

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL
FACULTÉ DE DROIT ET DES SCIENCES ÉCONOMIQUES

ÉVALUATION MONÉTAIRE DES ATTEINTES
À L'ENVIRONNEMENT:
UNE ÉTUDE HÉDONISTE ET CONTINGENTE
SUR L'IMPACT DES TRANSPORTS

THÈSE

PRÉSENTÉE À LA FACULTÉ DE DROIT ET DES SCIENCES ÉCONOMIQUES
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES ÉCONOMIQUES

PAR
NILS SOGUEL

Imprimerie de l'Évêque SA Neuchâtel
1994

Monsieur Nils SOGUEL est autorisé à imprimer sa thèse de doctorat
ès sciences économiques intitulée :

"Evaluation monétaire des atteintes à l'environnement : une étude hédoniste et
contingente sur l'impact des transports".

Il assume seul la responsabilité des opinions énoncées.

Neuchâtel, le 9 novembre 1993.

Le Doyen
de la faculté de droit
et des sciences économiques

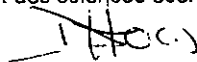

D. Haag

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	V
1 INTRODUCTION	1
2 ANALYSE ÉCONOMIQUE DES ATTEINTES À L'ENVIRONNEMENT	5
2.1 NATURE DE LA VALEUR DES BIENS D'ENVIRONNEMENT	5
2.1.1 Valeur d'usage	5
2.1.2 Valeur d'option	7
2.1.3 Valeur d'existence	8
2.2 MESURE DES VARIATIONS DE BIEN-ETRE LIÉES AUX ATTEINTES À L'ENVIRONNEMENT	10
2.2.1 Mesure marshallienne de l'utilité et du surplus	10
2.2.2 Courbes de demande compensées, variations compensatrice et équivalente	14
2.2.3 Comparaison des mesures marshallienne et hicksiennes	17
2.2.4 Agrégation des mesures individuelles	19
2.3 MÉTHODES D'ÉVALUATION FONDÉES SUR LES PRÉFÉRENCES INDIVIDUELLES	22
2.3.1 Approche psychométrique	23
2.3.1.1 Approche institutionnelle	23
2.3.1.2 Approche contingente	24
2.3.1.2.1 Evaluation contingente	25

2.3.1.2.2	Classement contingent	25
2.3.2	Approche économétrique	26
2.3.2.1	Dépenses d'assainissement	26
2.3.2.2	Coût du déplacement	28
2.3.2.3	Prix hédonistes	29
3	EVALUATION HÉDONISTE DES NUISANCES SONORES	31
3.1	ASPECTS TECHNIQUES ET EFFETS DU BRUIT	31
3.1.1	Mesure	32
3.1.2	Effets	33
3.1.2.1	Effets auditifs	33
3.1.2.2	Effets non auditifs	33
3.1.2.2.1	Effets physiologiques	33
3.1.2.2.2	Effets psychosociologiques	33
3.1.3	Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB)	35
3.2	MÉTHODE DES PRIX HÉDONISTES IMMOBILIERS	37
3.2.1	Développements historiques	37
3.2.2	Hypothèses et contraintes	42
3.2.2.1	Perception des variations qualitatives	42
3.2.2.2	Situation d'équilibre	43
3.2.2.3	Identification de la fonction de disposition à payer	45
3.2.2.4	Segmentation du marché du logement	46
3.2.2.5	Rôle de la fonction d'utilité	47
3.2.3	Résultats empiriques	48
3.3	PRIX HÉDONISTE DES NUISANCES SONORES SUR LE MARCHÉ NEUCHÂTELOIS DU LOGEMENT	52
3.3.1	Présentation de la démarche hédoniste	52
3.3.2	Choix de la spécification	52
3.3.3	Base de données	56
3.3.4	Estimation de la fonction hédoniste	59
3.3.4.1	Résultats de l'analyse de régression	59
3.3.4.2	Interprétation des résultats de la régression	62
3.3.5	Estimation de la fonction de demande inverse	65
3.3.6	Coût des nuisances sonores du trafic routier en Ville de Neuchâtel	70
3.3.7	Validité des résultats de l'analyse hédoniste	72

4	EVALUATION CONTINGENTE DE LA RUPTURE SPATIALE	75
4.1	EFFETS DE LA RUPTURE SPATIALE	75
4.1.1	Composants et fonctions de la trame piétonne	76
4.1.2	Conséquences du conflit piéton – trafic	76
4.2	MÉTHODE DE L'ÉVALUATION CONTINGENTE	79
4.2.1	Aperçu historique	79
4.2.2	Présentation de la démarche contingente	82
4.2.3	Problématique des biais	84
4.2.3.1	Biais informationnel	85
4.2.3.2	Biais hypothétique	86
4.2.3.3	Biais instrumental	86
4.2.3.4	Biais d'initialisation	87
4.2.3.5	Biais stratégique	87
4.2.3.6	Biais d'échantillonnage et d'exécution	88
4.2.3.7	Biais d'inférence	89
4.2.3.7.1	Stabilité des préférences dans le temps et dans l'espace	89
4.2.3.7.2	Influence de la séquence d'évaluation	90
4.2.3.7.3	Effet d'encastrement	90
4.2.4	Disposition à payer VS disposition à accepter	91
4.3	EVALUATION CONTINGENTE DE LA RUPTURE SPATIALE À NEUCHÂTEL	95
4.3.1	Présentation de l'enquête et du questionnaire	95
4.3.1.1	Chronologie de l'étude	95
4.3.1.2	Echantillonnage et validité des questionnaires	95
4.3.1.2.1	Formation de l'échantillon	95
4.3.1.2.2	Énoncé et contrôle des conditions de validité	97
4.3.1.3	Articulation du questionnaire	97
4.3.2	Résultats du processus d'enchères	102
4.3.3	Choix d'un modèle d'analyse des enchères	104
4.3.4	Estimation de la fonction de disposition à payer pour éviter la rupture spatiale	106
4.3.4.1	Sélection des variables	106
4.3.4.2	Résultats de l'analyse de régression	108
4.3.4.3	Interprétation des résultats de la régression	111
4.3.5	Coût de la rupture spatiale en Ville de Neuchâtel	112
4.3.5.1	Coût selon le comportement de l'enquêté	112
4.3.5.2	Extrapolation	114

4.3.6	Analyse de quelques biais	115
4.3.6.1	Biais informationnel	115
4.3.6.2	Biais hypothétique	116
4.3.6.3	Biais d'initialisation	117
4.3.6.4	Biais stratégique	119
4.3.6.5	Biais d'échantillonnage	120
4.3.7	Validité des résultats de l'analyse contingente	122
4.3.7.1	Respect des conditions opératoires de référence	122
4.3.7.2	Existence de biais potentiels	123
5	COMPARAISON DES MÉTHODES HÉDONISTE ET CONTINGENTE	125
5.1	VALIDITÉ EXTERNE DES RÉSULTATS	125
5.1.1	Modèle comparatif des estimations hédoniste et contingente	126
5.1.2	Etudes comparatives	128
5.2	AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DEUX MÉTHODES	130
6	CONCLUSION	133
	ANNEXES	135
3-1	Liste des variables recensées	137
3-2	Distributions de fréquence des variables numériques	139
3-3	Matrice des corrélations simples de l'équation hédoniste du loyer	145
4-1	Respect des critères d'échantillonnage	147
4-2	Présentation de l'enquête	149
4-3	Sensibilité environnementale de la personne interrogée	151
4-4	Situation avec rupture de l'espace urbain (photographies E)	153
4-5	Proposition d'une voie routière souterraine (carte F)	155
4-6	Situation sans rupture de l'espace urbain (photographies G)	157
4-7	Possibilité d'extension de la zone piétonne (carte H)	159
4-8	Caractéristiques socio-économiques de la personne interrogée	161
4-9	Protocole de l'entretien	163
4-10	Matrice des corrélations simples des équations de la DAP pour éviter la rupture spatiale	165
4-11	Conditions opératoires de référence	167
	BIBLIOGRAPHIE	171

AVANT-PROPOS

Cette thèse a pris forme durant mes cinq ans d'assistantat à l'Institut de recherches économiques et régionales (IRER) de l'Université de Neuchâtel et au cours de ma période de visiteur académique au Département d'économie du University College London (UCL). L'étude «Coûts sociaux du trafic urbain: évaluation monétaire et politiques correctives» réalisée par l'IRER dans le cadre du Programme national de recherche 25 «Ville et transports» a fourni le support empirique nécessaire.

Je suis redevable de ces opportunités au Prof. Claude Jeanrenaud, de même que de ses conseils. Je tiens à lui exprimer ici ma sincère gratitude. Je remercie également le Prof. David Pearce et le Dr Anil Markandya de leur accueil à UCL. Je souhaite ensuite témoigner des contributions que plusieurs membres de l'IRER ont apportées à ma réflexion. Ces remerciements s'adressent en particulier à Pascal Grosclaude: l'administration et le traitement des questionnaires de l'analyse contingente nous auront donné l'occasion d'une amicale collaboration. Enfin, ma reconnaissance affectueuse va à Antonella Simonetti pour ses patientes relectures aux différents stades de ma recherche.

Malgré les nombreuses aides extérieures dont j'ai pu bénéficier, des erreurs ou des inexactitudes subsistent certainement. Bien entendu, j'en assume seul la responsabilité.

N.S.

INTRODUCTION

La plupart des biens d'environnement sont également des biens publics. Ces éléments naturels (e.g. eau, air, sites, faune, flore) ou ces conditions naturelles (silence, climat, conditions écologiques, etc.) échappent aux mécanismes du marché et n'ont par conséquent pas de prix. Les agents économiques peuvent en disposer gratuitement sans tenir compte des atteintes qu'ils infligent à l'environnement et, à travers lui, à la collectivité (pollution, encombrement, raréfaction). On parle alors de déséconomies externes puisque les victimes de ces nuisances ne reçoivent pas de compensation de la part de ceux qui les créent. Le fait que ni les entreprises, ni les consommateurs n'aient à supporter ces coûts externes les incite à soumettre l'environnement à une pression supérieure à celle qu'ils exerceraient si ces biens n'étaient pas gratuits.

Cette absence de prix ne signifie pourtant pas que les biens d'environnement n'ont pas de valeur: leur consommation contribue, souvent de manière déterminante, à la satisfaction des individus. Ce constat a permis d'imaginer des alternatives au marché pour estimer les atteintes à l'environnement. En se fondant sur la théorie du bien-être, les recherches se sont orientées dans deux directions.

L'*approche économétrique* fut la première à être développée. Elle consiste à analyser les relations existant entre la qualité environnementale et les biens marchands. Parfois, ces derniers offrent des substituts à la demande des individus en matière d'environnement. La méthode la plus représentative de cette approche est la *méthode des prix hédonistes*. Admettons que différents biens marchands (appartenant à une même catégorie) incorporent une même composante environnementale, mais dont la qualité varie. Une différence de prix doit apparaître sur le marché et refléter les préférences pour une meilleure qualité d'environnement. Cette différence correspond au prix hédoniste (ou

implicite) de la composante en question. Cette méthode nous a permis d'évaluer le coût des *nuisances sonores* provoquées par le trafic routier en *Ville de Neuchâtel*. En effet, la valeur des appartements ne reflète pas uniquement leurs caractéristiques architecturales (taille et confort), mais aussi les modifications de leur environnement à travers le temps ou l'espace, y compris leur environnement sonore. Une fonction de prix peut être estimée. Sa dérivée partielle permet de déterminer le prix marginal implicite de n'importe quelle caractéristique déterminante, y compris le bruit. Ce type d'étude a déjà été réalisé à plusieurs reprises, principalement aux Etats-Unis et plus rarement en Suisse.

L'approche *psychométrique* est apparue plus tardivement. Elle consiste à questionner directement les individus sur la valeur qu'ils attribuent à un bien d'environnement. La version la plus séduisante et la plus discutée de l'approche -l'évaluation contingente- utilise des enquêtes par questionnaire pour recueillir l'information. Elle repose sur un marché hypothétique où s'échange la caractéristique que l'on cherche à estimer. Cette dernière peut y être achetée par les personnes interrogées au cours d'un processus d'enchères. Cette méthode a permis d'évaluer l'impact de la *rupture spatiale* créée par les voies de circulation à fort trafic entourant le centre historique et commerçant de Neuchâtel. Ce phénomène est très diffus et son évaluation nécessite une analyse spécifique que seule permet l'évaluation contingente. A notre connaissance, il s'agit de la première tentative d'estimation de cette atteinte. En outre, l'évaluation contingente n'a connu que quelques applications en Suisse, surtout dans le domaine du bruit et des forêts.

Bien que reposant sur les mêmes fondements théoriques, chacune des deux méthodes présente différents avantages et inconvénients. La méthode des prix hédonistes bénéficie d'un fort crédit scientifique et a été appliquée à plusieurs reprises avec succès. Cependant, son champ d'utilisation dépend de l'existence d'un marché de substitution et d'informations sur un nombre suffisant de transactions. La méthode de l'évaluation contingente offre l'avantage de générer ses propres données; elle peut donc fournir des estimations là où les autres techniques restent impuissantes. Elle est critiquée pour sa prédisposition à des biais dus à l'aspect hypothétique du marché proposé et au comportement stratégique qui peut apparaître chez les personnes interrogées. Ce problème n'existe pas avec la technique hédoniste: les individus prennent leurs décisions en étant par définition bien informés, en considérant leur contrainte budgétaire et les conséquences d'un choix erroné. Par contre, il est nécessaire de recourir à plusieurs hypothèses contraignantes au moment de l'analyse des données provenant du marché (e.g. forme de la relation entre le prix et ses déterminants).

Nous avons cherché à souligner les forces et les faiblesses des deux méthodes, sous un angle à la fois théorique et empirique. On s'est également efforcé de montrer que ces techniques ne sont pas concurrentes, mais complémentaires. Leur utilisation conjointe permet de corroborer leurs résultats ou d'estimer

différentes dimensions d'un même impact lorsque aucune ne parvient à couvrir seule l'ensemble des pertes occasionnées.

Les principes de l'analyse économique des atteintes à l'environnement sont abordés au chapitre 2. Dans un premier temps, la notion de valeur liée aux biens d'environnement est analysée. En effet, cette valeur ne découle pas des seuls bénéfices d'usage, mais comprend souvent une dimension optionnelle et d'existence qui selon le bien considéré est importante. Ensuite, la question fondamentale de la définition et de la mesure des variations de bien-être est examinée afin d'établir la base théorique nécessaire aux évaluations empiriques. La fin du chapitre présente les différentes méthodes permettant d'estimer les atteintes à l'environnement, suivant qu'elles relèvent d'une approche économétrique ou d'une approche psychométrique.

Le chapitre 3 consacré à l'évaluation hédoniste des nuisances sonores et le chapitre 4 présentant l'évaluation contingente de la rupture spatiale sont structurés de la même manière. Leurs premières parties abordent les aspects techniques et les effets de l'atteinte considérée. Ensuite, l'historique, les résultats empiriques et les difficultés des deux méthodes sont développés, suivis des études de cas en Ville de Neuchâtel¹. Les travaux d'enquêtes (en particulier pour l'évaluation contingente) sont relatés, suivis de leurs résultats. Une analyse de régression permet de déterminer l'influence de différentes variables sur la disposition à payer pour éviter ces deux atteintes et de calculer leur coût. Ces résultats font enfin l'objet d'une analyse critique afin de tester leur validité interne.

Le chapitre 5 s'intéresse à la validité externe des deux méthodes et de leurs résultats. Il présente un modèle permettant d'expliquer les différences pouvant surgir lorsque les deux techniques sont utilisées pour évaluer un même bien d'environnement dans un même contexte. Les conclusions du modèle sont comparées aux résultats obtenus lors d'études précédentes. Ce chapitre s'achève par une comparaison des avantages et des inconvénients des deux méthodes.

¹ Ces deux évaluations ont été réalisées dans le cadre d'une étude plus large, mandatée par le Fonds national suisse de la recherche scientifique, sur le coût externe du trafic à Neuchâtel (Jeanrenaud *et al.* 1993).

ANALYSE ECONOMIQUE DES ATTEINTES A L'ENVIRONNEMENT

2.1 NATURE DE LA VALEUR DES BIENS D'ENVIRONNEMENT

Les divers avantages qu'offre un bien d'environnement déterminent sa valeur économique. Les estimations ont souvent porté uniquement sur ceux d'utilisation. Depuis quelques années, la réflexion s'est étendue à d'autres avantages – valeurs d'option et d'existence– (fig. 2-1).

2.1.1 VALEUR D'USAGE

La *valeur d'usage* recouvre l'ensemble des avantages procurés directement par les biens d'environnement. Cet usage revêt différentes formes et donne naissance à plusieurs types d'avantages: valeurs de consommation, de contemplation ou de production.

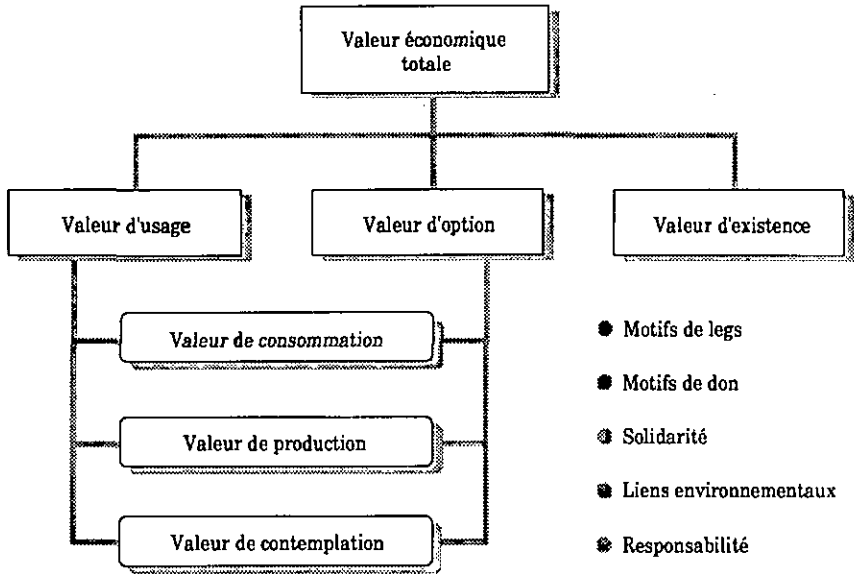
Les «activités de chasse et de cueillette» (y compris celles exercées à titre récréatif) offrent des *avantages de consommation*¹. Les biens prélevés ne subissent aucune transformation et sont consommés immédiatement. Cette utilisation «active» s'accompagne souvent d'une détérioration temporaire ou définitive de l'environnement.

La production de biens ou de services recourt à des biens environnementaux comme inputs (matières premières, ressources énergétiques) ou comme outputs

¹ Ces activités incluent la consommation de ressources comme l'air ou l'eau.

(support pour le rejet de produits liés: fumées, bruit, déchets, etc.). Ces *avantages de production* constituent également une utilisation «active» des milieux naturels.

Figure 2-1
Valeur économique totale d'un bien d'environnement



Ces deux usages «matériels» et «actifs» (consommation et production) concurrencent les *avantages de contemplation*². Cette composante de la valeur découle de la satisfaction qu'éprouvent les individus à admirer la faune, la flore ou les paysages *in situ* (e.g. promenade ou observation) ou par l'intermédiaire des médias (littérature, peinture, cinéma, etc.). Cette utilisation reste «passive» puisque les avantages subsistent après usage.

² Certains auteurs, comme Boyle et Bishop (1985), parlent de valeur de non-consommation (*non consumptive use value*).

2.1.2 VALEUR D'OPTION

L'environnement offre des avantages potentiels: savoir qu'un bien naturel existera toujours lorsque l'on voudra l'utiliser constitue un avantage et accroît sa valeur. Ces avantages correspondent à une *valeur d'option*³. Celle-ci apparaît lorsque les individus ignorent quelle sera leur demande future ou lorsque la disponibilité future du bien n'est pas assurée. Elle se distingue de la valeur d'utilisation par le fait qu'elle ne repose pas sur l'utilisation effective de l'environnement, mais sur l'incertitude actuelle de cet usage potentiel futur.

S'agissant de la *demande*, les individus peuvent douter de leur revenu attendu ou de leurs préférences futures pour l'environnement. Schmalensee (1972) a montré que la valeur d'option pouvait être positive, nulle ou négative selon l'attitude des individus face au risque.

L'incertitude provient pourtant davantage de l'*offre*. Les pressions exercées sur l'environnement rendent souvent sa disponibilité future aléatoire. Bishop (1982) a démontré qu'en partant d'une hypothèse d'individus hostiles au risque la valeur d'option est positive⁴. Il souligne cependant que le signe change lorsque l'attitude face au risque se modifie.

En ajoutant l'incertitude de l'offre à celle de la demande et en introduisant différentes attitudes face au risque, on ne peut dire *a priori* si les avantages optionnels d'un bien d'environnement lui donnent une valeur positive ou non.

Certains auteurs distinguent une *valeur de quasi-option*⁵: préserver l'environnement pour une exploitation future que permettraient les progrès scientifiques (e.g. dans les domaines pharmaceutique ou biotechnologique) offre des avantages. Par exemple, les espèces animales et végétales des forêts tropicales pourraient à terme entrer dans la composition de nouveaux médicaments. Se réserver la possibilité de disposer de ces ressources lorsque les

³ Le concept de valeur d'option a été introduit par Weisbrod (1964, p.472): «[We] need recognize the existence of people who anticipate purchasing the commodity (visiting the park) at some time in the future, but who, in fact, never will purchase (visit) it (...) if these consumers behave as "economic men" they will be willing to pay something for the option to consume the commodity in the future. This "option value" should influence the decision of whether or not to close the park and turn it to an alternative use».

⁴ Il suit en cela l'idée émise précédemment par Cicchetti et Freeman (1971) selon laquelle une valeur d'option existe dans le cas d'une incertitude relative à l'offre.

⁵ On trouve les premières traces de cette notion chez Krutilla (1967, p.781): «Since only a relatively small part of the potential medicinal value of biological specimens has yet been realized, preserving the opportunity to examine all species among the natural biota for this purpose is a matter of considerable importance». Pour une synthèse, voir Fisher et Hanemann (1987).

connaissances scientifiques permettront d'en faire le meilleur des usages implique une valeur de quasi-option toujours positive.

2.1.3 VALEUR D'EXISTENCE

Même s'ils savent qu'ils n'auront jamais la possibilité de bénéficier d'un bien d'environnement, les individus peuvent attribuer une valeur au seul fait qu'il existe. Cette valeur est appelée par la plupart des auteurs *valeur intrinsèque* ou *valeur d'existence*. Ce concept reste controversé et sa portée n'est pas encore communément admise⁶. Selon Bishop et Heberlein (1984), cette valeur se fonde sur cinq motivations altruistes :

- a) *Matifs de legs*: L'individu souhaite souvent léguer aux générations futures un environnement préservé pour qu'elles aient la possibilité d'en bénéficier à leur tour. Ceci s'apparente à la volonté de transmettre son propre héritage et correspond à une solidarité entre générations⁷;
- b) *Matifs de don*: Cette motivation présente des similitudes avec la précédente. Ici, le récipiendaire est une personne vivante (parente ou amie)⁸;
- c) *Solidarité avec les êtres humains et les espèces animales*: Indépendamment de l'existence ou non d'un motif de legs ou de don, beaucoup souhaitent qu'êtres humains et animaux puissent vivre dans un environnement préservé. Cette forme de solidarité dépend du contexte culturel. Cependant, de nombreuses personnes répondent favorablement lorsqu'on les sollicite pour un don en faveur de populations déshéritées ou d'espèces menacées;
- d) *Liens environnementaux*: Des liens puissants existent à l'intérieur et entre les écosystèmes. Les individus utilisent souvent des biens d'environnement dont ils savent l'existence liée à celle d'autres biens, mais dont ils ne se servent pas

⁶ Krutilla (1967) a le premier émis l'idée d'un concept différent de la valeur d'option. Les individus attribuent selon lui une valeur à certains biens d'environnement même s'ils savent ne jamais pouvoir ou vouloir les utiliser. Cette notion est reprise et développée par Krutilla et Fisher (1975, pp. 123 et 124). S'ils ne contestent pas l'existence d'une telle valeur, certains auteurs, parmi lesquels Kahneman et Knetsch (1992), mettent en doute la possibilité de l'estimer.

⁷ Certains auteurs, comme Pearce et Turner (1990, p. 135), y voient une valeur d'usage pour les générations futures. Ils n'excluent pourtant pas que ces dernières puissent à leur tour n'attribuer qu'une valeur d'option ou d'existence à ces biens d'environnement.

