégager la relation entre le prix d'un bien et ses caractéristiques. Du point de vue de l'analyse des comportements, la justification de la méthode est donnée par Lancaster en 1966. Ce dernier pose en effet l'hypothèse que l'on peut formuler les relations de préférences sur la base desquelles les consommateurs font leurs choix non en fonction des biens, mais en fonction de leurs attributs. Les agents valorisent les caractéristiques des biens et les prix observés sont la résultante de ces valorisations implicites. Sur ces bases, Rosen (1974) formalise le fonctionnement concurrentiel du marché d'un bien différencié et le processus de formation des prix. La manière dont il le fait ouvre directement la voie aux analyses économétriques.

Dans cette présentation du modèle de base de l'analyse hédonique, nous allons, pour l'essentiel, reprendre sa démarche. Une population de consommateurs hétérogènes, caractérisés chacun par le paramètre α , ont des préférences représentables par la fonction d'utilité $U(h, m, \alpha)$, où $h = (h_1, \dots, h_N)$ est un vecteur de facteurs hédoniques décrivant une variété particulière d'un bien spécifique utilisé par l'ensemble des consommateurs et m est la dépense monétaire consacrée à l'acquisition de l'ensemble des autres biens, qu'on assimilera comme plus haut à la quantité d'un bien banal dont le prix est choisi comme unité monétaire.

Chaque consommateur achète une unité et une seule du bien spécifique, dont il choisit une variété h . Celle-ci est disponible sur le marché au prix $P(h)$. Un consommateur caractérisé par le paramètre α disposant de ressources $r(\alpha)$, sa contrainte budgétaire est $m + P(h) = r(\alpha)$. Le consommateur rationnel détermine la valeur de h qui maximise $U(h, m, \alpha)$ sous la contrainte $m + P(h) = r(\alpha)$.

Pour expliquer le choix du consommateur, on introduit la fonction d'enchère $E(h, u, \alpha, r)$ égale au prix maximum qu'accepte de payer pour un bien spécifique de caractéristiques h un consommateur de caractéristiques α disposant de ressources r . Elle est déterminée par l'égalité

$$U(h, r - E(h, u, \alpha, r), \alpha) = u \quad (8)$$

Quand le consommateur est à l'optimum, sa disposition à payer est égale au prix et sa disposition marginale à payer pour un attribut est égale à l'effet d'une variation marginale de cet attribut sur le prix :

$$P(h) = E(h, u, \alpha, r) \text{ et } \forall n, \frac{\partial P(h)}{\partial h_n} = \frac{\partial E(h, u, \alpha, r)}{\partial h_n} \quad (9)$$

Sur un marché suffisamment unifié pour que tous les consommateurs à la recherche d'un bien immobilier puissent accéder à l'ensemble des biens disponibles, tous les consommateurs de mêmes caractéristiques α atteignent le même niveau d'utilité $u(\alpha)$. Celui-ci est donc défini au niveau de l'ensemble du marché et résulte de l'équilibre qu'il atteint. Chaque bien immobilier est acquis par la catégorie d'agents qui est le plus fort enchérisseur :

$$P(h) = \max_{\alpha} E(h, u(\alpha), \alpha, r(\alpha)) \quad (10)$$

ou encore :

$$\begin{aligned} \gamma(h) &= \arg \max_{\alpha} E(h, u(\alpha), \alpha, r(\alpha)) \\ P(h) &= E(h, u(\beta), \beta, r(\beta)) \text{ avec } \beta = \gamma(h) \end{aligned} \quad (11)$$

Au voisinage d'un bien spécifique particulier caractérisé par le vecteur d'attributs h , la fonction de prix peut être approchée linéairement par sa différentielle :

$$P(h + \Delta h) = P(h) + \sum_{n=1}^N \left(\frac{\partial P(h)}{\partial h_n} \right) \Delta h_n$$

Les dérivées partielles, $\partial P / \partial h_n$, sont les prix implicites, ou prix hédoniques, que devrait payer l'agent propriétaire de ce bien pour une modification des attributs correspondants. A l'équilibre, d'après (9), le prix implicite est égal à la disposition de l'agent à payer pour une modification marginale des attributs correspondants, c'est à dire à l'utilité marginale dudit attribut mesurée en termes monétaires :

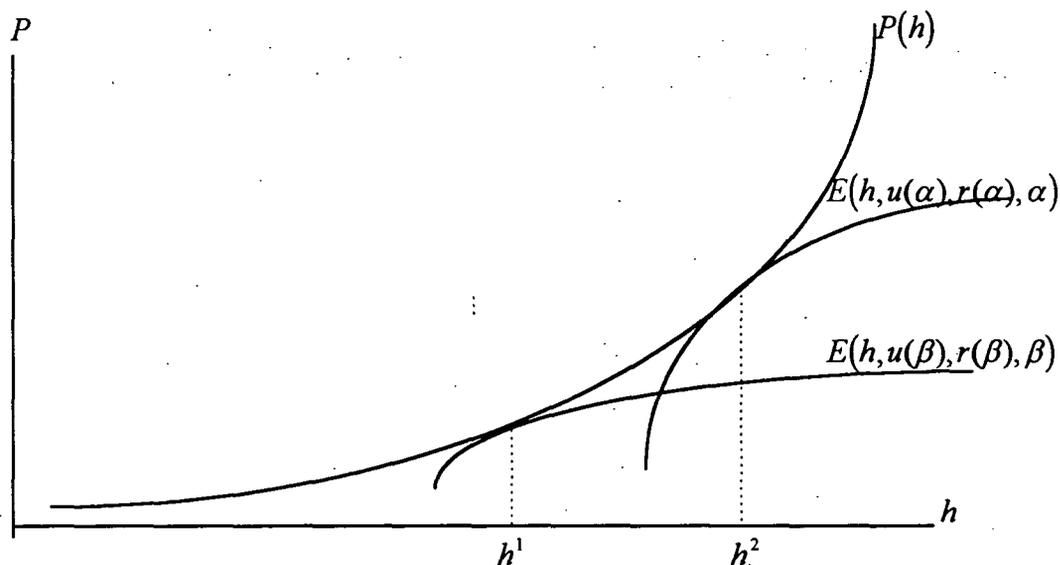
$$\forall n, \frac{\partial P(h)}{\partial h_n} = \frac{\partial E(h, u(\beta), \beta, r(\beta))}{\partial h_n}$$

où $\beta = \gamma(h)$.

La situation globale du marché est représentée sur la figure 4 pour un facteur hédonique utile, les agents étant prêts à payer plus pour disposer d'une quantité plus élevée. La fonction de prix, enveloppe supérieure des fonctions d'enchères des acheteurs, est croissante. En tout

point où elle est continue, elle est tangente à la fonction d'enchères des acheteurs de la variété correspondante.

Figure 4 : Prix hédoniques et fonctions d'enchères.



Comparons deux variantes du bien spécifique de caractéristiques respectives h^1 et h^2 . La différence $\Delta P = P(h^2, \beta) - P(h^1, \beta)$ ne mesure pas la disposition à payer pour passer de l'une à l'autre car ce ne sont pas forcément des consommateurs de même type qui utilisent les deux variantes. La différence ΔP est le résultat conjoint des dispositions à payer de chacune des catégories de consommateurs et des mécanismes de marché qui font que certains types de biens spécifiques sont préférentiellement utilisés par des catégories de consommateurs bien déterminées. Le bien de type h^1 est utilisé par un consommateur de catégorie $\beta_1 = \gamma(h^1)$ et

$$\Delta E(\beta_1) < \Delta P < \Delta E(\beta_2) \text{ où } \Delta E(\beta) = E(h^2, u(\beta_2), \beta_2, r(\beta_2)) - E(h^1, u(\beta_1), \beta_1, r(\beta_1))$$

Or, économiquement, ce n'est pas ΔP mais ΔE qui a l'interprétation économique d'une disposition à payer. Ce n'est donc pas en soi la fonction de prix $P(h)$ qui nous intéresse. Ce qu'il faut connaître, ce sont les fonctions d'enchères $E(h, u, \beta, r)$.

A la détermination de la demande de bien spécifique, Rosen ajoute une analyse de l'offre de ce même bien. Celle-ci est le fait d'entreprises concurrentielles qui, dans un contexte de mobilité entre secteurs, réalisent le même niveau de profit π . Comme les consommateurs, les entreprises sont hétérogènes et chacune d'entre elles est caractérisée par un vecteur de paramètres ϕ . Elles choisissent la variété h qui maximise leur profit $qP(h) - C(q, h, \phi)$ où q est

la quantité produite. En faisant une analyse parallèle à celle des consommateurs, on introduit une fonction prix d'offre $O(h, \pi, \phi)$ qui est le prix minimal auquel une entreprise de type ϕ accepte de vendre la variante h tout en faisant un profit π . Celle-ci est caractérisée par les conditions suivantes :

$$\begin{aligned} qO(h, \pi, \phi) - C(q, h, \phi) &= \pi \\ O(h, \pi, \phi) &= \frac{\partial C(q, h, \phi)}{\partial q} \end{aligned} \quad (12)$$

A l'équilibre, on a des conditions similaires à celles du consommateur. Le vendeur $\Phi(h)$ de la variété h est celui dont le prix d'offre est le plus faible.

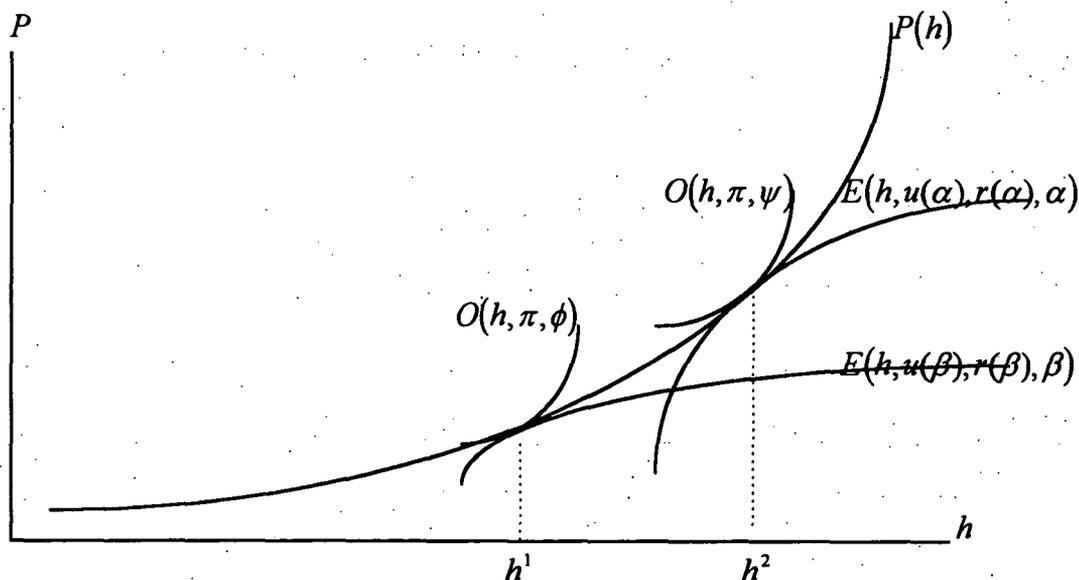
$$\begin{aligned} \Phi(h) &= \arg \max_{\phi} O(h, \pi, \phi) \\ P(h) &= O(h, \pi, \Phi(h)) \end{aligned} \quad (13)$$

La fonction de prix, qui était l'enveloppe supérieure des enchères des consommateurs, est également l'enveloppe inférieure des prix d'offre des producteurs. On déduit de (13) que, à l'équilibre du marché, on a

$$\begin{aligned} P(h) &= O(h, \pi, \Phi(h)) \\ \forall n, \frac{\partial P(h)}{\partial h_n} &= \frac{\partial O(h, \pi, \phi)}{\partial h_n} \end{aligned} \quad (14)$$

La situation à l'équilibre est décrite par la figure 5, qui reprend et complète la figure 4.

Figure 5 : Prix hédoniques et fonctions d'enchères.



Le modèle fait apparaître un marché doublement sélectif : chaque variante du produit différencié est échangée entre un type de producteur spécifique et un type d'acheteur spécifique. On notera que s'il n'existe qu'un type d'acheteur et une multiplicité de vendeurs, la fonction de prix $P(h)$ coïncide avec la fonction d'enchère des acheteurs. A l'opposé, s'il existe un type de vendeur unique, la fonction de prix coïncide maintenant avec la fonction de prix d'offre du vendeur unique. Enfin, s'il existe un type unique de vendeur et un type unique d'acheteur, on retrouve l'équilibre usuel des marchés avec produits non différenciés.

1.2.2 Analyse hédonique et modèles urbains.

Il a une forte similitude entre le modèle urbain exposé plus haut et l'analyse hédonique qu'on vient de présenter. La démarche est globalement la même. La principale exception réside, pour la version simple du modèle urbain que nous avons exposé, dans l'absence de spécification de l'offre de terre. Celle-ci est implicitement considérée comme fixe, avec une offre égale à la superficie disponible en chaque lieu dès que son prix dépasse son coût d'opportunité.

Pour préciser l'analogie, on peut noter que, du point de vue du ménage acquéreur, le lot de terre consommé dans le modèle urbain est caractérisé par sa superficie S et sa distance au centre, l . On a donc $h = (S, l)$. L'équivalent de la fonction d'enchère du modèle hédonique, $E(h, u, \alpha, r) = E(S, l, u, \alpha, r)$, n'est pas la rente d'enchère $H(l, u, \alpha)$, qui correspond au prix par unité de superficie, mais le coût total du lot, $E(S, l, u, \alpha, r) = S \times H(l, u, \alpha)$. Sur ces bases, le raisonnement se déroule exactement de la même manière dans les deux cas.

Cette analogie permet de généraliser aisément le modèle d'Alonso à des contextes plus complexes. On peut introduire des biens immobiliers à la structure plus complexe que la superficie de terre d'Alonso. Il suffit d'ajouter au vecteur h des composantes décrivant la structure interne du bien immobilier. On peut analyser une ville multipolarisée, avec des centres secondaires autour du centre principal. Dans le vecteur des facteurs hédoniques, à la distance au centre principal, s'ajoutent les distances aux centres secondaires. On peut enfin tenir compte d'aménités purement locales ou d'externalités comme la structure locale d'un quartier. C'est ce modèle enrichi que nous allons utiliser pour l'analyse économétrique.

1.3 LE MODELE ECONOMETRIQUE ET SON ESTIMATION

1.3.1 Le modèle économétrique.

Il reprend dans ses grandes lignes le modèle hédonique de la section précédente. Chaque bien immobilier, logement ou parcelle de foncier, est représenté par deux vecteurs de facteurs hédoniques, h_i et h_e , représentant respectivement ses caractéristiques internes et externes. On regroupe l'ensemble de ces attributs en un seul vecteur de dimension N , $h = (h_i, h_e)$. Sur un marché relativement unifié comme celui d'une agglomération, on observe une fonction de prix, $P(h, \beta)$, où β est un vecteur de paramètres dont les valeurs peuvent être déterminées par estimation.

Les habitants de l'agglomération sont répartis en K catégories, approximativement homogènes quant à leurs structures de préférences et à leurs contraintes budgétaires. Les préférences des ménages de la catégorie k sont représentées par une fonction d'utilité réduite $U(h, m, \alpha_k)$, où m est la dépense monétaire pour l'ensemble des autres biens et α_k est un vecteur de paramètres caractérisant les préférences de la catégorie k . Sa contrainte budgétaire est $m + P(h, \beta) \leq r_k$. La fonction d'enchères pour un logement de caractéristiques h , ou la disposition à payer, $E(h, u_k, \alpha_k, r_k)$, indique, à un terme aléatoire près, le montant maximum que cette catégorie de ménages est prête à payer pour un logement de caractéristiques h tout en préservant un niveau d'utilité au moins égal à u_k . Elle est déterminée par l'égalité

$$U(h, r_k - E(h, u_k, \alpha_k, r_k), \alpha_k) = u_k$$

Quand le ménage est à l'optimum, la disposition à payer est égale au prix et la disposition marginale à payer pour un attribut est égale à l'effet d'une variation marginale de cet attribut sur le prix :

$$P(h, \beta) = E(h, u_k, \alpha_k, r_k) \text{ et } \forall n, \frac{\partial P(h, \beta)}{\partial h_n} = \frac{\partial E(h, u_k, \alpha_k, r_k)}{\partial h_n}$$

Sur un marché suffisamment unifié pour que tous les ménages à la recherche d'un bien immobilier puissent accéder à l'ensemble des biens disponibles, tous les ménages de la même catégorie k atteignent, à un terme aléatoire près, le même niveau d'utilité u_k . Celui-ci est donc

défini au niveau de l'ensemble du marché et résulte de l'équilibre qu'il atteint. Chaque bien immobilier est acquis par la catégorie d'agents qui est le plus fort enchérisseur :

$$P(h, \beta) = \max_k E(h, u_k, \alpha_k, r_k)$$

ou encore, en notant $u = (u_1, \dots, u_K)$:

$$\begin{aligned} \gamma(h, u) &= \arg \max_k E(h, u_k, \alpha_k) \\ P(h, \beta) &= E(h, u_k, \alpha_k, r_k) \quad \text{avec } k = \gamma(h, u) \end{aligned} \quad (15)$$

A l'intérieur d'une même agglomération, on néglige le niveau d'utilité u_k qui, étant le même pour tous les ménages de même type, est un paramètre non mesurable. On fait de même avec le niveau de revenu propre à chaque catégorie, r_k . On a maintenant K fonctions d'enchères réduites dépendant des seules caractéristiques du logement et du vecteur de paramètres α_k , $E(h, \alpha_k)$, vecteur de paramètres qu'il faut estimer.

La théorie ne fournit que peu d'indications *a priori* sur la forme à donner aux fonctions d'enchères. Plusieurs solutions sont possibles. Elles se ramènent toutes à la forme générale suivante :

$$F(E(h, \alpha_k, \lambda, \mu), \lambda) = \sum_{n=1}^N \alpha_{k,n} g(h_n, \mu_n) + \varepsilon_k \quad (16)$$

La fonction $F(E, \lambda)$ est une transformation croissante à valeurs positives, éventuellement dépendante d'un paramètre λ à estimer avec les autres paramètres du modèle. La transformation la plus simple est la transformation logarithmique. Elle est fréquemment utilisée dans l'estimation de fonctions de prix ou de fonctions d'enchères. Une autre transformation classique est la transformation de Box et Cox :

$$F(E, \lambda) = \frac{E^\lambda - 1}{\lambda}$$

Cette transformation a l'avantage d'introduire un degré de flexibilité supplémentaire dans une forme fonctionnelle qui n'est pas connue exactement. Elle a de plus deux cas limites qui sont la forme linéaire quand $\lambda = 1$ et la forme logarithmique quand λ tend vers zéro.

De manière similaire, les fonctions $g(h_n, \mu_n)$ sont des transformations des variables représentant les caractéristiques internes et externes analogues à la transformation F , certaines d'entre elles étant éventuellement dépendantes d'un paramètre μ_n à estimer. Les

transformations peuvent différer d'une variable explicative à l'autre. Le vecteur $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_N)$ regroupe l'ensemble des paramètres μ_n . Le terme ε_k est un résidu aléatoire.

En empilant les K relations (16) relatives à chacune des catégories d'agents, on peut écrire celles-ci sous la forme :

$$F(E, \lambda) = Ag(h, \mu) + \varepsilon \quad (17)$$

Dans le membre de gauche, $F(E, \lambda)$ est un vecteur colonne à K éléments obtenus en appliquant la transformation F à chacune des dispositions à payer des K catégories d'agents. Dans le membre de droite, A est la matrice à K lignes et N colonnes dont les éléments sont les $\alpha_{k,n}$, $g(h, \mu)$ est un vecteur colonnes à N éléments obtenus en appliquant les transformations $g(h_n, \mu_n)$ à chacune des variables explicatives. Enfin, ε est un vecteur de K résidus aléatoires dont on suppose qu'il suit une loi normale multivariée d'espérance nulle et de matrice de variances-covariances Σ .

Dans ce contexte, en se basant sur le système (15), on aboutit à un modèle à variables dépendantes limitées de la famille probit généralisée. Les variables latentes de ce modèle sont les K composantes du vecteur des dispositions à payer, $E = (E_1, \dots, E_K)$. Les variables observables sont la catégorie à laquelle appartient le ménage, γ , ayant acquis le logement et le prix qu'il a payé, p . La transformation permettant de passer des variables latentes aux variables observables est donc, conformément à (15) :

$$\begin{aligned} \gamma &= \arg \max_k (E_1, \dots, E_K) \\ p &= \max_k (E_1, \dots, E_K) = E_\gamma \end{aligned} \quad (18)$$

Pour déterminer la vraisemblance de l'observation d'un ménage de type k acquérant un bien immobilier caractérisé par le vecteur d'attributs h (pour simplifier, on écrira désormais qu'il s'agit d'un logement de type h) au prix p , il est intéressant de procéder en plusieurs étapes, chacune correspondant à une vraisemblance particulière. Dans un premier temps, nous nous intéressons à la vraisemblance $L_1(p, h)$ qu'un bien de type h soit vendu à un prix inférieur ou égal à p . Celle-ci est égale à la probabilité que, quel que soit k , l'enchère des agents de catégorie k soit inférieure à p , soit

$$\forall k, E(h, \alpha_k, \lambda, \mu) \leq p \Leftrightarrow \sum_{n=1}^N \alpha_{k,n} g(h_n, \mu_n) + \varepsilon_k \leq F(p, \lambda)$$

ou encore, en recourant à la forme vectorielle,

$$\varepsilon \leq F(p, \lambda)u_K - Ag(h, \mu)$$

où u_K est le vecteur d'ordre K dont tous les éléments sont égaux à l'unité. En conséquence, on a

$$L_1(p, h) = \Phi(F(p, \lambda)u_K - Ag(h, \mu), \Sigma) \quad (19)$$

où $\Phi(\varepsilon, \Sigma)$ est la cumulative de la loi normale multidimensionnelle de moyenne nulle et de matrice de variances-covariances Σ .

Des deux composantes de la variable endogène observable que sont le prix p et la catégorie à laquelle appartient l'acheteur, k , la vraisemblance $L_1(p, h)$ ne s'intéresse qu'à la première. Symétriquement, en ne s'intéressant qu'à la seconde, on obtient la vraisemblance $L_2(k, h)$ que l'acquéreur d'un logement de type h appartienne à la catégorie k . $L_2(k, h)$ n'est autre que la vraisemblance d'un modèle probit multivarié dont la variable endogène observable est la catégorie de l'acquéreur et la variable endogène latente est son niveau d'enchères. Elle est égale à la probabilité que l'enchère d'un agent de catégorie k soit supérieure aux enchères de toutes les autres catégories d'agents, soit :

$$\forall j, E(h, \alpha_j, \lambda, \mu) \leq E(h, \alpha_k, \lambda, \mu) \Leftrightarrow \varepsilon_j - \varepsilon_k \leq \sum_{n=1}^N (\alpha_{k,n} - \alpha_{j,n})g(h_n, \mu_n)$$

ou encore, en recourant à la forme vectorielle,

$$\eta = (I - e'_k \otimes u_K)\varepsilon \leq (e'_k \otimes u_K - I)Ag(h, \mu)$$

où u_K a été défini ci-dessus et e_k est le vecteur unitaire associé à la k -ième coordonnée. Le vecteur η étant issu d'une transformation linéaire du vecteur ε , il suit une loi normale centrée de matrice de variances-covariances $(I - e'_k \otimes u_K)\Sigma(I - e_k \otimes u'_K)$. On aboutit à la vraisemblance

$$L_2(k, h) = \int_{\eta \leq (e'_k \otimes u_K - I)Ag(h, \mu)} \varphi(\eta, (I - e'_k \otimes u_K)\Sigma(I - e_k \otimes u'_K))d\eta \quad (20)$$

où $\varphi(\varepsilon, \Sigma)$ est la densité de la loi normale multidimensionnelle de moyenne nulle et de matrice de variances-covariances Σ .

Pour déterminer la vraisemblance conjointe du prix p et de la catégorie k , on notera tout d'abord que, $L_1(p, h)$ étant égal à la probabilité (cumulative) d'un prix inférieur ou égal à p , la vraisemblance $L_3(p, h)$ d'un prix égal à p est la densité associée à cette cumulative, soit

$$L_3(p, h) = \frac{dL_1(p, h)}{dp} = \sum_{k=1}^K L_{3,k}(p, h)$$

où

$$L_{3,k}(p, h) = \frac{dF(p, \lambda)}{dp} \Phi'_k (F(p, \lambda)u_k - Ag(h, \mu), \Sigma)$$

$\Phi'_k(\varepsilon, \Sigma)$ étant la dérivée partielle par rapport à son k -ième argument de la cumulative $\Phi(\varepsilon, \Sigma)$. Chacun des K termes $L_{3,k}(p, h)$ correspond au cas où l'enchère des agents de catégorie k est égale à p . C'est donc la vraisemblance conjointe de p et de k , c'est à dire la vraisemblance du modèle probit généralisé que nous cherchons à estimer. Nous avons donc :

$$L(p, k, h) = L_{3,k}(p, h) = \frac{dF(p, \lambda)}{dp} \Phi'_k (F(p, \lambda)u_k - Ag(h, \mu), \Sigma) \quad (21)$$

1.3.2 L'estimation du modèle avec aléas indépendants.

Nous disposons de T observations avec, pour chacune, le prix payé lors de la transaction, p_t , la catégorie à laquelle appartient l'acquéreur, k_t , et le vecteur des attributs caractérisant le bien muté, h_t . On supposera que, d'une transaction à l'autre, les vecteurs d'aléas sont indépendants les uns des autres. La log-vraisemblance globale de l'ensemble des observations est égale à

$$\Lambda = \sum_{t=1}^T \ln L(p_t, k_t, h_t) = \sum_{t=1}^T \frac{dF(p_t, \lambda)}{dp} + \sum_{t=1}^T \ln \Phi'_{k_t} (F(p_t, \lambda)u_{k_t} - Ag(h_t, \mu), \Sigma) \quad (25)$$

Pour préciser l'utilisation de cette log-vraisemblance dans les procédures d'estimation, on se référera d'abord à des modèles particuliers, plus simples à manipuler que le modèle global. Il s'agit, dans l'ordre :

1. *du modèle log-linéaire avec aléas indépendants.* On suppose que F est la transformation logarithmique et que les aléas sont indépendants entre catégories, ce qui conduit à une matrice des variances-covariances Σ diagonale.

2. *du modèle de Box-Cox avec aléas indépendants.* On suppose maintenant que F est la transformation de Box-Cox, $F(p, \lambda) = (p^\lambda - 1)/\lambda$. On maintient l'hypothèse d'aléas indépendants entre catégories, ce qui conduit à une matrice des variances-covariances Σ diagonale.
3. *du modèle log-linéaire avec aléas interdépendants.* On suppose que F est la transformation logarithmique. Les aléas ne sont plus indépendants entre catégories. La totalité des coefficients de la matrice des variances-covariances Σ , qui n'est plus diagonale, doit être estimée.
4. *du modèle de Box-Cox avec aléas interdépendants.* On suppose maintenant que F est la transformation de Box-Cox, $F(p, \lambda) = (p^\lambda - 1)/\lambda$. Les aléas ne sont pas indépendants entre catégories. La totalité des coefficients de la matrice des variances-covariances Σ , qui n'est plus diagonale, doit être estimée.

Commençons par le modèle log-linéaire à aléas interdépendants. Dans ce cas, on a $F(p, \lambda) = F(p) = \ln p$. Il n'y a pas de paramètre auxiliaire λ à estimer et la log-vraisemblance (25) devient :

$$\Lambda = \sum_{t=1}^T \ln L(p_t, k, h) = \sum_{t=1}^T \ln \Phi_{k_t}(\ln p_t \cdot u_k - Ag(h_t, \mu), \Sigma)$$

Quand, de plus, les aléas sont indépendants d'une catégorie à l'autre, chaque aléa $\varepsilon_{k,t}$ est tiré d'une loi normale de moyenne nulle et de variance σ_k^2 . D'où

$$\Phi(\ln p \cdot u_k - Ag(h, \mu), \Sigma) = \prod_{k=1}^K \Phi\left(\frac{\ln p - \alpha'_k g(h, \mu)}{\sigma_k}\right) \quad (26)$$

où, en l'absence de mention explicite de la variance, $\Phi(\varepsilon) = \Phi(\varepsilon, 1)$ est la cumulative de la loi normale centrée réduite. En passant aux logarithmes :

$$\ln \Phi(\ln p \cdot u_k - Ag(h, \mu), \Sigma) = \sum_{k=1}^K \ln \Phi\left(\frac{\ln p - \alpha'_k g(h, \mu)}{\sigma_k}\right)$$

En dérivant maintenant par rapport au k-ième argument, on trouve

$$\frac{\Phi'_k(\ln p \cdot u_k - Ag(h, \mu), \Sigma)}{\Phi(\ln p \cdot u_k - Ag(h, \mu), \Sigma)} = \frac{\phi\left(\frac{\ln p - \alpha'_k g(h, \mu)}{\sigma_k}\right)}{\Phi\left(\frac{\ln p - \alpha'_k g(h, \mu)}{\sigma_k}\right)}$$

où, en l'absence de mention explicite de la variance, $\varphi(\varepsilon) = \varphi(\varepsilon, 1)$ est la densité de la loi normale centrée réduite. En passant à nouveau aux logarithmes :

$$\ln \Phi'_k (\ln p.u_k - Ag(h, \mu), \Sigma) = \ln \varphi \left(\frac{\ln p - \alpha'_k g(h, \mu)}{\sigma_k} \right) + \ln \frac{\Phi(\ln p.u_k - Ag(h, \mu), \Sigma)}{\Phi \left(\frac{\ln p - \alpha'_k g(h, \mu)}{\sigma_k} \right)}$$

ou encore, d'après (7),

$$\ln \Phi'_k (\ln p.u_k - Ag(h, \mu), \Sigma) = \ln \varphi \left(\frac{\ln p - \alpha'_k g(h, \mu)}{\sigma_k} \right) + \sum_{i \neq k} \ln \Phi \left(\frac{\ln p - \alpha'_i g(h, \mu)}{\sigma_i} \right)$$

et l'expression finale de la log-vraisemblance :

$$\Lambda = \sum_{i=1}^T \ln \varphi \left(\frac{\ln p_i - \alpha'_{k_i} g(h_i, \mu)}{\sigma_{k_i}} \right) + \sum_{i=1}^T \sum_{i \neq k_i} \ln \Phi \left(\frac{\ln p_i - \alpha'_i g(h_i, \mu)}{\sigma_i} \right) \quad (27)$$

La log-vraisemblance (27) apparaît clairement comme une généralisation de la vraisemblance classique du modèle tobit. Comme cette dernière, elle comporte deux composantes. Le premier terme est la log-vraisemblance du modèle log-linéaire $\ln p = \alpha' g(h, \mu) + \varepsilon$. Le deuxième est le terme de sélection. Ce terme diffère de la log-vraisemblance d'un modèle probit dans la mesure où le prix est connu, ce qui n'est pas le cas du modèle probit usuel.

La vraisemblance (27) peut être maximisée en utilisant les algorithmes usuels, sans que cela pose de problèmes particuliers.

Dans le modèle de Box-Cox, on a $F(p, \lambda) = (p^\lambda - 1)/\lambda$, d'où

$$\frac{dF(p, \lambda)}{dp} = p^{\lambda-1} - \frac{(p^\lambda - 1)}{\lambda^2} = p^{\lambda-1} - \frac{F(p, \lambda)}{\lambda}$$

ce qui donne le premier terme de (25). Avec des aléas indépendants, le deuxième terme de (6) se calcule de la même manière que dans la section précédente. La vraisemblance globale est donc :

$$\Lambda = \sum_{i=1}^T \ln \left(p_i^{\lambda-1} - \frac{(p_i^\lambda - 1)}{\lambda^2} \right) + \sum_{i=1}^T \ln \varphi \left(\frac{p_i^\lambda - 1 - \lambda \alpha'_{k_i} g(h_i, \mu)}{\lambda \sigma_{k_i}} \right) + \sum_{i=1}^T \sum_{i \neq k_i} \ln \Phi \left(\frac{p_i^\lambda - 1 - \lambda \alpha'_i g(h_i, \mu)}{\lambda \sigma_i} \right) \quad (28)$$

La maximisation de cette vraisemblance ne pose pas plus de problèmes que précédemment.

1.3.3 L'estimation du modèle avec aléas interdépendants.

Comme plus haut, on s'intéresse d'abord au cas où $F(p, \lambda) = F(p) = \ln p$. Nous allons également supposer que les transformations $g(h, \mu)$ sont connues et ne dépendent de paramètres que de manière linéaire (transformations logarithmiques et polynomiales par exemple). On dispose alors d'un ensemble X de variables explicatives qui sont des transformées connues de l'ensemble h des facteurs hédoniques. La log-vraisemblance est de la forme :

$$\Lambda = \sum_{i=1}^T \ln \Phi'_k (\ln p_i \cdot u_K - AX_i, \Sigma)$$

La matrice des variances-covariances n'étant plus diagonale et en l'absence d'autres restrictions *a priori* que la symétrie, l'ensemble de ses éléments sont à estimer. Les paramètres du modèle sont donc A et Σ . Partant des valeurs p , k , et X des variables pour une observation donnée, la plupart des algorithmes d'estimation auront besoin à chaque étape, pour des valeurs provisoires de A et de Σ , de calculer au moins les valeurs prises par Φ'_k et par les gradients $\partial \ln \Phi'_k / \partial A$ et $\partial \ln \Phi'_k / \partial \Sigma$.

Pour simplifier l'exposé qui suit, nous adopterons les notations suivantes. Nous écrirons $\Phi'_k (\ln p \cdot u_K - AX, \Sigma)$ sous la forme $\Phi'_k (\rho - \mu, \Sigma)$, où $\rho = \ln p \cdot u_K$ et $\mu = AX$. Nous noterons également, pour tout vecteur v de dimension K , par v_{-k} le vecteur de dimension $K-1$ formé en éliminant de v sa k -ième composante. On a donc $v = (v_k, v_{-k})$. Avec ces notations, on a

$$\Phi'_k (\rho - \mu, \Sigma) = \int_{-\infty}^{\rho_{-k}} \varphi((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu, \Sigma) d\varepsilon_{-k} = \int_{-\infty}^{\rho_{-k} - \mu_{-k}} \varphi((\rho_k - \mu_k, \eta_{-k}), \Sigma) d\eta_{-k} \quad (29)$$

en posant, pour simplifier les expressions $\eta = \varepsilon - \mu = (\eta_k, \eta_{-k})$. De plus, sachant que $\partial \varphi(\varepsilon - \mu, \Sigma) / \partial \mu = \Sigma^{-1} (\varepsilon - \mu) \varphi(\varepsilon - \mu, \Sigma)$, on obtient :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi'_k (\rho - \mu, \Sigma)}{\partial \mu} &= \Sigma^{-1} \int_{-\infty}^{\rho_{-k}} ((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu) \varphi((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu, \Sigma) d\varepsilon_{-k} \\ &= \Sigma^{-1} E(((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu) | \varepsilon_{-k} \leq \rho_{-k}) \Phi'_k (\rho - \mu, \Sigma) \\ &= \Sigma^{-1} E((\rho_k - \mu_k, \eta_{-k}) | \eta_{-k} \leq \rho_{-k} - \mu_{-k}) \Phi'_k (\rho - \mu, \Sigma) \end{aligned}$$

d'où

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ln \Phi'_k(\rho - \mu, \Sigma)}{\partial \mu} &= \Sigma^{-1} E\left(\left((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu\right) \middle| \varepsilon_{-k} \leq \rho_{-k}\right) \\ &= \Sigma^{-1} E\left(\left(\rho_k - \mu_k, \eta_{-k}\right) \middle| \eta_{-k} \leq \rho_{-k} - \mu_{-k}\right)\end{aligned}\quad (30)$$

ce qui permet de calculer aisément le gradient $\partial \ln \Phi'_k / \partial A = (\partial \ln \Phi'_k / \partial \mu)(\partial \mu / \partial A)$.

De même, sachant que $\partial \varphi(\varepsilon - \mu, \Sigma) / \partial \Sigma = (1/2)\Sigma^{-1}[(\varepsilon - \mu)(\varepsilon - \mu)' - \Sigma]\varphi(\varepsilon - \mu, \Sigma)$, on obtient :

$$\begin{aligned}\frac{\partial \Phi'_k(\rho - \mu, \Sigma)}{\partial \Sigma} &= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\rho_{-k}} \Sigma^{-1} \left[\left((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu \right) \left((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu \right)' - \Sigma \right] \Sigma^{-1} \varphi \left((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu, \Sigma \right) d\varepsilon_{-k} \\ &= \frac{1}{2} \Sigma^{-1} E \left(\left[\left((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu \right) \left((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu \right)' - \Sigma \right] \middle| \varepsilon_{-k} \leq \rho_{-k} \right) \Sigma^{-1} \Phi'_k(\rho - \mu, \Sigma) \\ &= \frac{1}{2} \Sigma^{-1} E \left(\left[\left(\rho_k - \mu_k, \eta_{-k} \right) \left(\rho_k - \mu_k, \eta_{-k} \right)' - \Sigma \right] \middle| \eta_{-k} \leq \rho_{-k} - \mu_{-k} \right) \Sigma^{-1} \Phi'_k(\rho - \mu, \Sigma)\end{aligned}$$

d'où

$$\begin{aligned}\frac{\partial \ln \Phi'_k(\rho - \mu, \Sigma)}{\partial \Sigma} &= \frac{1}{2} \Sigma^{-1} E \left(\left[\left((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu \right) \left((\rho_k, \varepsilon_{-k}) - \mu \right)' - \Sigma \right] \middle| \varepsilon_{-k} \leq \rho_{-k} \right) \Sigma^{-1} \\ &= \frac{1}{2} \Sigma^{-1} E \left(\left[\left(\rho_k - \mu_k, \eta_{-k} \right) \left(\rho_k - \mu_k, \eta_{-k} \right)' - \Sigma \right] \middle| \eta_{-k} \leq \rho_{-k} - \mu_{-k} \right) \Sigma^{-1}\end{aligned}\quad (31)$$

L'évaluation de (29), (30) et (31) exige le calcul d'intégrales multivariées de la loi normale d'ordre $K-1$. Or on sait que, dans la pratique, le calcul direct de ces intégrales est très long dès que la dimension du problème cesse d'être faible. En pratique, il faut que K soit inférieur à cinq. On gagne beaucoup de temps en utilisant les méthodes indirectes reposant sur des simulations. Ces méthodes reposent toutes sur des améliorations de la méthode de Monte-Carlo.

Pour les mettre en oeuvre, il faut d'abord déterminer la loi de probabilité suivie par η_{-k} sachant que η suit une loi normale de moyenne nulle et de matrice de variances-covariances Σ et que $\eta_k = \rho_k - \mu_k = \ln p - (AX)_k$. En posant $\Omega = \Sigma^{-1}$, la densité de probabilité de η s'écrit :

$$\varphi(\eta, \Sigma) = (2\pi)^{-K/2} \det(\Omega)^{1/2} \exp(-\eta' \Omega \eta) \quad (32)$$

En partitionnant η et Ω ,

$$\eta' \Omega \eta = (\eta_k, \eta_{-k})' \begin{pmatrix} \omega_{kk} & \omega_{k,-k} \\ \omega_{-k,k} & \Omega_{-k,-k} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \eta_k \\ \eta_{-k} \end{pmatrix}$$

où η_k et ω_{kk} sont des scalaires, η_{-k} et $\omega_{-k,k}$ sont des vecteurs-colonnes d'ordre $K-1$, $\omega_{k,-k} = \omega'_{-k,k}$ de par la symétrie de la matrice Ω et $\Omega_{-k,-k}$ est une matrice carrée d'ordre $K-1$. Le développement de l'expression précédente donne :

$$\begin{aligned} \eta' \Omega \eta &= \eta'_{-k} \Omega_{-k,-k} \eta_{-k} + 2\eta_k \omega_{k,-k} \eta_{-k} + (\eta_k)^2 \omega_{kk} \\ &= (\eta_{-k} + \Omega_{-k,-k}^{-1} \omega_{-k,k} \eta_k)' \Omega_{-k,-k} (\eta_{-k} + \Omega_{-k,-k}^{-1} \omega_{-k,k} \eta_k) + (\eta_k)^2 (\omega_{kk} - \omega_{k,-k} \Omega_{-k,-k}^{-1} \omega_{-k,k}) \end{aligned}$$

Posons

$$\zeta = \eta_{-k} + \delta_{-k} \Leftrightarrow \eta_{-k} = \zeta - \delta_{-k} \quad (33)$$

où $\delta_{-k} = \Omega_{-k,-k}^{-1} \omega_{-k,k} \eta_k$. Après report dans (32),

$$\begin{aligned} \varphi(\eta, \Sigma) &= \exp\left((\eta_k)^2 (\omega_{kk} - \omega_{k,-k} \Omega_{-k,-k}^{-1} \omega_{-k,k})\right) \frac{\det(\Omega)^{1/2}}{(2\pi)^{K/2}} \exp(-\zeta' \Omega_{-k,-k} \zeta) \\ &= \frac{\exp\left((\eta_k)^2 (\omega_{kk} - \omega_{k,-k} \Omega_{-k,-k}^{-1} \omega_{-k,k})\right) \det(\Omega_{-k,-k})^{1/2}}{(2\pi\sigma_{kk})^{1/2} (2\pi)^{(K-1)/2}} \exp(-\zeta' \Omega_{-k,-k} \zeta) \\ &= A_k \varphi(\zeta, \Omega_{-k,-k}^{-1}) \end{aligned} \quad (34)$$

où nous avons utilisé l'égalité $\sigma_{kk} = \det(\Omega_{-k,-k}) / \det(\Omega)$, σ_{kk} étant le k -ième élément

diagonal de la matrice Σ et où $A_k = \frac{\exp\left((\eta_k)^2 (\omega_{kk} - \omega_{k,-k} \Omega_{-k,-k}^{-1} \omega_{-k,k})\right)}{(2\pi\sigma_{kk})^{1/2}}$. Enfin, en injectant

(34) dans (29), on aboutit à :

$$\Phi'_k(\rho - \mu, \Sigma) = A_k \int_{-\infty}^{\rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}} \varphi(\zeta, \Omega_{-k,-k}^{-1}) d\zeta$$

et donc

$$\Phi'_k(\rho - \mu, \Sigma) = A_k \Phi(\zeta^{\max}, \Omega_{-k,-k}^{-1}) \quad (35)$$

où $\zeta^{\max} = \rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}$. De même, (30) devient

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln \Phi'_k(\rho - \mu, \Sigma)}{\partial \mu} &= \Sigma^{-1} E\left((\eta_k, \eta_{-k}) \mid \eta_{-k} \leq \rho_{-k} - \mu_{-k}\right) \\ &= \Sigma^{-1} E\left((\eta_k, \zeta - \delta_{-k}) \mid \zeta \leq \rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}\right) \end{aligned} \quad (36)$$

avec en particulier $E(\eta_k \mid \zeta \leq \rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}) = \eta_k$. Enfin, (31) devient

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln \Phi'_k(\rho - \mu, \Sigma)}{\partial \Sigma} &= \frac{1}{2} \Sigma^{-1} E\left[\left((\eta_k, \eta_{-k})(\eta_k, \eta_{-k})' - \Sigma\right) \mid \eta_{-k} \leq \rho_{-k} - \mu_{-k}\right] \Sigma^{-1} \\ &= \frac{1}{2} \Sigma^{-1} \left[E\left((\eta_k, \zeta - \delta_{-k})(\eta_k, \zeta - \delta_{-k})' \mid \zeta \leq \rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}\right) - \Sigma \right] \Sigma^{-1} \end{aligned} \quad (37)$$

avec en particulier $E\left((\eta_k)^2 \mid \zeta \leq \rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}\right) = (\eta_k)^2$ et

$$E\left((\zeta - \delta_{-k})\eta_k \mid \zeta \leq \rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}\right) = \eta_k E(\zeta - \delta_{-k} \mid \zeta \leq \rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k})$$

l'espérance ci-dessus étant déjà calculée lors de l'évaluation de (36).

Le principe de base des méthodes d'estimation par simulation est alors simple. Dans une première étape, on tire aléatoirement Q vecteurs ζ^1, \dots, ζ^Q dans la loi normale multidimensionnelle de moyenne nulle et de matrice de variances-covariances $\Omega_{-k, -k}^{-1}$. On évalue alors (35) en remplaçant la cumulative $\Phi(\zeta^{\max}, \Omega_{-k, -k}^{-1})$ par son équivalent empirique, c'est à dire la fréquence des observations pour lesquelles $\zeta^q < \zeta^{\max}$, $\sum_{q=1}^Q \mathbf{1}(\zeta^q < \zeta^{\max}) / Q$. On retient alors les seules observations pour lesquelles $\zeta^q < \zeta^{\max}$ qu'on transforme en utilisant (33) pour calculer les valeurs correspondantes de η , $\eta^q = (\rho_k - \mu_k, \eta_{-k}^q)$ avec $\eta_{-k}^q = \zeta^q - \Omega_{-k, -k}^{-1} \omega_{-k, k} \eta_k$. On a évidemment $\zeta^q < \zeta^{\max} \Leftrightarrow \eta_{-k}^q \leq \rho_{-k} - \mu_{-k}$.