⁸ De nouveau, certains y voient davantage une valeur d'usage qu'une valeur d'option ou d'existence.

directement. Ils peuvent alors attribuer une valeur intrinsèque à ces derniers⁹;

- e) *Responsabilité face à l'environnement*: Cette motivation à caractère éthique dépasse la solidarité avec les être humains et les espèces animales. Dans ce cas, les individus se sentent investis d'une mission de gestion de la planète, de protection des écosystèmes ou des biotopes incapables de faire face aux pressions dont ils sont l'objet¹⁰.

La *valeur économique totale* correspond à l'ensemble des avantages d'utilisation, d'option, et d'existence. Toutefois, «il est clair que la valeur d'existence peut être une composante importante, (...) en particulier lorsque l'objet de l'évaluation est unique et de ce fait non reproductible» (Pearce et Markandya 1989, p.26). Or, cette valeur reste souvent exclue des estimations. Les économistes sont habitués à raisonner en termes d'utilité individuelle et éprouvent des difficultés à appréhender les comportements altruistes. En tenir compte rend le processus d'évaluation plus complexe, mais ne l'empêche pas. On peut imaginer introduire dans la réflexion les motifs de dons ou de solidarité: le bien-être ne dépend plus uniquement de la satisfaction de l'individu, mais aussi de celle d'autres membres de la collectivité.

⁹ Voir à ce sujet l'Hypothèse Gaïa émise par Lovelock (1979). Selon cette hypothèse, la planète Terre (en grec *Gaia*) fonctionne comme un «écosystème géant», un système unique. La disparition d'un élément naturel peut menacer l'équilibre de l'ensemble.

¹⁰ Ceci est souligné par Bodmer (1990, pp.3 et 4): «Les normes éthiques ne constituent un élément possible du contrôle de l'action que pour les humains. (...) des égards envers des inconnus (...) n'ont lieu que chez les humains, parce qu'eux seuls sont doués d'un pouvoir d'abstraction qui leur permet de saisir l'importance d'un tel comportement pour la vie en communauté et d'adopter une norme intérieure qui les y induit».

2.2 MESURE DES VARIATIONS DE BIEN-ETRE LIEES AUX ATTEINTES A L'ENVIRONNEMENT

La *théorie économique du bien-être* constitue un cadre d'analyse privilégié pour résoudre le problème de la valorisation des biens d'environnement. Cette approche mesure l'impact des changements de qualité environnementale sur le bien-être collectif à partir d'évaluations individuelles et de leur sommation¹¹.

«To judge this effect we must ultimately rely on the individual's own evaluation of his mental state. So the broad principle is that we measure his change in welfare as he would himself value it; that is, we ask what he would be willing to pay (...) to avoid the cost» (Layard 1972, p. 10).

Elle s'appuie sur un certain nombre de concepts relevant de la théorie de la demande, en particulier sur celui du *surplus du consommateur*. Cette notion introduite par Dupuis (1844) et développée par Marshall (1920) permet une première approximation de la valeur. D'autres mesures du surplus sont venues s'y ajouter ou s'y substituer, notamment les *variations équivalente* et *compensatrice*. Il convient de déterminer dans quelle mesure et à quelles conditions l'on peut y recourir. Ces notions seront développées en considérant d'emblée la qualité de l'environnement comme un bien public¹².

2.2.1 MESURE MARSHALLIENNE DE L'UTILITE ET DU SURPLUS

Définissons une fonction d'utilité individuelle où la qualité de l'environnement, Q , apparaît explicitement :

$$U = U(X, Q) \quad (2-1)$$

et où $X = (x_1, \dots, x_n)$ représente les biens marchands consommés. La fonction d'utilité U est continue, croissante et quasi-concave. Par ailleurs, la contrainte budgétaire individuelle, correspondant aux dépenses de consommation, est donnée par

$$PX = Y \quad (2-2)$$

¹¹ Une autre approche consiste à définir une fonction d'utilité sociale devant permettre de classer les préférences de la collectivité. Il s'agit de jugements à caractère tutélaire qui sont toujours délicats à formuler dans une société démocratique.

¹² La majorité des ouvrages aborde le problème sous l'angle des biens privés: les variations de bien-être résultent des variations de prix des biens consommés. Le cas des biens publics est traité par comparaison et souvent de façon superficielle. Quelques auteurs lui consacrent d'avantage d'attention, en particulier Måler (1974) et plus récemment Johansson (1987) ou Pommerehne (1987b). Cette partie se réfère à ces trois ouvrages.

$P=(p_1, \dots, p_n)$ représente les prix des n biens marchands et Y le revenu monétaire du ménage.

En maximisant (2-1) sous contrainte (2-2), on peut déduire une série de fonctions de demande ordinaires (marshalliennes)¹³

$$X = X(P, Y, Q) \quad (2-3)$$

Les quantités optimales de X demandées par un individu dépendent non seulement des prix P et de son revenu Y , mais aussi de la qualité environnementale (à travers le rapport des utilités marginales). La substitution des fonctions de demande ordinaires (2-3) dans la fonction d'utilité directe (2-1) conduit à la fonction d'utilité indirecte

$$\begin{aligned} V = V(P, Y, Q) &= \max_x \{U(X, Q) \mid Y - PX = 0\} \\ &= U(X(P, Y, Q), Q) \end{aligned} \quad (2-4)$$

Cette fonction nous indique le niveau d'utilité maximal atteignable compte tenu de P , de Y et de Q . La figure 2-2 illustre cette relation (X correspond aux biens privés, mais peut être considéré comme le numéraire). Le niveau de consommation de X' s'établit au niveau fixé par le revenu Y compte tenu des prix P et assure un niveau d'utilité U' que permet la qualité environnementale Q' . Si, par une réduction des atteintes à l'environnement, cette qualité s'élève à Q'' , on se situe à un niveau d'utilité supérieure U'' (fig. 2-2a). Ce passage peut également être représenté le long de la fonction d'utilité indirecte V : le niveau d'utilité maximal atteignable augmente de V' à V'' (fig. 2-2b).

La dérivée de (2-4) par rapport à Q indique l'impact d'une variation de la qualité environnementale sur l'utilité et correspond à la valeur marginale de cette qualité:

$$\frac{\partial V(P, Y, Q)}{\partial Q} = \frac{\partial U(X(P, Y, Q), Q)}{\partial Q} \quad (2-5)$$

Le niveau optimal de consommation de X peut donc être influencé par la variation de Q . Si Q était un bien privé, une modification de la structure de consommation, e.g. engendrée par un changement des prix relatifs, donnerait

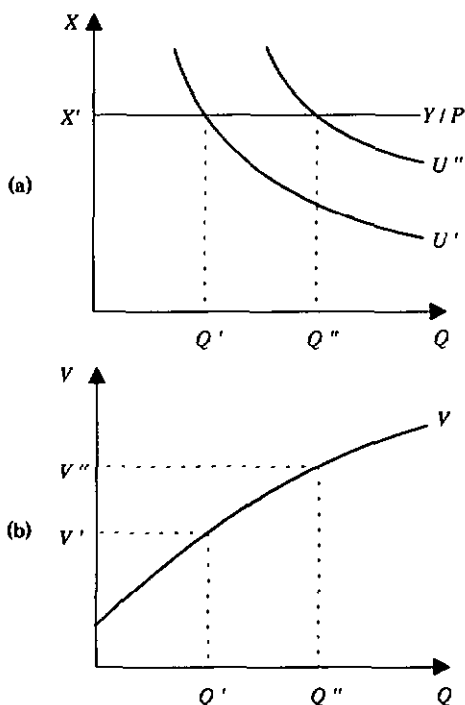
¹³ La maximisation du Lagrangien, $L = U(X, Q) + \lambda(Y - PX)$, conduit aux conditions de premier ordre:

$$\begin{aligned} \frac{\partial U(X, Q)}{\partial X} - \lambda P &= 0 \\ Y - PX &= 0 \end{aligned}$$

où λ est le multiplicateur de Lagrange de la contrainte budgétaire et correspond à l'utilité marginale du revenu $\partial U / \partial Y = \lambda$. Cette utilité marginale dépend à la fois du niveau de revenu, de celui des prix et de la qualité environnementale.

naissance non seulement à un effet de substitution, mais aussi à un effet-revenu. Comme l'environnement n'a pas de prix, ce dernier ne se produit pas.

Figure 2-2
Préférences pour l'environnement (a) et fonction d'utilité indirecte (b)



L'équation (2-5) nous permet de déterminer le changement d'utilité associée à une modification Q (e.g. amélioration de Q' à Q'')¹⁴:

$$\Delta U = V(P, Y, Q'') - V(P, Y, Q')$$

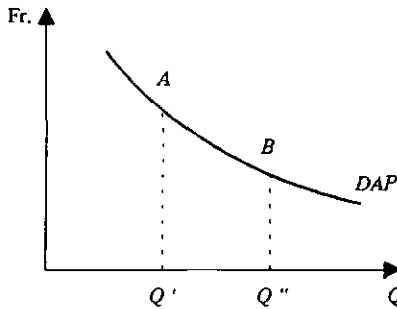
$$\int_{Q'}^{Q''} \frac{\partial V}{\partial Q} dQ = \int_{Q'}^{Q''} \frac{\partial U(X(P, Y, Q), Q)}{\partial Q} dQ \quad (2-6)$$

¹⁴ Pour simplifier, nous faisons l'hypothèse que les prix et les revenus sont constants.

Cette analyse s'applique également lorsque des atteintes à l'environnement conduisent à une dégradation de Q (de Q'' à Q'). L'intégrale porte alors un signe négatif.

Figure 2-3

Mesure marshallienne du surplus associé à la qualité de l'environnement



Cette mesure n'a qu'une signification théorique puisque les fonctions d'utilité ne peuvent être observées. Pouvoir transformer (2-6) en mesure monétaire des changements de bien-être revêt une grande importance. On y parvient en divisant cette équation par l'utilité marginale du revenu λ :

$$\frac{\Delta U}{\tilde{\lambda}} = MQ = \int_{Q'}^{Q''} \frac{\partial U(X, Q) / \partial Q}{\tilde{\lambda}} dQ \quad (2-7)$$

Le tilde indique que l'utilité marginale du revenu est supposée constante. La mesure monétaire (marshallienne) obtenue, MQ , est proportionnelle au changement d'utilité ΔU si λ reste constant malgré les modifications de Q ¹⁵. Il s'agit concrètement de la disposition marginale à payer individuelle (DAP) pour un changement de la qualité environnementale de Q' à Q'' . Ce consentement est représenté par la surface sous la courbe de disposition marginale à payer (i.e. fonction de demande ordinaire) entre les bornes considérées (aire $Q'ABQ''$ de la fig. 2-3). Ceci correspond à la définition même de la mesure marshallienne de la variation du surplus du consommateur : le changement d'utilité totale s'évalue en

¹⁵ Considérer la fonction d'utilité (2-1) comme séparable, c'est-à-dire qu'il existe une transformation monotone telle que $U(X, Q) = u(X) + v(Q)$, constitue une condition suffisante pour que λ soit constant. Cette hypothèse d'utilité marginale constante du revenu assure l'indépendance de la mesure monétaire de la variation du bien-être par rapport au chemin d'intégration (Johansson 1987, p. 75).

sommant les dispositions marginales à payer pour obtenir un niveau donné de Q ; le surplus économique est égal à la valeur monétaire de l'utilité moins la dépense du consommateur. Etant donné la gratuité des biens d'environnement, cette dépense est nulle et le surplus équivaut à l'utilité totale.

2.2.2 COURBES DE DEMANDE COMPENSEES, VARIATIONS COMPENSATRICE ET EQUIVALENTE

Le bien-fondé de la mesure ordinaire du surplus a été remis en question dès le milieu du siècle, notamment par Samuelson (1947) et Little (1957). En effet, pour mesurer le gain ou la perte, il faut pouvoir comparer le bien-être de l'individu à un niveau d'utilité de référence. Or, le long des courbes de demande ordinaires, c'est l'utilité qui varie, tandis que le revenu reste constant. Pour éviter ce problème et les difficultés liées à la mesure cardinale de l'utilité, Hicks (1943) a développé d'autres mesures de la variation du bien-être. Parmi ces dernières, la variation compensatrice (VC) et la variation équivalente (VE) sont les plus répandues et les mieux adaptées à l'évaluation de la qualité environnementale¹⁶.

La *variation compensatrice* indique le montant maximal à prélever sur le revenu d'un individu pour maintenir son niveau de bien-être en dépit d'une amélioration de l'environnement. Face à une détérioration de Q , elle correspond à la somme minimale devant être ajoutée au revenu pour conserver à l'individu un niveau de satisfaction constant. Dans ce cas, on apprécie la variation d'utilité par rapport à son état initial.

Par contre, la *variation équivalente* enregistre le changement de bien-être par rapport à son niveau *ex post*; c'est-à-dire tel qu'il résulterait d'une modification de l'environnement. Cette mesure indique la somme minimale à allouer à l'individu pour lui garantir un niveau d'utilité comparable à celui qu'il connaîtrait après une amélioration de Q ; ou encore comme le montant maximal à prélever sur son revenu pour que sa satisfaction soit égale à celle qu'il éprouverait après une détérioration de cette qualité.

Ces deux mesures de la variation d'utilité se définissent donc comme des *ajustements de revenu* devant amener le consommateur à un niveau donné de bien-être. Mais le point de départ de l'analyse diffère. La variation compensatrice

¹⁶ Les autres concepts proposés par Hicks (1943), surplus équivalent et compensateur, présentent l'inconvénient de contraindre l'individu à la même structure de consommation que dans la situation de référence. Selon Freeman (1979b, p.37), « The compensating surplus [CS] and equivalent surplus [ES] measures are too restrictive in their assumptions to be useful. Even in those cases, such as public goods, where the individual faces fixed quantities which may change rather than fixed prices, there is no need for the CS and ES concepts as separate measures ».

se réfère à l'état de satisfaction précédant la modification de la qualité environnementale. En revanche, la variation équivalente se concentre sur le niveau d'utilité que permettrait d'atteindre ce changement.

L'estimation de ces ajustements de revenu se fonde sur une série de fonctions de dépense (2-8). Ces fonctions représentent la solution du problème de la minimisation de la dépense (PX) sous contrainte d'une satisfaction égale ou supérieure au niveau d'utilité atteignable \tilde{U} , étant donné le vecteur de prix P et la qualité Q de l'environnement¹⁷. Il s'agit en fait du dual du problème de maximisation de l'utilité (2-4):

$$\begin{aligned} E &= E(P, Q, \tilde{U}) = \min_x \{PX \mid U(X, Q) \geq \tilde{U}\} \\ &= P\tilde{X}(P, Q, \tilde{U}) = Y \end{aligned} \quad (2-8)$$

où E représente la dépense individuelle et où les tildes désignent des grandeurs compensées. Les fonctions de dépense indiquent la consommation minimale que doivent consentir les individus s'ils entendent atteindre le niveau de bien-être spécifié \tilde{U} . Elles ne saisissent donc que l'effet de substitution engendré par une variation de Q au contraire des fonctions de demande ordinaires qui appréhendent également un effet-revenu.

De la même façon que la solution du problème de maximisation de l'utilité conduit à un ensemble de fonctions de demande conditionnées par les prix P , le revenu Y et la qualité environnementale Q , la solution du problème de minimisation de la dépense aboutit à une fonction de demande dépendant de P , de Q et de l'utilité atteignable \tilde{U} . Cette fonction correspond à la dérivée partielle des fonctions de dépense (2-8) par rapport à Q :

$$\frac{\partial E(P, Q, \tilde{U})}{\partial Q} = P \frac{\partial \tilde{X}}{\partial Q} = -\mu \frac{\partial \tilde{U}(\tilde{X}, Q)}{\partial Q} \quad (2-9)$$

Appelée fonction de demande compensée ou hicksienne, elle indique les quantités de biens X consommées à différents niveaux de Q en admettant que le

¹⁷ La condition de premier ordre de ce problème de minimisation de la dépense peut s'écrire:

$$\begin{aligned} P - \frac{\mu \partial \tilde{U}(\tilde{X}, Q)}{\partial \tilde{X}} &= 0 \\ \tilde{U} - U(\tilde{X}, Q) &= 0 \end{aligned}$$

Ici, μ représente le multiplicateur de Lagrange associé à la contrainte $\tilde{U} - U(\tilde{X}, Q) = 0$.

Il peut être interprété comme le coût marginal de l'utilité; c'est-à-dire le réciproque de l'utilité marginale du revenu, λ .

revenu soit ajusté (i.e. compensé) de façon à maintenir l'utilité constante au niveau \bar{U} ¹⁸.

Cela correspond au produit négatif de l'évaluation marginale de la qualité environnementale et du coût marginal de l'utilité, μ . Toute modification de Q affecte la demande de biens privés X à travers les utilités marginales de ces biens. En effet, puisque toute dégradation de Q réduit la satisfaction, la dépense en X doit être accrue pour maintenir constant le niveau d'utilité. Inversement, toute amélioration de Q s'accompagne d'une baisse de la demande de X afin de conserver le niveau de bien-être initial.

Cette fonction de dépense permet de définir la variation compensatrice associée à une modification non marginale de la qualité environnementale Q :

$$\begin{aligned} VCQ &= E(P, Q', U') - E(P, Q'', U') \\ &= \int_{Q'}^{Q''} \frac{\partial E}{\partial Q} dQ = \int_{Q'}^{Q''} \left[\mu \frac{\partial \bar{U}(\bar{X}, Q)}{\partial Q} \right] dQ \end{aligned} \quad (2-10)$$

Pour simplifier, prix et revenus sont considérés comme fixes. La satisfaction *status quo ante* U' constitue la référence. La figure 2-4a en donne une illustration: X correspond aux biens privés, mais peut de nouveau être considéré comme numéraire. La ligne horizontale indique le niveau de consommation de biens X autorisé par le revenu Y compte tenu des prix P . Si l'on admet que la qualité environnementale s'améliore de Q' à Q'' , le point d'équilibre de consommation s'élève du point A au point B à un niveau d'utilité supérieur U'' . Par conséquent, la variation compensatrice VCQ renseigne sur la quantité de X -i.e. le montant monétaire- dont l'individu devrait se séparer pour revenir à son niveau de satisfaction initial U' . Cet ajustement est représenté par le segment $\{B, C\}$.

Dans le cas d'une détérioration de Q' à Q'' (fig. 2-4b), le bien-être diminue de E à F au niveau d'utilité U'' . VCQ indique le montant minimal à allouer à l'individu pour lui permettre de rétablir son utilité au niveau initial U' . Ce montant correspond au segment $\{F, G\}$. Remarquons qu'en cas d'amélioration de Q , VCQ ne peut être supérieure au revenu (l'individu ne peut céder plus que son revenu); alors qu'avec une détérioration il est possible qu'elle le surpasse.

La variation équivalente se définit de la manière suivante:

$$VEQ = E(P, Q', U'') - E(P, Q'', U'') \quad (2-11)$$

Ici, le bien-être *ex post* sert de référence. La VEQ mesure le montant qu'il faudrait verser à l'individu pour lui procurer un bien-être équivalent (U'') à celui qu'il connaîtrait si Q s'améliorait de Q' à Q'' (fig. 2-4a). Elle correspond au segment

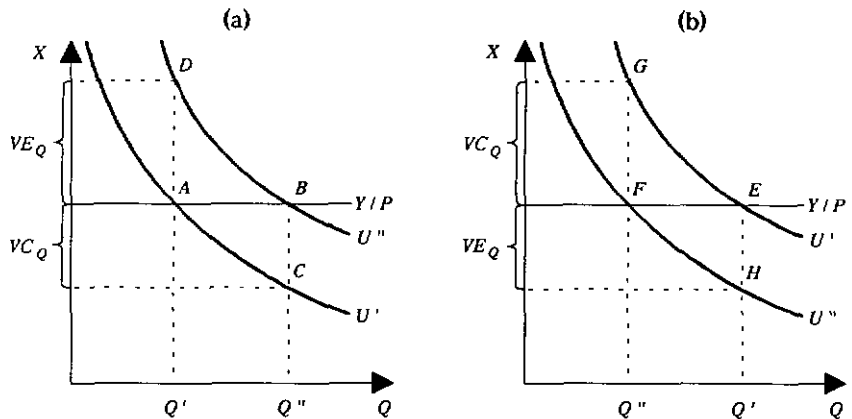
¹⁸ Il s'agit en fait d'une fonction de demande compensée inverse: les quantités de biens X sont définies, non pas par les prix de ces biens, mais selon le niveau de Q .

[A,D]. Inversement, dans la figure 2-4b, VE_Q indique le montant équivalent à la réduction de bien-être qu'impliquerait une détérioration de Q' à Q'' . Le segment [E,H] détermine le montant dont il faudrait amputer le revenu de l'individu pour que son utilité s'établisse au niveau U'' .

Les figures 2-4a et 2-4b montrent que la variation compensatrice (VE_Q) associée à une atteinte à l'environnement (ou à une amélioration) est identique à la négative de la variation équivalente ($-VE_Q$) induite par une amélioration (ou une dégradation) de Q de même ampleur.

Figure 2-4

Variations compensatrice et équivalente correspondant à une amélioration (a) ou à une détérioration (b) de la qualité environnementale



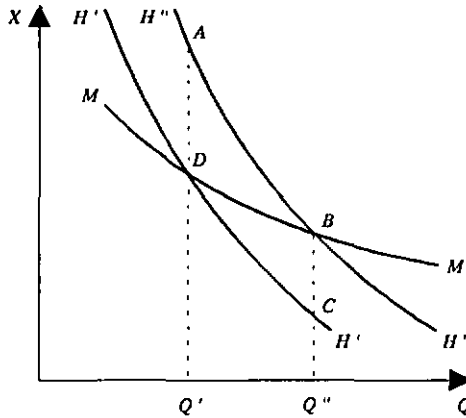
2.2.3 COMPARAISON DES MESURES MARSHALLIENNE ET HICKSIENNES

La mesure marshallienne, la variation compensatrice et la variation équivalente peuvent aboutir à une même mesure de la variation de l'utilité (i.e. $M_Q = VC_Q = VE_Q$). Pour cela, l'élasticité-revenu de la demande pour la qualité de l'environnement doit être nulle.

Cette hypothèse n'est guère réaliste. VC_Q et VE_Q diffèrent donc habituellement de M_Q . En effet, la mesure ordinaire est proportionnelle au changement d'utilité ΔU (2-7) si l'utilité marginale du revenu reste constante malgré les variations de

Q. Avec des mesures s'appuyant sur une fonction de demande compensée ce n'est pas le cas : le revenu est ajusté pour conserver un niveau de bien-être donné. En outre, VCQ et VEQ divergent par le simple fait que la disposition à payer varie selon le niveau de satisfaction. Or, la variation compensatrice s'appuie sur le bien-être avant le changement de Q , tandis que l'utilité *ex post* sert de référence pour déterminer la variation équivalente.

Figure 2-5
Fonctions de demande marshallienne et hicksiennes



La disposition marginale à payer pour la qualité environnementale croît généralement avec le revenu –élasticité-revenu positive–; on peut qualifier Q de *bien normal*. Or, plus cette élasticité est importante, plus la divergence entre les fonctions de demande marshallienne et hicksiennes s'accroît. Dans le cas d'une amélioration de Q (de Q' à Q''), le revenu de départ est ajusté à la hausse pour déterminer la VEQ ou à la baisse pour obtenir la VCQ . La fonction de demande compensée par la variation équivalente ($H''H'''$) se situe par conséquent au-dessus de celle fondée sur la variation compensatrice ($H'H'$) (fig. 2-5). Ces deux courbes croisent la fonction de demande marshallienne (MM) au niveau initial Q' pour $H'H'$ et au niveau final Q'' pour $H''H'''$. Ceci montre que l'utilité varie le long de la courbe de demande ordinaire. Mais, VEQ (surface $Q'Q''BA$) $>$ MQ (aire $Q'Q''BD$) $>$ VCQ ($Q'Q''CD$). Inversement, en cas d'atteinte à l'environnement, la mesure marshallienne conduit à une évaluation supérieure à celle obtenue par l'intermédiaire de VEQ , mais inférieure à celle fournie par la VCQ (la courbe $H''H'''$ se situe alors au-dessous de $H'H'$).

Le tableau 2-1 compare les ordres de grandeur des mesures hicksiennes et marshallienne en cas d'amélioration ou de dégradation de Q .

Tableau 2-1
Comparaison des variations compensatrice et équivalente
avec la mesure marshallienne de l'utilité

	Variation compensatrice	Variation équivalente
Amélioration de la qualité environnementale	inférieure à la mesure marshallienne	supérieure à la mesure marshallienne
Détérioration de la qualité environnementale	supérieure à la mesure marshallienne	inférieure à la mesure marshallienne

Plus l'élasticité-revenu et le rapport «variation de l'utilité/revenu» sont importants, plus l'écart entre les différentes mesures s'élargit. Une différence significative n'apparaît cependant que lorsque ces deux éléments atteignent des niveaux élevés. En pratique, cette distinction peut souvent être ignorée¹⁹.