Il reste alors à évaluer $\partial \ln \Phi'_k / \partial \mu$ et $\partial \ln \Phi'_k / \partial \Sigma$ en remplaçant les espérances conditionnelles $E(\eta \leq \rho_{-k} - \mu_{-k})$ et $E([\eta \eta'] \mid \eta_{-k} \leq \rho_{-k} - \mu_{-k})$ par leurs équivalents empiriques, c'est à dire les moyennes et les variances-covariances empiriques prises sur les η^q tels que $\eta_{-k}^q \leq \rho_{-k} - \mu_{-k}$.

Pour le tirage aléatoire des Q vecteurs ζ^1, \dots, ζ^Q , on commence par écrire ζ sous la forme

$$\zeta = \Gamma \xi \quad (38)$$

où Γ est une matrice triangulaire inférieure issue de la décomposition de Choleski de la matrice de variances-covariances de ζ , soit $\Omega_{-k, -k}^{-1} = \Gamma \Gamma'$. La méthode la plus simple, appelée *simulateur de fréquence brut*, consiste à tirer les $K-1$ composantes de ξ dans la loi normale centrée réduite et à calculer ζ en utilisant la formule (36). Le simulateur de fréquence brut a comme principal inconvénient d'exiger de nombreux tirages quand la probabilité de l'événement $\zeta < \zeta^{\max}$ est proche de zéro ou de l'unité. On lui préfère en général d'autres méthodes de tirage, dont la plus utilisée actuellement est le simulateur de Geweke-Hadjivassiliou-Keane, (en abrégé, GHK), qui exploite la structure récursive de la matrice Γ . L'événement

$\zeta \leq \zeta^{\max} = \rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}$ s'écrit également $\Gamma \xi \leq \rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}$ ou encore à la suite d'événements :

$$\xi_j \leq \left((\rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k})_j - \Gamma_{j, < j} \xi_{< j} \right) / \Gamma_{j, j} \quad (39)$$

où j est un indice prenant les valeurs comprises entre 1 et $K-1$ et la notation $< j$ en indice désigne l'ensemble des valeurs de l'indice inférieures à j . A tout vecteur ξ respectant les inégalités (37), on peut associer un poids

$$\omega(\xi) \leq \prod_{j=1}^{K-1} \Phi \left(\frac{(\rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k})_j - \Gamma_{j, < j} \xi_{< j}}{\Gamma_{j, j}} \right) \quad (40)$$

qui s'interprète comme la probabilité de la suite d'événements (37).

En conséquence, pour mettre en oeuvre le simulateur GHK, on procède de la manière suivante. Pour obtenir une valeur ξ^q de ξ , on tire aléatoirement $K-1$ scalaires μ_j^q dans la loi uniforme sur $[0,1]$ et on calcule récursivement

$$\xi_j^q = \Phi^{-1} \left(\mu_j^q \Phi \left(\frac{(\rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k})_j - \Gamma_{j, < j} \xi_{< j}^q}{\Gamma_{j, j}} \right) \right)$$

Puis on utilise (40) pour calculer $\omega(\xi^q)$ et (38) pour calculer $\zeta^q = \Gamma \xi^q$. On répète l'opération Q fois. Pour évaluer (35), on va utiliser l'approximation

$$\Phi(\rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}, \Omega_{-k, -k}^{-1}) \approx \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q \omega(\xi^q)$$

Pour évaluer (36), on utilisera l'approximation :

$$E(\zeta - \delta_{-k} | \zeta \leq \rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}) \approx \frac{\sum_{q=1}^Q (\zeta^q - \delta_{-k}) \omega(\xi^q)}{\sum_{q=1}^Q \omega(\xi^q)}$$

Enfin, pour évaluer (37), on utilisera l'approximation :

$$E((\zeta - \delta_{-k})(\zeta - \delta_{-k}) | \zeta \leq \rho_{-k} - \mu_{-k} + \delta_{-k}) \approx \frac{\sum_{q=1}^Q (\zeta^q - \delta_{-k})(\zeta^q - \delta_{-k}) \omega(\xi^q)}{\sum_{q=1}^Q \omega(\xi^q)}$$

* * * * *

Les variables descriptives des logements fournies par l'ADEUPa ne sont pas nombreuses mais sont a priori suffisantes pour éviter les principales sources de biais et analyser les transactions dans une optique de capitalisation. Après avoir étudié l'organisation géographique, économique et sociale de l'agglomération brestoise, étape indispensable avant toute estimation d'un modèle d'enchère, nous estimerons un modèle log-linéaire avec aléas indépendants.

Ce modèle d'enchères suppose que F est la transformation logarithmique et que les aléas sont indépendants entre catégories, ce qui conduit à une matrice des variances-covariances Σ diagonale. Il s'agissait ici d'apprécier la méthode la plus simple et aussi celle qui est la plus généralement utilisée dans les estimations de prix hédoniques pour mesurer l'influence des caractéristiques intrinsèques ou de localisation sur les prix fonciers.

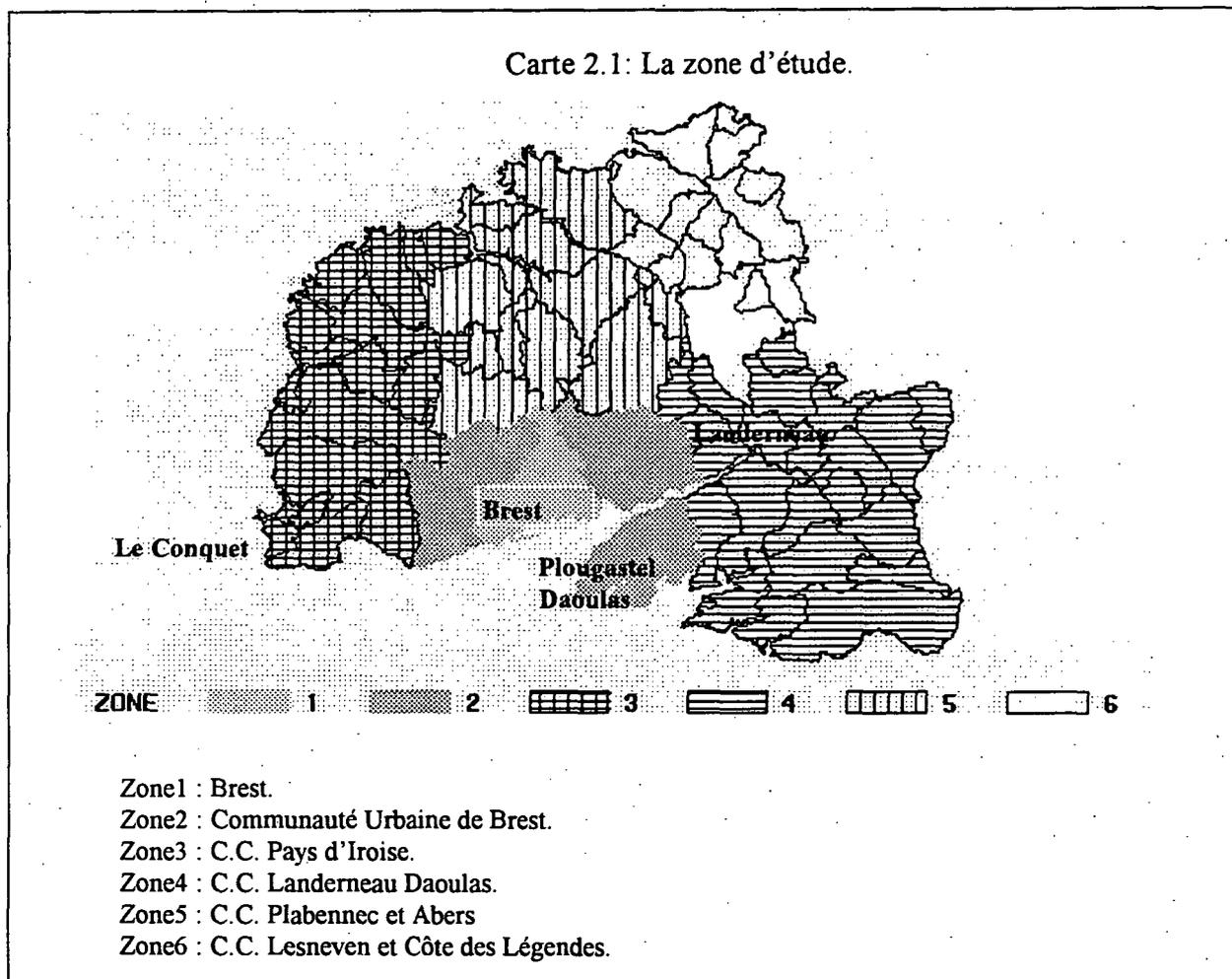
SECONDE PARTIE : L'AGGLOMERATION BRESTOISE.

L'analyse d'une zone urbaine, qu'elle concerne la spécialisation sociale de l'espace ou les prix fonciers, doit prendre en compte la réalité du fonctionnement du bassin d'emploi et du bassin d'habitat. Avant de passer à la phase technique d'estimation des prix fonciers de l'agglomération brestoise, il convient donc de prendre connaissance du parc d'habitat en question, qu'il s'agisse de la typologie des logements (proportion d'appartements et de logements individuels), de l'histoire urbaine et architecturale, des conditions de la construction et de la réhabilitation des immeubles. Certaines particularité de l'urbanisme de cette agglomération pourraient en effet nous conduire à moduler l'utilisation de la méthode d'estimation des fonctions d'enchères.

2.1. LE PARTICULARISME DU PAYS DE BREST.

Les données utilisées ici concernent l'ensemble des transactions immobilières réalisées sur les communes du pays de Brest entre 1991 et 1996. Ce qui représente un bassin d'habitat de 79 communes et 342000 habitants, soit 41% de la population du Finistère. La seule ville de Brest avec 153000 habitants est la deuxième ville de Bretagne et a une audience internationale dans les domaines des sciences et techniques de la mer, la construction et la réparation navale civile et militaire (Direction des Constructions Navales), l'agro-alimentaire et les biotechnologies, les télécommunications (THOMSOM CSF, ALCATEL...), l'électronique, l'informatique, la mécanique (MEUNIER, SOBRENA...).

Carte 2.1: La zone d'étude.



Source : Agence de Développement et d'Urbanisme du Pays de Brest.

Si dans la plupart des cas les grands traits architecturaux des agglomérations peuvent s'expliquer par un ensemble très varié et complexe de raisons tant historiques qu'économiques ou démographiques, le cas de la ville de Brest et d'autres villes de la façade Manche/Atlantique qui ont été détruites pendant la seconde guerre mondiale puis reconstruites est tout autre. Dans le cas qui nous occupe, un petit rappel historique au sujet des dégâts induits par le seconde guerre mondiale, des conditions de la reconstruction comme des politiques récentes de réhabilitation du parc immobilier ancien est nécessaire.

Nous montrerons donc à partir de quelques variables simples comment le bassin d'habitat de Brest est schématiquement divisible en deux zones totalement différentes. Des disparités importantes en matière de typologie des logements, de statut d'occupation et donc en matière de fixation des prix et de détermination des choix des ménages opposent en effet la

ville de Brest et le reste des communes de l'arrondissement qu'elles fassent ou non partie de la Communauté Urbaine de Brest. Ce contraste nous conduira en conséquence à envisager un modèle d'évaluation tenant compte impérativement de ce particularisme (section 2.3. et 2.4.).

2.1.1. Les marques de l'histoire sur l'urbanisme.

La ville de Brest supporte encore les séquelles de la seconde guerre mondiale. Quelques chiffres sont suffisants pour illustrer de l'ampleur des dommages : 30000 tonnes de bombes, 100000 obus, 4800 immeubles détruits, 3700 fortement endommagés sur un total de 11700. Pour beaucoup la reconstruction fut radicale et simpliste. Elle consista à raser les décombres de la ville ancienne et à lui substituer une topographie originale puisque les matériaux laissés par les bombardements ont été enfouis pour former le remblais sur lequel a été édifié une ville entièrement nouvelle. Une ville sur laquelle un quadrillage de rues rectilignes a remplacé les ruelles qui suivaient les accidents du terrain. Notons cependant la permanence historique de ce type d'aménagement urbain puisqu'après l'achèvement de l'enceinte en 1694, Vauban traça un plan idéal qui fit autorité pendant un siècle et qui déterminait déjà des îlots géométriques et sur lesquels se sont d'ailleurs appuyés Georges Milineau, puis Jean-Baptiste Mathon pour les plans d'aménagement (1920) et de reconstruction (1943).

L'expression selon laquelle la ville a été reconstruite en béton et couverte de zinc s'explique facilement par les nécessités du moment, l'urgence de la situation et la méthode d'indemnisation des dommages de guerres. La reconstruction se devait d'être la plus rapide possible afin d'anéantir les cités de baraques et de faire face aux besoins en logements induits par la croissance démographique. La reconstruction s'est effectuée dans un contexte général où la politique d'urbanisme était conçue comme une entreprise d'Etat, illustrée par le principe d'indemnisation des propriétaires. Si en 1920 les propriétaires avaient été remboursés en espèces, au contraire la maîtrise d'oeuvre des biens à reconstituer après la seconde guerre mondiale a été prise en charge par la puissance publique. On parlera même d'un « style M.R.U. » (Ministère de la Reconstruction et de l'Urbanisme) stigmatisé par la faiblesse des crédits et l'absence d'imagination. A la volonté de mettre en place la politique d'urbanisme comme une entreprise d'Etat s'ajoute en effet la conception architecturale du moment limitée au fonctionnalisme, à l'urbanisme sur dalle et à la dissolution du patrimoine, d'ailleurs

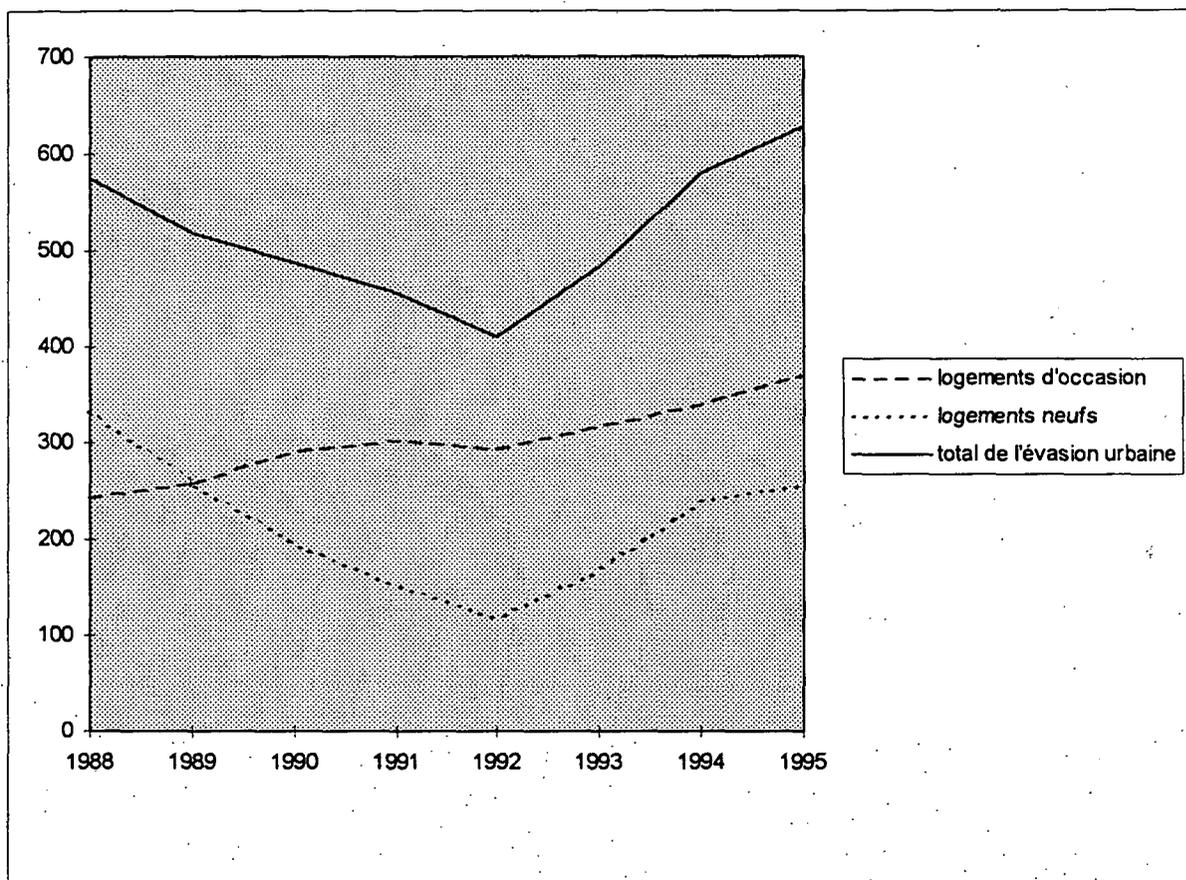
représentative des constructions réalisées sur tout le territoire dans les années 50 et 60. Si ce type d'architecture a été critiqué et continue à l'être par les personnes n'ayant toujours pas fait le deuil de « l'ancien Brest », il ne faut toutefois pas oublier qu'à l'époque la ville était moderne et offrait des logements de qualité, conçus pour les familles nombreuses du baby-boom. Mais au milieu des années 70, ces logements ne correspondent plus aux exigences des habitants et l'exiguïté des parties communes ne permet pas toujours l'installation d'ascenseurs.

L'une des particularités brestoises est d'être composée de deux centres juxtaposés. Il nous faut en effet prendre en considération un centre reconstruit et un centre ancien articulés autour de l'Hotel de Ville et de la place de la Liberté. Le centre ville reconstruit conçu par J.B. Mathon comprend environ 6000 logements, il s'étend de part et d'autre de la rue de Siam. Ces logements jouent un rôle relatif dans l'ensemble du parc qui compte en effet 70000 logements en 1990. Le centre ville reconstruit est donc inclus dans un marché d'agglomération plus ou moins dynamique qui positionne le parc central dans un niveau d'offre déterminé en termes de valeurs immobilières et dont l'évolution dépend de la qualité initiale. L'obsolescence du bâti de plus en plus patente, le manque d'entretien du patrimoine par les propriétaires, commencent à des degrés variables à provoquer au début des années 90, un mouvement de désaffectation des demandeurs de logement et une déqualification générale du parc de la reconstruction. Les enjeux sont parallèles à ceux concernant les quartiers anciens des années 70. Le centre reconstruit assure bien les fonctions centrales de l'agglomération en termes d'équipements et est caractérisé par une distorsion entre les valeurs foncières élevées et des valeurs locatives moyennes, qui tend à produire une érosion du parc locatif privé.

Les opérations programmées d'amélioration de l'habitat (O.P.A.H.) ont été l'outil principal de la politique de réhabilitation. Le choix a été de conserver l'existant pour que l'on puisse parler aujourd'hui de patrimoine. On a d'abord préparé l'opinion pour mobiliser les propriétaires et les acteurs des copropriétés. L'objectif était de faire prendre conscience aux propriétaires de la nécessité de valoriser leur patrimoine à long terme. Le centre ville reconstruit diffère du centre ancien par le poids des copropriétés. Du fait du mode d'indemnisation des propriétaires sinistrés par « les dommages de guerre » alloués par l'Etat, et du mode de construction par îlots successifs, la plupart des immeubles des centres reconstruits relèvent de la petite copropriété. Ce mode d'indemnisation place aussi les propriétaires en situation de bénéficiaires de la solidarité nationale. Il s'agissait donc souvent de petites

copropriétés posant de graves problèmes de gestion et dont les propriétaires se désintéressaient. Après avoir mené une politique interventionniste de requalification des espaces urbains (implantation de l'université Victor Segalen, la construction d'un centre culturel et des congrès et la création d'un espace commercial et culturel), les acteurs ont donc initié une politique incitative d'accompagnement de la réhabilitation privée.

Graphique n°2.2. : Evasion urbaine de 1988 à 1995.



Source : Actualisation du P.L.H. de la Communauté Urbaine de Brest.
Agence de Développement et d'Urbanisme du Pays de Brest.

Parallèlement à une déqualification des logements collectifs dans les quartiers péri-centraux construits pendant les années 60 et par opposition à la période de croissance urbaine centripète a succédé une croissance qui s'est exercée en dehors de la ville. Le caractère le plus symptomatique de la structure du bassin d'habitat de l'arrondissement, fait que le Brest actuel ne peut être étudié par la simple observation de la ville elle-même ou même des communes de la CUB, car l'agglomération est maintenant beaucoup plus complexe que la ville imaginée et

construite après la guerre. Elle déborde de ses limites administratives, se développe et étend son emprise dans les campagnes. Si jusqu'en 1975, l'évolution de l'agglomération est centripète et la croissance urbaine de la ville centre est importante, la période plus récente est au contraire marquée par une évolution centrifuge, touchant un espace très vaste et se faisant au détriment de la ville centre. Ces changements se nourrissant de l'évasion urbaine (Graphique n°2.2.) se traduisent par le développement du logement individuel neuf dans les communes périphériques et par la diffusion du mode de vie qui l'accompagne (augmentation de nombre de ménages bi-actifs bi-motorisés et de la pérégrination qui se définit comme la propension à multiplier les déplacements en circuit¹) et plus généralement appelé péri-urbanisation.

2.1.2. Un bassin d'habitat contrasté.

Une présentation de l'histoire récente de la ville de Brest et des communes voisines nous a permis de faire ressortir les deux grands visages de l'espace étudié. Le fait que Brest soit une ville « reconstruite » et donc relativement homogène au point de vue architectural, que les communes de la périphérie assistent à une multiplication des constructions pavillonnaires, sont les deux principaux éléments permettant de décrire la structuration de la ville de Brest et de l'ensemble des communes de l'arrondissement.

2.1.2.1. L'opposition entre la ville centre et sa périphérie.

Nous devons donc analyser un espace composé de deux zones totalement différentes en termes d'habitats et donc de modes de vie, ce qui ne peut être sans conséquences sur l'évaluation des fonctions d'enchères des ménages. Les quelques tableaux suivants relatifs aux principaux critères révélateurs du niveau d'urbanisation ou de la composition du parc immobilier donnent une image très nette de la particularité physique de l'espace étudié et confirme l'intuition selon laquelle il nous faudra différencier de manière très tranchée un espace qui l'est physiquement tout autant et qui « oppose » le logement collectif central d'après guerre et le logement individuel pavillonnaire récent en périphérie.

¹ Comportements de mobilité et évolution de l'organisation urbaine, Groupe d'Etudes des Représentations de la Mobilité et de l'Espace Brest, 1997.