2.2.4 AGRÉGATION DES MESURES INDIVIDUELLES

Jusqu'ici, la mesure de la variation d'utilité n'a été envisagée que d'un point de vue individuel. Afin d'évaluer le coût des atteintes à l'environnement pour l'ensemble de la collectivité, il faut pouvoir agréger les mesures précédemment introduites.

Les biens publics diffèrent des biens privés par une non-rivalité dans leur consommation. Plusieurs individus peuvent bénéficier simultanément des mêmes avantages d'un bien d'environnement public sans qu'aucun ne voie sa satisfaction réduite. L'impact d'une variation de Q sur l'utilité d'un groupe de personnes correspond sur la base de (2-7) à

$$\sum_h \frac{\Delta U^h}{\bar{\lambda}^h} = \sum_h \int_{Q'}^{Q''} \frac{\partial U^h(X^h, Q)/\partial Q}{\bar{\lambda}^h} dQ \quad (2-12)$$

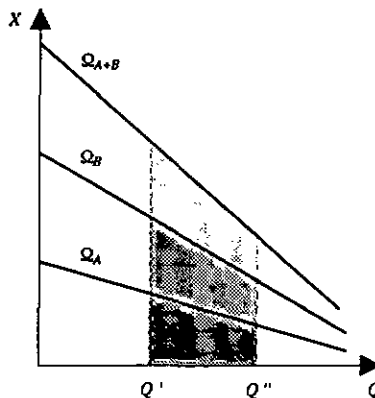
Il s'agit de la somme des dispositions marginales à payer non compensées de chaque individu h concerné par un changement non marginal de Q . La figure 2-6 présente le cas simplifié où seuls deux individus A et B sont touchés. Etant donné

¹⁹ Willig (1976) démontre que souvent cette différence est faible et certainement inférieure aux erreurs d'estimation des paramètres des fonctions de demande.

la non-rivalité de leur consommation, leurs évaluations marginales Ω sont additionnées verticalement entre Q' et Q'' . L'aire hachurée sous la courbe Ω_{A+B} correspond à la DAP agrégée lorsque Q passe de Q' à Q'' . Cette surface est proportionnelle à la somme des changements d'utilité ΔU si, pour chaque individu, λ^h reste constant.

Figure 2-6

Agrégation des dispositions à payer pour la qualité de l'environnement



La valeur d'une amélioration ou d'une détérioration de l'environnement peut aussi être estimée par une mesure hicksienne sur la base de (2-10):

$$\sum_h VC_Q^h = \sum_h \int_{Q'}^{Q''} \frac{\partial E}{\partial Q} dQ \quad (2-13)$$

On additionne les dispositions à payer marginales compensées des individus concernés. Les courbes de demande hicksiennes sont également sommées verticalement et la représentation graphique de la figure 2-6 reste valable.

Une telle agrégation ne peut s'effectuer qu'en acceptant certaines hypothèses. D'abord, les différences entre les mesures du surplus (marshallienne et hicksiennes) doivent être faibles au point de pouvoir les ignorer. Cela implique que l'élasticité-revenu de la demande et le rapport «variation de l'utilité/revenu» soient également faibles. Ensuite, on doit attribuer une importance égale aux modifications de bien-être quels que soient les individus. Enfin, il faut supposer que les conditions d'existence d'une courbe de demande agrégée soient satisfaites; c'est-à-dire que l'élasticité-revenu de la demande soit

identique pour tous les individus et que cette agrégation n'engendre pas de modification de la répartition des revenus²⁰.

²⁰ La façon d'envisager la relation entre satisfactions individuelles et collective, ainsi que les critères de choix entre différentes politiques publiques varient selon les auteurs.

Le premier critère est celui de Pareto: une mesure ne doit être prise que si la satisfaction d'une personne au moins s'améliore sans que le bien-être d'aucun autre individu ne s'en trouve réduit. Un second critère a été proposé indépendamment par Hicks (1939) et Kaldor (1939): on ne doit appliquer une mesure que si l'accroissement du bien-être des bénéficiaires est supérieur à la réduction d'utilité des perdants. Il suffit que la somme des variations individuelles reste positive pour satisfaire cette condition. Si les perdants reçoivent une compensation au moins égale à leur diminution de satisfaction de la part des gagnants, on s'oriente vers un critère potentiellement parétien: personne ne voit son bien-être se réduire. S'inspirant de ce système de compensation, Little (1957) présente un troisième critère. Selon lui, une mesure n'est acceptable que si, en plus de satisfaire la condition de Hicks-Kaldor, elle garantit une meilleure répartition des revenus.

A l'évidence, l'hypothèse d'additivité des changements d'utilité individuelle ne peut satisfaire cette dernière condition. Le seul critère réellement efficace est donc celui de Hicks-Kaldor lorsqu'il n'implique pas de versements compensatoires.

2.3 METHODES D'EVALUATION FONDEES SUR LES PREFERENCES INDIVIDUELLES

Les techniques d'évaluation à disposition sont décrites de façon relativement sommaire dans cette partie, en mettant l'accent sur les similitudes et les liens qui existent entre elles. Les méthodes des *prix hédonistes* et de l'*évaluation contingente* seront développées davantage dans les chapitres 3 et 4 consacrés aux études empiriques.

Tableau 2-2
Méthodes d'évaluation fondées sur les préférences individuelles

Manifestation des préférences	Type d'approche		Méthode d'évaluation
EXPLICITE	<i>Approche psychométrique</i>	Institutionnelle	Vote Référendum Pétition
		Contingente	Evaluation contingente ^a Classement contingent
IMPLICITE	<i>Approche économétrique</i>		Dépenses d'assainissement Coût du déplacement Prix hédonistes ^a

^a Méthodes utilisées dans le cadre de cette étude.

Sources: adapté de Cox (1986, pp.107-108), Cummings, Cox et Freeman (1986, pp.163-180), Mitchell et Carson (1990, p.75) et Smith (1986, p.20)

Les pertes de bien-être liées aux atteintes environnementales devraient en principe être évaluées avec des fonctions de demande hicksiennes correspondant soit à la variation compensatrice, soit à la variation équivalente. Les données disponibles ou observables manquent souvent pour identifier ces fonctions. Il faut alors se contenter de calculer le coût sur la base d'une courbe marshallienne. Ceci constitue une différence fondamentale entre les approches psychométrique et économétrique présentées au tableau 2-2^{21, 22}.

²¹ De nombreux auteurs, dont Pearce et Markandya (1989, p.16) parlent ici de méthodes directes. Ils leur opposent des techniques indirectes qui estiment le lien entre la cause (i.e. les nuisances) et l'effet physique du dommage (e.g. troubles physiques ou

2.3.1 APPROCHE PSYCHOMETRIQUE

Interroger les individus pour qu'ils manifestent *explicitement* leurs préférences constitue souvent le moyen le plus naturel et le plus direct de parvenir à une estimation. Cela peut avoir lieu en diverses occasions: lors d'une votation ou d'une pétition (approche institutionnelle), ou encore en répondant à une enquête spécifique (approche contingente). Ces approches présentent l'avantage de parvenir à un résultat lorsque aucune autre technique n'est envisageable.

«The advantages of these procedures are that they are current (in the sense of capturing today's values), specifiable and controllable (in the sense of allowing one to ask the precise question that interests policy makers), sensitive (in the sense of allowing expressions of the need for change); direct (in the sense of looking at the stated preferences themselves and not their application to some specific decision problems); superficially simple (in the sense that you just ask people questions); and politically appealing (in the sense that they let the people speak)» (Fischhof and Cox 1986, p.71).

2.3.1.1 Approche institutionnelle

Référendums ou pétitions permettent aux individus d'exprimer leur avis de façon dichotomique face aux objets qui leur sont proposés: vote favorable ou non, acceptation ou refus d'apposer sa signature²³. La qualité des informations recueillies dépend de la manière dont le problème est posé et de ses implications

psychiques des individus exposés). Cette relation épidémiologique permet de déterminer la progression des pathologies lorsque s'amplifie la cause. Ensuite seulement, on applique à cette variation un indicateur monétaire pouvant provenir de méthodes directes.

A côté des méthodes basées sur les préférences individuelles ou des relations dose-réponse, d'autres s'appuient sur une analyse des décisions prises par des instances étatiques en vertu de leurs fonctions tutélaires. A travers leurs actions, les autorités attribuent souvent implicitement une valeur à la préservation de l'environnement. Ainsi, la pose de parois anti-bruit, les mesures de réduction du volume du trafic ou de sa vitesse apportent des indications sur leur disposition à payer pour éviter le bruit.

²² Plusieurs ouvrages offrent un aperçu plus ou moins exhaustif des différentes techniques. Freeman (1979b), Braden et Kolstad (1992) sont parmi les plus complets, Pearce et Markandya (1989) ou Pearce et Turner (1990) parmi les plus accessibles. La typologie des méthodes diffère d'un auteur ou d'un ouvrage à l'autre. Ceci n'est en définitive pas très important pour autant que leur principe soit respecté.

²³ Pommerehne (1987b) consacre une large attention à l'évaluation des biens publics sur la base de résultats de référendums. Il renvoie notamment à une étude réalisée par Frey et Kohn (1970) à Bâle. Les auteurs y examinent les résultats de plusieurs votations populaires (subventionnement du théâtre municipal, extension de l'hôpital de la Ville,...).

financières. Exploiter les résultats de consultations populaires portant sur des normes d'émissions ou d'immissions, sur l'installation de dispositifs de lutte contre les nuisances devrait permettre de mettre en évidence les préférences des individus et leur disposition à payer (médiane). Cette approche fournit des indications pertinentes si le coût d'acceptation ou de refus est supporté par les votants ou les signataires. Dans le cas contraire ces derniers sont incités à se comporter en passagers clandestins²⁴. De plus, lorsque l'objet est accepté, l'estimation obtenue ne reflète qu'une disposition minimale à payer ou maximale à accepter. Cette seule information ne permet donc pas de définir une fonction de demande.

2.3.1.2 Approche contingente

Face à l'approche institutionnelle, les méthodes issues de l'approche contingente se révèlent plus souples. Des enquêtes ou des procédures expérimentales confrontent les individus à un *marché contingent*²⁵ où s'achètent et se vendent des biens d'environnement (e.g. de la tranquillité ou des espaces verts). On demande aux enquêtés d'exprimer leurs préférences soit en termes monétaires (disposition à payer ou à accepter), soit en classant différentes alternatives.

«These markets define the good or amenity of interest, the status quo level of provision and the offered increment or decrement therein, the institutional structure under which the good is to be provided (...), and (implicitly or explicitly) the decision rule which determines whether to implement the offered program. Contingent markets are highly structured to confront respondents with a well-defined situation and to elicit a circumstantial choice contingent upon the occurrence of the posited situation. Contingent markets elicit contingent choices» (Randall, Hoehn and Brookshire 1983, p.637).

2.3.1.2.1 EVALUATION CONTINGENTE

Au cours d'une *évaluation contingente*, les individus sont interrogés sur leur *disposition à payer* (DAP) pour éviter une détérioration de leur environnement ou pour en obtenir un assainissement. Il est aussi possible de les questionner sur la compensation monétaire qu'ils exigeraient pour supporter une dégradation ou pour renoncer à une amélioration (*disposition à accepter*, DAA).

Le questionnaire s'articule toujours de la même manière. Il décrit tout d'abord de façon détaillée le bien à évaluer et le fonctionnement du marché contingent.

²⁴ Cette expression a été introduite par Samuelson (1954). Elle traduit la difficulté d'obtenir d'un individu une révélation cohérente (véritable) de ses préférences lorsqu'il a le sentiment de pouvoir bénéficier d'un service que d'autres financeraient à sa place.

²⁵ Ce terme a été repris de l'anglais *contingent*. Ainsi, un événement -ici un marché- est contingent s'il dépend de la réalisation d'hypothèses ou de suppositions.

S'engage ensuite un processus d'enchères itératives qui doit amener la personne interrogée à révéler sa disposition maximale à payer (ou son consentement minimal à accepter). Enfin, on recense les caractéristiques socio-économiques de l'enquêté, notamment celles susceptibles d'avoir influencé son comportement sur le marché contingent.

Pour de nombreux auteurs, le caractère hypothétique de l'approche fait douter de la qualité des résultats obtenus²⁶.

« There are two kinds of problems that arise in deriving demand information from willingness-to-pay questions. The first is that the way the questions are asked and the way in which respondents expect the answers to be used can create incentives for strategic behavior on the part of respondents. Respondents may be induced to provide distorted or biased information in an effort to influence some aspect of the outcome of the process. It is possible to design questions in which there is no apparent incentive for strategic behavior or biased responses. But this leads to the second type of problem: there may be no positive incentive to provide accurate responses. And if a respondent must devote time and mental energy to considering this response, positive incentive may be required to elicit the necessary effort to provide accurate information » (Freeman 1979b, p.87).

2.3.1.2.2 CLASSEMENT CONTINGENT

Le *classement contingent* constitue une variante récente et plus formalisée de l'évaluation contingente. La personne interrogée est confrontée à différentes alternatives présentant des caractéristiques environnementales et/ou des implications financières différentes. Le questionnaire s'articule de la même manière que celui d'une évaluation contingente. Cependant, il ne s'agit plus de proposer un jeu d'enchères à l'enquêté, mais de le placer en situation de ranger des combinaisons payantes de biens environnementaux par ordre (croissant ou décroissant) de préférences. L'échelle de valeur ainsi obtenue permet de déterminer les paramètres de la fonction d'utilité et de déduire la disposition à payer (ou à accepter)²⁷.

Un problème apparaît lorsque l'on cherche à estimer les préférences collectives. Toute agrégation s'avère difficile quand les classements individuels diffèrent sensiblement²⁸. Cette technique offre malgré cela l'avantage de réduire le volume de renseignements à communiquer à l'enquêté. En outre, il est plus facile

²⁶ Cette problématique des biais sera développée en détail au point 4.1.3.

²⁷ Cette technique a été utilisée pour évaluer les conditions de visibilité (e.g. Rae 1981) et plus récemment pour valoriser la qualité de l'eau (Smith et Desvousges 1986). Le plus souvent, elle intervient comme méthode de contrôle des résultats obtenus par d'autres moyens (évaluation contingente ou prix hédonistes).

²⁸ Pour Luce et Raiffa (1957), toute agrégation est impossible. Par la suite et certaines conditions, d'autres études (e.g. Sen 1970) semblent montrer qu'une telle agrégation est possible.

pour ce dernier de comparer différentes situations (si nécessaire deux à deux) que d'exprimer *ex nihilo* une DAP. Le risque de biais, même s'il subsiste, diminue par rapport à l'évaluation contingente. Les différentes options étant prédéfinies, les biais que pourraient introduire les enquêteurs sont également minimisés²⁹.

2.3.2 APPROCHE ECONOMETRIQUE

Certains biens marchands apparaissent comme des substituts des biens d'environnement. Leur demande est influencée par la qualité environnementale. Lorsque cette qualité se dégrade, la demande des biens substitués augmente³⁰. Les variations de prix et de dépenses qui en découlent fournissent une indication sur les préférences manifestées *implicitement* par les individus et sur leur disposition à payer pour éviter les atteintes. Les méthodes issues de l'*approche économétrique* – dépenses d'assainissement, coût du déplacement, prix hédonistes – analysent ces relations dans différentes circonstances. Toutes supposent l'existence de biens marchands dont la demande soit fonction des atteintes à l'environnement. Cette condition remplie, elles présentent plusieurs avantages:

« These techniques satisfy the following three criteria: (1) they are consistent with the basic theory of demand and consumer preferences, (2) they provide an estimate of the area under a demand curve; and (3) they are practical in the sense of imposing realistic data and computational requirements » (Freeman 1979b, p.63).

2.3.2.1 Dépenses d'assainissement

La méthode des dépenses d'assainissement repose sur l'hypothèse que des dispositifs d'assainissement permettent d'atténuer ou d'éliminer les nuisances. Plus ces dernières sont importantes, plus les individus prennent des mesures pour en réduire l'impact. En installant des fenêtres à étanchéité renforcée les riverains de rues bruyantes améliorent leur environnement sonore. Les dépenses effectivement consenties constituent une mesure implicite du coût des atteintes à l'environnement.

« The simple logic is that expenditure on exclusion facilities represents a minimum valuation of the good 'peace and quiet'. If it were possible also to observe the

²⁹ A l'avenir, on peut s'attendre à un développement des applications informatiques dans ce type d'enquête. L'ordinateur se substitue à l'enquêteur, interroge et enregistre les réponses des individus.

³⁰ On peut penser à une relation de complémentarité. Cependant, selon Freeman (1979b, p.78), un tel lien existe rarement.

response to a change (or a variation) in the price of exclusion facilities then a 'best estimate' valuation could be thus obtained. This best estimate would represent the area under the exclusion facilities demand curve and therefore a Marshallian measure of surplus or value» (Starkie and Johnson 1975, p.45).

Måler (1974, pp.113-118) démontre que la valeur w d'une modification environnementale Q peut s'exprimer par rapport au prix P d'un bien privé donné x_i (permettant un assainissement), à l'utilité marginale de ce bien et à la variation de Q considérée. Cela correspond à la dérivée partielle de la fonction de dépense E (équation 2-8) par rapport à Q (en changeant de signe)

$$\begin{aligned} w &= -\frac{\partial E(P, Q, \bar{U})}{\partial Q} = -P_i \left(\frac{\partial U / \partial Q}{\partial U / \partial x_i} \right) \\ &= -P_i \cdot TMS_{Qx_i} \end{aligned} \quad (2-14)$$

Le consentement à payer correspond à la valeur du taux marginal de substitution TMS_{Qx_i} entre Q et le bien privé considéré. Evidemment, cette substitution ne peut se faire que dans des situations particulières. Les techniques d'assainissement doivent être efficaces et supprimer l'intégralité des nuisances à un coût non dissuasif. Dans le cas contraire, la substitution restera incomplète et la valeur de l'atteinte sera sous-estimée. Par ailleurs, le dispositif d'assainissement doit avoir été installé uniquement pour réduire la nuisance considérée (e.g. pose de fenêtres à étanchéité renforcée pour réduire le bruit et non pour améliorer l'isolation thermique).

En outre, même si biens marchands et qualité environnementale apparaissent comme de parfaits substituts, Freeman (1985, pp. 238-239) souligne qu'on ne peut ignorer l'effet-revenu induit par une réduction de x_i suite à une amélioration de Q . Puisque le même niveau d'utilité peut être maintenu en réduisant la dépense en x_i , les agents réallouent E sur l'ensemble des biens (y compris x_i) afin de maximiser l'accroissement de leur satisfaction totale. Le recours aux seules variations de dépenses d'assainissement conduit à une sous-estimation des bénéfices environnementaux. Lorsque la nuisance augmente, le raisonnement suit le chemin inverse: les dépenses d'assainissement s'accroissent pour conserver le bien-être initial. Le budget est dépensé selon une nouvelle répartition entre biens marchands pour minimiser la perte d'utilité totale. La méthode risque alors de surestimer les atteintes.

Malgré ce handicap, cette technique appréhende au moins grossièrement la disposition à payer des individus pour éviter les atteintes dans des cas précis. Starkie et Johnson (1975) l'utilisent pour estimer les nuisances sonores qu'aurait provoquées un nouvel aéroport à Londres. Ils cherchent à déterminer dans quelle mesure les riverains de l'aéroport d'Heathrow ont isolé davantage leurs fenêtres et quel en a été le coût. Smith et Desvousges (1986) y recourent pour évaluer les effets de la pollution de l'eau (évités par l'achat d'eau en bouteille).

2.3.2.2 Coût du déplacement

La méthode du coût du déplacement a été développée pour estimer la demande de biens récréatifs (sites permettant la baignade, le canotage, la promenade, etc.)³¹. Les bénéfices procurés par ces derniers doivent être supérieurs ou égaux au coût du déplacement sans quoi les individus renoncent à se rendre dans ces endroits. Hotelling (1949), puis Clawson et Knetsch (1966) furent les premiers à appliquer cette idée et à construire une fonction de demande liant le coût de l'activité (coût de transport) et la fréquence des visites: lorsque la distance à parcourir augmente, le nombre de visites sur une période donnée diminue. Evidemment, le coût dépasse le simple coût monétaire du trajet (frais d'utilisation du véhicule ou d'achat d'un titre de transport) et celui d'une éventuelle taxe d'entrée. Il englobe le coût d'opportunité du temps de trajet et celui du temps passé sur le site (Bishop et Heberlein 1979)³². La détermination de la valeur du temps constitue l'un des problèmes majeurs de cette technique.

On peut imaginer utiliser le coût du déplacement pour saisir la disposition à payer pour fuir les nuisances. Par exemple, un environnement bruyant perturbe les activités, comme les activités physiologiques (e.g. repas, repos), récréatives et productives. Certains n'hésitent pas à déplacer temporairement ou définitivement leurs activités pour éviter les atteintes. Les coûts supportés par ces ménages ou ces entreprises offrent une estimation (minimale) de la valeur attribuée à ces nuisances.

« When a noise nuisance is imposed on an area previously free of such annoyance the residents are faced with (a) simple choice... Either these persons stay where they are and, because they are less sensitive or because they have strong ties to the house or neighbourhood, they put up with nuisance. Or they move to a more congenial neighbourhood...and of course, they will suffer the cost and inconveniences of removal...the activities and thus the behavior of the household might adapt to the new circumstances while the household remains in situ...For example, the household might spend its Sunday afternoons in the country or at the seaside instead of spending them in a now noisy garden... What the affected people decided to do depends upon their balance of advantages » (Starkie and Johnson 1975, pp. 37 et 43).

³¹ Cette méthode porte des noms différents selon les auteurs: méthode du coût du trajet (Pearce, Markandya et Barbier 1989), méthode du coût de transport (Desaigues et Point 1978), analyse du comportement (Desaigues et Toutain 1978) ou encore méthode de la dépense (Pommerehne 1987b).

³² En ignorant ces coûts, les premières estimations –notamment celles de Clawson et Knetsch (1966)– sous-estiment la valeur effective.

2.3.2.3 Prix hédonistes

Parfois, lorsqu'ils achètent un bien marchand, les individus choisissent en même temps une certaine qualité d'environnement. L'environnement est alors un produit-joint du bien acheté et contribue à son utilité. Le marché du logement et l'environnement sonore en fournissent un bon exemple³³. Pour autant que les préférences aillent vers un meilleur environnement sonore, les appartements bruyants seront loués meilleur marché que ceux qui se situent dans un endroit plus tranquille (toutes choses égales par ailleurs). Cette capitalisation négative du bruit sur le loyer correspond à son *prix implicite* ou *hédoniste* et permet d'en estimer la fonction de demande³⁴.

«La technique des prix hédonistes a été utilisée efficacement pour montrer l'impact des facteurs d'environnement sur la valeur des biens immobiliers. Elle se prête tout particulièrement à l'estimation des coûts de la pollution atmosphérique et des nuisances sonores en termes de l'environnement des habitations, mais ne convient guère lorsque la forme de pollution a des effets qui sont difficiles à discerner pour les individus concernés et qui ne peuvent pas être facilement mesurés ou chiffrés» (Pearce et Markandya 1989, pp.3).

De façon plus formalisée (Freeman 1979a, p. 156 ou Johansson 1987, p. 104), le loyer de chaque appartement a est défini à la fois par ses j caractéristiques de structure S (e.g. nombre de pièces, date de la dernière rénovation), ses k attributs de localisation L (éloignement du centre-ville, proximité de lieux d'achats, etc.) et ses m qualités d'environnement Q (social, naturel, y compris sonore). La *fonction hédoniste* ou *implicite* du loyer peut s'écrire

$$P_a = P_a(S_{a_1}, \dots, S_{a_j}; L_{a_1}, \dots, L_{a_k}; Q_{a_1}, \dots, Q_{a_m}) \quad (2-15)$$

Elle correspond au lieu géométrique des dispositions marginales à payer d'équilibre des ménages. Sa dérivée partielle par rapport à n'importe quel attribut (e.g. Q_m) détermine le prix marginal implicite de cette caractéristique.

³³ A l'instar de Thalmann (1989, p.7), nous définirons le logement comme «un ensemble de services résidentiels utilisés par un ménage pour contribuer à la satisfaction de ses besoins, particulièrement les besoins de sécurité face aux hommes et aux éléments, de l'intimité, de l'hygiène, du sentiment d'appartenance à un espace, de l'appropriation imaginaire, de la marque territoriale, de la réalisation de soi, de l'esthétique, de la différenciation sociale, etc.». L'appartement représente la manifestation concrète de ce concept. Bien que seule sa structure matérielle (e.g. nombre de pièces, équipement) soit l'objet formel des transactions, son environnement physique et social constituent des produits liés.

Cette distinction entre logement et appartement correspond à celle courante en anglais entre *housing* et *dwelling*.

³⁴ Par analogie, le marché du travail a été utilisé comme un marché hédoniste du risque. Lorsqu'un travail présente une probabilité élevée de blessure ou de décès, sa rémunération devrait être plus élevée que s'il présentait moins de risque.

On peut alors estimer le prix hédoniste payé par chaque ménage pour un attribut particulier (e.g. le bruit).

Cette fonction hédoniste représente une fonction de demande inverse pour Q_m sous certaines conditions. Il faut notamment pouvoir considérer que tous les individus ont des fonctions de demande identiques, c'est-à-dire les mêmes revenus et les mêmes fonctions d'utilité. Dans ce cas, la somme des prix marginaux implicites individuels indique la perte globale provenant de l'atteinte considérée.

Il est plus vraisemblable que les préférences pour l'environnement et les revenus diffèrent d'un individu à l'autre. Dans ce cas, il faut tenir compte des caractéristiques socio-économiques des locataires selon des modalités qui varient en fonction de l'élasticité de l'offre de logement.

Si cette offre est parfaitement élastique (i.e. le prix implicite des caractéristiques est fixe alors que leurs quantités disponibles varient), la fonction de prix implicite apparaît comme exogène par rapport aux individus. La régression des valeurs observées de Q_m par rapport à leurs prix implicites et aux différentes caractéristiques socio-économiques des ménages permet d'identifier la fonction de demande. En cas d'inélasticité, le prix implicite payé par chaque ménage est régressé sur les caractéristiques socio-économiques et sur Q_m pour obtenir une fonction de demande inverse. Dans les cas intermédiaires, lorsque les fonctions d'offre et de demande dépendent toutes des prix, il faut recourir à une approche fondée sur la résolution d'un système d'équations simultanées.

EVALUATION HÉDONISTE DES NUISANCES SONORES

3.1 ASPECTS TECHNIQUES ET EFFETS DU BRUIT

Le bruit est défini par le physicien comme une vibration acoustique erratique, intermittente ou statistiquement aléatoire. L'écologie humaine s'intéresse davantage aux effets que provoquent ces vibrations sur l'Homme et considère le bruit comme une sensation auditive désagréable ou gênante (AFNOR 1980).

Le bruit figure parmi les plus importantes nuisances subies par la population. En France, une enquête montre que «le bruit de la circulation routière reste la nuisance la plus dénoncée, les causes de cette nuisance sont la circulation dans son ensemble (33%), et de manière plus spécifique la circulation automobile (24%), celle des poids lourds (17%) et celle des deux roues (13%)» (Maurin, Lambert et Alauzet 1988, p.92). En se référant aux seuils fixés par l'Ordonnance fédérale sur la protection contre le bruit (OPB), environ 30% de la population suisse est soumise à des niveaux sonores dépassant la valeur limite d'immission de 60dB (OFS 1990, p.60). Dans les villes, la situation est pire. A Zurich, on évalue à 20000 le nombre d'appartements soumis à des intensités sonores supérieures aux valeurs d'alarme fixées par l'OPB (Schelbert *et al.* 1988, p.35). «Au sens de l'Ordonnance fédérale, Genève ne recèle que bien peu de secteurs favorables à l'habitat...les Genevois supportent aujourd'hui des niveaux de bruit dépassant largement les normes souhaitables et formant un problème généralisé» (Raffestin *et al.* 1989, p.51). Neuchâtel se trouve dans une situation identique. D'après nos estimations, plus d'un tiers des immeubles est exposé à des valeurs d'immission supérieures aux limites fixées par l'OPB.

3.1.1 MESURE¹

L'oreille humaine n'est sensible qu'aux bruits dont la *fréquence* se situe entre 20 et 16 000 cycles par seconde (ou hertz, Hz), selon que le son est grave ou aigu². Par ailleurs l'*intensité* du bruit dépend de l'amplitude de ces cycles: pour un son de fréquence moyenne (3700 Hz) et un auditeur normal, le *seuil d'audition* s'établit à une puissance acoustique de 10^{-12} W (watts) et celui de *douleur* à 1 W. Cette énorme dynamique de la plage auditive fut une des raisons d'adopter une échelle de mesure logarithmique dont le zéro absolu a été placé au seuil d'audition. Le bel constitue l'unité de cette échelle. En pratique, on utilise les dixièmes du bel, ou décibels (dB) car ils correspondent grossièrement à la variation nécessaire pour percevoir une intensité différente. Les niveaux audibles s'échelonnent de 0 à 120 dB environ et la *puissance sonore double* lorsque l'intensité augmente de *3 dB*.

Le bruit a un caractère subjectif: la *sonie* repose sur la sensation de bruit ressentie par les individus. Elle varie en fonction de la fréquence et de l'intensité. Pour une fréquence de 1000 Hz, la *sonie double* lorsque l'intensité croît de *10 dB*.

Les récepteurs de l'oreille ne réagissent pas de la même manière suivant qu'un son est grave ou aigu. Notre système auditif parvient cependant à intégrer des sons de fréquences différentes. Pour reproduire ce phénomène, les appareils de mesure (ou sonomètres) recourent à différents réseaux pondérateurs. On utilise les dénominations dB(A), dB(B) ou dB(C) selon la pondération utilisée. Les dB(A) constituent la mesure la plus répandue.

La durée d'exposition au bruit influence sa nocivité. En tenir compte ne pose pas de problème lorsque le niveau reste constant. Ceci correspond rarement à la réalité: les émissions sonores du trafic routier varient fortement selon les heures. On détermine la dose globale de bruit supportée (énergie acoustique) sur la base du temps d'exposition aux différents niveaux sonores. Puis, on calcule le volume en dB(A) d'un son dont le niveau serait stable et qui aurait la même énergie acoustique totale que le bruit fluctuant mesuré. Il s'agit du *niveau acoustique continu équivalent*, L_{eq} .

¹ Les informations relatives à la mesure du bruit sont tirées de OMS (1980) et de Botte et Chocholle (1984).

² En dessous de 20 Hz, on est en présence d'infrasons. Les ultrasons ont une fréquence supérieure à 16 000 Hz.

3.1.2 EFFETS³

On classe généralement les effets du bruit sur l'Homme selon deux types: les effets sur l'audition et les effets plus généraux d'ordre physiologique, psychologique et sociologique (fig. 3-1).

3.1.2.1 Effets auditifs

Les effets auditifs se manifestent dès 80-85 dB(A). La *fatigue auditive* représente leur manifestation la plus bénigne. Ce déficit temporaire de la sensibilité auditive diminue progressivement dès l'arrêt du bruit jusqu'à totale récupération.

L'exposition prolongée à des niveaux sonores élevés conduit à des *traumatismes auditifs* pouvant s'étendre à une surdité partielle ou totale. Les lésions de l'oreille interne sont irréversibles. Elles ont souvent une origine professionnelle ou proviennent d'une exposition brève à des bruits intenses (tirs ou explosions).

3.1.2.2 Effets non auditifs

3.1.2.2.1 EFFETS PHYSIOLOGIQUES

Des *modifications du système neurovégétatif* apparaissent lors d'expositions à des intensités sonores élevées, de nature aiguë ou lorsque l'individu est surpris par un bruit inattendu. Elles se manifestent sous différentes formes: changement de la pression sanguine et de la fréquence cardiaque, accroissement de la tension musculaire et génération d'hormones de stress. Elles diminuent ou disparaissent si la stimulation acoustique se prolonge.

Les *perturbations du sommeil* naissent à des niveaux sonores nettement inférieurs. Un son de 20 dB environ provoque déjà des réponses d'éveil comportemental. Dès 35 dB, le temps nécessaire à l'endormissement se prolonge et la durée du sommeil profond diminue.

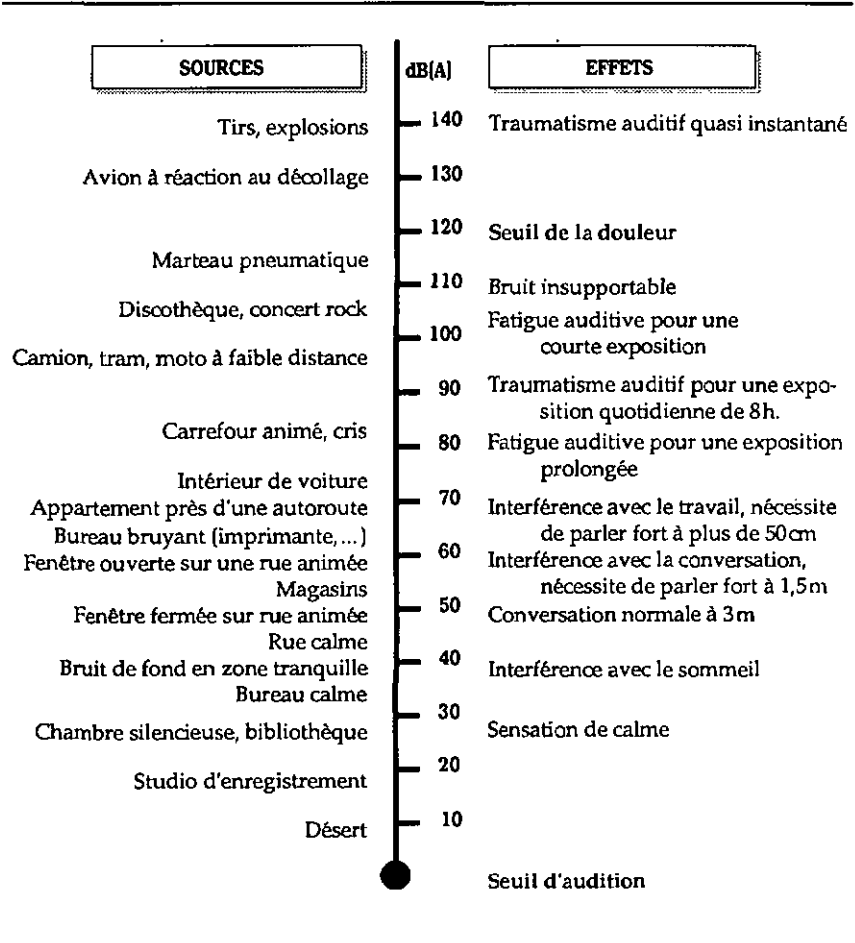
3.1.2.2.2 EFFETS PSYCHOSOCIOLOGIQUES

Les *effets sur le psychisme* proviennent des sentiments de gêne, d'appréhension, d'angoisse qu'engendre le bruit. Des agents stressants se développent et entraînent une réaction d'adaptation de l'organisme. Si les nuisances sonores ne peuvent être considérées comme une cause directe de maladies mentales, elles

³ Les informations relatives aux effets du bruit sont tirées de OMS (1980) et de Botte et Chocholle (1984).

accélèrent ou renforcent certaines atteintes psychiques latentes. Elles suscitent aussi des *troubles du comportement social* allant de l'irritabilité à l'agressivité.

Figure 3-1
Niveaux de bruit courants et effets sur l'Homme



Source: adapté de Lambert (1991, p. 10) et de Botte et Chochole (1984, p. 16)

Le bruit provoque un *effet de masque* et empêche la perception d'autres sons. Ce phénomène perturbe la transmission de signaux ou la communication parlée. Il

constitue un facteur d'isolement qui influence l'humeur des individus, réduit l'efficacité du travail et accroît le risque d'accident.

L'individu tente de compenser l'effet perturbateur du bruit en éliminant les informations inutiles. Un état de fatigue, d'excitation, de stress ou l'irruption d'un événement sonore intense, imprévisible ou impératif réduit l'efficacité de ce « filtre mental » et conduit à des *interférences avec les activités*. La capacité de concentration diminue empêchant ou limitant l'exécution de tâches complexes, professionnelles, scolaires ou de loisirs.

3.1.3 ORDONNANCE SUR LA PROTECTION CONTRE LE BRUIT (OPB)

L'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) du 15 décembre 1986, entrée en vigueur le 1^{er} avril 1987, figure parmi les nombreuses ordonnances d'exécution de la loi sur la protection de l'environnement (LPE) du 7 octobre 1983. Ces deux textes constituent la base légale de la lutte contre le bruit en Suisse. D'autres dispositions de droit public et privé fixent des règles plus ponctuelles en la matière (Loi sur la circulation routière, ...).

L'OPB « a pour but de protéger contre le bruit nuisible ou incommodant » (art. 1, al. 1). Elle vise à limiter les émissions sonores des installations⁴ à l'origine du bruit pour autant que cela soit « réalisable sur le plan technique et économiquement supportable » (art. 3, al. 1). L'Ordonnance fixe des valeurs limites d'exposition, des délais pour l'assainissement et pour la prise de mesures d'isolation acoustique. On distingue trois types de valeurs limites d'exposition au bruit:

Valeurs limites d'immission (VL): Elles fixent d'une part le seuil d'intervention pour limiter les émissions des installations existantes et d'autre part le seuil que doivent respecter les nouvelles installations privées;

Valeurs de planification (VP): Plus strictes que les précédentes, elles concernent avant tout la délimitation et l'équipement des zones à bâtir. Délimitation et équipement ne sont envisageables que si les VP sont respectées;

Valeurs d'alarme (VA): Il s'agit des moins sévères d'entre les trois. Elles fournissent une base d'appréciation de l'urgence des assainissements à l'autorité compétente.

⁴ Il peut s'agir d'installations fixes ou mobiles, privées ou publiques, existantes ou nouvelles. Ce terme inclut le réseau routier.

L'OPB établit un lien entre les mesures de lutte contre le bruit et les zones d'affectation au sens de la loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire (LAT). Elle en reprend la distinction entre quatre *degrés de sensibilité* au bruit (art. 43):

- Degré de sensibilité I: zones qui requièrent une protection renforcée contre le bruit, notamment les aires de détente;
- Degré de sensibilité II: zones dans lesquelles nulle entreprise gênante n'est autorisée à s'implanter. Ces espaces sont réservés à l'habitation ou à des constructions ou installations publiques;
- Degré de sensibilité III: zones où des entreprises moyennement gênantes sont admises. Il s'agit de «zones mixtes» où habitations, artisanat, agriculture et entreprises se côtoient;
- Degré de sensibilité IV: zones où l'on admet la présence d'entreprises fortement gênantes, e.g. zones industrielles.

Le tableau 3-1 indique à quels niveaux ont été fixées les valeurs limites d'exposition dans le cas du trafic routier.

Tableau 3-1
Valeurs limites d'exposition au bruit, L_r en dB(A)⁵

Degré de sensibilité	VP		VLI		VA	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
I	50	40	55	45	65	60
II	55	45	60	50	70	65
III	60	50	65	55	70	65
IV	65	55	70	60	75	70

Source: OPB (annexe 3)

Les cantons doivent veiller à l'attribution des degrés de sensibilité aux zones d'affectation (art. 44, al.1 et 2) et à l'établissement de cadastres du bruit (art.37, al.3). Dans le cas du trafic automobile, elles doivent prendre toutes les dispositions nécessaires pour en réduire les émissions (abaissement du volume et de la vitesse, etc.) et les immissions (protection des zones d'habitation). Les propriétaires d'immeubles (bureaux, habitations,...) exposés à des niveaux sonores supérieurs aux VLI sont également tenus d'installer des éléments offrant une isolation phonique particulière (fenêtres, murs, portes, toits).

⁵ Le niveau d'évaluation L_r correspond à l'agrégation du bruit des véhicules à moteur et de celui des chemins de fer. Voir l'annexe 3 de l'OPB (partie 3).

3.2 MÉTHODE DES PRIX HÉDONISTES IMMOBILIERS

3.2.1 DÉVELOPPEMENTS HISTORIQUES

La méthode hédoniste a pour origine les travaux de Court (1939), puis d'Adelman et Griliches (1961). Ces auteurs analysent comment les prix des automobiles s'ajustent en fonction du prix des différents composants (cylindrée, longueur, etc.). Selon eux, cette variation vient s'ajouter à celle qu'entraîne l'évolution du marché, même en l'absence de tout changement qualitatif. Par la suite, les concepts de divisibilité des caractéristiques des biens de consommation développés par Lancaster (1966), Griliches (1971) et Ironmonger (1972) fournissent les bases théoriques nécessaires à la méthode hédoniste.

En 1967, Ridker publie une étude pionnière analysant, grâce à des séries temporelles et transversales, les effets de la pollution atmosphérique sur la valeur foncière des immeubles résidentiels dans l'agglomération de St-Louis⁶. Il est le premier à tester les postulats théoriques classiques de la rente foncière et à utiliser les prix des terrains pour évaluer les préférences des individus en matière d'environnement.

« If the land market were to work perfectly, the price of a plot of land would equal the sum of the present discounted streams of benefits and costs derivable from it. If some of its costs rise, (e.g., if additional maintenance and cleaning costs are required) or if some of its benefits fall (e.g., if one cannot see the mountains from the terrace) the property will be discounted in the market to reflect people's evaluation of these changes. Since air pollution is specific to locations and the supply of locations is fixed, there is less likelihood that the negative effects of pollution can be significantly shifted on to other markets. We should therefore expect to find the majority of effects reflected in this market, and we can measure them by observing associated changes in property values » (Ridker 1967, p. 25).

Le modèle général proposé par Rosen (1974) a clarifié les implications théoriques de la méthode. Il permet de recourir aux prix hédonistes afin d'analyser l'offre et la demande pour les divers composants de produits différenciés⁷.

Les études réalisées précédemment se contentaient d'appliquer la méthode pour estimer les prix implicites des composants de produits étroitement apparentés, à l'intérieur d'une même catégorie de produits. Dans le cas du marché du logement, selon Freeman (1979b, p. 78), « étroitement apparentés » signifie que chaque appartement a est caractérisé par ses j attributs de structure (nombre de pièces, année de construction, etc.), k attributs de localisation L (distance par

⁶ A la même époque, la technique hédoniste a également été appliquée au domaine de la santé. Cf. Austen, Levenson et Sarachek (1969) ou Holtman (1972).

⁷ Ce modèle a été immédiatement utilisé par Freeman (1974) pour interpréter les études existantes sur les relations entre la valeur foncière et la pollution de l'air.

rapport au centre-ville) ou m attributs d'environnement Q (e.g. la tranquillité). Son prix est fonction de ces différentes caractéristiques:

$$P_a = P_a \left(S_{a_1}, \dots, S_{a_j}; L_{a_1}, \dots, L_{a_k}; Q_{a_1}, \dots, Q_{a_m} \right) \quad (3-1)$$

où P_a = loyer de l'appartement,
 S_a = vecteur des caractéristiques structurelles de l'appartement et de l'immeuble,
 L_a = vecteur des caractéristiques de localisation de l'appartement,
 Q_a = vecteur des caractéristiques environnementales de l'appartement (y compris sa tranquillité).

La fonction P_a représente la fonction des prix implicites ou hédonistes de a . Lorsque l'on dispose d'un échantillon suffisant de logements présentant différentes combinaisons de caractéristiques, l'analyse de régression permet d'estimer la relation P_a . Cette dernière peut ensuite être utilisée pour estimer le prix de n'importe quel appartement dont on connaît les attributs. En outre, le prix implicite d'une caractéristique particulière s'obtient par la dérivée partielle de la fonction hédoniste (3-1), soit dans le cas de Q_m

$$\frac{\partial P_a}{\partial Q_m} = P_{Q_m}(Q_m) \quad (3-2)$$

Ceci mesure l'accroissement de loyer nécessaire pour obtenir un appartement offrant une unité supplémentaire de Q_m , toutes choses égales par ailleurs.

La seule analyse hédoniste ne suffit pas à déterminer la demande pour les différentes caractéristiques. Cela impliquerait pour le moins que tous les ménages évaluent chaque caractéristique de la même manière⁸. L'effet d'un parc public par exemple sur le prix des appartements environnants serait le même quelles que soient les caractéristiques des ménages locataires (revenus, taille, etc.). Cette simplification n'était pas acceptable et l'analyse a été développée afin d'identifier les courbes de demande (inverses) des ménages en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques.

Le modèle de Rosen (1974, pp.38-41) apporte une solution générale en introduisant une étape supplémentaire: il s'agit d'analyser les prix hédonistes à la lumière des fonctions d'utilité des locataires ou / et à celle des fonctions de production des bailleurs (propriétaires d'immeubles).

La fonction hédoniste (3-1) correspond au lieu géométrique d'équilibre de la disposition à payer des locataires pour leur logement (ou de la disposition à

⁸ En fait, les implications sont beaucoup plus complexes puisque cette formulation requiert une hypothèse d'équilibre entre l'offre et la demande de chaque caractéristique en situation de concurrence parfaite.

accepter des bailleurs⁹). Le problème de maximisation de l'utilité du locataire peut s'écrire en ces termes:

$$\max_z U(X, S, L, Q) \quad (3-3)$$

avec la contrainte budgétaire

$$Y = PX + h(S, L, Q) \quad (3-4)$$

où $z = (X, S, L, Q)$; $c = h(\cdot)$ représente le loyer et correspond à P_a dans l'équation (3-1). L'utilité du ménage dépend de la consommation de caractéristiques liées à l'habitat et de tous les autres biens¹⁰. En examinant les conditions de premier ordre associées à la solution du problème de maximisation de l'utilité¹¹, le prix implicite d'une caractéristique donnée doit être égal à la disposition à payer correspondante w ; par exemple

$$\partial h / \partial Q_m = \partial U / \partial Q_m \lambda = w \quad (3-5)$$

où λ représente l'utilité marginale du revenu. En introduisant les quantités optimales de S , de L et de Q dans la fonction hédoniste, on obtient le loyer payé par un ménage cherchant à maximiser son utilité. L'équation (3-1) correspond au lieu géométrique des dispositions à payer d'équilibre pour le logement.

Afin d'illustrer ceci graphiquement, supposons qu'une fonction (non linéaire) de (3-1) a été estimée. La figure 3-2a montre la relation entre P_a et Q_m , les autres caractéristiques demeurant constantes¹². Le prix implicite de cette qualité d'environnement, $P_{Q_m}(Q_m)$, est représenté dans la figure 3-2b. Les courbes de disposition à payer (ou demande inverse) de deux locataires $w_i(Q_m)$ et $w_j(Q_m)$ y apparaissent aussi. Chaque locataire choisit son appartement de manière à égaliser sa disposition à payer pour obtenir Q_m et le prix hédoniste. Ceci correspond à l'intersection de la fonction de demande avec la courbe du prix implicite.

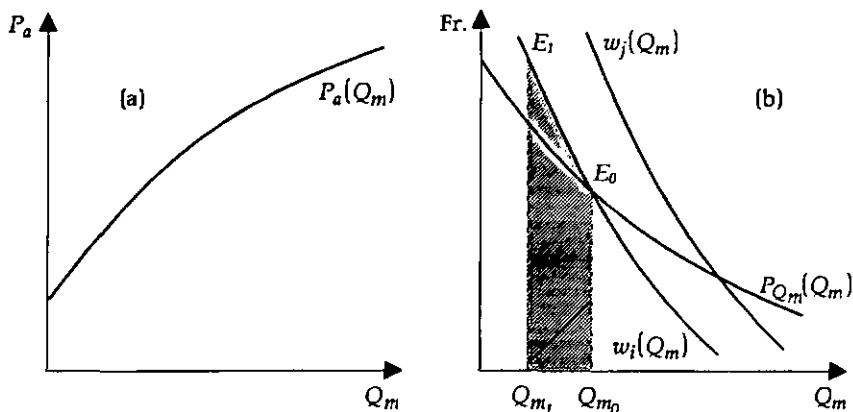
Pour chaque ménage, le prix hédoniste observé $P_{Q_m}(Q_m)$ ne fournit qu'une seule mesure de la disposition à payer w . Il faut examiner à quelles conditions cela suffit pour identifier la fonction de demande. Sur la base de Freeman (1979b, pp. 80-82 et 125-127) et de Johansson (1987, pp. 105-106), on peut distinguer cinq cas, résumés dans le tableau 3-2.

⁹ On se limitera ici à la fonction de demande. Cependant l'analyse de l'offre s'effectue par analogie.

¹⁰ Une alternative à cette interprétation a été présentée par Smith (1976, ch. 6) en se basant sur la fonction de production des ménages. Ces derniers achètent des biens et services intermédiaires et les utilisent comme inputs de leur processus de production afin d'obtenir des flux de services finaux, dont celui du logement. Dans cette perspective, la fonction U correspondrait à la fonction de production. D'un point de vue pratique, il n'y a donc pas de différence essentielle entre ces deux manières d'envisager le problème.