Nous avons repris des études réalisées par l'Agence de Développement et d'Urbanisme du Pays de Brest et effectué quelques calculs à partir des données du recensement de 1990 en différenciant la ville de Brest et des ensembles de communes regroupées selon leur niveau de proximité à Brest afin de souligner cette disparité. Les résultats sont exposés dans les tableaux suivants et portent sur des variables permettant de juger du niveau d'urbanisation, comme le nombre d'habitants par km² ou la typologie des logements. Ceci permet en outre de donner une illustration chiffrée de l'histoire de la structuration urbaine et architecturale de Brest comme des communes avoisinantes.

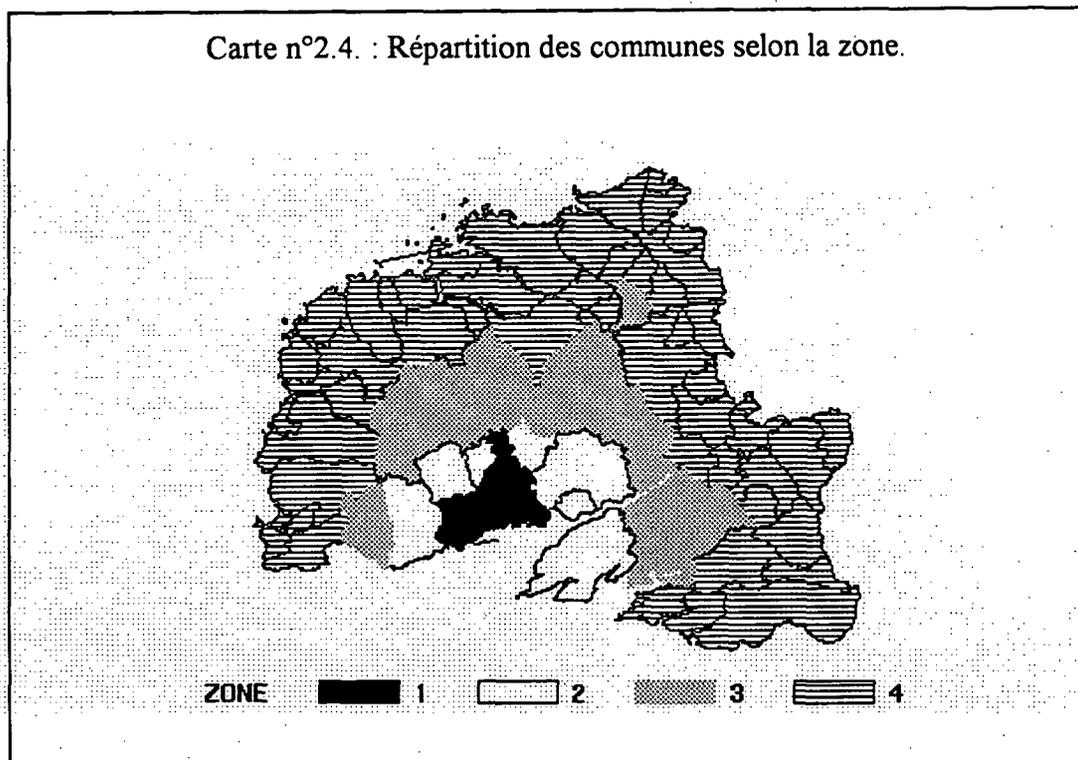
Quatre zones différentes ont été retenues. Nous avons distingué en effet la ville de Brest elle-même (zone n°1), les communes faisant partie de la Communauté Urbaine de Brest (zone n°2), les communes de la deuxième couronne (zone n°3) puis le reste des communes de l'arrondissement (zone n°4) (Carte n°2.4). De par leur caractère tranché, ces quelques résultats et d'autres renseignements précieux tirés de documents réalisés par l'ADEUPa, nous permettent d'asseoir et de justifier l'utilisation d'un modèle économétrique d'évaluation des fonctions d'enchères des ménages double et séparant les choix des ménages selon que les mutations portent sur la ville centre ou non.

Tableau n°2.3. : Densité de population et composition moyenne des ménages.

	Nombre d'habitants par km ²	Nombre moyen de personnes par ménages
Brest	2987,03	2,35
Autres communes de la CUB	357,32	3,13
communes de la 2 ^{ème} couronne	127,18	3,19
autres communes	106,7	2,75

Recensement 1990.

Carte n°2.4. : Répartition des communes selon la zone.



Source : Agence de Développement et d'Urbanisme du Pays de Brest.

Tableau n°2.5. : Répartition des ménages selon le type de logement.

	Logement en immeuble collectif	logement individuel
Brest	73,54%	26,43%
Autres communes de la CUB	11,39%	88,63%
communes de la 2 ^{ème} couronne	5,36%	94,71%
autres communes	10,97%	89,13%
Total	40,97%	59,06%

Recensement 1990.

Le tableau n°2.3. reportant les densités de population en 1990 est particulièrement représentatif de l'opposition entre la ville centre et les communes de la périphérie qu'elles soient immédiatement voisines comme les sept communes de la Communauté Urbaine ou non (Bohars, Gouesnou, Guilers, Le Relecq-Kerhuon, Plugastel-Daoulas, Plouzané et Guipavas), puisque Brest a une densité huit fois supérieure à ces dernières. Logiquement, nous pouvons aussi constater la même rupture pour ce qui concerne le nombre moyen de personnes par ménage. Cette constatation peut être mise en parallèle, comme le confirment les données de recensements concernant la répartition des ménages selon le type de logement et le statut d'occupation (tableau n°2.11.), avec le développement du logement individuel en périphérie plus particulièrement prisés des ménages avec enfants et accédant à la propriété.

De manière toute aussi claire et caricaturale, nous pouvons opposer la ville centre au reste des communes en nous référant à des variables descriptives du parc de logements comme la répartition des logements selon le type et la taille. Conformément à la théorie économique et aux conclusions du modèle de Muth (1979), qui relie l'habitat à la distance au centre en introduisant un secteur de production des logements, on constate que la ville centre est en grande partie composée de logements en immeubles collectifs. La relation que Muth établit entre la rente foncière et le prix du logement en chaque point de l'espace repose sur l'hypothèse que les producteurs ajustent leurs facteurs de production de manière à maximiser leur profit compte tenu de la variation des coûts des facteurs. Il existe donc une relation entre la quantité de sol utilisée pour produire une unité de logements et le prix du sol. En d'autres termes, l'intensité d'utilisation du sol est fonction de la rente d'enchère.

L'intensification d'usage du sol avec la proximité au centre est bien constatée dans la plupart des agglomérations. Les résultats obtenus ici ne peuvent cependant complètement se référer aux enseignements de Muth. La rupture brutale entre la ville centre et le reste des communes en termes de typologie de l'habitat (près de 75% des logements dans Brest sont des appartements, alors qu'en périphérie la quasi totalité des logements sont des maisons) est encore une fois à mettre en parallèle avec l'histoire plus ou moins récente, qu'il s'agisse de la politique urbaine de reconstruction ou de l'évasion urbaine attachée à l'accession à la propriété.

Tableau n°2.6.: Répartition des logements selon les dates d'achèvement de construction.

	Avant 1949	entre 1949 et 1974	entre 1975 et 1981	après 1981
Brest	17,96%	63,95%	10,78%	7,29%
Autres communes de la CUB	15,15%	37,15%	25,22%	22,47%
communes de la 2 ^{ème} couronne	19,37%	30,61%	27,77%	22,24%
autres communes	27,79%	35,44%	19,41%	15,34%
Total	20,87%	49,02%	16,91%	13,19%

Recensement 1990.

Cette modulation de l'interprétation du modèle de Muth pour expliquer la structuration de la ville de Brest et des communes voisines est encore plus visible dans le tableau n°2.6. qui reprend la répartition des logements selon les dates d'achèvements des constructions. Les conclusions du modèle de Muth peuvent seulement être utilisées comme arguments d'une

explication de la composition des parcs de logements dans le cadre d'une agglomération ayant vécu une croissance sans choc externe et où la destruction et la reconstruction des logements sont les résultats des tensions du marché (le modèle pose en effet l'hypothèse de producteurs de logements cherchant à maximiser leurs profits) et non la réponse de la puissance publique à la nécessité impérieuse de reloger dans sa quasi totalité la population d'une ville.

Tableau n°2.7.: Répartition des logements selon le nombre de pièces.

	Une pièce	2 pièces	3 pièces	3 pièces au plus	4 pièces	5 pièces	6 pièces au moins
Brest	7,18%	14,87%	26,2%	48,18%	27,68%	16,38%	7,69%
Autres communes de la CUB	1,96%	5,06%	10,11%	17,13%	22,29%	34,89%	25,69%
communes de la 2 ^{ème} couronne	1,38%	4,98%	9,78%	16,06%	19,2%	32,49%	32,17%
autres communes	2,06%	7,45%	13,86%	23,37%	22,21%	27,27%	27,15%
Total	4,48%	10,47%	18,87%	33,82%	24,59%	23,67%	17,92%

Recensement 1990.

Tableau n°2.8.: Répartition des ménages selon le nombre de personnes les composant.

	Une pers	2 pers	mono-ménage ou couple	3 pers	4 pers	5 pers	6 pers au moins
Brest	36,57%	27,53%	64,1%	14,89%	13,37%	5,81%	1,82%
Autres communes de la CUB	16,83%	22,78%	39,61%	17,73%	25,72%	13,78%	3,16%
communes de la deuxième couronne	17,01%	21,24%	38,25%	15,96%	25,97%	15,68%	4,13%
autres communes	25,77%	27,54%	53,31%	15,45%	17,76%	10,3%	3,18%
Total	28,80%	26,14%	54,94%	15,57%	17,67%	9,19%	2,61%

Recensement 1990.

La répartition des logements selon le nombre de pièces correspond à la répartition des logements selon le type. Brest a en effet une proportion beaucoup plus importante de logements ayant au plus 3 pièces. On doit toutefois noter que les studios ou les logements ayant au plus deux pièces principales sont relativement peu nombreux si l'on rapproche ces résultats avec ceux de villes comparables mais surtout de la composition des ménages résidant à Brest (64,1% des ménages sont des mono-ménages ou des couples, tableau n°2.8.). Cette distorsion entre le nombre de pièces et la composition des ménages est sans doute explicable encore une fois par l'âge de la plupart des immeubles. L'immédiate après-guerre et les années 60 sont aussi celles du baby-boom. A cette époque les besoins en logements s'exprimaient avant tout en termes de surface et de nombre de pièces plutôt qu'en termes d'ascenseur, de balcon, d'espace de convivialité, de nombre de sanitaire, d'isolation ou de sécurité comme c'est le cas aujourd'hui.

Dans un autre ordre d'idées qui sort du modèle opposant le centre et sa périphérie, nous pouvons remarquer que les communes de la troisième couronne sont composées d'une proportion assez importante de logements de moins de quatre pièces et d'une part moins élevée de logements construits après 1975, si l'on se réfère aux communes périphériques de la CUB et de la deuxième couronne. Pour ce qui concerne cette zone, la variable déterminante et révélatrice de la structuration de l'habitat est tout simplement l'usage à proprement parler des logements.

Tableau N°2.9.: Usage des logements.

	Résidences principales	logements occasionnels	résidences secondaires	logements vacants
Brest	88,93%	2,32%	0,84%	7,91%
Autres communes de la CUB	92,83%	0,64%	2,87%	3,66%
communes de la 2 ^{ème} couronne	91,47%	0,54%	3,78%	4,25%
autres communes	74,86%	0,98%	18,17%	5,99%
Total	86,53%	0,52%	6,56%	6,39%

Recensement 1990.

Les communes de la troisième couronne sont souvent des communes du littoral et donc composées pour une part importante de résidences secondaires comme le confirme le tableau n°2.9., ou des logements occupés par des retraités (tableau n°2.10.). A la composition du logement nous conduisant à séparer l'analyse des prix fonciers selon que les mutations portent sur Brest ou sa périphérie, il conviendra donc d'ajouter aux critères classiques de localisation des résidences (proximité aux lieux d'achats et à divers équipements publics) et comme le confirment les études déjà réalisées sur la mobilité résidentielles², une variable révélatrice de la proximité à la mer.

² Comportements de mobilité et évolution de l'organisation urbaine, Groupe d'Etudes des Représentations de l'Espace, G.E.R.M.E. Brest.

Tableau N°2.10.: Répartition de la population par tranches d'âges.

	Moins de 20 ans	entre 20 et 39 ans	entre 40 et 59 ans	entre 60 et 75 ans	plus de 75 ans
Brest	25,27%	35,1%	20,79%	12,31%	6,45%
Autres communes de la CUB	32,1%	28,01%	25,59%	9,41%	4,89%
communes de la 2 ^{ème} couronne	34,09%	29,93%	21,67%	9,34%	4,97%
autres communes	27,38%	27,2%	22,04%	15,35%	8,01%
Total	28,17%	31,1%	22,08%	12,24%	6,4%

Recensement 1990.

Tableau n°2.11. : Répartition des ménages selon le statut d'occupation et du type de logement.

	Propriétaires		locataires					logé gratuit
	ind	col	ind	col	privé	hlm	meublé	
Brest	23,13%	22,41%	3,3%	51,13%	30,22%	18,36%	2,43%	3,44%
Autres communes de la CUB	78,88%	1,89%	9,75%	9,5%	10,13%	5,67%	0,59%	2,94%
communes de la 2 ^{ème} couronne	78,92%	0,88%	15,79%	4,48%	13,04%	3,1%	0,98%	2,86%
autres communes	74,11%	1,96%	15,02%	9,01%	14,52%	3,93%	0,98%	4,26%
Total	50,47%	11,83%	8,59%	29,14%	21,33%	11,14%	1,63%	3,53%

Recensement 1990.

Le mouvement général de la croissance urbaine est celui de la péri-urbanisation, marquée à la fois par des changements en termes de structuration de l'espace tant au niveau de l'habitat qu'en ce qui concerne la spécialisation sociale de l'espace. Spécialisation de l'espace dont les effets s'exerceront directement sur les prix fonciers et qui sera plus précisément étudiée dans la sous-section suivante mais qui s'exprime d'ordinaire par ce contraste classique entre un centre composé d'appartements occupés par des locataires et une périphérie composée de logements individuels occupés par leurs propriétaires.

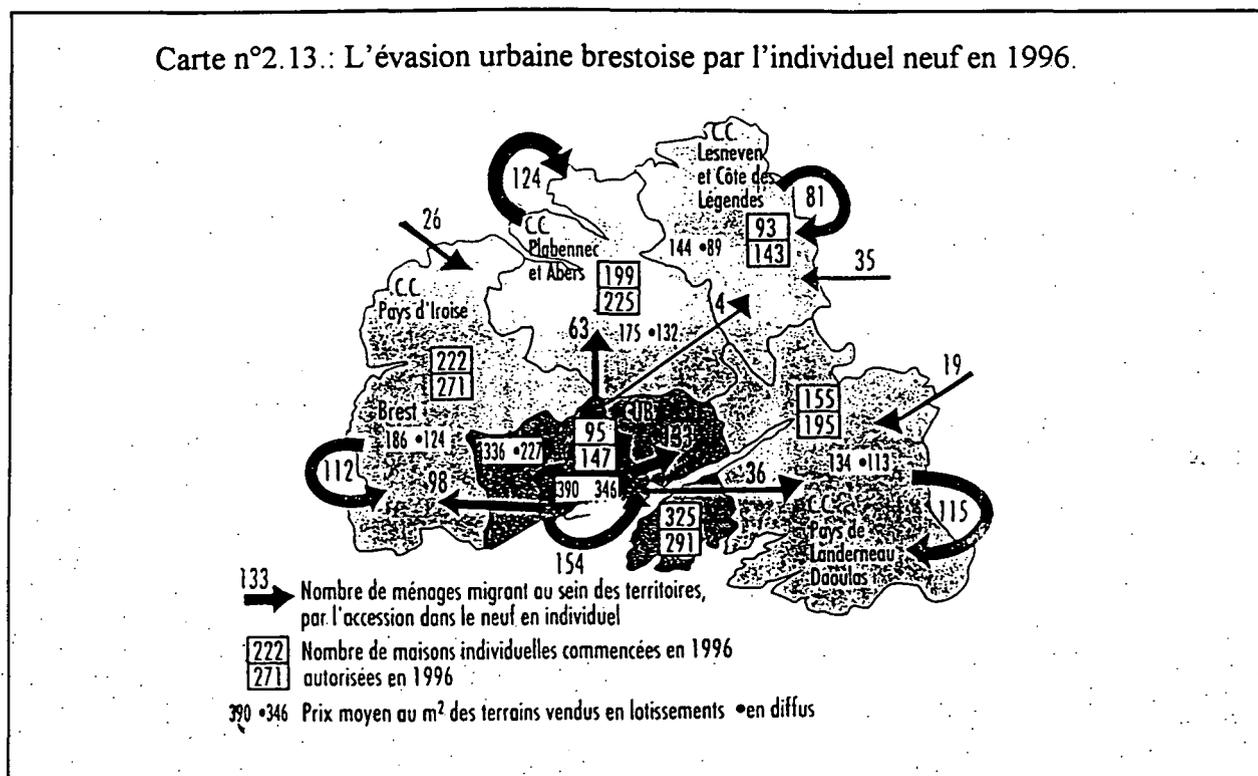
Tableau n°2.12.: Répartition des ménages selon le nombre de véhicules.

	Ménages ne possédant pas de véhicule	Ménages possédant un véhicule	Ménages possédant au moins deux véhicules
Brest	28,67%	55,36%	15,96%
Autres communes de la CUB	12,36%	46,45%	41,19%
communes de la 2 ^{ème} couronne	11,5%	42,41%	46,09%
autres communes	18,07%	48,64%	33,28%
Total	21,91%	50,81%	27,27%

Recensement 1990.

Le marché du logement individuel, plus particulièrement pour ce qui est des logements neufs, est en effet très actif et tiré par la périphérie brestoise. Les autorisations de construire des maisons ont fortement progressé dans les couronnes qui représentent un important réservoir foncier dans le bassin d'habitat, notamment en diffus (Graphique n°2.14.) (Carte n°2.13.). Ce type de logement est comme dans la plupart des agglomérations particulièrement prisé par les ménages avec enfants. Les chiffres du tableau n°2.10. reportant la répartition de la population par tranches d'âges le soulignent d'ailleurs assez clairement, puisque les communes périphériques qui connaissent l'expansion de la construction de maisons individuelles ont aussi une forte proportion de personnes de moins de 20 ans est nettement plus importante.

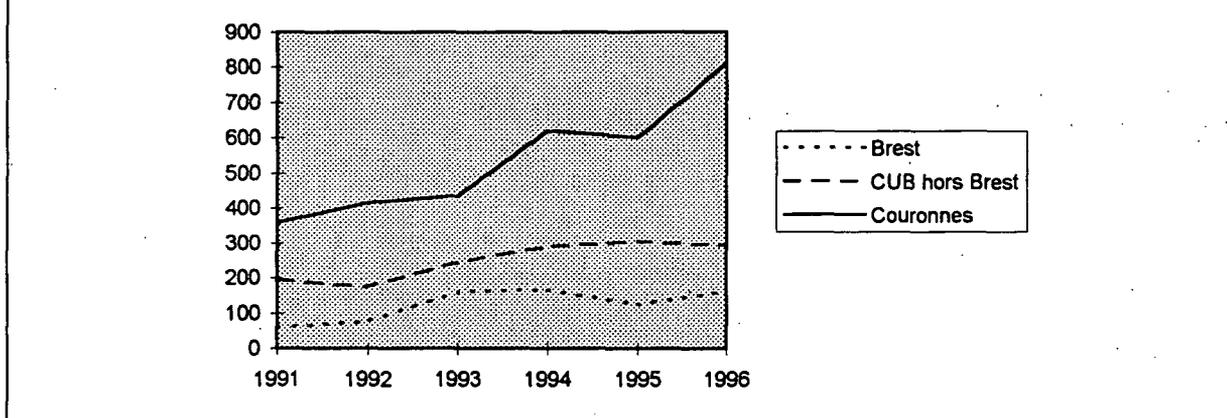
Carte n°2.13.: L'évasion urbaine brestoise par l'individuel neuf en 1996.



L'Observatoire de l'Habitat et de l'Immobilier du Pays de Brest, n°27, décembre 1997.

Cette opposition entre les locataires en collectif de la ville centre et les propriétaires en individuel de la périphérie entraîne des différences de mode de vie pour ce qui touche la mobilité des ménages et plus généralement le mode de consommation de l'espace (tableau n°2.12. reportant le nombre de véhicules par ménage). Elle a aussi de lourdes conséquences sur le peuplement et constitue un facteur de spécialisation sociale de l'espace.

Graphique n°2.14.: Constructions individuelles neuves de 1991 à 1996



Observatoire de l'Habitat et de l'Immobilier du Pays de Brest n°27, décembre 1997.

2.1.2.2. La spécialisation sociale de l'espace.

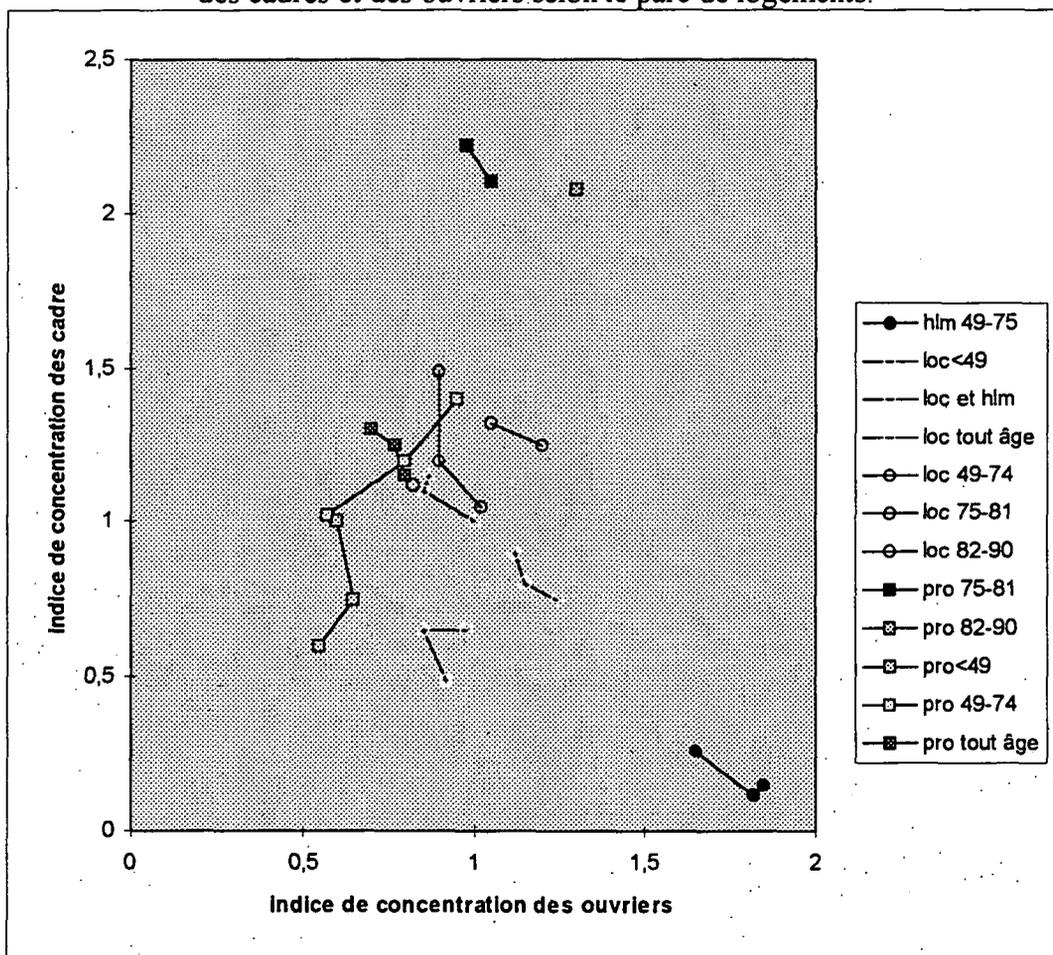
Dans une étude sur la spécialisation sociale de l'espace urbain et sur une période allant de 1975 à 1990, l'ADEUPa souligne les principales évolutions³ : la fin de la croissance urbaine et l'amorce de la péri-urbanisation. Avant d'entamer une courte analyse descriptive des mutations observables, nous nous proposons de reprendre d'abord les principales conclusions de cette étude, afin d'appréhender des critères de choix de localisation et donc de valorisation des immeubles qui soient appropriés à la zone étudiée.