¹¹ Toutes les variables sont supposées continues.

Figure 3-2
 Fonction hédoniste partielle (a), prix implicite
 et fonction de demande inverse pour deux ménages (b)



Source: Freeman (1979b, p.173)

Lorsque la fonction des prix hédonistes (3-1) est linéaire par rapport à Q_m , l'identification d'une courbe de demande s'avère impossible. Le prix observé (3-2) est alors identique pour tous les individus¹³. P_{Q_m} peut malgré tout être interprété comme la disposition à payer pour de faibles modifications de Q_m .

Dans le cas d'une fonction non linéaire, la possibilité de déterminer une courbe de demande dépend de la spécification du modèle sous-jacent¹⁴. Un cas particulier apparaît lorsque les ménages ont des revenus et des fonctions d'utilité identiques. Toutes les fonctions de demande pour Q_m coïncident et se confondent avec l'équation hédoniste. Si les individus se trouvent en situation d'équilibre, (3-2) détermine le prix implicite d'équilibre pour Q_m . Ce prix représente également un point de chaque demande individuelle. Puisque les

¹² Ici, l'utilité marginale de Q_m est supposée décroissante.

¹³ Si la fonction hédoniste est linéaire, l'équation à estimer prend la forme

$$P_a = \alpha_0 + \alpha_1 S_{a_1} + \dots + \alpha_j S_{a_j} + \alpha_{(1+j)} L_{a_1} + \dots + \alpha_{(k+j)} L_{a_k} + \\ + \alpha_{(1+k+j)} Q_{a_1} + \dots + \alpha_{(m+k+j)} Q_{a_m}$$

Les coefficients représentent eux-mêmes les prix marginaux implicites puisque, par exemple $\partial P_a / \partial Q_{a_m} = \alpha_{(m+k+j)}$.

¹⁴ Si la relation hédoniste est non linéaire, le prix marginal implicite de Q_m n'est plus constant, mais dépend à la fois de sa qualité et du niveau des autres caractéristiques.

fonctions de demande sont identiques, toutes les observations pour $P_{Q_m}(Q_m)$ se situent sur la même courbe de demande inverse $w(Q_m)$.

Tableau 3-2

Identification de la fonction de demande sur la base de la relation hédoniste

Forme de la relation hédoniste	Caractéristique des revenus et des fonctions d'utilité	Caractéristique de l'offre	Possibilité d'identifier les fonctions de demande inverses
linéaire	—	—	aucune
non linéaire	identiques entre les locataires	—	Les fonctions de demande se confondent avec la fonction hédoniste
	différentes entre les locataires	parfaitement élastique	Régression des quantités observées sur les prix implicites et sur les caractéristiques socio-économiques
		inélastique	Régression des prix implicites sur les quantités observées et les caractéristiques socio-économiques
		élastique	Résolution simultanée d'un modèle d'équations d'offre et de demande

Les revenus et les préférences varient vraisemblablement d'un individu à l'autre. Il faut alors tenir compte de l'offre. Si cette dernière est parfaitement élastique (i.e. le prix implicite des caractéristiques reste constant tandis que leurs quantités varient), la fonction de prix implicite peut être considérée comme exogène par rapport aux individus. Régresser les quantités observées de Q_m sur les prix implicites, le revenu ou d'autres caractéristiques socio-économiques permet d'identifier la fonction de demande pour Q_m :

$$Q_m = Q_m(P_{Q_m}, Y, \dots) \quad (3-6)$$

Lorsque l'offre est inélastique, les quantités disponibles sont fixes. Les individus sont dans une situation où ils doivent enchérir pour obtenir un logement ayant les caractéristiques désirées. On utilise l'équation (3-2) pour calculer le prix implicite payé par chaque ménage. Cette variable est ensuite régressée par rapport aux quantités observées de Q_m , au revenu et à d'autres déterminants socio-économiques pour identifier la fonction de demande inverse:

$$w = P_{Q_m}(Q_m, Y, \dots) \quad (3-7)$$

Les courbes de demande des différents ménages ne coïncident plus et l'équation (3-2) ne se confond plus avec elles (fig. 3-2b). La disposition à payer du locataire i pour éviter une détérioration de Q_{m0} à Q_{m1} par exemple correspond à la surface au-dessous de sa courbe de demande inverse ($Q_{m0}E_0E_1Q_{m1}$). Harrison et Rubinfeld (1978b) ont les premiers fait explicitement cette hypothèse d'inélasticité. Pour eux, la qualité de l'air à un endroit donné est indépendante de la disposition à payer des ménages. Ils soulignent cependant que cette supposition est raisonnable dans le cadre d'une analyse transversale de courte période, mais qu'elle devient suspecte dans une perspective à plus long terme (p. 88).

Des cas intermédiaires peuvent se présenter, comme le souligne Nelson (1978b). Selon lui, l'offre en matière de qualité de l'air influence le prix implicite.

«...supply conditions affect the equilibrium price of air quality through the market for residential land. Taking the total supply of land for all uses in a metropolitan area as fixed at a point of time, the supply of land to the residential housing industry is simply this fixed amount less the effective demand for land for all other uses. In equilibrium, each plot will be allocated to the highest bidder. *Ceteris paribus*, suppliers of residential housing will have higher bid prices (which implies higher offer prices) for a given unit of land and improvements the higher the associated level of environmental quality» (Nelson 1978, p. 365).

Il faut alors recourir à une approche s'appuyant sur la résolution simultanée d'un modèle d'équations. Dans son estimation de la demande d'air pur à Washington (D.C.), Nelson spécifie la demande de la même façon que (3-7); le prix de l'offre est fonction de la qualité de l'air, de la densité de population et du temps d'accès à la majorité des lieux de travail.

Il n'existe donc pas de solution unique pour appliquer la méthode hédoniste au marché du logement. Selon Freeman (1979b, p.127), il semble toutefois raisonnable de considérer les caractéristiques environnementales comme exogènes et par conséquent indépendantes des prix implicites.

3.2.2 HYPOTHÈSES ET CONTRAINTES

3.2.2.1 Perception des variations qualitatives

L'hypothèse de base de la méthode hédoniste (i.e. le loyer est fonction de la qualité de l'environnement) se vérifie si les locataires perçoivent les atteintes. Ces derniers accepteront de payer un loyer plus cher uniquement s'ils jugent que la différence de qualité environnementale en vaut la peine. Si les atteintes sont insidieuses ou si les individus en ignorent les effets réels, la méthode hédoniste

conduit à une sous-estimation du coût¹⁵. Cette réserve ne remet toutefois pas en cause la validité du modèle théorique et ne s'applique pas aux changements environnementaux aisément perceptibles (e.g. variation du bruit).

3.2.2.2 Situation d'équilibre

Pour pouvoir considérer les prix implicites comme révélateurs des dispositions à payer, il faut supposer que chaque ménage se trouve en situation d'équilibre: chacun peut acheter les caractéristiques souhaitées compte tenu de sa contrainte budgétaire. En outre, le marché doit également connaître une telle situation: tous les appartements (e.g. tous leurs attributs, y compris ceux d'environnement) doivent avoir trouvé preneur. Pour réunir ces deux conditions, il faut d'abord que les ménages soient parfaitement informés sur les prix et les attributs et que leur coût de transaction (coût de la recherche d'un nouvel appartement, du déménagement, etc.) soient nuls. Ensuite, les prix doivent s'ajuster instantanément à l'offre et à la demande.

«The market for housing can be viewed as a stock-flow model where the flow (change in stock) is a function of prices, but the prices at any point in time are determined only by the stock at that point of time» (Freeman 1979a, p. 159).

Ce contexte idéal ne correspond pas à la réalité. Plusieurs éléments doivent cependant être considérés avant de rejeter cette hypothèse.

Le premier aspect concerne la précision des données. En général, les prix utilisés correspondent soit à des prix de location (ou de vente) réels, soit à des avis d'experts. Ces jugements d'experts peuvent s'écarter des prix réels du marché. Cela affaiblit la relation hédoniste, mais n'introduit pas de biais dans son estimation si ces erreurs ne sont pas elles-mêmes corrélées avec d'autres variables du modèle. Pour s'en convaincre, il suffit de comparer les valeurs avouées par les locataires (ou les propriétaires) et celles fournies par les experts: bien qu'un certain degré d'erreur soit inhérent à ce type d'appréciations, les divergences restent faibles et aléatoires¹⁶.

Il faut également considérer la vitesse d'adaptation du marché aux changements des conditions d'offre et de demande. Si l'ajustement n'est pas réalisé, les prix implicites observés ne refléteront pas la disposition à payer exacte des ménages. On doit donc se demander si un ajustement incomplet biaise systématiquement les estimations. Considérons d'abord le cas où les ménages ne s'adaptent

¹⁵ Voir notamment Måler (1977, p. 360).

¹⁶ Les essais effectués par Nelson (1978a) ou Kain et Quigley (1972) montrent qu'aucune corrélation n'existe entre les erreurs et les différentes caractéristiques introduites dans le modèle. Les études récentes réalisées à l'aide de données réelles confirment d'ailleurs largement les résultats obtenus précédemment sur la base d'expertises.

qu'imparfaitement aux variations exogènes de prix: si le prix implicite d'une caractéristique diminue, les individus renoncent à déménager tant que les coûts de transaction dépassent le gain d'utilité associé au retour à un équilibre complet. Ces coûts fournissent par conséquent une estimation de l'écart pouvant surgir entre les prix implicites observés et la disposition à payer. Lorsque le prix hédoniste évolue constamment dans la même direction, les ménages ont toujours un temps de retard. Cela conduit à une sur- ou sous-estimation selon que le prix implicite augmente ou diminue. Le même raisonnement s'applique même lorsque les modifications de prix ne sont pas exogènes: lorsque la demande pour une caractéristique s'accroît continuellement, son prix hédoniste sous-estime la disposition à payer. En effet, l'accroissement de la disposition à payer ne se manifeste sur le marché et ne modifie le prix implicite que si les gains d'utilité sont égaux ou supérieurs aux coûts de transaction¹⁷.

Enfin, l'impact des anticipations concernant l'évolution des atteintes doit être pris en compte. La valeur locative des immeubles correspond à la valeur actualisée de leurs services futurs attendus; une modification des prévisions en matière de qualité environnementale peut provoquer un changement des prix de location (ou de vente) et des prix implicites indépendamment de son niveau actuel. Si les ménages anticipent une réduction des atteintes, la valeur des immeubles sera plus élevée que si aucune baisse n'était attendue. Måler (1977) reconnaît l'existence du problème tout en mettant en garde contre les risques liés à sa résolution.

«If we try to estimate property values as a function of environmental quality we are forced, however, to use historical data for environmental quality, which may have no relation at all to property values» (Måler 1977, p. 360).

En définitive, même si les risques de voir le marché du logement s'écarter de l'équilibre semblent nombreux, les erreurs dans les estimations de la disposition à payer ne revêtent souvent qu'un caractère aléatoire. Seul un marché indéfiniment orienté dans une même direction (ou anticipé comme tel) pourrait provoquer un ajustement incomplet (ou une totale adaptation à des prévisions changeantes) et introduire un biais systématique.

La méthode hédoniste doit être utilisée avec prudence dans des localités ou à des périodes durant lesquelles les conditions du marché ou la qualité environnementale évoluent rapidement.

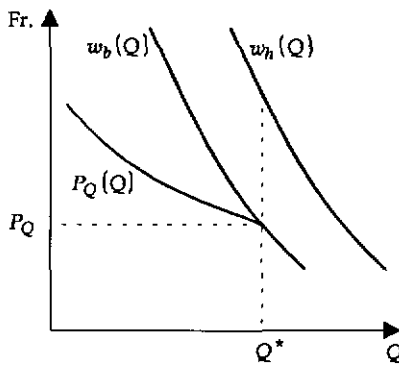
¹⁷ Cf. Wilman (1984, p. 30). A notre connaissance, aucune analyse chronologique des prix marginaux implicites n'offre une évaluation empirique de l'importance de ce biais.

3.2.2.3 Identification de la fonction de disposition à payer

Pouvoir interpréter les prix implicites observés comme des dispositions à payer d'équilibre suppose une offre variée des différentes combinaisons de caractéristiques afin que chaque ménage se trouve en situation d'équilibre. Si tel n'est pas le cas, les individus doivent se satisfaire d'un logement qui leur procure le plus haut niveau d'utilité possible et non pas une satisfaction optimale compte tenu de leur contrainte budgétaire.

La résolution du problème de maximisation de l'utilité (3-3) suppose que la fonction hédoniste est différentiable et continue. Cette simplification pose deux problèmes. D'une part, lorsque l'échantillon utilisé comprend un nombre insuffisant d'appartements et n'est pas représentatif des différentes combinaisons possibles, les variations des caractéristiques ne sont généralement pas continues. La fonction estimée n'offre alors qu'une mauvaise approximation de la réalité. Une série de segments linéaires donnerait dans ce cas une meilleure représentation. Cette absence de continuité obligerait cependant les ménages à choisir un point angulaire qui ne correspondrait pas à leur niveau de satisfaction optimal. Par conséquent, moins l'échantillon est représentatif, plus l'erreur introduite en considérant le prix implicite calculé comme représentatif d'une disposition à payer d'équilibre est grande. Les marchés immobiliers urbains offrent toutefois un éventail d'appartements suffisamment large pour permettre de former un échantillon représentatif. L'hypothèse de continuité de la fonction hédoniste paraît donc raisonnable.

Figure 3-3
Divergence entre le prix hédoniste et la disposition à payer



Le second problème apparaît lorsque aucun appartement n'offre la combinaison de caractéristiques souhaitée par certaines catégories de personnes. Harrison et Rubinfeld (1978c) l'ont constaté en estimant la fonction hédoniste pour le marché du logement de Boston et la disposition à payer des habitants pour abaisser les immissions d'oxydes d'azote (fig. 3-3). Ils ont découvert que des individus h à hauts revenus, bien que disposés à payer une somme w importante pour voir la qualité de l'air s'améliorer, vivaient dans des quartiers fortement pollués où le prix implicite de l'air était très bas. Les auteurs expliquent ce phénomène par le fait que ces gens-là auraient souhaité bénéficier à la fois de faibles concentrations de NO_x et d'un accès direct au centre-ville. Devant l'incompatibilité de ces deux exigences et l'impossibilité de trouver un logement y répondant, ces individus privilégiaient l'accessibilité. La fonction hédoniste donc n'existe pas à droite de Q^* qui constitue la meilleure combinaison atteignable. Le prix implicite observé PQ ne représente pas la disposition à payer d'équilibre pour les individus h ; contrairement aux individus b à bas revenus dont les exigences sont inférieures.

3.2.2.4 Segmentation du marché du logement

Straszheim (1974) fut le premier auteur à envisager le phénomène de segmentation qui survient lorsque l'analyse du marché du logement s'étend à des aires géographiques non homogènes. Ce problème apparaît si la mobilité entre les différentes zones d'une agglomération est restreinte et même si le marché du logement fonctionne parfaitement dans chaque zone. Selon lui, cela aboutit à une série de sous-marchés séparés et compartimentés ayant chacun une fonction de prix hédonistes différente.

« "The urban housing market" is a set of compartmentalized and unique submarkets with demand and supply influences likely to result in a different structure of prices in each. A huge variation exists both in the types of housing available across geographic submarkets within a metropolitan area and in the demand for housing of a given type at a given location » (Straszheim 1974, p.404).

Estimer une fonction hédoniste pour l'ensemble de l'agglomération aboutirait à des prix implicites erronés. La fonction doit être identifiée dans chaque segment du marché. Straszheim le prouve en calculant les fonctions hédonistes pour différentes aires de San Francisco. Il parvient ainsi à réduire la somme des erreurs quadratiques¹⁸.

¹⁸ Les études ultérieures ne sont pas parvenues à montrer à quel point le problème de segmentation revêt une importance empirique. Seuls les travaux de Schnare et Struyk (1976) sur les caractéristiques d'accessibilité montrent ce phénomène. Par contre, ceux de Harrison et Rubinfeld (1978a) relatifs à la qualité de l'air ou de Nelson (1978a) en matière d'environnement sonore ne permettent pas de rejeter l'hypothèse d'une absence de segmentation.

Pour qu'une segmentation apparaisse deux conditions doivent être réunies. D'abord, les acheteurs agissant sur un sous-marché ne doivent pas intervenir dans d'autres segments. Une quelconque entrave à la mobilité est pour cela nécessaire (e.g. barrière géographique, discrimination, manque d'information). Ensuite, l'offre ou / et la demande doivent avoir des structures différentes selon les secteurs.

Si ce phénomène rend l'utilisation de la méthode hédoniste plus difficile, il ne l'empêche pas. Son existence repose sur des circonstances (géographiques, sociales, etc.) facilement identifiables qui permettent de délimiter les segments pour lesquels une fonction particulière doit être identifiée. Même si ces fonctions diffèrent d'un segment à l'autre, elles refléteront le résultat du fonctionnement de chaque sous-marché et permettront d'estimer la disposition à payer d'équilibre.

3.2.2.5 Rôle de la fonction d'utilité

La fonction hédoniste reflète sous forme réduite l'interaction entre l'offre et la demande sur le marché du logement: ses prix implicites sont le résultat du processus d'optimisation des bailleurs et des locataires. Les comportements des bailleurs n'ont pas à être analysés puisqu'en l'absence de segmentation du marché ils sont tous identiques¹⁹. La fonction d'utilité des locataires joue au contraire un double rôle dans la spécification de la fonction hédoniste.

D'abord, les seules caractéristiques pouvant influencer les prix sont celles auxquelles les individus attachent une importance. Les variables explicatives doivent donc être les mêmes que les arguments de la fonction d'utilité des ménages. En excluant l'une ou l'autre variable, on risque de fausser les coefficients estimés des autres caractéristiques. Par ailleurs, la prise en compte d'une variable sans intérêt, même si elle ne biaise pas forcément les résultats, rend l'analyse des effets des autres variables moins fiable. La multiplication des caractéristiques renforce également le danger de *multicolinéarité*: il existe souvent une corrélation très étroite entre certaines caractéristiques intéressantes (e.g. accès au centre-ville et pollution atmosphérique, concentration de particules en suspension et teneur en dioxyde d'azote). Il devient impossible de distinguer l'influence respective de ces variables²⁰.

Ensuite, la manière dont une caractéristique entre dans la fonction d'utilité influence la forme de la fonction hédoniste. Par exemple, la disposition à payer

¹⁹ Si les bailleurs n'adoptent pas un comportement homogène, on assiste à une segmentation du marché (e.g. location à usage commercial ou résidentiel).

²⁰ Pour cette raison, la plupart des études liées à la pollution de l'air ne retiennent qu'une variable environnementale à partir de laquelle elles déterminent globalement les effets de toutes les formes de pollution atmosphérique.

peut également dépendre du niveau des autres variables explicatives, même avec une fonction d'utilité séparable. La *forme fonctionnelle* retenue doit permettre de tenir compte de ce phénomène et d'envisager une pente négative ou positive. Il n'est cependant pas possible de déterminer cette forme en examinant la fonction d'utilité, puisque la fonction hédoniste dépend avant tout des interrelations entre l'offre et la demande²¹.

3.2.3 RÉSULTATS EMPIRIQUES

La méthode des prix immobiliers hédonistes a été d'abord utilisée aux Etats-Unis pour estimer l'impact de la pollution atmosphérique sur la valeur des immeubles²². Le tableau 3-3 présente les résultats de quelques études marquantes. Il a parfois été difficile de distinguer les différentes formes de pollution atmosphérique lorsqu'elles étaient étroitement liées (e.g. particules et soufre). La variable explicative utilisée peut par conséquent regrouper plusieurs polluants. Ces résultats montrent qu'un accroissement des immissions de soufre dans l'air de 1 % implique une dépréciation des immeubles comprise entre 0,06 et 0,12 %. Dans le cas des particules, une telle augmentation réduit la valeur des biens immobiliers de 0,05 à 0,14 %. Lorsque la variable inclut plus d'un polluant, la diminution de la valeur immobilière est plus sensible (de 0,09 à 0,5 %).

Dès le début des années 1970, certains auteurs ont recouru à cette approche pour estimer le coût des nuisances sonores imposées par les transports²³. Walters (1975), puis Nelson (1978a) furent les premiers à formuler un modèle théorique tenant compte de la non-linéarité des échelles traditionnelles de mesure du bruit.

²¹ Halvorsen et Pollakowski (1981) préconisent le recours à des critères statistiques (sur la base d'une transformation Box-Cox quadratique) pour estimer la forme fonctionnelle. Si ces critères peuvent être utiles, ils ne sont pas toujours décisifs et ne sauraient remplacer le jugement du chercheur (Pearce et Markandya 1989, p.28).

²² En dehors de l'application «environnementale», on peut distinguer trois autres domaines d'application de la méthode des prix immobiliers hédonistes:

a) expertiser le prix des propriétés résidentielles sur la base de leurs différents déterminants, e.g. Davies (1974);

b) tester empiriquement les modèles de localisation résidentielle en recherchant le prix implicite de certaines variables de distance, e.g. Smith (1978);

c) discerner à l'intérieur des variations de prix les effets inflationnistes de ceux induits par les caractéristiques même des appartements ou des immeubles. Cf. Saccomanno (1979).

²³ Les travaux de la Commission Roskill (1970) ont contribué au développement de la recherche dans le domaine de l'«économie du bruit». Cette commission fut instituée dès 1968 pour diriger les études coûts-bénéfices du troisième aéroport londonien. Le bruit constituait un des principaux facteurs à considérer. Cf. les études de cas pour d'autres aéroports dans McClure (1969) ou Colman (1972).

«There is a natural quantitative measure of noise used by physicists. It is the energy content of a noise emission. But such a measure cannot be used as a simple measure of the human perception of noise nuisance. It is well known that certain types of noise such as high-frequency intermittent noise are much more annoying than a continuous low-pitched hum. Although simple physical measures of energy are not entirely useless, we must clearly search elsewhere for an appropriate measure of the human reaction to noise» (Walters 1985, p.17).

Tableau 3-3
Impact de la pollution de l'air sur la valeur des immeubles

Villes / Auteurs	Années de référence (valeurs des immeubles-pollution)	Polluants considérés	Dépréciation des immeubles (élasticité des prix par rapport au niveau de pollution)
<i>St-Louis /</i>			
Ridker et Henning (1967)	1960-1963	Soufre	0,06-0,10
Anderson et Crocker (1971)	1960-1963	Particules	0,12-0,14
<i>Chicago /</i>	1964-1967	Particules (et soufre)	0,2-0,5
Crocker (1970) ^a			
<i>Washington /</i>	1970-1968	Oxydants	0,01-0,02
Nelson (1978b)	1970-1967	Particules	0,05-0,12
<i>Toronto /</i>	1961-1967	Soufre	0,06-0,12
Zerbe (1969)			
<i>Pittsburg /</i>	1970-1969	Poussières (et soufre)	0,09-0,15
Spore (1972) ^a			
<i>Los Angeles /</i>	1977-1978	Oxydants	0,22
Brookshire <i>et al.</i> (1982) ^a		(et particules)	

^a Ces résultats élevés proviennent de la prise en compte de plusieurs polluants simultanément.

Sources: Pearce et Markandya (1989, p.33) sur la base de Freeman (1979b, pp.153-162) et Brookshire *et al.* (1982, p.175)

Les études se sont surtout intéressées au bruit du trafic aérien. Quelques unes ont abordé le problème des nuisances sonores du transport routier, comme le montre le tableau 3-4. A l'instar de l'évaluation des effets de la pollution atmosphérique, les études hédonistes ont jusqu'à ce jour essentiellement été menées aux Etats-Unis. Les quelques résultats obtenus en Suisse (Pommerehne 1987a ou Iten 1990) confirment qu'une hausse du niveau sonore de 1dB provoque une dépréciation de la valeur des immeubles avoisinant 1%. Il s'agit d'un chiffre moyen puisque la dépréciation par unité de bruit varie parfois avec le volume sonore.

La méthode hédoniste a également été utilisée pour évaluer les coûts liés à une dégradation de la qualité de l'eau: un accroissement de la pollution des plans ou des cours d'eau perturbe certaines activités récréatives et affecte le bien-être des propriétaires riverains. La valeur des immeubles s'en trouve réduite. Cette mesure ne reflète toutefois pas l'intégralité du dommage subi.

«The main limitation is that property value data reflect only benefits to property owners, not to others who make use of the water body. And for some water bodies, nonresident use is substantial» (Freeman 1979b, pp. 147)²⁴.

Tableau 3-4
Influence du bruit du trafic routier sur la valeur des immeubles

Villes / Auteurs	Période de l'étude	Dépréciation des immeubles (en % par rapport à une hausse du niveau sonore de 1 dB)
<i>Chicago /</i> Vaughan et Huckins (1975)	1971-1972	0,66-0,80
<i>Plusieurs villes américaines /</i> Gamble (1974)	1969-1971	0,24-2,20
<i>Plusieurs villes américaines /</i> Hall (1978)	1972-1974	1,30
<i>Bâle /</i> Pommerehne (1987a)	1983-1984	1,26
<i>Zurich</i> Iten (1990)	1986	0,90

Sources : Pommerehne (1987a, p. 207) et Iten (1990, p. 97)

David (1968) analyse la valeur des maisons riveraines de six lacs artificiels du Wisconsin présentant des niveaux de pollution différents. La qualité de l'eau de chacun des lacs apparaît comme une variable explicative significative de la valeur immobilière. Cependant, l'auteur n'a ni cherché à obtenir d'évaluation du bénéfice marginal associé à une amélioration de la qualité de l'eau, ni tenté d'identifier une fonction de demande. Brown et Pollakowski (1977) ont davantage cherché à estimer la valeur de l'accès direct au rivage et celle d'une vue dégagée pour les maisons riveraines des lacs près de Seattle. La distance à la rive constitue une variable explicative significative des prix immobiliers. Wilman (1981) fut la première à analyser simultanément l'offre et la demande des maisons à louer en relation avec la qualité de l'eau. Plus récemment, en Floride, Milon, Gressel et Mulkey (1984) ont cherché à identifier la meilleure relation fonctionnelle entre les prix immobiliers et la distance à la rive. Pour eux, la

²⁴ La méthode du coût du déplacement représente un complément valable afin d'estimer de la valeur d'usage des sites récréatifs pour des personnes non résidentes (cf. 2.3.2.2).

transformation des variables selon le modèle flexible proposé par Box et Cox (1964) permet d'éviter les erreurs d'estimations produites par le choix *a priori* d'une spécification fonctionnelle rigide.

En dehors de ces trois principaux domaines (pollution atmosphérique, nuisances sonores, pollution de l'eau) d'autres études hédonistes, plus ponctuelles, ont été menées. Elles ont cherché par exemple à déterminer le prix implicite de la santé publique (Quigley 1982), de la sécurité (Diamond 1980), des variables de conformité raciale (Awan, Odling-Smee et Whitehead 1982), du panorama (Sinden et Worrell 1979) ou encore de la proximité d'une décharge de déchets toxiques (Kohlhase 1987).

3.3 PRIX HÉDONISTE DES NUISANCES SONORES SUR LE MARCHÉ NEUCHÂTELOIS DU LOGEMENT

3.3.1 PRÉSENTATION DE LA DÉMARCHÉ HÉDONISTE

Le modèle hédoniste proposé par Rosen (1974) est appliqué au marché du logement pour évaluer le coût des nuisances sonores engendrées par le trafic routier en Ville de Neuchâtel. La figure 3-4 montre la démarche utilisée. Dans une première phase, la fonction de prix implicites est estimée par l'intermédiaire d'une régression multiple. On indique quelles formes fonctionnelles peuvent être envisagées et quelles sont les conséquences de ce choix sur les prix hédonistes.

Le résultat de l'enquête réalisée auprès des gérances et des propriétaires d'immeubles est présenté suivi des conclusions de l'analyse de régression. Celles-ci s'accompagnent de simulations réalisées sur la base de la fonction calculée. Cette fonction sert également à déterminer le prix marginal implicite du bruit en vue de la seconde étape de l'analyse.

Cette seconde étape cherche à déterminer quels sont les facteurs influençant la disposition à payer (DAP) pour réduire les nuisances sonores. Pour y parvenir, le prix marginal implicite du bruit de chaque appartement est régressé sur différents facteurs explicatifs de la demande des locataires (niveau sonore, revenu et intensité d'utilisation de l'appartement). La DAP estimée par cette fonction est ensuite associée à l'effectif des appartements excessivement exposés pour estimer le coût du bruit routier à Neuchâtel.

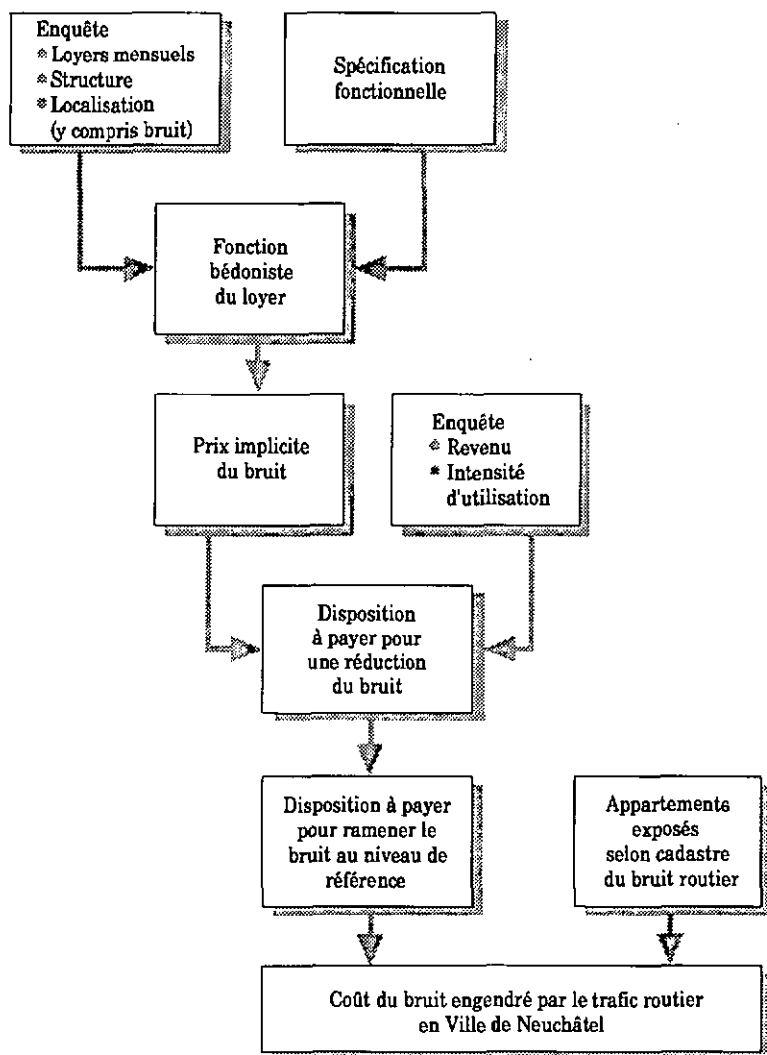
3.3.2 CHOIX DE LA SPÉCIFICATION

Conformément à l'équation (3-1), la fonction de prix implicites peut inclure la tranquillité, T_a , comme composante spécifique de l'environnement et s'écrire

$$P_a = P_a(S_{a_1}, \dots, S_{a_j}; L_{a_1}, \dots, L_{a_k}; T_a) \quad (3-8)$$

La notion de *tranquillité* peut aisément être remplacée par celle de *bruit* puisque ces deux expressions sont symétriques: un accroissement de l'une se traduit par une diminution de l'autre.

Figure 3-4
Démarche hédoniste pour évaluer le bruit en Ville de Neuchâtel



La théorie n'indique rien de précis sur la forme de cette fonction hormis qu'elle n'est qu'exceptionnellement linéaire²⁵. A défaut de théorie et sans recourir à des transformations particulières des variables²⁶, nous utiliserons une formulation non linéaire simple (logarithmique) ayant déjà fait ses preuves dans le cadre d'études précédentes²⁷.

Le choix de la forme fonctionnelle ne répond pas uniquement à des critères économétriques. Il influence aussi les prix marginaux implicites et la possibilité d'entreprendre la seconde étape de l'analyse. Les spécifications linéaire, semi-logarithmique et logarithmique présentées dans le tableau 3-5 permettent de l'illustrer. Nous admettons pour simplifier que le loyer, P_a , dépend seulement de la tranquillité de l'appartement, T_a .

Tableau 3-5
Quelques spécifications possibles de la fonction hédoniste

Forme de la fonction ^a	Première dérivée $\partial P_a / \partial T_a$	Seconde dérivée
<i>Linéaire</i>		
$\ln P_a = \alpha_0 + \alpha_1 S_a + \alpha_2 L_a + \alpha_3 T_a$	α_3	0
<i>Semi-logarithmique</i>		
$P_a = e^{\alpha_0 + \alpha_1 S_a + \alpha_2 L_a + \alpha_3 T_a}$	$\alpha_3 P_a$	$\alpha_3^2 T_a$
<i>Logarithmique</i>		
$P_a = \alpha_0 \cdot S_a^{\alpha_1} \cdot L_a^{\alpha_2} \cdot T_a^{\alpha_3}$	$\alpha_3 \frac{P_a}{T_a}$	$(\alpha_3 - 1) \alpha_3 \frac{P_a}{T_a^2}$

^a La fonction est simplifiée par rapport à l'équation (3-8) et ne présente qu'une caractéristique structurelle pour les variables S_a et L_a .

Source: adapté de Freeman (1979b, p. 140)

²⁵ Cf. point 3.2.2.5. Selon Rosen (1974, p.37), ce cas particulier apparaît lorsque les locataires exercent un arbitrage en choisissant et assemblant librement les caractéristiques de logement qu'ils souhaitent sans avoir à supporter de coûts de transaction. Les arguments de la fonction sont indépendants et exigent une spécification linéaire.

²⁶ Les transformations proposées par Box et Cox (1964) figurent parmi les modèles offrant une forme fonctionnelle flexible. On doit alors estimer non seulement les paramètres de la fonction, mais aussi sa forme. Ces transformations seront utilisées dans le cadre de l'évaluation contingente.

²⁷ Cf. Nelson (1978a) ou Pommerehne (1987a).

Le prix marginal implicite correspond à la dérivée de la fonction hédoniste par rapport à une caractéristique donnée, ici T_a , soit $\partial P_a / \partial T_a$. Le modèle linéaire implique un prix marginal constant et une seconde dérivée nulle, tandis que la spécification semi-logarithmique conduit à un prix dépendant linéairement de P_a . Dans le cas de la formulation logarithmique, ce prix peut être croissant, décroissant ou constant selon la valeur prise par le rapport P_a / T_a . Il devient indéfini lorsque T_a égale zéro. Des trois modèles présentés, lui seul fait dépendre le prix implicite de T_a du niveau des autres variables. Le recours à une spécification linéaire est *a priori* exclu puisqu'un prix marginal constant ne permettrait pas de réaliser la seconde étape de l'analyse.

L'introduction de l'environnement sonore dans la fonction pose un problème supplémentaire. La variable utilisée devrait refléter la manière dont les locataires perçoivent subjectivement les nuisances. Malheureusement, cette information est impossible à obtenir et on ne dispose que de valeurs objectives, mesurées ou calculées. Connaître le lien entre le niveau de bruit effectif et l'ampleur de la gêne ressentie constitue un préalable indispensable pour parvenir à une spécification fonctionnelle cohérente. Par chance, cette perception ne semble guère varier d'un individu à l'autre. Dès lors, il devient possible, comme l'a montré Nelson (1978a, p. 93-95), de déterminer une relation stable. Cette relation (exponentielle) entre la nuisance perçue et le bruit mesuré s'écrit

$$T_a = \gamma_0 \cdot e^{\gamma_1 B_a} \cdot \varepsilon_{a_1} \quad (3-9)$$

où T_a représente le niveau des nuisances telles qu'elles sont ressenties; B_a correspond au niveau de bruit mesuré ou calculé, exprimé en décibels, dB(A); les γ_i constituent des paramètres à estimer et ε_{a_1} est un terme d'erreur stochastique.

Spécifiée sous forme logarithmique, la fonction hédoniste s'écrit

$$P_a = \alpha_0 \cdot S_a^{\alpha_1} \cdot L_a^{\alpha_2} \cdot T_a^{\alpha_3} \cdot \varepsilon_{a_2} \quad (3-10)$$

où les α_i constituent d'autres paramètres à estimer et ε_{a_2} un nouveau terme d'erreur stochastique.

En substituant (3-9) dans l'équation (3-10) et en prenant le logarithme de chaque membre, on obtient, après regroupement²⁸

$$\ln P_a = \beta_0 + \beta_1 \ln S_a + \beta_2 \ln L_a + \beta_3 B_a + \varepsilon_{a_3} \quad (3-11)$$

où les β_i constituent les nouveaux paramètres à estimer, et ε_{a_2} un nouveau terme d'erreur supposé distribué normalement selon une loi normale et de variance

²⁸ $\ln P_a = \ln \alpha_0 + \alpha_3 \ln \gamma_0 + \alpha_1 \ln S_a + \alpha_2 \ln L_a + \alpha_3 \gamma_1 B_a + \ln \varepsilon_{a_2} + \alpha_3 \ln \varepsilon_{a_1}$

où l'on substitue $\ln \alpha_0 + \alpha_3 \ln \gamma_0 = \beta_0$
 $\alpha_1 = \beta_1$, $\alpha_2 = \beta_2$ et $\alpha_3 \gamma_1 = \beta_3$
 $\ln \varepsilon_{a_2} + \alpha_3 \ln \varepsilon_{a_1} = \varepsilon_{a_3}$

constante. Cette formulation introduit une mesure objective du bruit dans la relation tout en tenant compte de la perception des individus.

3.3.3 BASE DE DONNEES

Au cours du premier trimestre 1991, une enquête a été réalisée auprès des gérances et des propriétaires d'immeubles. Elle a permis de constituer un échantillon de 387 appartements loués répartis sur l'ensemble de la Ville de Neuchâtel. En limitant l'analyse à ce seul marché, l'hypothèse de non-segmentation est respectée. Le début de l'année 1989 a été choisi comme période de référence. Les effets perturbateurs sur les loyers des hausses successives des taux hypothécaires intervenues après cette date ont été évités. Ceci permet d'accroître la probabilité que l'hypothèse d'équilibre du marché du logement soit respectée.

Le cadastre des émissions sonores du trafic routier a permis de déterminer le niveau de bruit objectif auquel est soumis chaque appartement. Il est calculé grâce au modèle développé par l'OFEFP (1988) et à un diagramme d'écoulement des flux de véhicules datant de 1988 (Robert-Grandpierre et Rapp 1989). Les valeurs d'émission, exprimées en dB(A), ont été corrigées pour tenir compte de la réflexion du bruit engendrée par les constructions riveraines, des obstacles à la propagation des ondes sonores et de l'atténuation due à la distance séparant les fenêtres de la chaussée²⁹. La variable BRUIT n'inclut donc les émissions d'aucune autre source (e.g. voisinage, chantier). Afin d'éviter de biaiser l'estimation, tout appartement exposé au bruit du trafic ferroviaire a été exclu de l'échantillon. La liste des variables recensées figure à l'annexe 3-1 et les caractéristiques retenues pour l'estimation de la fonction hédoniste sont détaillées au tableau 3-6 (libellé abrégé, description et signe attendu de l'influence exercée sur le loyer).

La seconde étape de l'analyse nécessite des informations sur les caractéristiques socio-économiques des locataires. Le montant des revenus acquis en 1989 (REVENU) a été fourni par le Bureau des recettes de l'Etat de Neuchâtel. Il correspond à la somme des revenus imposables de tous les membres du ménage avant déductions sociales³⁰. La Police des habitants de la Ville nous a indiqué la taille des ménages (TM). Le tableau 3-7 donne un aperçu statistique des variables retenues et l'annexe 3-2 illustre la distribution de fréquence des variables numériques.

²⁹ La manière de procéder à ces corrections est décrite dans le «Modèle de bruit du trafic routier dans les zones habitées» (OFEFP 1988, pp. 13-22 et annexes 5-9).

³⁰ Seuls sont déduits les frais d'acquisition du revenu.

Tableau 3-6
Description des variables entrant dans la fonction hédoniste du loyer

Variable	Description	Signe
<i>Variable dépendante</i>		
LOYER	Loyer mensuel net (sans charges) en francs suisses.	
<i>Variables indépendantes</i>		
Structure de l'immeuble		
BUAN	Variable dichotomique prenant la valeur 1 si l'immeuble possède une buanderie commune.	+
CHPRO	Nombre d'années écoulées depuis le dernier changement de propriétaire. Plus ce changement est ancien, moins nombreuses ont été les occasions d'adapter le loyer.	-
CONC	Variable binaire prenant la valeur 1 lorsqu'un concierge s'occupe de l'entretien courant. Puisque les locataires n'ont pas à assumer cette tâche, cela doit exercer une influence positive.	+
COOP	Variable muette recevant la valeur 1 si l'immeuble appartient à une coopérative. Une relation négative est attendue puisque celle-ci doit pratiquer des loyers modérés.	-
GER	Variable dichotomique portant la valeur 1 lorsque la gestion de l'immeuble est confiée à une gérance. Celle-ci connaît et maîtrise mieux les pratiques du marché du logement qu'un propriétaire. Par ailleurs, elle entretient des contacts distants et épisodiques avec les locataires. L'impact de cette variable est donc difficile à déterminer <i>a priori</i> .	?
LIFT	Variable binaire prenant la valeur 1 si l'immeuble possède un ascenseur.	+
MAIN	Variable muette recevant la valeur 1 si l'immeuble a fait l'objet d'une maintenance au cours des dix dernières années. Le ravalement des façades constitue le critère minimal. Traduisant notamment une amélioration de l'aspect visuel du bâtiment, cette variable doit être corrélée positivement avec le loyer.	+
NBAP	Nombre d'appartements à usage résidentiel de l'immeuble. Plus ce nombre est élevé, plus les nuisances et les contraintes liées à l'habitat communautaire sont prononcées.	-

Tableau 3-6 (suite)

Variable	Description	Signe
Structure de l'appartement		
ATTIQ	Variable dichotomique prenant la valeur 1 lorsque l'appartement se trouve en attique.	+
BALC	Variable binaire ayant la valeur 1 lorsque l'appartement bénéficie d'un ou plusieurs balcons ou terrasses.	+
CHLOC	Nombre d'années depuis le dernier changement de locataire. Plus l'entrée en location est ancienne, moins nombreuses sont les occasions d'adapter le loyer.	-
ISOL	Variable muette prenant la valeur 1 lorsque les fenêtres de l'appartement fournissent une isolation phonique particulière (fenêtre à étanchéité renforcée).	+
NIV	Niveau sur lequel se situe l'appartement (on considère le rez-de-chaussée comme premier niveau). Plus ce niveau est élevé, moins importantes sont les nuisances imposées par l'habitat communautaire et l'extérieur. Par contre, le fait d'habiter au dernier étage d'un immeuble impose davantage de contraintes physiques au locataire. L'influence de cette variable reste difficile à prévoir.	?
PIECE	Nombre de pièces, sans la cuisine, la salle de bain ou les toilettes (un hall habitable est recensé comme demi-pièce).	+
RENOV	Variable dichotomique ayant la valeur 1 si l'appartement a subi une rénovation au cours des dix dernières années. Il doit s'agir d'une rénovation « lourde » qui dépasse la simple réfection des peintures précédant une entrée en location (e.g. pose d'une cuisine agencée, changement de l'agencement de la salle de bain).	+
Environnement et localisation		
BRUIT	Bruit diurne (entre 6 et 22h) du trafic routier auquel est soumis l'appartement, exprimé en dB(A). Cette nuisance doit influencer négativement le loyer.	-
CEN	Distance séparant l'immeuble du centre-ville (Place Pury), mesurée en mètres. Selon la théorie de la rente différentielle, la proximité accroît le niveau des loyers.	-

Pour un loyer mensuel de 660 fr., l'appartement moyen offre 3,5 pièces. Il est exposé à un bruit de 62dB(A), se situe à 1900 mètres du centre-ville et au 3^e niveau d'un immeuble de 13 logements. Ce dernier n'a pas changé de propriétaire depuis 28 ans. Le ménage locataire compte 2 personnes, bénéficie d'un revenu mensuel de 4200 francs et occupe l'appartement depuis 11 ans.

Tableau 3-7
Aperçu statistique des variables retenues dans l'analyse hédoniste

Variable	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart-type
LOYER	184,0	1900,0	569,0	656,4	300,3
BUAN	0,0	1,0	1,0	1,0	0,1
CHPRO	2,0	70,0	28,0	28,5	16,0
CONC	0,0	1,0	1,0	0,9	0,3
COOP	0,0	1,0	0,0	0,0	0,2
GER	0,0	1,0	1,0	0,6	0,5
LIFT	0,0	1,0	0,0	0,5	0,5
MAIN	0,0	1,0	0,0	0,5	0,5
NBAP	1,0	43,0	10,0	13,2	8,3
ATTIQ	0,0	1,0	0,0	0,0	0,1
8ALC	0,0	1,0	1,0	0,9	0,3
CHLOC	1,0	41,0	8,0	10,5	8,4
ISOL	0,0	1,0	0,0	0,1	0,4
NIV	1,0	8,0	3,0	3,0	1,4
PIECE	1,0	8,0	3,0	3,4	1,1
RENOV	0,0	1,0	0,0	0,2	0,4
BRUIT	48,0	72,1	64,2	62,2	7,1
CEN	150,0	3900,0	1700,0	1901,8	1090,2
REVENU	416,7	26608,3	3625,0	4168,8	2675,2
TM	1,0	5,0	2,0	2,0	1,1

3.3.4 ESTIMATION DE LA FONCTION HÉDONISTE

3.3.4.1 Résultats de l'analyse de régression

Les résultats du calcul de la fonction hédoniste obtenus par la méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) sont présentés au tableau 3-8. Cette estimation repose sur une spécification logarithmique de la relation entre le loyer des appartements et leurs différentes caractéristiques. Seules ont été retenues les variables contribuant significativement au potentiel explicatif du modèle et n'étant pas corrélées avec d'autres variables indépendantes. Le bruit engendré par le trafic routier apparaît en valeur absolue, dB(A). Les autres descripteurs numériques, ainsi que la variable dépendante (loyer mensuel) sont introduits sous forme logarithmique.

Tableau 3-8
Estimation de la fonction hédoniste du loyer

Variable indépendante ^a	Paramètre estimé MCO ^b	
Constante	7,334 **	(36,796)
<i>Structure de l'immeuble</i>		
BUAN	0,209 *	(2,026)
ln CHPRO	-0,132 **	(-6,663)
CONC	0,0824 *	(2,340)
COOP	-0,202 **	(-3,008)
GER	-0,155 **	(7,314)
LIFT	0,216 **	(8,291)
MAIN	0,0919 **	(3,463)
ln NBAP	-0,210 **	(-8,442)
<i>Structure de l'appartement</i>		
ATTIQ	0,485 **	(4,316)
BALC	0,0875 *	(2,533)
ln CHLOC	-0,0568 **	(-5,241)
ISOL	0,105 *	(2,407)
ln NIV	0,0555 **	(3,074)
ln PIECE	0,577 **	(18,986)
RENOV	0,0836 *	(2,536)
<i>Environnement et localisation</i>		
BRUTT	-0,00914 **	(-5,183)
ln CEN	-0,0682 **	(-3,978)
R^2	0,806	
R^2 corrigé	0,797	
Erreur type	0,184	
Valeur de F	90,387	
Degrés de liberté	369	
BP (d.l. 369)	35,7	
GQ (d.l. 136)	1,25	

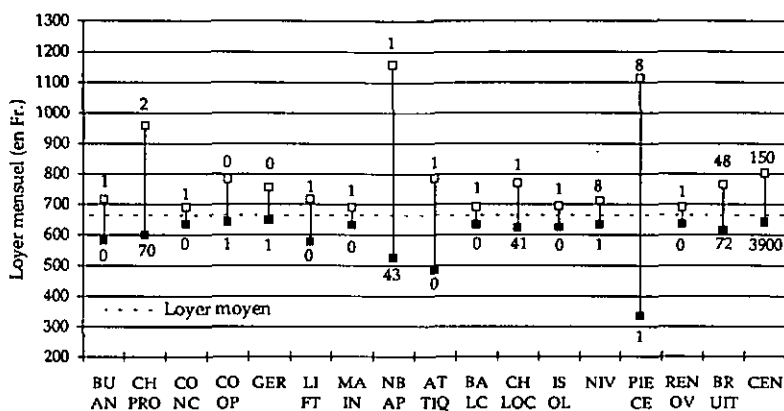
^a La variable dépendante est le logarithme naturel du loyer mensuel net (ln LOYER).

^b Les valeurs de \hat{f} figurent entre parenthèses en regard des paramètres estimés. Les coefficients munis d'un double astérisque sont significatifs à 99 %; ceux en portant un seul le sont à 99 % (test bilatéral).