De 1975 à 1990, les changements affectent principalement les populations de cadres. La proportion de cadres diminue légèrement à Brest et augmente dans les autres communes de la CUB. Pour ce qui concerne la ville centre, et parallèlement au développement de la périphérie, le spectre social se resserre et se recentre vers une position moyenne gommant progressivement la spécificité « cadres » de la ville centre. Ces quartiers qui étaient modernes en 1975 perdent de leur attrait pour les catégories les plus élevées, confirmant ainsi le renforcement de l'intérêt de ces populations pour les zones périphériques ou les communes du littoral.

³ La spécialisation sociale de l'espace urbain : une réalité nuancée (Atelier 2).

Cette inversion de tendance et l'attraction de ces secteurs résidentiels est surtout le fait de l'expansion d'un type d'habitat qu'est l'individuel pavillonnaire. L'évolution de la périphérie étant essentiellement portée par la construction neuve pavillonnaire en accession à la propriété, ce type de logement a un rôle déterminant dans la redistribution spatiale des catégories sociale. Comme nous l'avons déjà signalé, il existe un lien fort entre les dates de construction des immeubles et la spécialisation sociale des quartiers surtout si l'on prend en compte le statut d'occupation des résidents. Aussi reprendrons nous ici un graphique récapitulatif des indices de concentration des cadres et des ouvriers.

Graphique n°2.15.: Récapitulatif des indices de concentration des cadres et des ouvriers selon le parc de logements.



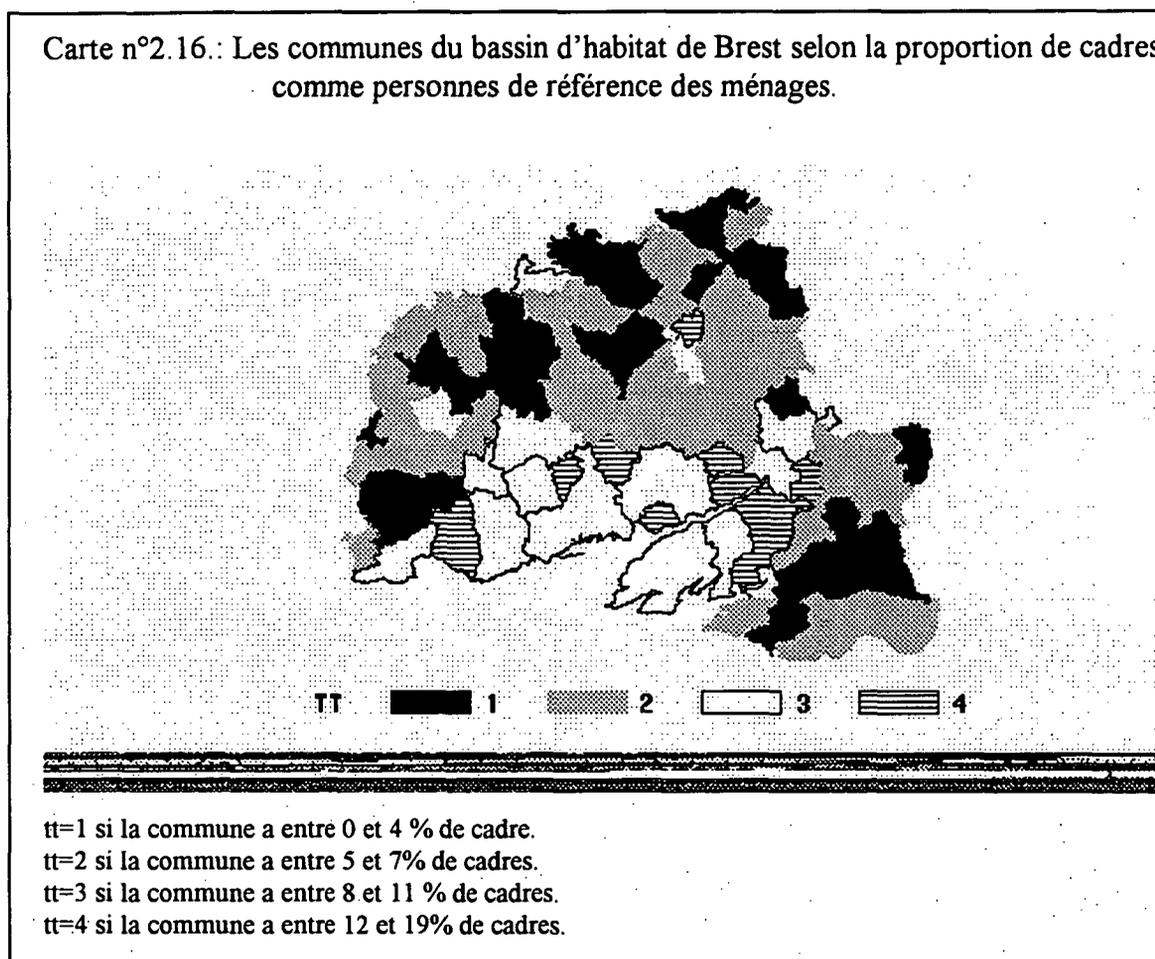
Source : Agence de Développement et d'Urbanisme du Pays de Brest.

Dans le graphique n°2.15. reportant les indices de concentration de cadres ou d'ouvriers selon le parc de logement, on peut très nettement voir que les logements neufs concentrent une population de cadres au contraire des logements construits avant 1975. Or le

parc construit entre 1949 et 1974 représente près des 2/3 du total du parc immobilier de la ville de Brest. A l'opposé, on peut voir que le parc construit avant 1949 concentre plus de cadres en 1990. Pour ce qui concerne le parc locatif, l'évolution de 1982 à 1990 est nette, les indices de concentration montrent clairement que ces logements ont de plus en plus la mission d'accueillir des ouvriers.

A) Les communes.

Carte n°2.16.: Les communes du bassin d'habitat de Brest selon la proportion de cadres comme personnes de référence des ménages.



Source : Recensement 1990.

De manière assez générale, nous pouvons a priori souligner l'importance de la distance à la ville de Brest et la position par rapport à la rade comme critères de choix de localisation des ménages où la personne de référence du ménage est un cadre ainsi que des résultats plus importants pour des communes disposant d'un environnement industriel dynamique comme Le Drennec et Loc-Brevalaire (Carte n°2.16.). Une variable de distance au centre ville ainsi qu'un variable dummy relative à la situation périphérique des logements observés seront d'ailleurs introduites dans les fonctions de prix (sections 2.3. et 2.4.).

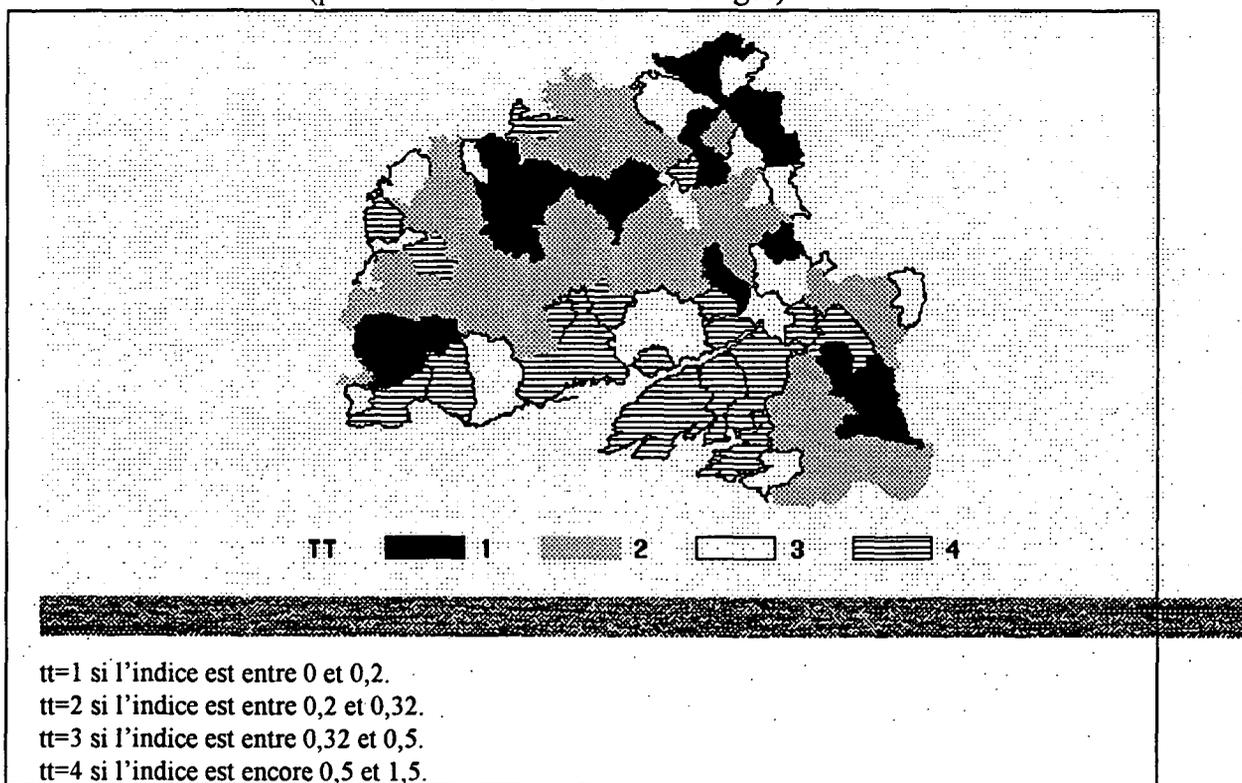
La prise en considération d'un rapport opposant les cadres et les ouvriers donne des résultats moins nets. Ces différences tiennent à la concentration de population des deux côtés du spectre social, tout au moins pour ce qui concerne les communes de la périphérie (Tableau n°2.17.).

Tableau n°2.17.: Répartition des personnes de référence des ménages.

	Cadres	ouvriers	cadre/ouvrier	retraité	art et com	prof inter	empl	autre	etudiant
Brest	9	17	0,53	25	4	14	17	9	6
Autres communes de la CUB	10,71	21,68	0,49	23,82	5,48	19,32	10,62	5,53	0,27
communes de la 2 ^{ième} couronne	8,53	23,25	0,37	14,48	6,14	16,21	10,49	5,14	0,26
autres communes	7,5	17,98	0,42	29,41	4,23	13,54	12,2	8,09	2,46

Recensement 1990.

Carte n°2.18.: Les communes du bassin d'habitat selon le rapport cadres/ouvriers (personnes de référence des ménages).



Source : Recensement 1990.

La seule prise en compte de la répartition des personnes de référence des ménages selon un classement simple des communes que nous avons déjà utilisé dans la sous-section

précédente pour faire ressortir les différences majeures entre la ville de Brest et les communes de la périphérie, permet de mettre en évidence les paramètres constitutifs de la spécialisation sociale de l'espace. La ville de Brest est globalement caractérisée par une relative diversité sociale. Nous verrons dans les paragraphes suivants qu'il n'en est pas de même quand on considère la population par quartiers. Le rapport cadres/ouvriers des communes de la C.U.B. est inférieur à celui de la ville de Brest, mais soulignons toutefois que ces municipalités sont à 30,03% composés de cadres ou de personnes exerçant une profession intermédiaire contre 23% pour la ville de Brest.

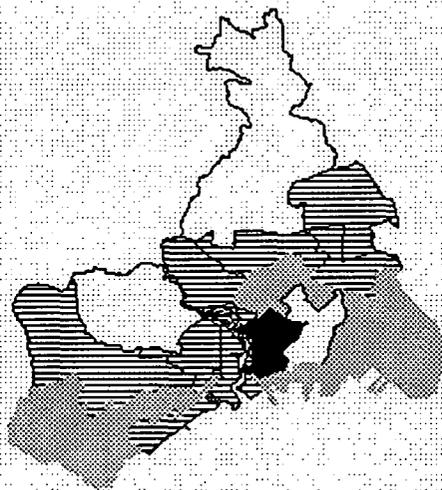
B) La ville centre.

En 1975, Brest a une position moyenne. Son indice de concentration de cadres et d'ouvriers est sensiblement égal à 1⁴. Au contraire les communes en dehors de la CUB ont un profil plutôt ouvrier, mais les municipalités du littoral qui ont connu une urbanisation plus ancienne indiquaient déjà le sens de l'évolution, c'est à dire l'évasion urbaine. A cette époque, des secteurs à forte dominance de catégories sociales supérieures se dégagent. Sur la rive gauche, le parc du secteur reconstruit est moderne et accueille la population bourgeoise surtout au sud de la rue de Siam. La partie supérieure qui culmine à 30 mètres de la Penfeld et qui correspond aux anciens quartiers populaires est occupée par des personnes plus modestes, prouvant ainsi que la vieille dichotomie n'est pas totalement effacée. Les côteaux dominants les valons sont très appréciées de par leur position typographique privilégiée. Les quartiers construits dans le début des années 70 et correspondant à un desserrement résidentiel, sont le plus souvent composés de logements individuels neufs et de propriétaires (jeunes ménages de catégories moyennes). La forte dominante ouvrière de la rive droite est explicable par la présence de l'arsenal et le développement industriel initié sous le second empire. Le littoral de cette partie de Brest est déjà sensiblement valorisé, ce qui nous conforte dans la nécessité de retenir un critère de proximité dans l'évaluation des fonctions d'enchères, en plus de la notion de distance au centre.

⁴ L'indice de concentration d'une variable donnée pour un espace territorial ou éventuellement une fraction du parc immobilier résulte du rapport de la valeur de cette variable dans la zone ou la fraction de parc à sa valeur pour l'ensemble de la ville ou du parc immobilier.

Le découpage⁵ utilisé par l'ADEUPa partage la ville en zones homogènes du point de vue des critères de dominante de peuplement (26 quartiers). Les critères utilisés dans ce cas sont des catégories socio-professionnelles typées (cadres ou ouvriers), les statuts d'occupation et les périodes de construction. Compte tenu du poids de l'histoire dans la structuration physique de la ville et de l'importance des politiques de réhabilitation des immeubles anciens ou de la reconstruction, le dernier critère tenant à la définition du parc de logement sera particulièrement révélateur des évolutions en matière de spécialisation sociale et donc d'une utilité majeure pour observer les préférences des ménages.

Carte n 2.19.: Rapport entre le nombre des cadres et d'ouvrier
(Ville de Brest).



TT 1 2 3 4

tt=1 si l'indice est supérieur à 3.
 tt=2 si l'indice est entre 0,81 et 1,5.
 tt=3 si l'indice est entre 0,5 et 0,8.
 tt=4 si l'indice est inférieur à 0,5.

Source : Recensement 1990.

Le découpage utilisé lors de l'estimation des fonctions d'enchères des ménages et qui servira donc de référence pour regrouper les équipements et les données de recensement est un peu moins fin (15 quartiers). La seule différence relève de la définition des quartiers les plus centraux qu'ils soient de la rive gauche ou de la rive droite. L'utilisation de ce partage de l'espace urbain moins précis ne devrait en effet pas poser de problème puisque l'évolution de la

⁵ La spécialisation sociale de l'espace urbain : une réalité nuancée.

composition sociale en 1990 de la ville de Brest se caractérise par un resserrement du spectre social et un recentrage vers une position moyenne. Si cela est nécessaire, nous gardons toutefois la possibilité de retourner à un découpage plus fin puisque chaque mutation est définie par code d'îlot.

La carte n°2.19. et le tableau n°2.20. nous permettent de mettre en évidence la forte disparité des quartiers en matière de spécialisation sociale. Si l'étude des données concernant Brest par rapport aux autres communes montrait que cette ville a une répartition sociale assez équilibrée et révélait un resserrement du spectre social et un recentrage vers une position moyenne, une analyse plus précise montre des différences socio-spatiales majeures. Le centre reconstruit marque sa différence par sa forte spécialisation socio-spatiale et sa très forte concentration de cadres. Les quartiers moins centraux et au bord de la rade sont relativement privilégiés. En revanche les quartiers neufs en 1975 perdent visiblement de leur attrait et deviennent des endroit majoritairement ouvriers.

Tableau n°2.20.: Répartition des personnes de référence des ménages selon les catégories socio-professionnelles et par quartiers.

	Localisation	Cad/ouv	art, com	cadre sup	prof inter	empl	ouv	ret	autres	etud
z1	l'arsenal	0,46	4	6	10	27	13	21	11	8
z2	centre reconstruit	3,02	4,48	17,06	13,12	14,81	5,64	27,96	7,87	8,69
z3	centre ancien	0,8	3,95	8,69	12,92	15	10,85	28,56	9,96	10,38
z4	le port	1	7	11	13	10	11	34	11	3
z5	Saint Marc	0,89	5,78	12,25	13,52	12,48	13,69	31,27	8,84	2,14
z6	Kerinou	0,83	4,36	10,95	17,10	14,40	13,10	24,40	6,23	9,42
z7	Bellevue	0,2	2	4,69	15,29	25,47	23,33	15,40	7,31	7,09
z8	Keredern	0,13	1,33	1,73	4,20	5,85	13,26	10,50	5,31	4,93
z9	Pen-ar-Creach	0,17	2,27	4,73	11,14	17,06	26,89	23,10	10,81	4,48
z10	Pontanezen	0,33	4	7	15	24	21	23	4	0
z11	Lambezellec	0,59	5,47	10,69	13,82	11,52	18,47	27,69	8,65	1,91
z12	Cavale Blanche	0,80	3	16	30	17	20	11	3	1
z13	Recouvrance	0,22	1,92	4,49	10,41	19,32	20,04	30,83	11,77	1,92
z14	Keranroux	0,34	3,89	6,78	14,72	15,78	19,40	27,55	10,04	1,80
z15	Saint pierre	1,05	3,97	14,74	14,97	17,09	14	27,06	6,12	2,03

Source : Recensement 1990.

Les deux éléments déterminants de l'évolution de la spécialisation sociale du bassin d'habitat de l'arrondissement de Brest sont donc directement attachés au parc de logement, le premier concernerait les préférences des agents pour ce qui concerne les caractéristiques du logement lui même, l'autre élément explicatif relevant du statut d'occupation. Si le parc

d'avant guerre résiste mieux aux processus de dévalorisation que le parc d'après guerre, le déclencheur du processus de redéploiement des populations les plus aisées est la construction neuve. L'augmentation de la part de cadres dans le parc d'avant 1949 est surtout le fait de nouveaux arrivant de 1975 à 1982 et de propriétaires entre 1982 et 1990. Pour le parc 1949-1974, les nouveaux arrivants viennent ralentir le recentrage qui sinon provoquerait le basculement dans la dominante sociale.

Enfin, compte tenu du lien important attachant les catégories de population et le parc de logement en lui même, nous étudierons brièvement les données du fichier des mutations en faisant se confronter la répartition par zone des types de logements achetés et les caractéristiques de la population des accédants à la propriété par rapport aux résultats à données de recensement. Des différences en termes de descriptions des logements où relevant des profils des acheteurs peuvent en effet nous conduire à prendre certaines précautions quand à l'interprétation des résultats.

2.1.2.3. Les mutations selon les communes et les quartiers.

A) Les communes de l'arrondissement.

a) Les acheteurs.

Précisons d'ores et déjà que les chiffres exposés ci-après sont tirés d'une base de données modifiée et adaptée aux hypothèses et aux nécessités de la méthode d'évaluation employée (section 3). Les raisons de ces modifications sont exposées dans la section suivante, consacrée entièrement à la description des fichiers disponibles, qu'ils concernent les mutations ou diverses variables permettant de qualifier les communes et les quartiers étudiés.

Tableau n°2.21.: Répartition des mutations de 1990 à 1996.

	Brest	CUB	Hors CUB	littoral
% dans l'échantillon total	57,15	14,15	9,09	19,61
mutations par ménage résidant et par an (pour 1000)	22,55	16,42	13,82	13,61

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Le tableau ci-dessus montre la vivacité du marché brestois par rapport à l'ensemble des communes de l'arrondissement. Toutefois, cette animation doit être interprétée avec

précaution puisque Brest est avant tout composée de logements locatifs auxquels nous pouvons attacher cette animation du marché. A l'opposé, nous pouvons souligner le nombre relativement important de mutations réalisées sur les communes de la C.U.B. et qui devrait concerner quasiment exclusivement des achats au titre de résidence principale. Au regard des données générales tirées du recensement de 1990, ces municipalités sont occupées en majorité par des propriétaires de logements individuels.

Tableau n°2.22. : Répartition des ménages accédants à la propriété selon le nombre d'actifs qui le compose et selon la zone d'achat.

	Brest	CUB	Hors CUB	littoral
pas d'actif	0,63	0,84	1,25	1,93
un actif	49,30	33,09	36,17	38,64
deux actifs	34,97	54,83	47,54	34,85

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Tableau n°2.23. : Age moyen des acheteurs selon la zone géographique d'achat.

	Brest	CUB	Hors CUB	littoral
âge moyen	40,69	38,21	37,37	41,41

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Tableau n°2.24. : Répartition des ménages selon le statut matrimonial.