Appréciés selon les critères statistiques usuels, ces résultats se révèlent bons. Le coefficient de corrélation R^2 est assez élevé: les 17 variables indépendantes retenues expliquent à 80 % la variation du loyer (i.e. de son logarithme). Le sens

de la relation correspond au signe attendu pour chacune des caractéristiques et les coefficients estimés apparaissent tous significatifs, permettant de rejeter l'hypothèse nulle à plus de 95% pour tous les paramètres. L'analyse de la matrice des corrélations simples (cf. annexe 3-3) confirme l'absence de dépendance sensible entre les variables constatée durant la procédure de régression. Aucun problème sérieux de multicollinéarité n'hypothèque donc la fonction hédoniste estimée malgré le nombre élevé de caractéristiques introduites dans le modèle. Par ailleurs, les tests de Breusch-Pagan (BP) et de Goldfeld-Quandt pour la variable BRUIT (GQ) permettent de rejeter l'hypothèse d'hétéroscédasticité des perturbations au seuil de 5% pour l'ensemble du modèle et pour cette variable particulière. Des spécifications non linéaires ont été testées, notamment celle proposée par Pommerehne (1987a et 1988) et reprise par Iten (1990). Leurs résultats ne s'avèrent pas meilleurs³¹.

Figure 3-5
Variation du loyer en fonction des caractéristiques de l'appartement



³¹ Pour tester ces spécifications non linéaires, nous avons attribué au bruit B_d de la relation (3-11) un exposant supérieur à 1, notamment 1,3 comme le propose Pommerehne. Exprimée en pour-cent du loyer, la dépréciation due à un accroissement marginal du niveau phonique n'est plus constante, mais dépend de l'environnement sonore de départ. Le coefficient de corrélation ne s'améliore pas et les modifications des valeurs de \hat{f} ne sont pas univoques (accroissement pour certains descripteurs, détérioration pour d'autres). On a renoncé à introduire dans la fonction les caractéristiques que les gérances ou les propriétaires avaient évaluées selon des critères trop fluctuants (e.g. vue sur le lac).

3.3.4.2 Interprétation des résultats de la régression

Les coefficients obtenus paraissent plausibles comme le montre la figure 3-5. Les loyers y sont rapportés tels qu'estimés sur la base des valeurs extrêmes pour chacune des caractéristiques et des valeurs moyennes pour les autres variables. Le loyer d'un appartement situé dans un immeuble de 43 logements s'élève par exemple à 526 fr.; le même appartement est loué 1160 fr. lorsqu'il se trouve seul dans un bâtiment. Parmi les variables dichotomiques, la situation en attique exerce la plus grande influence, puisque le loyer est supérieur de 303 francs au cas normal (787 contre 484 fr.).

L'interprétation des coefficients de l'équation hédoniste est différente selon qu'ils se rattachent à une variable numérique ou à son logarithme ou encore à une variable binaire. Dans ce dernier cas, le coefficient (multiplié par cent) représente la variation du loyer, exprimée en pourcentage, enregistrée lorsque ces caractéristiques changent d'état. Un appartement avec balcon est loué en moyenne 8,8% plus cher qu'un logement n'en bénéficiant pas (691 contre 633 fr.). La présence cumulée de toutes les caractéristiques représentées par une variable dichotomique provoque un doublement du loyer de base (tab.3-9). Cette hausse s'élève même à plus de 130% si l'on fait abstraction des deux caractéristiques ayant une influence négative (COOP et GER).

Tableau 3-9

Variation du loyer en fonction du cumul des variables dichotomiques

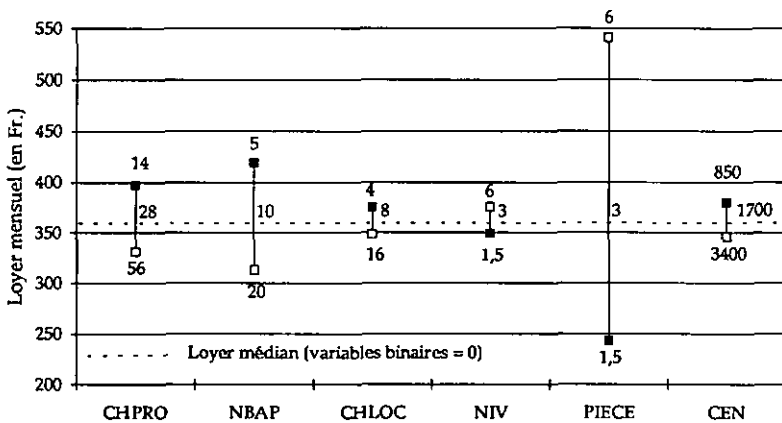
Variable	Variations cumulées en % ^a	
ATTIQ	48,5	48,5
LIFT	21,6	21,6
BUAN	20,9	20,9
ISOL	10,5	10,5
MAIN	9,2	9,2
BALC	8,8	8,8
RENOV	8,4	8,4
CONC	8,2	8,2
GER		-15,5
COOP		-20,2
Total	136,1	100,4

^a Les variables sont classées par ordre décroissant d'influence dans le loyer.

Les variables numériques –à l'exception du bruit– sont introduites sous forme logarithmique dans la relation. Leur coefficient correspond à l'élasticité du loyer. Par exemple, lorsque la distance au centre-ville s'accroît de 1%, le coût de

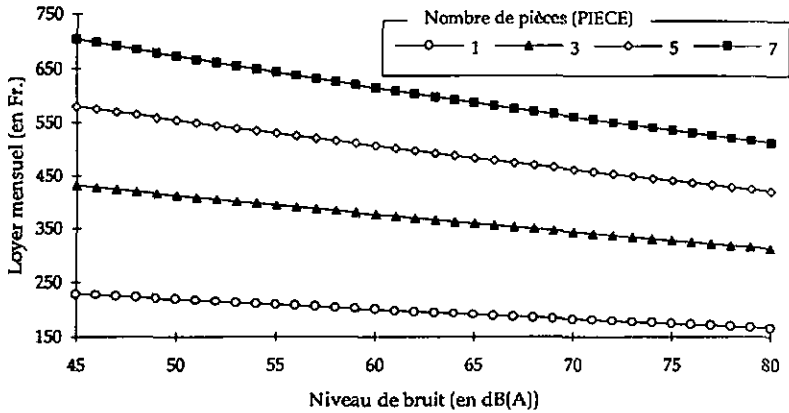
location s'abaisse de 0,07 %. Un doublement du nombre de pièces provoque une hausse du loyer moyen de quelque 58 % (de 3 à 6 pièces, passage de 630 à 990 fr.). Cet accroissement, inférieur à 100 %, traduit la présence d'économies d'échelle dans l'équipement du logement (e.g. cuisine, salle de bain). La figure 3-6 montre comment réagit le loyer lorsque ces caractéristiques doublent ou sont réduites de moitié. Ces estimations sont fondées sur les *valeurs médianes* de l'échantillon (indiquées sur la ligne du loyer médian) et des variables dichotomiques muettes (égales à 0). L'élasticité du loyer par rapport au nombre de pièces (PIECES) est de loin la plus élevée. A l'opposé, le loyer est peu sensible (environ dix fois moins) aux variations de l'étage sur lequel se situe l'appartement (NIV) ou au nombre d'années depuis le dernier changement de locataire (CHLOC).

Figure 3-6
Effet sur le loyer d'un doublement ou d'une réduction de moitié
des variables numériques



L'interprétation du coefficient attaché au bruit est différente. Contrairement aux autres variables numériques, les observations sont déjà sous forme logarithmique, dB(A). Le coefficient, multiplié par cent, indique le changement relatif du loyer résultant d'une modification des immissions sonores: toute hausse du bruit de 1dB(A) se traduit par une réduction du coût de location de 0,91 %. La figure 3-7 montre comment varie le loyer en fonction de la taille et du niveau sonore. Les autres variables numériques y ont une valeur médiane et les variables dichotomiques sont muettes.

Figure 3-7
Evolution du loyer en fonction du niveau de bruit et du nombre de pièces



Le coefficient attaché au niveau de bruit permet également de calculer l'élasticité du loyer par rapport à une modification de l'environnement sonore. Cette élasticité est donnée par la relation $|\eta_{B_n}| = \beta_3 P_n$. Sa valeur est rapportée pour quelques niveaux sonores au tableau 3-10. Elle croît linéairement avec les nuisances sonores: plus le bruit est élevé, plus l'influence relative de sa variation sur le loyer augmente.

Tableau 3-10
Elasticité du loyer par rapport au niveau sonore

Niveau de bruit en dB(A)	Elasticité du loyer en %
45	0,41
50	0,46
55	0,50
60	0,55
65	0,59
70	0,64
75	0,69
80	0,73

Ces résultats concordent largement avec ceux obtenus dans d'autres travaux empiriques menés en Suisse et à l'étranger. En général, les études américaines estiment à moins de 1% la dépréciation du loyer engendrée par 1dB(A) supplémentaire³². Les deux seules recherches helvétiques évaluent cette réduction à 0,9% (Zurich, Iten 1990) et 1,26% (Bâle, Pommerehne 1987a). D'autres analyses hédonistes du loyer ont cependant été réalisées en Suisse sans porter d'attention spécifique à l'environnement sonore (Thalmann 1992 à Lausanne, Moresi 1989 à Bellinzzone ou Geiger 1985 à Berne). Les spécifications et les variables utilisées par ces auteurs sont différentes des nôtres et les résultats ne peuvent être comparés directement³³. Le nombre de pièces représente la seule caractéristique commune: s'il double (ou est réduit de moitié), la hausse (ou la baisse) de loyer est comprise entre 40 et 70% selon les études³⁴.

3.3.5 ESTIMATION DE LA FONCTION DE DEMANDE INVERSE

La seconde étape de l'analyse consiste à estimer la fonction de disposition à payer des locataires pour un meilleur environnement sonore. Le prix marginal implicite du bruit doit être mis en relation avec les déterminants de la demande en faisant l'hypothèse que la qualité environnementale constitue une donnée exogène (i.e. les préférences des ménages ne l'influencent pas). Ceci est plausible au moins à court et moyen terme.

L'équation hédoniste obtenue au cours de la première phase de l'analyse permet d'identifier le prix implicite du bruit conformément à la relation du tableau 3-5

$$\frac{\partial P_a}{\partial B_a} = \beta_3 \cdot e^{(\beta_0 + \beta_1 \ln S_a + \beta_2 \ln L_a + \beta_3 B_a + \varepsilon_{a3})} = \beta_3 P_a \quad (3-12)$$

³² Voir les résultats des études antérieures au point 3.2.3.

³³ Geiger et Thalmann utilisent un modèle linéaire. Le second apporte cependant une transformation de type Box-Cox à la variable du nombre de pièces. Moresi recourt à une spécification exponentielle comme alternative à une transformation Box-Cox.

³⁴ Iten et Pommerehne obtiennent respectivement 48 et 66%. On estime ces pourcentages à 42, 52 et 62% chez Thalmann, Moresi et Geiger (58% ici). Par ailleurs, Thalmann estime qu'un logement appartenant à une coopérative est loué 17% moins cher (20%). Iten évalue la présence d'un balcon en moyenne à 130 fr., Moresi à 75 fr. (58 fr.). Chez ce dernier, l'existence d'un ascenseur provoque une hausse de loyer de 92 fr. (140 fr.), une rénovation un accroissement de 65 fr. (55 fr.).

Tableau 3-11

Loyer et prix marginal implicite selon le niveau sonore

Niveau de bruit diurne en dB(A)	Loyer moyen en Fr. par mois	Prix marginal implicite en Fr. par mois
45	789.-	7,21
50	753.-	6,89
55	720.-	6,58
60	688.-	6,29
65	657.-	5,98
70	627.-	5,74
75	599.-	5,48
80	573.-	5,24

Le prix marginal implicite est calculé pour chaque appartement (le tableau 3-11 donne l'exemple de quelques niveaux sonores). Il représente également la disposition à payer d'équilibre des ménages. Celle-ci est théoriquement influencée par les déterminants de la demande comme le niveau sonore, le revenu mensuel ou l'intensité d'utilisation de l'appartement (nombre de pièces par personne).

Les résultats de l'estimation de la fonction de demande inverse par les moindres carrés ordinaires (MCO) apparaissent au tableau 3-12. La spécification doublement logarithmique offre une meilleure approximation de la relation que les formulations linéaires ou log-linéaires testées par ailleurs. Cependant, la capacité explicative du modèle (1) est modeste (légèrement plus de 20%). Il est vrai qu'il s'agit d'estimations d'effets du deuxième ordre obtenues grâce à trois variables explicatives seulement. Le mode de collecte des données (géances et propriétaires, Bureau des recettes de l'Etat, Police des habitants) ne permettait cependant pas d'obtenir davantage d'information sur les locataires.

Il n'est pas possible de rejeter l'hypothèse que l'influence de la variable BRUIT sur la disposition à payer soit nulle. La demande pour la tranquillité pourrait être parfaitement élastique par rapport au bruit. La disposition à payer pour réduire le bruit de 1dB(A) serait identique quel que soit le niveau sonore auquel le ménage est soumis. Par contre, la DAP varie très probablement en fonction du revenu et de l'intensité d'utilisation: ces deux variables apparaissent significatives à plus de 99%. Ceci nous a conduits à procéder à une seconde estimation en excluant la variable BRUIT. Les résultats obtenus ne sont pas meilleurs, mais ils montrent une stabilité des coefficients attachés aux variables REVENU et INTENSITÉ.

Tableau 3-12
Estimation de la fonction de demande inverse pour une réduction du bruit

Variable indépendante ^a	Paramètre estimé MCO ^b	
	(1)	(2)
Constante	-1,158 (-1,891)	-0,657 ** (-2,784)
ln BRUIT	0,124 (0,886)	
ln REVENU	0,276 ** (9,752)	0,277 ** (9,805)
ln INTENSITE (= ln (PIECE / TM))	0,163 ** (4,769)	0,166 ** (4,868)
R ²	0,217	0,215
R ² corrigé	0,211	0,211
Erreur type	0,326	0,326
Valeur de F	32,598	52,662
Degrés de liberté	383	384

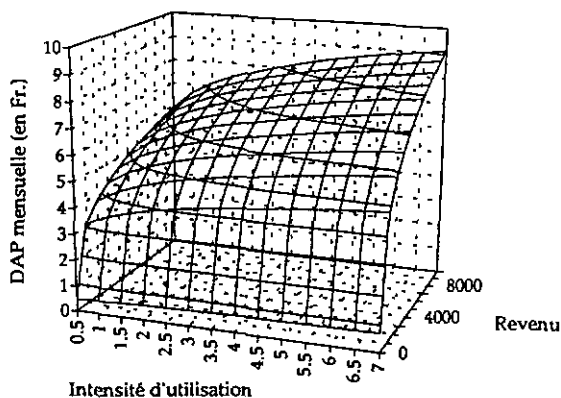
^a La variable dépendante est le logarithme naturel du prix marginal implicite mensuel du bruit obtenu sur la base de l'équation (3-12).

^b Les valeurs de \hat{f} figurent entre parenthèses au-dessous des paramètres estimés. Les coefficients munis d'un double astérisque sont significatifs à 99% (test bilatéral).

Les variables présentent le signe attendu: plus le revenu, l'intensité d'utilisation ou les nuisances sonores sont élevés, plus la DAP pour réduire le bruit est importante. Les ménages habitant des zones bruyantes sont prêts à payer davantage pour une amélioration marginale de leur environnement sonore que ceux résidant dans des endroits plus calmes. Les coefficients correspondent à des élasticités puisque la spécification est logarithmique. Lorsque le bruit augmente de 1%, la DAP s'élève de 0,12%. Une élasticité-revenu de 0,28 démontre que l'environnement sonore est un bien normal: sa demande croît moins vite que le revenu, laissant apparaître une saturation relative. Il en va de même pour l'intensité d'utilisation. La figure 3-8 illustre la variation de la DAP par rapport à ces deux caractéristiques socio-économiques en utilisant le premier modèle et un niveau de bruit constant de 60dB(A).

Figure 3-8

Disposition marginale à payer pour réduire le bruit selon le revenu et l'intensité d'utilisation (modèle 1, niveau sonore de 60dB(A))



Les différences entre les estimations des deux modèles sont minimales (tab.3-13); les résultats sont même identiques pour un niveau de bruit de 60dB(A) proche de la moyenne de l'échantillon³⁵. Selon son revenu et son environnement sonore, un ménage neuchâtelois consent à payer entre 5 et 8 fr. par mois pour réduire de 1 dB(A) le bruit auquel il est soumis.

Tableau 3-13

Disposition mensuelle à payer pour réduire les nuisances sonores de 1 dB(A)

Revenu	Modèle 1								Modèle 2
	Niveau sonore en dB(A)								
	45	50	55	60	65	70	75	80	
en Fr. par mois									
2500	4,89	4,95	5,01	5,07	5,12	5,16	5,21	5,25	5,07
5000	5,92	6,00	6,07	6,13	6,19	6,25	6,31	6,36	6,15
7500	6,62	6,71	6,79	6,86	6,93	6,99	7,05	7,11	6,88
10000	7,17	7,26	7,35	7,43	7,50	7,57	7,63	7,70	7,45

³⁵ Ces dispositions à payer ont été calculées en tenant compte de l'intensité d'utilisation moyenne de l'échantillon, soit deux pièces par personne.

Aucune étude n'a jusqu'ici réussi à estimer de manière satisfaisante l'influence du bruit sur la disposition marginale à payer³⁶. A notre connaissance, la seule tentative est celle de Iten (1990). Ce dernier ne parvient pas à des résultats satisfaisants. Très loin d'être significatif, le coefficient attaché au bruit ne présente en outre pas le signe attendu. Dans un second temps et sur la base d'une variation non marginale du niveau sonore, l'auteur parvient à déterminer une élasticité-revenu et une élasticité-intensité d'utilisation comparables à nos coefficients (0,283 et 0,202)³⁷.

Les deux modèles permettent de calculer la disposition à payer pour une variation non marginale de l'environnement sonore. On y parvient en intégrant la fonction de DAP entre le niveau de bruit initial et le niveau final. La fonction à intégrer varie évidemment selon le modèle considéré: si l'on recourt au premier modèle la variable BRUIT et son coefficient apparaissent explicitement dans la relation (3-13),

$$w = e^{(a_0 + a_1 \ln B + a_2 \ln Y + a_3 \ln I + \varepsilon)} \quad (3-13)$$

où w représente la disposition à payer du ménage pour une amélioration marginale de son environnement sonore B , Y son revenu et I l'intensité d'utilisation. Une primitive de cette fonction par rapport au bruit s'écrit

$$\begin{aligned} F(B) &= \int e^{(a_0 + a_1 \ln B + a_2 \ln Y + a_3 \ln I + \varepsilon)} dB \\ &= e^{(a_0 + a_2 \ln Y + a_3 \ln I + \varepsilon)} \left(\frac{B^{\alpha_1 + 1}}{\alpha_1 + 1} \right) + C \end{aligned} \quad (3-14)$$

où C est la constante d'intégration.

Lorsqu'elle est définie entre les bornes supérieure B_0 et inférieure B_1 , l'intégrale de la fonction de demande inverse prend la forme

$$\begin{aligned} \int_{B_0}^{B_1} e^{(a_0 + a_1 \ln B + a_2 \ln Y + a_3 \ln I + \varepsilon)} dB &= F(B_1) - F(B_0) \\ &= e^{(a_0 + a_2 \ln Y + a_3 \ln I + \varepsilon)} \left(\frac{B_1^{\alpha_1 + 1} - B_0^{\alpha_1 + 1}}{\alpha_1 + 1} \right) \end{aligned} \quad (3-15)$$

³⁶ Plusieurs études ont par contre démontré que la pollution de l'air (oxydes d'azote) exerce une influence significative sur la disposition marginale à payer. Chez Nelson (1978b), Harrison et Rubinfeld (1978a), Pommerhne (1987b) et Iten (1990), l'élasticité de la DAP s'établit entre 0,69 et 0,81.

³⁷ Cette procédure a été initialement proposée par Pommerhne (1987a).

Tableau 3-14

Disposition mensuelle à payer pour réduire le bruit de moitié

Revenu	Modèle 1 – équation (3-15)								Modèle 2 équ. (3-16)
	Niveau sonore en dB(A)								
	45	50	55	60	65	70	75	80	
en Fr. par mois									
2500	48,16	48,87	49,51	50,10	50,65	51,16	51,63	52,07	50,73
5000	58,31	59,17	59,95	60,67	61,33	61,94	62,51	63,05	61,48
7500	65,21	66,18	67,05	67,85	68,59	69,27	69,91	70,52	68,79
10000	70,60	71,65	72,59	73,46	74,26	75,00	75,69	76,34	74,50

Pour le second modèle et en l'absence de la variable BRUIT, l'intégrale s'écrit comme suit

$$F(B_1) - F(B_0) = (B_1 - B_0) \cdot e^{(\alpha_0 + \alpha_2 \ln Y + \alpha_3 \ln I + \epsilon)} \quad (3-16)$$

Les relations (3-15) et (3-16) permettent chacune d'évaluer la disposition à payer mensuelle pour une réduction de moitié des nuisances sonores (i.e. diminution de 10 dB(A)). De nouveau, les estimations obtenues par les deux modèles sont assez semblables (tab. 3-14). Celles du premier croissent nettement avec le revenu tandis qu'elles augmentent relativement moins vite sous l'effet du bruit³⁸.

3.3.6 COÛT DES NUISANCES SONORES DU TRAFIC ROUTIER EN VILLE DE NEUCHÂTEL

En recourant aux hypothèses émises au point 2.2.4³⁹, les dispositions individuelles à payer pour réduire les nuisances sonores peuvent être agrégées de manière à déterminer le coût du bruit routier en Ville de Neuchâtel.

D'après le cadastre du bruit du trafic routier, les immeubles exposés à des niveaux sonores de plus de 60 dB(A) se répartissent en trois catégories: 60 à 65 dB(A), 65 à 70 dB(A), plus de 70 dB(A). Dans chacune de ces plages, nous avons dénombré respectivement 650, 777 et 104 immeubles exposés, pour un

³⁸ Les valeurs obtenues par Pommerehne (1988, p.376) ou Iten (1990, p.108) sont supérieures. Le premier évalue à 95fr. la OAP d'un ménage soumis à un bruit de 75dB(A) et disposant d'un revenu de 4000fr.; le second estime ce consentement à 79fr. si le revenu s'élève à 5000fr.

³⁹ Consommations non rivales permettant une addition verticale des demandes individuelles.

total de 1531 bâtiments. Le nombre moyen d'appartements par immeuble s'élève à 4,14⁴⁰; on peut donc estimer qu'environ 6300 appartements sont soumis à un bruit dépassant 60 dB(A).

Sur la base de la relation (3-15), le revenu moyen de l'échantillon (4170 fr.) et l'intensité moyenne d'utilisation (2 pièces par personne) déterminent la disposition à payer pour ramener le bruit du trafic routier à un *niveau de référence* acceptable, soit 55 dB(A)⁴¹. Evidemment, cette DAP varie selon la plage de bruit de départ. Associée au nombre d'appartements exposés par plage sonore, elle permet d'obtenir le coût du bruit engendré par le trafic routier en Ville de Neuchâtel (tab.3-15).

Tableau 3-15
Coût du bruit routier en Ville de Neuchâtel

Plage de bruit ⁴² en dB(A)	Disposition à payer pour ramener le niveau sonore à 55 dB(A)		Nombre d'appartements exposés	Coût annuel du bruit routier en 1000 Fr.
	en Fr. par mois	en Fr. par année		
60 à 65	43,65	523,60	2689	1408
65 à 70	73,10	877,10	3214	2819
plus de 70	102,80	1233,85	430	530
Total	-	-	6333	4757

Pour obtenir un environnement sonore satisfaisant, un ménage neuchâtelois consent à payer entre 525 et 1235 fr. par an selon que la nuisance de départ est faible (entre 60 et 65 dB(A)) ou élevée (plus de 70 dB(A)). Compte tenu du nombre d'appartements exposés, le coût imposé à la population de la Ville

⁴⁰ Selon les informations fournies par le Service de l'urbanisme de la Ville, la commune comptait, en 1989, 15996 appartements (Service cantonal de statistique 1990) répartis dans 3867 bâtiments. Ce nombre est basé sur un inventaire en fonction de l'adresse de l'immeuble (numéro). Ce critère diffère de celui utilisé dans le recensement de l'Office fédéral de la statistique: Par bâtiment, ce dernier entend « toute construction isolée, ou séparée d'une autre par un mur mitoyen, et servant d'habitation. Dans les maisons doubles, en groupe ou en rangée, chaque construction séparée des autres par un mur allant de la cave au toit est considérée comme un bâtiment indépendant » (OFS 1984, p. 7). Par conséquent, le chiffre utilisé est plus élevé que ceux fournis par cet office: 3317 en 1980 et 3300 en 1990.