	Brest	CUB	Hors CUB	littoral
marié	50,55	63,32	61,32	56,98
célibataire	24,47	8,23	11,45	15,55
concubin	4,74	8,23	9,05	6,75
divorcé	8,42	4,64	4,58	4,86
veuf	4,45	1,53	1,07	2,89

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Pour ce qui concerne les variables d'âges, de situation matrimoniale et de nombre d'actifs dans la cellule familiale des accédants à la propriété, nous retrouvons des résultats classiques. Les accédants sont pour la plupart des couples mariés.

Comme l'achat d'un logement va souvent de pair avec la présence ou la venue d'enfants dans le foyer, nous pouvons aussi souligner les pourcentages de concubins et de couples mariés dans les communes les plus proches de Brest, et dont l'intérêt se porte souvent sur les logements individuels. A l'opposé, notons la proportion relativement importante d'acheteurs célibataires et de divorcés dans la ville de Brest, renvoyant bien sûr à la répartition des ménages selon le nombre de personnes qui les composent (tableau n°2.7.). Les résultats obtenus sur le nombre d'actifs sont à mettre en parallèle avec les précédents et sont relativement classiques, puisqu'ils soulignent l'importance des ménages bi-actifs. Pour les

communes périphériques, la bi-activité devra être prise en compte dans la segmentation des ménages car elle devrait certainement influencer sur l'utilisation des infrastructures et par conséquent sur les enchères foncières des ménages.

Les répartitions par catégories socio-professionnelles (tableau n°2.25.) des accédants à la propriété ne diffèrent pas notablement d'une zone à l'autre. Ces résultats ne peuvent être directement comparés à ceux tirés du recensement, tout du moins pour ce qui concerne la ville de Brest. Les mutations réalisées dans la ville centre peuvent en effet concerner pour une bonne partie des investissements immobiliers. Or le fichier des mutations ne nous le précise pas. Ces répartitions peu dissemblables s'interprètent en tout état de cause par la barrière à l'entrée pour accéder au marché du logement que représentent la constitution de l'apport personnel et la nécessité de revenus suffisants.

Nous pouvons néanmoins souligner la proportion plus importante d'ouvriers dans les communes de la deuxième couronne et par la même réaffirmer l'importance de la distance au centre dans la détermination des prix foncières et des fonctions d'enchères des ménages.

Tableau n°2.25.: Répartition des ménages selon la catégorie socio-professionnelle de la personne de référence.

	Brest	CUB	Hors CUB	littoral
cadres moyen	19,22	21,48	20,05	16,59
cadres supérieurs	17,71	20,15	13,78	17,52
militaire	8,96	9,18	11,55	6,71
ouvrier	28,18	31,03	31,60	24,05
agriculteur	0,64	0,68	2,23	2
artisans	6,42	6,27	6,09	6,08
retraité	9,69	5,28	6,09	9,65
inactif	2,18	1,48	1,16	2,67
étudiant	0,67	0,10	0	0,11
csp non précisée	6,27	4,33	7,34	14,59
(cadre moy et sup)/ouvrier	1,3	1,38	1,07	1,42

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

b) Les logements.

Les résultats concernant les logements mutés sont relativement parallèles à ceux obtenus pour les données des recensements. La taille du logement n'est donc pas un critère qui justifie de la vivacité d'un sous-marché très précis.

Les données se référant au type du logement (individuel ou en collectif) sont les seules qui puissent nous permettre de voir si le fichier des mutations modifié pour des raisons qui tiennent à la méthode d'estimations des fonctions d'enchères et pour des raisons plus techniques, est le juste reflet du parc de logements et si l'échantillon concerne plutôt le marché locatif ou les achats au titre de résidence principale.

Tableau n°2.26.: Répartition des logements mutés entre 1990 et 1996 selon le nombre de pièces.

	Brest	CUB	Hors CUB	littoral
studio	3,59	0,26	0,08	0,77
t1	7,82	1,00	0,8	3,89
t1bis	1,53	0,21	0	0,55
t2	15,72	3,43	4,29	9,17
t3	24,16	8,97	8,86	17,48
t4	25,62	25,54	25,60	21,80
t5	14,38	35,99	34,91	23,12
t6	4,53	17,73	16,29	12,58
t7	1,53	3,79	4,65	4,08
t8	0,52	1,42	1,43	1,566
t9 et plus	0,40	1	1,25	1,15

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Tableau n°2.27.: Répartition de logements mutés entre 1990 et 1996 selon le type de logement, la surface du jardin.

	Brest	CUB	Hors CUB	littoral
appartement	77,38	6,65	1,34	8,54
maison sans jardin	1,5	4,6	3,24	5,21
maison avec un jardin d'environ 100 m ²	10,83	13,14	7,43	8,01
maison avec un jardin d'environ 200 m ²	6,74	29,92	14,23	13,84
maison avec un jardin d'environ 300 m ²	2,14	19,58	29,00	17,78
maison avec un jardin d'environ 400 m ²	0,77	7,12	12,62	11,06
maison avec un jardin d'environ 500 m ²	0,64	18,99	32,14	35,56

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

La répartition du fichier des mutations pour les communes de la périphérie comme pour Brest est relativement comparable à celle du recensement de 1990. Nous pouvons donc déduire que notre échantillonnage de mutations comprend probablement dans des proportions équivalentes à la constitution du parc de logements, des achats dont l'objet est l'investissement locatif. Cela ne pose pas de problème pour les communes de la périphérie puisque la quasi totalité des logements sont occupés par leurs propriétaires.

Tableau n°2.28.: proportion de logements neufs et de logements anciens.

	Brest	CUB	Hors CUB	littoral
neufb	16,48	39,26	46,19	33,18
ancien	65,31	45,33	40,73	49,44

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Par contre il nous fera prendre certaines précautions quand à l'analyse des fonctions d'enchères estimées pour la ville de Brest, puisque nombre d'acheteurs ne sont pas les habitants et donc pas les utilisateurs des infrastructures et des services environnants. Toutefois nous pouvons penser que de manière générale les prix de vente de logements destinés à l'investissement locatif conditionnent en grande partie le prix du loyer, et qu'ils expriment par extension les dispositions des agents à payer ce loyer.

Tableau n°2.29.: Répartition des logements mutés entre 1990 et 1996 selon l'équipement en garage ou en parking.

	Brest	CUB	Hors CUB	littoral
un garage	24,00	70,08	66,52	51,18
un parking	12,28	2,37	0,36	2,22
pas de garage ni de parking	63,72	27,55	33,12	46,6

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Les logements achetés dans les communes de la périphérie le sont à des prix plus élevés que ceux de Brest et des municipalités du littoral. Une interprétation directe de ces résultats n'est guère possible, puisque que les logements dans la ville centre sont pour une majeure partie des appartements, des logements plus anciens (tableau n°2.24. et tableau n°2.28.) et des logement plus petits (tableau n°2.27.). Seule la régression des prix par rapport à un ensemble de caractéristiques intrinsèques et fondamentales des logements, nous permettra d'appréhender et de comparer les prix des logements selon la localisation. C'est ce que nous verrons dans une première étape de l'analyse économétrique du fichier des mutations.

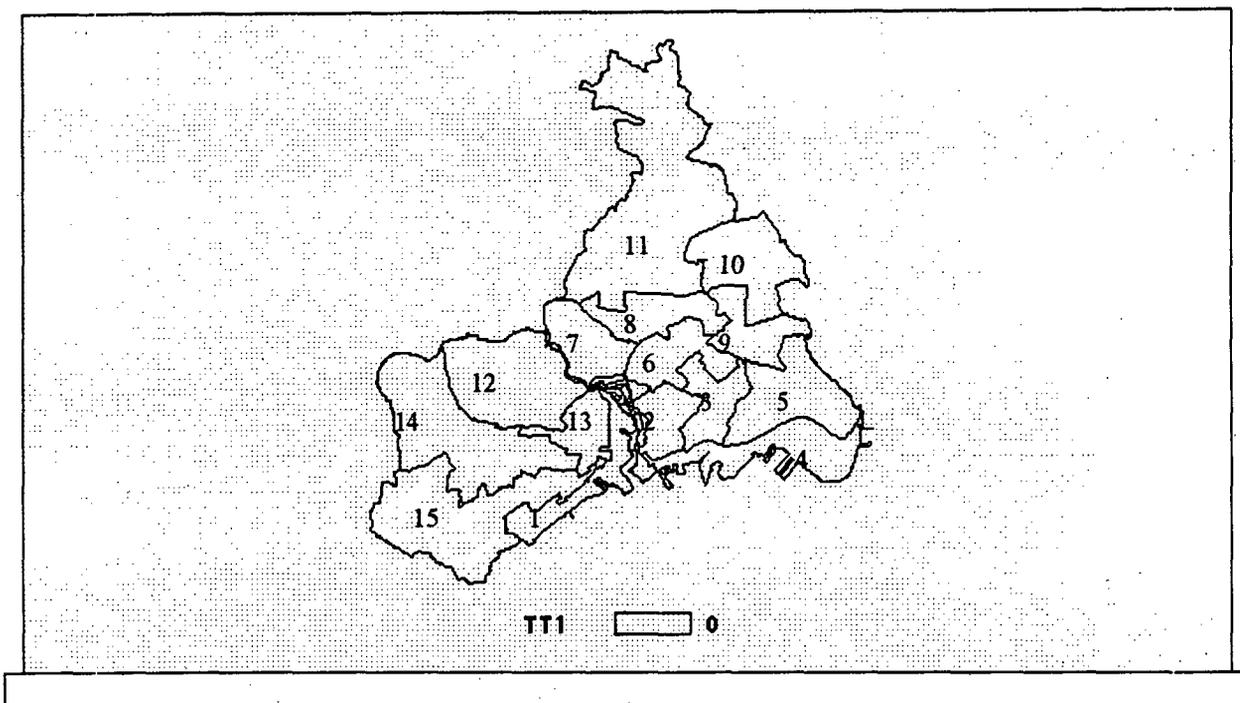
Tableau n°2.30.: Prix moyen des logements mutés en milliers de francs.

	Brest	CUB	Hors CUB	littoral
prix	322,14	567,26	502,69	431,35

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

B) La ville de Brest.

Graphique n°2.31. : Quartiers de Brest.



Source : Agence de Développement et d'Urbanisme du pays de Brest.

Tableau n°2.32. : Répartition des mutations réalisées de 1990 à 1996.

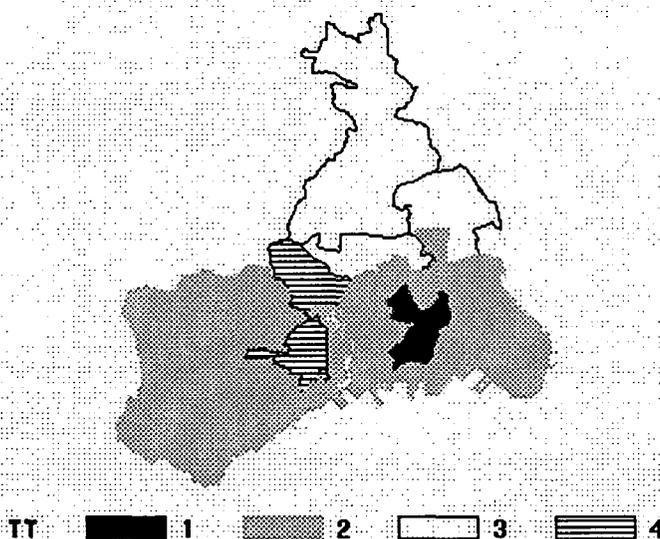
Code du quartier	Localisation	% dans l'échantillon	mutations par ménages résident et par an (pour 1000)	part des HLM dans le parc de logement en 1900
Z1	l'arsenal	4,3	27,63	6,97
Z2	centre reconstruit	11,73	25,63	2,17
Z3	centre ancien	20,49	33,72	2,28
Z4	le port	0,21	22,39	0
Z5	Saint Marc	7,9	22,49	11,56
Z6	Kerinou	9,26	29,57	5,18
Z7	Bellevue	6,97	13,28	38,34
Z8	Keredern	4,6	17,01	29,3
Z9	Pen-ar-Creach	8,39	20,12	40,44
Z10	Pontanezen	1,56	19,49	0
Z11	Lambazellec	3,39	15,26	14,53
Z12	Cavale Blanche	3,15	25,88	13,9
Z13	Recouvrance	5,45	11,58	34,9
Z14	Keranroux	8,46	20,56	19,78
Z15	Saint Pierre	3,05	25,56	1,83

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Le tableau n°2.32. et la carte n°2.33. soulignent le dynamisme du marché du logement dans le centre ancien (Z3) comme la relative inertie des secteurs 13 (Recouvrance) et 7 (Bellevue), composés pour une partie relativement importante de logements HLM.

La différence en termes de nombre relatif de transactions pour ce qui concerne les deux quartiers centraux (Z2 pour le centre reconstruit et Z3 pour le centre ancien), qui jouissent quasiment des mêmes attraits en termes d'équipements et d'infrastructures s'expliquent sans doute par des raisons tenant à l'architecture des immeubles. D'après les données de recensement sur une période allant de 1975 à 1990, nous pouvons voir que le parc d'avant-guerre a mieux résisté au processus de dévalorisation que le parc d'après guerre (graphique n°2.15.).

Carte n°2.33.: Classement des quartiers selon le dynamisme du marché du logement



tt=1 la proportion de mutations sur le nombre de logements est supérieur à 30 pour mille.
 tt=2 la proportion de mutations sur le nombre de logements est entre 20 et 30 pour mille.
 tt=3 la proportion de mutations sur le nombre de logements est entre 15 et 20 pour mille.
 tt=4 la proportion de mutations sur le nombre de logements est inférieur à 15 pour mille.

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

a) Les acheteurs.

On retrouve encore une fois des résultats assez classiques pour une zone plus urbaine. Les ménages accédants sont plutôt des couples (mariés ou non), mais la population de divorcés et de célibataires est supérieure à la moyenne, notamment dans les quartiers les plus centraux et sur les bord de la rade.

Tableau n°2.34.: Age moyen et situation familiale des acheteurs.

Code du quartier	Localisation	âge moyen	marié	célibataire	concubin	divorcé	veuf
Z1	l'arsenal	38,93	45,08	35,51	2,45	10,93	3,55
Z2	centre reconstruit	45,08	57,37	22,26	2,2	7,32	6,51
Z3	centre ancien	40,27	47,87	28,01	5,22	8,55	3,56
Z4	le port	42,50	33,33	33,33	5,56	16,67	5,56
Z5	Saint Marc	41,25	49,25	20,68	6,84	7,44	5,35
Z6	Kerinou	41,08	49,30	24,52	5,43	9,02	4,45
Z7	Bellevue	40,58	55,13	26,71	2,22	9,07	4,28
Z8	Keredern	40,73	51,66	20,97	3,83	8,18	4,09
Z9	Pen-ar-Creach	40,67	43,71	27,35	6,45	9,81	6,45
Z10	Pontanezen	38,33	58,64	12,78	6,76	4,51	3
Z11	Lambezellec	40,74	55,55	17,01	4,86	5,21	4,51
Z12	Cavale Blanche	37,67	58,95	10,54	7,83	7,46	2,24
Z13	Recouvrance	40,43	48,16	23,91	4,4	10,58	4,53
Z14	Keranroux	38,26	48,26	27,57	4,86	4,48	3,89
Z15	Saint pierre	38,61	55,98	17,37	5,4	5,79	0,77

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

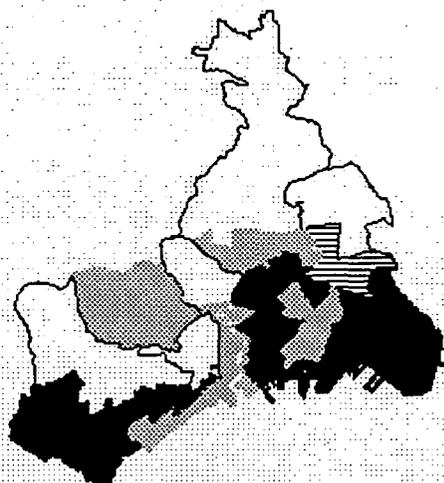
Tableau n°2.35.: Répartition des ménages accédants à la propriété selon le nombre d'actifs.

Code du quartier	Localisation	pas d'actif	un actif	deux actifs
Z1	l'arsenal	0,55	58,19	23,49
Z2	centre reconstruit	0,60	46,84	32,99
Z3	centre ancien	0,46	51,20	33,18
Z4	le port	0	55,56	33,33
Z5	Saint Marc	0	44,19	41,81
Z6	Kerinou	1,01	48,16	35,83
Z7	Bellevue	1,71	52,56	30,47
Z8	Keredern	1,27	46,03	38,62
Z9	Pen-ar-Creach	1,26	51,47	31,97
Z10	Pontanezen	0	34,58	51,88
Z11	Lambezellec	1,69	40,28	42,91
Z12	Cavale Blanche	0,74	39,17	50
Z13	Recouvrance	0,21	56,15	28,72
Z14	Keranroux	0	55,35	32,82
Z15	Saint pierre	0,38	41,69	44,40

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Le report sur la carte 2.34., de la part de cadres dans le fichier des mutations selon les quartiers, permet de souligner un facteur de choix de résidentiel déjà cité auparavant qui est la position par rapport à la rade. Par opposition le quartier 9 (Le Petit Paris) attire l'attention compte tenu du fait que sa concentration en acheteurs ouvriers est importante (40%) (carte n°2.33.).

Carte n°2.36.: Classement des quartiers selon la proportion de cadres.



TT 1 2 3 4

tt=1, la proportion de cadres est supérieur à 20%.
 tt=2, la proportion de cadres est entre 15 et 20%.
 tt=3, la proportion de cadres est entre 10 et 15%.
 tt=4 la proportion de cadres est inférieur à 10%.

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Tableau n°2.37.: Répartition des ménages selon la catégorie socio-professionnelle de la personne de référence.

Code du quartier	Localisation	cad moy	cad sup	militaire	ouv	art com	ret	inactif	etud	non précisée
Z1	l'arsenal	13,66	18,03	12,29	27,86	9,56	7,37	1,91	1,36	7,65
Z2	centre reconstruit	18,85	24,77	6,22	16,75	7,72	14,64	2,41	0,60	7,72
Z3	centre ancien	21,06	20,09	6,48	25,54	7,63	7,63	1,72	1,03	7,63
Z4	le port	5,55	33,33	0	38,89	5,56	5,56	5,56	0	5,56
Z5	Saint Marc	23,66	21,27	4,91	26,63	6,54	6,54	2,67	0	5,06
Z6	Kerinou	20,20	21,47	6,86	25,54	4,32	4,32	2,54	0,89	6,35
Z7	Bellevue	16,78	11,30	10,44	36,64	2,73	2,73	1,88	0,51	7,02
Z8	Keredern	17,39	18,67	6,90	37,62	9,21	9,21	2,30	1,28	8,95
Z9	Pen-ar-Creach	17,63	7,43	7,15	40,81	4,07	4,7	2,24	0,56	6,73
Z10	Pontanezen	28,57	12,78	11,27	39,32	5,26	5,26	2,25	0	5,26
Z11	Lambezellec	19,09	14,23	9,03	34,72	5,21	5,21	2,43	0,69	4,86
Z12	Cavale Blanche	17,91	15,29	19,77	28,35	6,34	6,34	2,24	0	2,98
Z13	Recouvrance	16,41	11,87	13,77	34,55	5,83	5,83	3,24	0,21	3,45
Z14	Keranroux	19,88	13,35	15,29	30,59	6,25	6,25	2,08	0,41	3,61
Z15	Saint pierre	14,66	24,32	14,67	23,16	9,65	9,65	0,77	1,11	3,06

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

b) Les logements.

Tableau n°2.38.: Répartition des logements mutés entre 1990 et 1996 selon le nombre de pièces principales.

Code du quartier	studio	t1	t1bis	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9
Z1	9,28	14,48	3,55	26,22	26,22	15,30	1,09	0,27	0	0,27	0,27
Z2	2,61	6,92	1	26,47	33,6	17,35	9,12	1,90	0,40	0,50	0
Z3	5,79	14,46	1,72	22,16	26,40	17,62	6,83	2,87	1,09	0,40	0,45
Z4	0	16,67	0	27,78	50	0	5,55	0	0	0	0
Z5	3,86	5,80	1,19	9,07	26,04	23,21	18,75	7,59	2,68	1,19	0,59
Z6	3,68	5,84	1,65	13,59	24,14	29,73	14,99	3,43	1,78	0,12	0,76
Z7	1,88	5,47	1,37	15,58	25,51	30,99	17,63	1,19	0,34	0	0
Z8	8,69	6,39	4,34	12,02	14,32	25,57	20,71	5,37	1,79	0,76	0
Z9	0,28	4,21	0,42	5,19	26,37	48,66	12,20	1,54	0,84	0,14	0,14
Z10	3	3,75	0	4,51	3,76	28,57	30,07	17,29	7,51	0,75	0
Z11	2,78	3,82	0,35	3,94	17,01	23,26	29,17	10,41	4,86	0,34	1,04
Z12	0	2,61	1,11	4,85	5,97	26,86	40,67	15,29	2,24	0,37	0
Z13	1,51	7,77	1,29	14,47	26,56	27,21	12,52	5,61	1,84	0,64	0,43
Z14	2,22	5,14	1,80	12,23	21,27	32,68	17,24	5,28	1,11	0,41	0,41
Z15	2,31	3,17	1,54	12,74	13,89	24,71	22,01	2,88	3,09	3,08	1,54

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

La carte n°2.40. permet de visualiser de manière très nette l'élément moteur du marché du logement et qui est aussi un des facteurs essentiels de l'évasion urbaine : la construction neuve. Nous voyons en effet et de manière très logique, que plus les quartiers sont périphériques, plus la part de logements neufs vendue est importante.

Tableau n°2.39.: Répartition des logements mutés selon l'origine de la propriété et selon l'équipement en garage ou en parking.

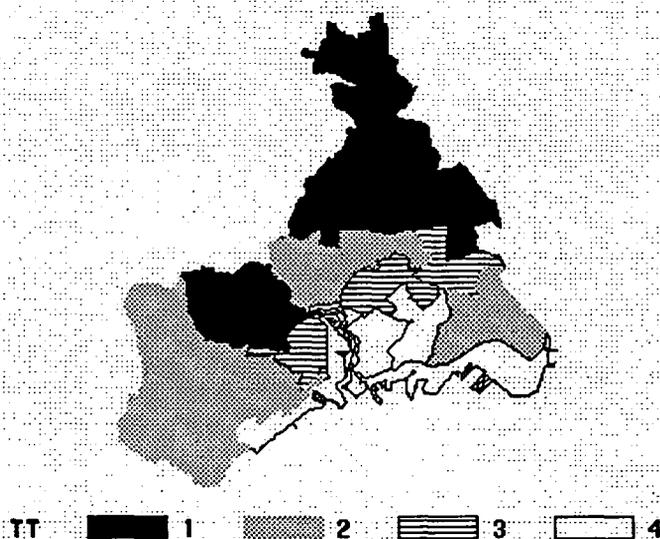
Code du quartier	Localisation	logement neuf	logement ancien	un garage	un parking
Z1	l'arsenal	7,1	70,49	10,11	3,27
Z2	centre reconstruit	5,92	73,34	9,33	1,40
Z3	centre ancien	5,22	73,88	9,87	2,69
Z4	le port	0	72,2	11,11	5,56
Z5	Saint Marc	22,47	59,67	43	16,81
Z6	Kerinou	17,79	66,07	26,81	25,54
Z7	Bellevue	27,56	59,58	6,16	31,68
Z8	Keredern	27,62	57,03	36,57	16,87
Z9	Pen-ar-Creach	16,54	66,19	19,35	13,74
Z10	Pontanezen	33,83	51,12	59,39	15,79
Z11	Lambezellec	32,29	49,65	56,94	11,80
Z12	Cavale Blanche	43,65	42,91	63,80	17,53
Z13	Recouvrance	14,25	65,44	22,89	14,68
Z14	Keranroux	20,30	63,56	30,59	15,29
Z15	Saint pierre	23,34	76,06	52,51	5,40

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Une mise en parallèle de la répartition du parc de logements mutés selon la date de construction (sont juridiquement considérés comme neufs les logements construits au maximum cinq ans avant la date de l'achat), permet de faire ressortir un type de logement particulier et dont nous avons déjà souligné le développement dans les communes périphériques : le logement individuel avec jardin. En reprenant les quartiers où la part de logements neufs est importante, c'est à dire Z10 (Pontanezen), Z11 (Lambezellec) et Z12 (Cavale Blanche), nous pouvons remarquer que les ventes réalisées dans ces zones sont constituées pour une part beaucoup plus importante de logements individuels avec jardin (jardin d'environ 100 ou 200m²) et disposant d'un garage.

Ces résultats soulignent encore une fois l'élément moteur du développement urbain de l'agglomération brestoise dans son ensemble, c'est dire la diffusion de la construction neuve pavillonnaire et du mode de vie péri-urbain dont l'importance sous-tend la construction des fonctions de prix simples et des estimations des fonctions d'enchères des ménages qui seront effectuées par la suite.

Carte n°2.40. : Proportion de logements neufs mutés entre 1990 et 1996.



- tt1= part de logements neufs mutés supérieure à 30%.
- tt2= part de logements neufs mutés entre 30 et 20%.
- tt3= part de logements neufs mutés entre 20 et 10%.
- tt4= part de logements neufs mutés inférieure 10%.

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

Tableau n°2.41. : Prix moyen (en milliers de francs), répartition selon le type de logement et selon la surface du jardin s'il s'agit d'une maison.

Code du quartier	Localisation	prix	appart	maison sans jardin	jardin d'environ 100m ²	jardin d'environ 200m ²	jardin d'environ 300m ²	jardin d'environ 400m ²	jardin d'environ 500m ²
Z1	l'arsenal	182	96,17	0	3,27	0,54	0	0	0
Z2	centre reconstruit	361	97,19	0,51	2,20	0,1	0,1	0	0
Z3	centre ancien	244	89,38	1,02	7,92	1,26	0,34	0,11	0,06
Z4	le port	226	100	0	0	0	0	0	0
Z5	Saint Marc	436	54,61	3,29	18,60	12,35	6,69	2,38	2,08
Z6	Kerinou	331	76,49	1,54	15,88	5,33	0,51	0,25	0
Z7	Bellevue	267	96,40	0,87	2,05	0	0,17	0,17	0,34
Z8	Keredern	343	57,80	4,37	19,69	12,78	2,30	1,79	1,27
Z9	Pen-ar-Creach	265	87,37	0,3	6,17	4,48	1,26	0,42	0
Z10	Pontanezen	483	38,37	0	21,80	27,80	11,28	0	0,75
Z11	Lambezellec	449	32,98	5,98	23,26	25	6,94	3,47	2,43
Z12	Cavale Blanche	268	42,16	1,15	21,64	26,86	6,71	0,74	0,74
Z13	Recouvrance	287	79,05	0	12,74	5,83	1,94	0,43	0
Z14	Keranroux	339	68,84	1,69	13,07	11,26	2,78	1,11	1,25
Z15	Saint pierre	432	48,64	1,54	18,53	15,86	8,49	3,47	3,47

Source : Fichier des mutations utilisé lors des procédures d'estimation.

2.2. LES FICHIERS DISPONIBLES.

Dans cette première partie technique, nous présenterons l'ensemble des fichiers disponibles pour notre étude. Les principaux changements concernent le fichier des hypothèques. Ce fichier regroupe l'ensemble des actes notariés enregistrant les transferts de propriétés foncières qu'ils s'agissent d'achats, de successions ou de donations.

Nous montrerons pourquoi des modifications sont rendus nécessaires. Certaines ont été effectuées afin de faciliter l'utilisation économétrique des données, mais d'autres amendements ont aussi été réalisés afin d'ajuster l'échantillon d'observations aux fondements théoriques qui sous-tendent le modèle employé.

2.2.1. Le fichier des mutations immobilières.

Ces changements consistent principalement à supprimer des transactions qui de part les personnes concernées et compte tenu des conditions juridiques de l'achat ne permettent pas d'exprimer un prix de logement qui corresponde réellement à une disposition à payer qui puisse donc s'interpréter en termes de fonctions d'enchères avec les hypothèses qui les sous-tendent.

2.2.1.1. Les données.

Les caractéristiques des vendeurs.

- La profession du vendeur (agriculteur, artisan et commerçant, profession libérale et cadre supérieur, cadre moyen, employé et ouvrier, militaire, retraité, inactif, société, étudiant, non renseignée).

- L'année de naissance du vendeur.

- Le lieu de résidence du vendeur (à la même adresse que le bien observé, dans la même commune, dans la Communauté Urbaine de Brest⁶, hors de la CUB, non renseigné).

⁶ Bohars, Gouesnou, Guillers, Le Relecq-Kerhuon, Plougastel-Daloulas, Plouzané, Guipavas et Brest.

Les caractéristiques des acheteurs.

- Profession de l'acheteur (agriculteur, artisan et commerçant, profession libérale et cadre supérieur, cadre moyen, employé et ouvrier, militaire, retraité, inactif, société, étudiant, non renseignée).

- Année de naissance de l'acheteur.

- Le nombre d'actifs dans le ménage acheteur (aucun, 1 ou 2).

- Etat civil de l'acheteur (célibataire, marié, veuf, divorcé, vivant maritalement).

Les caractéristiques des logements.

- Le type de logement décrit (logement individuel ou logement en immeuble collectif).

- La taille du logement. Les logements sont référencés selon la nomenclature classique les définissant selon le nombre de pièces principales (studio, T1, T1bis, T2 à T9 et plus).

- La surface du jardin par tranches de 100m².

- Le niveau de confort du logement. Quatre critères de confort sont retenus (confort total, partiel avec wc, partiel avec bain et logement sans confort).

- Le nombre de niveaux de logement (étages).

- La localisation du logement. Celle-ci est indiquée par le code de l'îlot où est localisé le logement pour ceux qui sont dans la commune de Brest. Pour ceux qui sont à l'extérieur, on disposera du code commune.

- L'année de la vente.

- L'année de la précédente mutation.

- Le logement est en indivision ou non.

- Le logement dispose-t-il d'un parking ou d'un garage.

- L'état du bien selon trois critères (neuf, occasion ou rénové).

- L'origine juridique de la propriété (neuf, ancien, succession, donation et autre).

- Prix TTC en milliers de francs.

2.2.1.2. Les modifications réalisées.

A. Les observations qui ont été supprimées.

Le fichier initial des hypothèques portant sur les transactions réalisées dans les communes du pays de Brest et pour une période allant de 1990 à 1996 comprend 26520

observations, dont 61,53% concernent uniquement la ville de Brest. Nombre de ces observations ont du être supprimées pour des raisons qui tiennent aux agents en considération. D'autres observations ont du être ôtées pour des motifs relatifs à la procédure juridique d'accession à la propriété. Enfin nous avons retranché du fichier les observations où les variables essentielles à l'analyse étaient omises ou aberrantes.

a) Le cas particulier des sociétés.

L'objet de notre étude étant l'évaluation des prix implicites que les ménages accédant à la propriété affectent aux biens et services publics localisés à travers les prix fonciers, nous avons retranché les données où les acheteurs sont des sociétés. Ces observations n'ont en effet pas d'intérêt direct pour notre étude puisqu'elles ne concernent en principe que des achats réalisés par des sociétés commerciales ou des sociétés civiles immobilières.

Les données retranchées peuvent être des achats effectués par des sociétés commerciales afin d'exercer leur activité et par des sociétés civiles immobilières qui louent ou transforment ces biens. Les objectifs comme les critères de choix de ces agents sont totalement différents de ceux de ménages accédant à la propriété.

Si les ménages cherchent à acquérir un logement maximisant leur satisfaction selon une contrainte de revenu, les sociétés achètent des locaux leur permettant de minimiser leurs coûts fixes ou d'optimiser leur chiffre d'affaire. A des objectifs dissemblables correspondent par ailleurs des critères de choix totalement différents et quelquefois complètement opposés, par exemple le calme d'une rue est un attribut qui valorise les logements mais qui dévalorise la plupart des immeubles exploitables en tant que locaux commerciaux.

Les sociétés civiles immobilières cherchent quant à elles à maximiser leurs bénéfices fonciers selon un rapport coût du logement/loyer ou compte tenu d'anticipations sur des plus-values immobilières.

Pour des raisons distinguant les agents selon leurs objectifs et donc la forme générale des fonctions d'enchères, nous avons choisi de ne retenir que les transactions concernant les logements acquis par des particuliers. Les observations où l'acheteur était une société ont donc été éliminées du fichier. Ces mutations sont en effet impropres à l'estimation de prix implicites des biens publics localisés ou de toutes autres caractéristiques environnementales dont les principaux usagers sont les ménages. Nous avons supprimé 1109 observations du fichier initial des hypothèques.

b) Les successions et donations.

Nous avons aussi supprimé du fichier les actes rentrant dans le cadre de donations ou de successions, ou pour lesquelles la forme juridique de la transaction est inconnue. Les raisons de cette suppression tiennent à l'interprétation d'une réelle volonté à payer pour un logement dans le cas où l'acte notarié s'effectue dans le cadre d'un héritage ou d'une transmission partielle de patrimoine. Il est en effet difficile de considérer que certaines formes d'acquisitions illustrent une véritable volonté de résider et donc de payer un logement pour l'ensemble de caractéristiques intrinsèques et de localisation qui le constituent.

Cette soustraction de données sera la plus importante puisque nous avons relevé 8381 transactions portant sur des donations, des successions (7357 mutations) ou des transmissions non juridiquement précisées, soit 31,6% des transferts de propriétés immobilières. Ce qui réduit notre fichier directement exploitable à 17030 observations.

c) Les variables manquantes.

Enfin dans une dernière étape, nous avons plus précisément observé les variables clés nécessaires à l'exploitation du fichier. Dans la partie exposant la méthode d'estimation des fonctions d'enchères, nous voyons que les variables essentielles étaient les prix de vente des logements, leurs caractéristiques et quelques critères différenciant les acheteurs. Certains de ces critères essentiels à l'utilisation de la méthode d'évaluation hédonique par les rentes d'enchères sont manquants. Ainsi, nous ne disposons pas pour certaines mutations de la catégorie socioprofessionnelle de l'acheteur qui est le critère de référence de classification et de segmentation de notre population d'accédants à la propriété. Dans d'autres cas, l'élément indispensable descriptif du logement qu'est la taille est absent. Enfin, certains prix se sont montrés particulièrement bas puisqu'inférieurs à 50000 francs toutes taxes comprises.

Ces différentes opérations consistant à retrancher les observations ne nous renseignent pas suffisamment sur des critères fondamentaux que sont la taille du logement et la catégorie socio-professionnelle de l'acheteur, ou nous indiquant des prix anormalement bas ont réduit le fichier exploitable à 14870 observations, dont 8499 concernent la ville de Brest (soit 57,15% de notre échantillon).

Certes, nous pouvons regretter cette diminution de 44% du fichier initial, mais elle nous semblait inévitable et indispensable compte tenu de la méthode que nous avons choisie d'employer et des informations qu'elle nécessite. L'évaluation hédonique des fonctions d'enchères a en effet pour objectif d'analyser les préférences des ménages et d'évaluer leurs volontés implicites à payer pour des caractéristiques particulières du logement à partir des prix de marché, des **caractéristiques descriptives des logements et des acheteurs**. Quoiqu'il en soit, le nombre d'observations à notre disposition reste largement suffisant et est réparti de manière relativement équivalente au fichier originel si l'on considère les proportions de transactions réalisées à l'intérieur de la ville de Brest et sur les autres communes de l'agglomération. Ce rapport opposant la ville centre et les autres communes doit en effet être considéré avec attention puisque son importance tant en termes de constitution du parc de logements qu'en termes de démographie conduira l'ensemble de nos estimations économétriques des fonctions de prix simples comme des fonctions d'enchères des ménages.

B. Les modifications et la création des données à partir du fichier des hypothèques.

Quand cela était possible et pour faciliter les calculs économétriques, nous avons transformé les caractéristiques descriptives disponibles des logements en variables binaires. La liste complète des variables transformées figure en annexe. L'analyse des coefficients obtenus s'interprétera donc toujours par rapport à une variable de référence. Les autres variables correspondant à des années, ont été transformées en période en référence à l'année de la transaction de manière à être plus directement interprétables. Ces transformations concernent les dates de naissances des acheteurs et des vendeurs, ainsi que la date se rapportant à la mutation précédente.

Les principales variables intrinsèques descriptives des logements sont celles différenciant les appartements des logements individuels, les variables de surfaces qu'elles concernent la surface habitable ou la surface de terrain attenant pour les maisons, et les variables relatives au confort des logements. La taille des logements est identifiée selon 11 types de logements différents allant du studio aux résidences comprenant au moins 9 pièces principales. Nous avons donc créé autant de variables binaires que de types de logements. Pour chaque observation, la valeur 1 a été affectée à la variable de taille correspondante et 0 à toutes les autres. Comme pour le cas des variables binaires simples spécifiant la présence ou l'absence

d'un attribut, l'interprétation des coefficients estimés devra s'effectuer par rapport à une situation de référence. Etant donné le nombre élevé de données effectivement exploitables, nous pouvons penser que l'utilisation de variables discrètes pour évaluer les préférences des agents et concernant un des critères fondamentaux du choix du logement qu'est la surface habitable ne nous fera pas perdre en précision et en significativité.

La variable originelle descriptive de la taille du terrain attenant est aussi une variable discontinue. Nous ne devons pas regretter de ne pas disposer de données plus précises comme la surface en mètre carré. Comme il est difficile d'intégrer simultanément dans un même modèle d'évaluation des fonctions d'enchères, une variable continue de surface du jardin, c'est-à-dire une caractéristique relevant uniquement de la description des logements individuels, et une variable précisant si le logement en considération est un appartement, c'est l'usage de variables discrètes qui résout le problème d'intégration dans un modèle global de logements aussi différents par nature.

Les différences essentielles opposant fondamentalement les logements en immeubles collectifs aux logements individuels et qui concernent tant les attributs intrinsèques que les caractéristiques de localisation des résidences et notre volonté d'intégrer l'ensemble des logements dans un même modèle économétrique nous contraignent donc à utiliser des variables discrètes. Outre ces raisons qui tiennent à la définition des logements et à leurs attributs, l'utilisation de variables discrètes est nécessaire puisque les ménages achetant un appartement marquent a priori un désintérêt pour l'attribut classiquement attaché aux logements individuels qu'est le terrain attenant ou alors un attrait certain pour les aménités typiquement urbaines.

Plus concrètement, nous avons différencié les logements en prenant compte à la fois de la typologie des logements et la surface du jardin quand il s'agit d'un logement individuel. Comme pour la taille du logement et bien d'autres critères comme le garage ou le niveau de confort du logement il nous faudra retenir une situation de référence. Dans ce cas précis, où nous différencierons les appartements, les maisons sans jardin, et les maisons selon les surfaces de jardin, la situation de référence qui nous semblait la plus acceptable était la maison sans jardin. Le principal problème réside dans la prise en compte simultanée des logements en immeuble collectif et des logements individuels. Le recours à une analyse séparée de deux types de logements (appartements et logements individuels) à partir de sous-échantillons les

différenciant à l'inconvénient majeur de perdre en généralité et de négliger l'expression du différentiel de volonté à payer entre un appartement et un logement individuel disposant d'attributs équivalents. Nous avons donc intégré des variables dummy identifiant les logements en immeuble collectif et les logements individuels selon des tranches de surfaces de terrain attenant (pas de jardin, environ 100 m² de jardin, 200 m², 300 m², 400 m², ou 500 m²). Cette procédure a l'intérêt de faire ressortir les variations des dispositions à payer des individus entre une maison sans jardin et un appartement.

Si les signes des estimateurs des variables se rapportant au logement avec jardin sont intuitivement prévisibles, cela n'est pas forcément le cas pour les logements en immeubles collectifs. La positivité du signe de l'estimateur affecté aux logements en immeuble collectif indiquerait en effet plus certainement un désintérêt des ménages pour les maisons sans jardin qu'une préférence pour les appartements. A l'opposé le signe négatif serait plutôt révélateur de la spécialisation du bâti d'un parc de logements. En l'espèce, nous pourrions en effet confronter les résultats obtenus à partir d'une enquête auprès d'agents immobiliers et portant sur l'agglomération lilloise et les estimations portant sur le pays de Brest. Nous verrons en effet que si les lillois dévalorisent les maisons sans jardin par rapport aux appartements, cela n'est pas le cas pour les brestois et qu'ainsi nous avons la possibilité de retenir les logements en immeuble collectifs comme variable de référence.

2.2.2. Les variables de localisation.

2.2.2.1. Les données du recensement de 1990.

Nous disposons d'un ensemble de données directement issu du recensement de 1990 portant sur les caractéristiques des résidences principales et des populations par communes et par îlots pour la ville de Brest. Le détail des variables disponibles est reporté en annexe.

Le fichier des données du recensement de 1990 pour les communes a été directement ajouté à la base de données modifiée issue du fichier des hypothèques. A chaque transaction portant sur un logement situé en dehors de Brest, on a ajouté la totalité des informations

disponibles concernant les caractéristiques de la population, des ménages et du parc de logements de la commune en question.

Pour ce qui concerne les mutations de logements à l'intérieur de Brest et identifiées par un code d'îlot, nous avons procédé différemment. Nous n'avons pas directement affecté les variables issues du recensement en référence à l'identifiant qu'est l'îlot. L'îlot nous semblait être une unité géographique trop petite pour être prise comme aire de référence des ménages et comme critère de choix des individus surtout si l'on cherche ensuite à apprécier l'influence de la proximité ou de l'éloignement à certains équipements sur les prix des logements et les fonctions d'enchères des ménages. Grâce à une grille identifiant chaque îlot de la ville de Brest selon le quartier (15 au total), nous avons reconstitué une base de données reprenant les caractéristiques de la population et des logements de Brest par quartiers pour ensuite les affecter aux mutations en considération.

2.2.2.2. Le fichier sur les équipements.

Les données fournies par L'ADEUPa représentent un ensemble important de variables portant sur des équipements scolaires, sanitaires, sportifs, de transports, de loisirs ... (Annexe). Chaque variable indique le nombre d'équipements présent sur une commune ou sur un îlot de la ville de Brest. Comme pour les données de recensement, nous avons directement affecté ce fichier à celui des transactions réalisées sur les communes périphériques de Brest et nous avons reconstitué un fichier totalisant les équipements par quartiers pour ensuite l'ajouter à celui des transactions réalisées sur Brest. Comme précédemment l'utilisation de l'îlot nous semblait trop restrictive et la dimension du quartier idéale quant à l'usage d'équipements tels que les équipements scolaires ou des services tels qu'un bureau de poste ou une banque.

Certaines variables révélatrices du niveau d'équipement des quartiers et des communes seront ponctuellement modifiées afin de faciliter leur utilisation économétrique. Ainsi, calculerons-nous le nombre de médecins pour mille habitants ou transformerons-nous certaines variables d'équipements en variables binaires précisant si l'équipement existe sur le territoire de référence ou non.

2.2.2.3. Les coordonnées des centres et la matrice temporelle.

Disposant par ailleurs d'une matrice temporelle de trajet en minutes, l'utilisation d'une matrice des distances était inutile et aurait été vide de sens. Les temps de trajets sont en effet mieux adaptés à l'analyse de l'impact des infrastructures de transport sur les prix fonciers. Compte tenu des différences de densité de population, des possibilités d'utilisation du réseau routier, des degrés d'encombrement entre la ville de Brest, les communes de la Communauté urbaine et les municipalités de l'arrondissement, l'utilisation de la matrice temporelle semblait bien plus efficace et représentative des problèmes de mobilités des agents, qui ne peuvent être sans influence sur les enchères foncières des ménages. La matrice temporelle de transport donne tous les temps de trajets entre l'ensemble des communes de l'arrondissement de Brest et les quartiers de Brest. Cette matrice a été intégrée directement à la base de données définitive sans transformation.

La totalité des coordonnées des centres nous ont été fournies, mais seule la distance au centre de Brest est intéressante à retenir compte tenu de son intérêt théorique et de la référence que cette variable constitue dans tous les modèles de structuration de l'espace. Dans la première partie, nous avons vu comment l'analyse de la structuration urbaine et de localisation résidentielle pouvait être complétée par une approche plus empirique qu'est l'analyse hédonique. Le maintien de cette caractéristique simple définissant la localisation des logements par rapport à une référence unique qu'est le centre ville, permettra ainsi de garder une possibilité d'interprétation plus générale des résultats en référence aux modèles théoriques et une possibilité de comparaison avec d'autres agglomérations.

Enfin en examinant les données du recensement de 1990, nous pouvons voir que les communes du littoral se différencient des autres aussi bien en termes de constitution du parc de logements qu'en termes démographiques. La même observation peut être faite pour la ville de Brest, si l'on se réfère à la composition sociale et aux profils des accédants à la propriété des 15 quartiers de référence. Aussi, avons-nous introduit une variable binaire précisant si la commune est sur le littoral ou si le quartier brestois est localisé au bord de la rade.

2.3. UNE ANALYSE ECONOMETRIQUE PRELIMINAIRE.

2.3.1. Les fonctions de prix simples.

Avant d'entamer l'estimation des fonctions d'enchères des ménages, nous établirons quelques fonctions de prix simples qui auront un double emploi. Ces premières estimations nous permettront de mettre en avant les principales caractéristiques intrinsèques ou de localisation des logements qui influent sur les prix des logements et donc sur les fonctions d'enchères. Mais ces estimations nous permettront aussi de relativiser les résultats obtenus en matière de prix moyens des logements selon les communes ou les quartiers, notamment grâce à l'introduction de notions telles que la distance au centre ou le temps d'accès au centre ville de Brest.

Pour des raisons que nous avons déjà exposées et qui tiennent à la rupture « physique » en termes de parc de logements et donc en termes de mode de vie, nous exposerons des fonctions différenciant la ville de Brest et toutes les autres communes de l'arrondissement. Enfin, dans une optique qui cherche à montrer l'existence d'externalités de voisinage et la tendance lourde selon laquelle les ménages cherchent à se localiser près de leurs semblables, nous introduirons aussi la part de cadres dans la population totale des communes et des quartiers. Variable qui avec la distance au centre s'était révélée majeure dans une précédente étude sur l'agglomération lilloise. Les résultats de ces fonctions de prix simples sont reportés en annexe dans les tableaux n°1 à 13.

a) La taille du logement. Les résultats obtenus sont parfaitement conformes à l'intuition. Les variables descriptives des principales caractéristiques intrinsèques des logements sont très significatives (taille du logement, type du logement, confort du logement, parking, date de la construction). Le prix du logement augmente avec sa surface habitable et avec la taille du jardin. Le tableau n°2.42., reprenant les estimations des coefficients à affecter à la taille des logements et issues des fonctions de prix simples intégrant le temps d'accès au centre ville et la part de cadres dans la communes ou la quartier, montre clairement l'évolution

des prix induite par la pièce supplémentaire. Ces résultats montrent qu'à partir du T6, la taille du logement fait beaucoup moins augmenter le prix du logement et qu'inversement le passage du T1 au T2 est relativement onéreux.

Tableau n°2.42.: Taux de variation des prix des logements selon la taille.

	Brest		Hors Brest	
	taux de variation du prix du logement ⁷	Valeur relative apportée par la pièce supplémentaire	taux de variation du prix du logement	Valeur relative apportée par la pièce supplémentaire
t1	10,95		23,87	
t1 bis	18,13		69,75	
t2	53,37	38,23 ⁸	70,09	37,31
t3	105,69	34,83	121,35	30,13
t4	154,87	23,90	175,38	24,40
t5	214,84	23,52	204,34	10,51
t6	257,19	13,45	224,13	6,5
t7	312,76	15,55	267,07	13,24
t8	319,58	1,65	286,32	5,24
t9	292,08	-6,55	344,64	15,09

Source : Les estimations de références sont issues des fonctions de prix simples intégrant la part de cadres et le temps d'accès au centre. Tableaux n°4 et dans le tableau n°6.

b) Le type de logement. Les coefficients obtenus en matière de typologie des logements (appartement et maisons selon la taille du jardin) doivent être soulignés. On remarque en effet que les maisons sans jardin sont valorisées par rapport aux appartements, et ceci même si l'on considère les prix réalisés de 1991 à 1996 uniquement sur la ville de Brest. Nous pouvons penser que les choix des ménages en matière de localisation résidentielle s'effectuant sur une zone dense et rassemblant donc un ensemble d'aménités typiquement urbaines induisent de la part des consommateurs de logement une adhésion au mode de vie qui l'accompagne et implique une valorisation ou tout du moins une indifférence au fait d'habiter dans un appartement plutôt que dans une maison sans jardin.

Des calculs du même ordre effectués à partir d'une enquête auprès d'agents immobiliers de l'agglomération lilloise avaient donné des résultats contraires et montraient une dévalorisation des maisons sans jardin par rapport aux appartements et ceci quelle que soit la catégorie de ménages en considération (classement par tranches de revenu et par tranches d'âge). Les estimations montraient d'ailleurs que plus les ménages étaient aisés, plus ils valorisaient les appartements par rapport aux maisons sans jardin.

⁷ La situation de référence est le studio.

⁸ Par comparaison au T1.

Tableau n°2.43. : Taux de variation des prix des logements selon le type de logement et selon la taille du jardin.

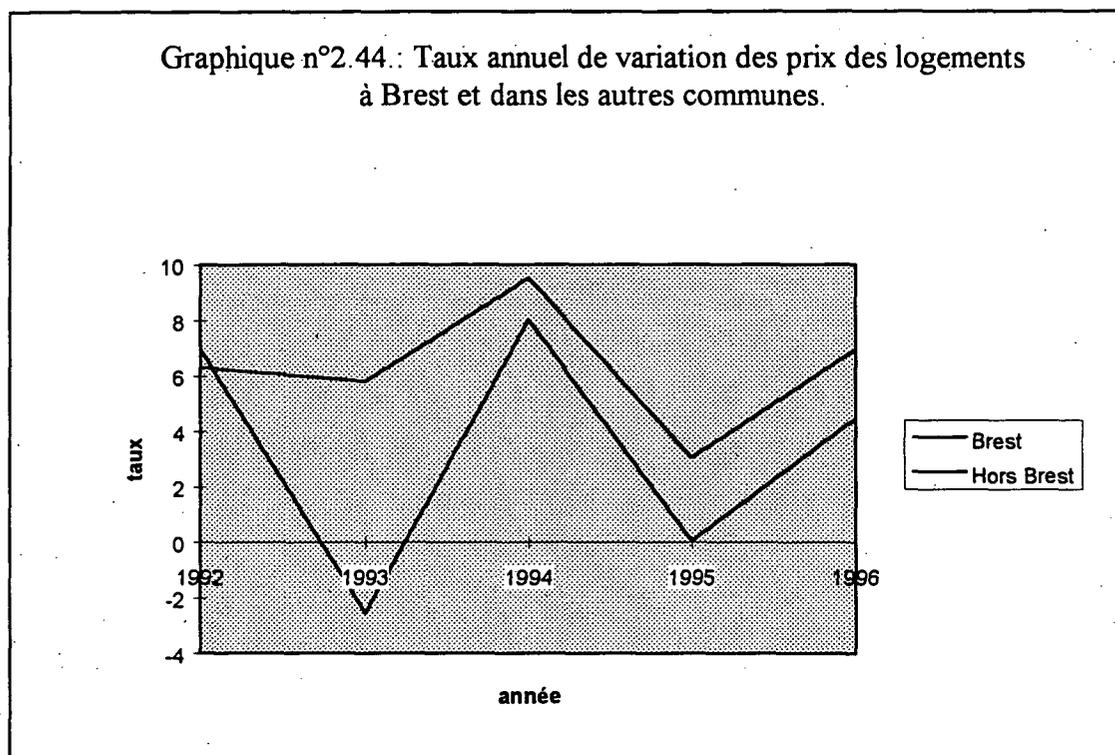
	Brest		Hors Brest	
	taux de variation du prix du logement	Valeur relative apportée par les derniers 100m ² de jardin	taux de variation du prix du logement	Valeur relative apportée par les derniers 100m ² de jardin
maison sans jardin	20,06		4,28	
maison avec un jardin d'environ 100m ²	34,33	11,88	5,29	0,96
maison avec un jardin d'environ 200m ²	48,34	10,42	14,70	8,93
maison avec un jardin d'environ 300m ²	68,92	13,87	25,09	9,05
maison avec un jardin d'environ 400m ²	85,07	9,56	33,38	6,62
maison avec un jardin d'environ 500m ²	92,80	4,17	57,88	18,36

Source : Les estimations de références sont issues des fonctions de prix simples intégrant la part de cadres et le temps d'accès au centre. Tableaux n°4 et 6 en annexe.

Dans l'étape suivante qui consiste à estimer les fonctions d'enchères des ménages, une attention toute particulière devra donc être apportée aux estimations des coefficients affectés à la variable « maison sans jardin ». Sans doute verrons nous apparaître des différences majeures en termes d'estimations relatives des logements, selon que les ménages en considération font partie de catégories socio-professionnelles supérieures ou non.

c) Les autres éléments de confort. Le prix des logements neufs sont plus élevés d'environ 6%. Le fait que le logement ne dispose pas d'éléments de confort sanitaire fondamentaux baisse considérablement le prix du logement. Globalement, nous pouvons dire que les logements sans confort sont deux fois moins chers que les logements disposant d'un confort total. Bien évidemment, cette amplitude de prix ne s'attache pas uniquement à des critères sanitaires. Bien souvent les logements ne disposant pas de ce type d'équipement de base sont vétustes et nécessitent bien d'autres travaux, comme la réfection de l'installation électrique, de l'isolement thermique et phonique...

d) L'année de la mutation. Globalement les prix des logements augmentent dans le temps. On peut même remarquer une sorte de cycle bi-annuel autour d'un trend de hausse (graphique n°2.44.).



Source : Fonctions de prix simples des tableaux n°4 et n°6 en annexe.

Nous devons par ailleurs souligner une différence en termes d'évolution des prix entre la ville de Brest et les autres communes de l'agglomération. Selon nos estimations, les prix des logements sur Brest ont augmentés de 35% de 1991 à 1996 alors que les logements en périphérie ne se sont valorisés que de 17%. Cette augmentation des prix particulièrement élevée en 1994 est sans doute explicable par le développement du marché locatif de petites surfaces en direction des étudiants au début de la décennie⁹.

e) Les notions de proximité au centre de Brest. Les signes des coefficients estimés indiquent très clairement que la proximité au centre, qu'elle soit interprétée en termes de distance ou en termes de temps d'accès, est un élément déterminant de la valorisation des logements.

⁹ Studios-T1 : Chronique d'une chute annoncée. L'Observatoire. Observatoire de l'Habitat et de l'Immobilier du Pays de Brest. N°25, septembre 1997.

De manière générale le temps d'accès semble être le meilleur indice de proximité. Il est d'ailleurs nettement plus satisfaisant quand on étudie exclusivement la ville de Brest. Au contraire l'analyse des prix fonciers sur l'ensemble des communes périphériques, montre que l'utilisation de la distance est plus appropriée. Nous pourrions donc conclure qu'au plus l'on se rapproche du centre-ville, au plus la variable de proximité au centre doit être jugée comme un critère temporel.

Par la suite, nous analyserons les différences de sensibilité à la proximité au centre entre catégories de ménages, définies sur la base de critères économiques et démographiques. Pour ce qui concerne l'ensemble des communes du pays de Brest, une première observation de la répartition des ménages selon la part de cadres comme personnes de référence à partir des données de recensement de 1990 (carte n°2.4.) et des acquéreurs de logements entre 1991 et 1996 (tableau n°2.25.) montrent nettement l'importance de la distance à la ville de Brest. Dans le cas plus limité de Brest, la notion de position par rapport à la mer et à la rade semble être d'une importance toute particulière. La proportion de cadres est en effet plus importante dans les quartiers bénéficiant d'une vue sur mer (carte n°2.36.). Cette autre variable sera donc introduire dans la partie suivante d'estimation des fonctions d'enchères, puisqu'elle semble être d'une portée non négligeable dans les choix de localisation résidentielle des ménages ayant les possibilité d'enchères les plus élevées.

Tableau n°2.45. : Taux de variation des prix des logements selon la distance au centre ville de Brest et selon le temps d'accès.

	Ensemble des communes du pays de Brest	Brest	Hors Brest
variation induite par une augmentation d'une minute du trajet	-0,39%	-6,08%	-0,58%
F de Fisher	52,43	148,80	35,63
variation induite par un éloignement d'un kilomètre	-0,48%	-2,39%	0,88%
F de Fisher	45,28	10,07	44,96

Source : Fonctions de prix simples intégrant la part de cadres. Tableaux n°3, n°4, n°6 et n°8.

f) La part de cadres. Les signes des coefficients estimés dans les fonctions de prix simples montrent que toutes choses égales par ailleurs les prix des logements augmentent avec la part de cadres dans la commune ou le quartier.

Nous devons cependant nous interroger sur la valeur des coefficients selon la variable de proximité utilisée (temps ou distance). Les coefficients liés à la proximité plus élevés

correspondent en effet à des coefficients relatifs à la composition sociale des quartiers plus bas. Ces résultats nous amènent à nous interroger sur la corrélation entre ces deux variables et sur l'endogénéité de l'une sur l'autre. Une attention toute particulière devra donc être portée sur l'utilisation de ces variables de proximité au centre de Brest et de constitution sociale des lieux.

Tableau n°2.46. : Taux de variation des prix des logements selon la part de cadres dans la commune ou le quartier.

Modèle		Ensemble des communes du pays de Brest	Brest	Hors Brest
introduisant le temps d'accès au centre	variation induite par une augmentation d'1% de cadres	0,0305	1,67	2,12
introduisant la distance au centre	variation induite par une augmentation d'1% de cadres	0,031	2,7	1,97

Source : Fonctions de prix simples intégrant la part de cadres. Tableaux n°3, n°4, n°6 et n°8.

2.3.2. Les premiers résultats du modèle.

Dans la première partie qui cherchait à mettre en avant les liens entre la théorie de la localisation résidentielle et l'approche plus empirique qu'est l'analyse hédonique, nous avons décrit la règle de fixation des prix en matière de logement et le principe fondamental du modèle de sélection par l'enchère maximale. Nous avons ainsi exposé l'intérêt d'une segmentation des ménages en grandes catégories. Dans la sous section 4.1. qui expose le modèle économétrique d'estimation des fonctions d'enchères des ménages, nous avons souligné l'importance fondamentale de la catégorisation des accédants à la propriété dans les procédures d'estimations puisque les fonctions d'enchères pour chacune des catégories de ménages retenues.

D'un point de vue théorique comme d'un point de vue empirique, le choix des critères et la méthode retenue pour établir une segmentation des accédants à la propriété du pays de Brest est donc une phase essentielle et décisive dans l'évaluation des fonctions d'enchères. Nous exposerons ici la manière dont les premières segmentations ont été effectuées ainsi que les premières estimations des fonctions d'enchères qui en résultent, avant d'exposer les choix qui seront effectivement retenus compte tenu de l'ensemble des critères dont nous disposons, des caractéristiques de l'urbanisation de bassin d'habitat étudié et de l'expérience

acquise sur une étude portant sur une autre agglomération et de l'originalité de l'environnement étudié.

Tableau n°2.47. : Description des catégories de ménages obtenues par la procédure informatique de classement.

Catégorie	1	2	3	4	5	6
Part de la catégorie dans l'échantillon exploitable	0,95%	19,39%	27,49%	29,26%	20,05%	2,86%
Part des transactions réalisées en dehors de Brest	45,38%	41,57%	39,55%	39,88%	39,93%	100%
agriculteur	51,54%					10%
artisan, commerçant						90%
profession libérale et cadre supérieur					92,01%	
cadre moyen			72,47%			
employé, ouvrier				100%		
militaire			27,53%		7,99%	
retraité		47,41%				
inactif		11,32%				
étudiant	48,46%					
CSP non précisée		41,27%				
plus de 38 ans	1,54%	75,92%	28,94%	33,48%	58,72%	31,54%
moins de 38 ans	98,46%	24,08%	71,06%	66,52%	41,28%	68,46%
pas d'actif dans le ménage	3,07%	4,96%		0,02%		
un actif dans le ménage	33,08%	18,86%	51,36%	50,60%	49,41%	42,56%
deux actifs dans le ménage	23,08%	10,15%	43,53%	45,75%	45,79%	47,95%
nombre d'actifs par ménage non précisé	40,77%	66,03%	3,11%	3,63%	4,8%	9,49%

Source : Fichiers transformé des mutations.

Dans une première étape nous avons tenté de constituer des catégories d'acheteurs en prenant en compte un maximum de renseignements (10 catégorie socio-professionnelles, le nombre d'actifs par ménage et deux tranches d'âges bornées par l'âge médian de notre échantillon d'accédants à la propriété qui est de 38 ans) et en utilisant une méthode de classement informatique. Cette procédure préconisée dans les cas où l'on dispose d'un très grand nombre d'observations, compose des classes disjointes sur la bases des distances euclidiennes calculées d'après une ou plusieurs variables. Les observation sont divisées en classes telles que toutes les observations appartiennent à une classe et à une seule. Cette procédure de calcul a abouti à constituer 6 classes à un niveau de significativité élevé. Mais, un examen minutieux de la constitution des ces six catégories montre qu'il serait difficile de les utiliser dans la suite de nos travaux. Cette classification ne considère en effet que les variables descriptives de la catégorie socio-professionnelle des agents. Les notions relatives à la bi-activité, caractère souvent souligné dans le processus de choix résidentiel et le mouvement de périurbanisation, ou à la composition démographique des ménages, l'âge de la personne de référence pouvant être révélatrices de la présence d'enfants dans la cellule familiale, ne sont

apparemment pas pris en compte. Or, ces deux paramètres sont souvent soulignés comme des éléments fondamentaux des comportements de mobilité et donc de choix résidentiel¹⁰.

Tableau n°2.48.: Récapitulatif des estimations des fonctions d'enchères d'après un classement informatique des ménages.

Variables	Catégorie 1		Catégorie 3		Catégorie 2		Catégorie 4	
	coef	t de Student						
Ecart-type	0,707	73,14	0,533	92.84	0,625	86.25	0,795	70.91
constante	3,78	52,78	4,214	84.03	4,153	71.59	3,894	50.41
appartement	0,097	1,9	-0,13	-3.73	-0,098	-2.40	0,048	0.84
Type 1	0,029	0,47	-0,044	-0.96	-0,078	-1.49	-0,098	-1.49
Type 1bis	0,091	0,85	0,179	2.34	0,161	1.85	0,354	3.52
Type 2	0,407	7,28	0,441	10.75	0,41	8.75	0,283	4.79
Type 3	0,787	14,71	0,809	20.55	0,762	16.96	0,493	8.64
Type 4	0,939	17,5	1,037	26.45	1,043	23.37	0,77	13.65
Type 5	1,135	20,32	1,194	29.4	1,232	26.62	1,068	18.28
Type 6	1,158	18,57	1,243	28	1,302	25.82	1,33	21.21
Type 7	1,264	15,72	1,241	21.44	1,333	20.81	1,446	18.86
Type 8	1,265	11,17	0,998	10.54	1,39	16.09	1,487	14.45
Type 9	1,212	9,05	1,012	9.42	1,321	13.20	1,559	14.04
maison avec un jardin d'environ 100 m ²	0,008	0,14	0,105	2.96	0,024	0.57	0,213	3.57
maison avec un jardin d'environ 200 m ²	0,134	2,46	0,223	6.15	0,211	4.93	0,402	6.55
maison avec un jardin d'environ 300 m ²	0,136	2,38	0,249	6.54	0,284	6.38	0,541	8.51
maison avec un jardin d'environ 400 m ²	0,17	2,62	0,22	4.99	0,299	5.90	0,622	8.75
maison avec un jardin d'environ 500 m ²	0,296	5,35	0,253	6.63	0,358	8.10	0,88	14.19
parking	0,307	9,76	0,284	12.5	0,266	10.11	0,206	5.44
garage	0,283	11,96	0,242	14.83	0,228	12.06	0,24	9.35
situation en périphérie	0,14	4,87	-0,064	-3.32	-0,118	-5.19	-0,309	-10.12
Log-vraisemblance	-3662		-2753		-3837		-4279	
Nombres d'observations	2810		3984		3742		2730	

Fichier transformé des mutations.

Les résultats de ce classement informatique donnent des groupes de ménages de tailles totalement différentes et qui rendent l'exploitation de certaines difficile voire impossible (comme la catégorie 1 et 6, tableau n°2.47.). La première catégorie représente à peine 1% de

¹⁰ Comportement de mobilité et évolution de l'organisation urbaine. Groupe d'Etudes des Représentations de la Mobilité et de l'Espace Brest 1997.

notre échantillon et est à la fois composée d'agriculteurs et d'étudiants. La sixième catégorie représente quant à elle moins de 3% des observations, correspondant à des achats effectués par des artisans ou des commerçants, catégorie socio-professionnelles auxquelles comme pour les agriculteurs, il est difficile de faire correspondre une tranche de revenu. Avant d'entamer l'analyse des coefficients et l'examen de quelques prix d'enchères estimés, soulignons l'évolution de la constante et de l'écart-type entre les trois catégories de ménages différenciables en termes de revenus.

Tableau n°2.49.: Récapitulatif des estimations des fonctions d'enchères d'après un classement informatique des ménages.

Variables	Catégorie 1		Catégorie 3		Catégorie 2		Catégorie 4	
	retraités et inactifs		ouvriers et employés		cadres moyens		cadres supérieurs	
	coef	t de Student	coef	t de Student	coef	t de Student	coef	t de Student
Ecart-type	0,686	67,68	0,5	88,28	0,583	82,56	0,741	68,45
Constante	4,53	76,32	5,155	137,35	5,096	116,83	4,585	72,48
Appartement	0,142	2,59	-0,194	-5,53	-0,19	-4,59	-0,004	-0,07
Studio	-0,89	-13,86	-0,862	-19,06	-0,76	-15,63	-0,551	-8,79
Type 1	-0,698	-16,91	-0,799	-26,23	-0,798	-22,54	-0,587	-12,75
Type 1bis	-0,58	-6,1	-0,505	-7,98	-0,52	-7,01	-0,11	-1,29
Type 2	-0,363	-11,16	-0,351	-15,69	-0,336	-12,91	-0,215	-5,99
Type 4	0,183	6,76	0,232	12,88	0,278	13,20	0,276	9,09
Type 5	0,403	12,94	0,392	18,94	0,454	18,97	0,546	16,22
Type 6	0,444	10,5	0,442	16,14	0,527	17,04	0,779	19,16
Type 7	0,508	7,18	0,476	10,27	0,583	11,62	0,949	15,92
Type 8	0,489	4,18	0,19	2,02	0,66	8,59	0,988	10,79
Type 9	0,459	3,38	0,13	1,16	0,522	5,63	0,991	9,91
maison avec un jardin d'environ 100 m ²	0,025	0,43	0,061	1,69	-0,004	-0,103	0,186	3,1
maison avec un jardin d'environ 200 m ²	0,166	2,85	0,201	5,48	0,18	4,19	0,355	5,78
maison avec un jardin d'environ 300 m ²	0,156	2,59	0,256	6,68	0,289	6,51	0,494	7,83
maison avec un jardin d'environ 400 m ²	0,164	2,36	0,27	6,09	0,341	6,76	0,607	8,59
maison avec un jardin d'environ 500 m ²	0,264	4,42	0,271	6,95	0,398	8,94	0,868	14
Parking	0,309	9,49	0,288	12,62	0,264	10,05	0,206	5,49
Garage	0,283	11,54	0,229	14,05	0,214	11,43	0,223	8,83
Distance au centre de Brest	0,008	5,29	-0,012	-11,01	-0,017	-13,35	-0,024	-14,24
log-vraisemblance	-3176,48		-2214		-3211		-3718	
Nombre d'observations	2810		3742		3984		2730	

Source : Fichier transformé des mutations.