⁴¹ Le niveau de 55 dB(A) correspond à la valeur de planification diurne fixée par l'Ordonnance fédérale sur la protection contre le bruit pour les zones d'habitation.

⁴² Les immeubles sont supposés répartis normalement à l'intérieur des différentes plages de bruit. L'intensité sonore de référence correspond donc à la médiane (respectivement 62.5, 67.5 et 72.5 dB(A)).

s'élève à quelque 400000 fr. par mois, soit près de 5 millions de francs par année. Le coût supporté par chaque habitant s'élève en moyenne à 150 fr.⁴³ Dans le cas des personnes exposées, il varie entre quelque 260 et 615 fr. selon qu'elles sont faiblement ou fortement soumises aux immissions sonores.

3.3.7 VALIDITÉ DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE HÉDONISTE

Le modèle hédoniste utilisé a permis d'identifier une fonction de demande ordinaire (marshallienne) pour l'environnement sonore. Les dispositions à payer obtenues correspondent à des *mesures non compensées* de la perte d'utilité qu'impose un accroissement du bruit. On peut se demander si ces estimations s'écartent significativement des véritables valeurs déterminées par une fonction hicksienne ou si elles s'en approchent.

Willig (1976, p.596) a présenté deux conditions qui, si elles sont respectées, permettent non seulement de prétendre que les estimations marshalliennes se situent entre les variations équivalente et compensatrice, mais que ces trois types de mesures coïncident pratiquement. Afin de garantir une marge de fluctuation inférieure à 10%⁴⁴, ces conditions sont les suivantes

$$\left[\frac{w_B \cdot \eta_Y}{Y} \cdot \frac{1}{2} \right] \leq 0,05 \quad (3-17a)$$

et

$$\left[\frac{w_B}{Y} \right] \leq 0,9 \quad (3-17b)$$

où w_B représente la disposition à payer pour la tranquillité, Y le revenu mensuel du ménage et η_Y l'élasticité-revenu de la DAP pour un meilleur environnement sonore. Sur la base d'une élasticité-revenu de 0,276 (tab.3-12), le tableau 3-16 montre les valeurs obtenues pour quelques cas limites (cf. tab.3-14).

Les valeurs obtenues à Neuchâtel respectent les conditions et l'écart entre les différentes mesures de la perte de bien-être engendrée par un doublement du bruit ne doit pas excéder $\pm 0,3\%$. Lorsque l'on raisonne en termes marginaux sur la base du tableau 3-13, l'écart devient insignifiant (moins de 0,03%). Les estimations fournissent une bonne approximation de la valeur des nuisances sonores qu'on obtiendrait sur la base d'une courbe de demande compensée.

⁴³ En 1989, la Ville de Neuchâtel comptait 31532 habitants (Service cantonal de statistique 1990, p.14).

⁴⁴ Pommerehne (1987b, pp.59 et 60) parle de « couloir ».

Tableau 3-16
Test de la convergence des estimations vers des valeurs compensées

Niveau sonore en dB(A)	Revenu en Fr. par mois	Conditions	
		équation (3-17a)	équation (3-17b)
45	2500	0,00265	0,01926
	10000	0,00097	0,00706
80	2500	0,00287	0,02083
	10000	0,00105	0,00763

L'importance des hypothèses que nécessite l'approche implique des réserves. Certaines de ces hypothèses sont difficiles à vérifier (e.g. offre fixe à court terme), d'autres représentent une simplification commode, mais souvent non fondée (parfaite mobilité des locataires en l'absence de coût de transaction). En outre, déterminer les conséquences de leur non-respect est une opération complexe, parfois impossible.

Un projet de contournement de la Ville de Neuchâtel par tunnels a été discuté dès la fin des années 1960; le chantier s'est ouvert en 1980 et la mise en service de l'ensemble du dispositif a eu lieu en 1993. Si la perspective de cette ouverture a provoqué des anticipations, la demande pour les appartements riverains de rues potentiellement bénéficiaires d'une réduction de trafic aura été plus élevée que si aucune diminution n'avait été attendue. Parallèlement la demande des autres appartements n'aura pas été aussi forte qu'elle aurait dû l'être. La fonction hédoniste –estimée sur la base d'un échantillon de 1989– serait alors moins élastique par rapport au bruit et le prix marginal implicite des nuisances sonores serait sous-évalué, de même que la disposition à payer pour les éviter. Dans une analyse transversale, cet impact n'est toutefois pas mesurable.

Il faut rappeler que seuls sont retenus dans l'échantillon des appartements loués. Par conséquent, les prix implicites sont biaisés si on les applique à l'ensemble du parc de logements neuchâtelois: les appartements en propriété offrent souvent une qualité supérieure; le critère d'exclusion (le statut de locataire) est donc corrélé avec la variable dépendante (le loyer). Si l'on suppose que ces deux marchés sont distincts (i.e. aucun déplacement systématique des ménages ou des appartements de l'un à l'autre), les prix implicites peuvent être considérés comme représentatif du marché locatif.

Le choix des variables explicatives représente également un problème. Or, ce choix dépend avant tout de l'accès à l'information. Actuellement, l'absence de bases de données regroupant suffisamment d'observations et de variables pénalise le développement de ce type d'évaluations en Suisse. Le recours à des enquêtes spécifiques ou au recoupement de diverses sources constitue encore un

passage obligé. Ces contraintes limitent l'application de cette méthode dans d'autres domaines (e.g. évaluation de la qualité des services publics).

Cette méthode évalue souvent partiellement les atteintes à l'environnement. Les individus sont exposés aux nuisances sonores du trafic routier également ailleurs qu'à leur domicile (à leur place de travail, en faisant leurs courses, etc.). Or, en recourant uniquement à l'analyse des loyers, il n'est pas possible de prendre en compte l'ensemble du problème. A l'opposé, des phénomènes de multicolinéarité empêchent d'introduire plusieurs variables environnementales dans le modèle⁴⁵. Pourtant, là où le bruit du trafic routier est élevé, d'autres atteintes se font aussi sentir (e.g. pollution de l'air, vibrations). La seule variable retenue (le bruit) risque de les recouvrir en partie. On ne peut exclure que les évaluations obtenues reflètent implicitement la valeur de ces autres atteintes. Néanmoins, ces deux phénomènes (bruit appréhendé uniquement au domicile et prise en compte d'une seule variable environnementale) jouent en sens contraire. Au total, leur impact sur les résultats doit être marginal.

⁴⁵ En particulier lorsque les atteintes à l'environnement proviennent de la même source.

EVALUATION CONTINGENTE DE LA RUPTURE SPATIALE

4.1 EFFETS DE LA RUPTURE SPATIALE

L'effet de *rupture* ou de *coupure* de l'espace est associé au *morcellement* du territoire de la faune provoqué par le développement des réseaux routier et ferroviaire. Les voies de communication sont pour les animaux autant de *barrières* qui limitent leur déplacement et restreignent leur habitat. Leur population diminue et les risques d'extinction augmentent.

Bien qu'ayant d'autres effets, la rupture spatiale atteint également le piéton, particulièrement en milieu urbain. La largeur de la chaussée à traverser, la vitesse, la composition et le volume du trafic associés aux aménagements mis en place (feu de signalisation, îlots, etc.) influencent la perméabilité de la chaussée au flux piéton. Lorsque cette perméabilité est limitée, le piéton est confronté au phénomène de rupture spatiale. La chaussée prend l'allure d'une barrière: elle empêche le piéton de se déplacer et réduit ses contacts sociaux.

A Neuchâtel, cette rupture perturbe sensiblement la trame piétonne. Chaque jour, près de 30 000 véhicules traversent la Ville sur l'axe est-ouest et restreignent l'accès au lac depuis le centre historique et commerçant (zone piétonne) –et inversement. En outre, 20 000 véhicules empruntent quotidiennement l'axe nord-sud séparant le centre-ville de sa principale zone verte (Jardin anglais) (Robert-Grandpierre et Rapp 1989).

4.1.1 COMPOSANTS ET FONCTIONS DE LA TRAME PIÉTONNE¹

Plusieurs éléments composent la trame piétonne: trottoirs, zones et rues piétonnes, chaussées. Les zones et rues piétonnes sont plus ou moins perméables au trafic motorisé. Certaines sont réservées aux piétons. D'autres autorisent le passage des transports collectifs. D'autres enfin donnent la priorité aux piétons, mais laissent le trafic les emprunter selon des modalités strictes (e.g. zones 30²). La situation inverse se produit lorsque la chaussée est réservée au trafic. Le piéton doit se conformer aux règles de la circulation (notamment sur les traversées).

La trame piétonne répond à différents besoins. Lorsqu'ils sont pressés, les piétons considèrent la rue comme un axe. Dans le choix de leur itinéraire, ils restent peu sensibles aux aspects esthétiques; privilégient la réduction du temps de trajet et de l'effort à fournir. Cette utilisation correspond à la fonction de *déplacement* de la trame piétonne. Celle-ci est aussi utilisée comme but de promenade et de rencontre, comme espace ludique ou d'échange avec les activités riveraines (e.g. habitat, cafés, bureaux, magasins, cinémas). Les critères de sécurité, de calme et d'agrément sont déterminants pour lui permettre d'assurer cette *fonction sociale*. La *fonction d'échange* s'exerce aux abords de la chaussée. C'est l'endroit où se font les attentes et les transferts vers les transports: arrêts de bus, stations de taxis, stationnement, livraison.

4.1.2 CONSÉQUENCES DU CONFLIT PIÉTON – TRAFIC

La rupture spatiale porte atteinte aux fonctions sociale et de déplacement de la trame piétonne. Les conséquences dépendent évidemment des individus et de leurs activités. La gêne revêt au départ un caractère psychologique (stress, insécurité, inconfort). Mais les adaptations du comportement qu'elle implique représentent une perte supplémentaire de bien-être. Au mieux, la rupture spatiale ne provoque que des retards. Elle peut toutefois amener les individus à déplacer, à réduire ou même à suspendre leurs activités. L'ampleur du phénomène dépend de la vulnérabilité des personnes touchées (tab. 4-1).

Pour le piéton adulte, l'effet de barrière n'implique qu'un changement et une prolongation d'itinéraire ou une attente avant de pouvoir traverser³. L'atteinte se révèle plus importante chez les personnes les plus vulnérables (enfants,

¹ L'analyse de la trame piétonne est tirée de Schaufelberger (1992).

² Rues de quartiers résidentiels dans lesquelles la vitesse est limitée à 30 km / h.

³ A Munich, une étude a montré que l'attente des piétons aux feux de signalisation représente plus de 30% du temps pour un parcours d'un kilomètre. Ceci conduit près d'un piéton sur deux à s'engager sur la chaussée avant que le feu ne passe au vert (Arbeitskreis Verkehr und Umwelt 1987).

personnes âgées ou handicapées). Pour celles-ci, la présence de feux de signalisation ne suffit pas toujours à surmonter la difficulté. Certaines doivent renoncer à traverser et voient leur espace de sociabilisation se réduire.

Dans le cas des enfants, on constate des retards dans le développement des capacités motrices et dans celui de la cognition sociale. Leurs parents sont souvent contraints de les accompagner à l'école de manière à réduire le risque d'accident; l'ensemble des activités de leurs enfants se déroule sous une surveillance et dans une dépendance accrue (Hüttenmoser, Degen-Zimmermann, Hollenweger 1992)⁴.

Tableau 4-1

Modifications de comportements provoquées par la rupture spatiale

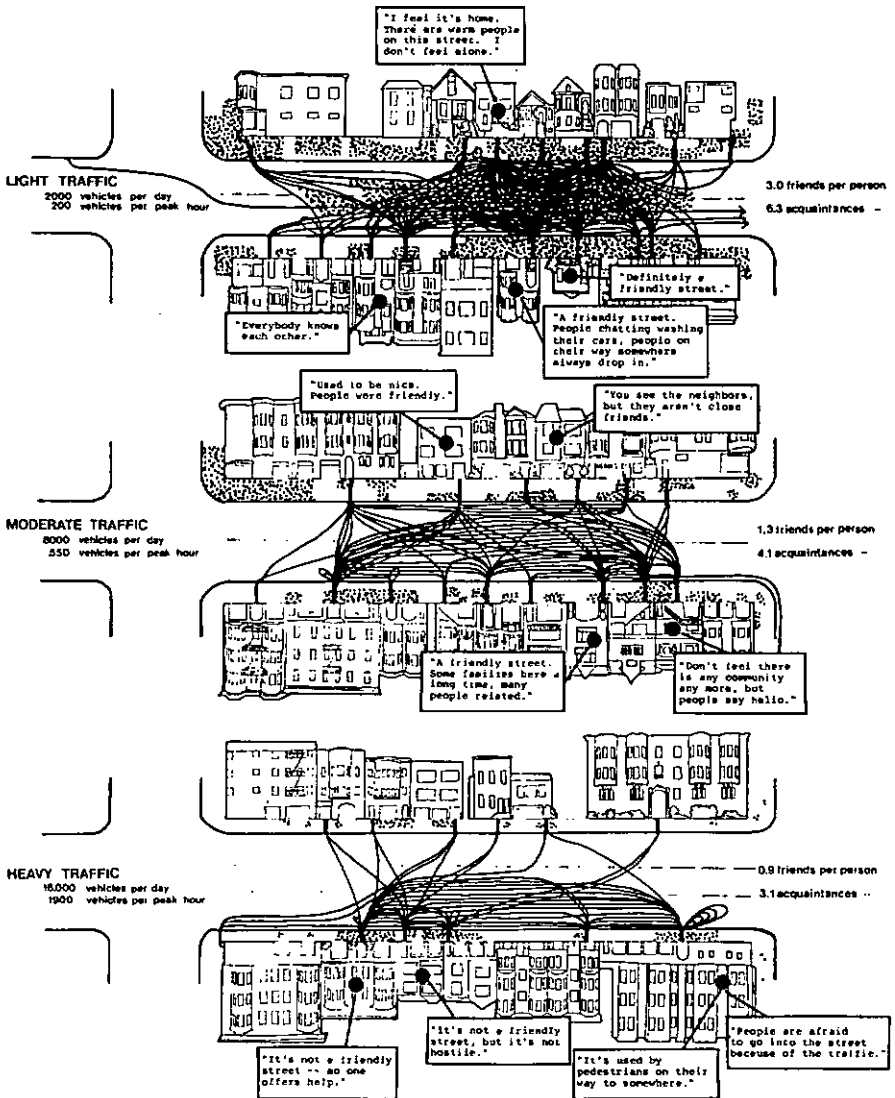
Personnes victimes	Modification du comportement
Piétons adultes	Détour et attente
Parents de jeunes enfants	Contrainte d'accompagnement et de surveillance
Enfants, personnes handicapées ou âgées	<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'espace de sociabilisation • Troubles du développement des capacités motrices • Troubles de la cognition sociale
Habitants	Réduction des relations de voisinage

Plus généralement, la rupture spatiale influence les relations de voisinage des résidents. A San Francisco, une enquête a montré que les habitants des rues à fort trafic ont trois fois moins d'amis et deux fois moins de connaissances dans leur quartier que les riverains de rues à faible trafic (Appleyard 1981). Cette différence dans le tissu des relations sociales est illustrée par la figure 4-1: les lignes indiquent où les personnes interrogées ont des amis ou des connaissances; les points montrent où les gens se rencontrent.

Cette enquête révèle que la rue est utilisée de manière différente si le trafic est faible: les habitants discutent devant leurs maisons, les trottoirs offrent un espace de jeux aux enfants, tandis que les plus grands s'approprient la chaussée pour des rencontres sportives improvisées. La rue est considérée comme un tout dont l'accès est garanti en intégralité. En définitive, les lieux où les piétons ne peuvent se rendre aisément sont délaissés. L'usage d'un véhicule s'avère plus rassurant et supprime la marche, même sur de courtes distances.

⁴ Ces auteurs ont démontré ces phénomènes de dépendance parents-enfants et leurs conséquences au cours d'une étude comparative auprès de 20 familles dont 10 ne pouvaient laisser évoluer leurs enfants sans surveillance autour de leur maison.

Figure 4-1
Effet de la rupture spatiale sur les relations de voisinage



Source: Appleyard (1981, p.21)

4.2 MÉTHODE DE L'ÉVALUATION CONTINGENTE

4.2.1 APERÇU HISTORIQUE

Bien que Ciriacy-Wantrup suggère déjà en 1952 de procéder à des enquêtes par interview pour estimer la valeur des ressources naturelles, les travaux de Davis (1963) constituent la première tentative d'évaluation par questionnaire. Celui-ci envisage la possibilité d'imiter un marché et d'y simuler un système d'enchères; l'enquêteur est dans la position d'un vendeur qui tente d'obtenir une enchère maximale de la personne à laquelle il propose l'objet à évaluer (p.245). Davis applique son idée pour estimer les bénéfices récréatifs dont profitent les visiteurs d'une réserve naturelle. Il teste la «structure rationnelle» des réponses en estimant une équation qui explique largement (près de 60%) la variation de la disposition à payer (DAP) en fonction notamment du revenu et de la durée de la visite.

Ridker (1967) s'inspire de l'approche de Davis et intègre, à l'occasion de plusieurs enquêtes hédonistes sur la pollution de l'air, quelques questions visant à connaître le coût psychique de cette nuisance. Ces questions manquent de précision⁵ et transgressent les contraintes essentielles liées à un marché hypothétique. Ridker l'avoue lui-même: «It now seems evident that a much narrower, deeper, and psychologically sophisticated questionnaire is required (...) Such a questionnaire would require substantially more time and expenditure» (p.84). Suite à cette première tentative dans le domaine de la pollution atmosphérique, Randall, Ives et Eastman (1974) perfectionnent l'instrument pour évaluer les avantages d'une réduction des impacts esthétiques des mines de charbon à ciel ouvert et des centrales électriques dans la région des Four Corners (Sud-Ouest américain). Ils donnent à leur enquête un schéma rigoureux de façon à différencier leur approche -qu'ils nomment *jeux d'enchères*- des enquêtes «traditionnelles». Ils placent leurs questions sur la disposition à payer dans un contexte analogue à celui d'un marché afin de favoriser la révélation de préférences cohérentes avec un comportement réel. Ce type d'études est depuis lors appelé *évaluation contingente* en raison de la nature hypothétique du scénario utilisé. Ces auteurs suggèrent d'y recourir pour estimer un large éventail de biens environnementaux, en particulier lorsque les autres méthodes basées sur les préférences individuelles sont inopérantes⁶.

⁵ Ridker demande simplement aux individus combien ils paieraient pour éviter les salissures provoquées par la pollution de l'air.

⁶ La publication de leur article dans le premier volume du *Journal of Environmental Economics and Management* a sans doute rendu attentif un plus large public à l'existence de cette méthode.

Par la suite, les économistes utilisent la méthode contingente pour estimer les avantages de mesures de protection de divers biens publics ou environnementaux: la qualité de l'eau (Gramlich 1977), le plaisir de chasser (Cocheba et Langford 1978), les phénomènes de congestion sur les pistes de ski (Walsh, Miller et Gilliam 1983), le soutien gouvernemental à la culture (Thorsby 1984) ou encore la réduction du risque lié à l'entreposage de déchets dangereux (Pommerehne et Roemer 1991)⁷.

La méthode contingente est pour la première fois utilisée en Suisse à la fin des années 80. Pommerehne (1987a) l'emploie afin de corroborer la disposition à payer pour éviter le bruit obtenue par la technique hédoniste⁸. Iten (1990) recourt à une méthode dérivée –l'analyse conjointe– dans le même but⁹. Schelbert *et al.* (1988) l'appliquent pour contrôler les estimations de la valeur de la forêt du Zurichberg réalisées par la méthode du coût du déplacement et tentent en outre de mesurer les valeurs d'option et d'existence¹⁰. Nielsen (1991) procède de la même manière pour la forêt du San-Bernardino¹¹.

De nombreuses recherches ont été menées principalement aux Etats-Unis pour déceler la présence de biais systématiques en comparant les résultats de plusieurs évaluations contingentes d'un même bien ou en les confrontant à ceux obtenus par d'autres méthodes. Elles ont abouti à l'introduction de la méthode contingente dans le manuel d'évaluation de projet du *Water Resources Council* (1979). Depuis, cette technique est de plus en plus utilisée et conseillée par les offices gouvernementaux américains. La célèbre *U.S. Environmental Protection Agency* y a largement contribué. Dès le début des années 1970, ses économistes reconnaissent les limites des méthodes traditionnelles pour évaluer les bénéfices attendus des mesures de protection de l'environnement qu'ils doivent instaurer. Ils lancent alors un programme de recherche avant tout méthodologique afin de

⁷ Dans un ouvrage très complet consacré à l'évaluation contingente, Mitchell et Carson (1990) fournissent un inventaire détaillé des études disponibles. Ils y indiquent notamment le bien évalué, l'année de l'enquête, le media utilisé, la taille de l'échantillon, le recours à la DAA ou à la DAP, l'existence d'une comparaison avec les résultats d'autres méthodes.

⁸ La DAP hédoniste pour réduire le bruit de moitié s'élève à 81 fr. contre 75 fr. pour l'estimation contingente.

⁹ La DAP hédoniste pour réduire le bruit de 80 à 60 dB(A) se monte à 180 fr. contre 200 fr. par la méthode contingente.

¹⁰ Par promeneur, la DAP moyenne est de 3 fr. 30 par visite et de 430 fr. par an (contre 3 fr. 60 et 375 fr. pour le coût du déplacement). Ensemble, les valeurs d'option et d'existence estimée par la méthode contingente s'élèvent à 120 fr. par an chez ces mêmes visiteurs.

¹¹ La DAP des visiteurs pour obtenir une amélioration de l'état de cette forêt se monte à 170 fr. par an. En outre, ils seraient d'accord de payer 220 fr. pour lui éviter une sérieuse détérioration et 470 fr. pour empêcher un dépérissement complet de l'écosystème.

déterminer les aptitudes et les problèmes de cette technique. L'Agence s'intéresse ensuite aux aspects pratiques, notamment à l'utilité de la méthode dans le cadre de la politique de protection de l'environnement. La conférence de Palo Alto, réunissant les économistes et les psychologues spécialistes du domaine, marque la fin du programme et permet la publication d'un « état de l'art » (Cummings, Brookshire et Schulze 1986). Son principal résultat est la mise au point d'une structure de marché contingent généralement applicable.

Les recherches en collaboration avec d'autres domaines des sciences humaines ne font que commencer. Les techniques de laboratoire sont encore rarement utilisées. Plusieurs études empiriques ont été réalisées en psychologie sur la manière dont les individus prennent leurs décisions (e.g. Tversky et Kahneman (1981) dans le domaine de la « comptabilité mentale »¹² ou Slovic, Fischhoff et Lichtenstein (1980) au sujet des règles heuristiques mentales¹³). Mais, on s'interroge toujours sur la capacité qu'ont les individus d'effectuer des choix rationnels et d'évaluer correctement leur utilité attendue. En effet, la complexité du raisonnement mental attribué en théorie aux efforts d'évaluation des individus n'est pas vérifiée empiriquement¹⁴ ou est démentie de manière intuitive par certains auteurs :

« Hypotheses of rationality have been under attack for empirical falsity almost as long as they have been employed in economics. Thorstein Veblen long ago had some choice, sarcastic passages about the extraordinary calculating abilities imputed to the average individual in his or her daily economic life by economists. More recently, Herbert Simon and his colleagues have produced much evidence of the difficulties of human beings in arriving at rational choices even in rather simple contexts » (Arrow 1982, p. 1).

¹² Nous verrons au moment où nous développerons l'effet d'encastrement (point 4.2.3.7.3) que, selon ces auteurs, les individus concentrent leur évaluation sur un groupe de biens (e.g. la possibilité d'exercer des activités de loisir) et non sur un bien particulier (e.g. une séance de cinéma ou une pièce de théâtre).

¹³ Ces auteurs constatent que les individus semblent utiliser des règles d'inférence (ou règles heuristiques) afin de simplifier les raisonnements mentaux complexes. Ce processus de simplification se caractérise par trois aspects majeurs : (a) l'importance attribuée par les individus à l'événement considéré dépend de la façon dont ils se l'imaginent et de la capacité qu'ils ont de se le représenter. L'image donnée par les médias de certaines atteintes biaise les résultats ; (b) les croyances des individus, une fois formées, évoluent très lentement. Mettre les ménages face à une modification de qualité environnementale qu'ils s'imaginent *a priori* fixe rendre l'évaluation contingente hasardeuse ; (c) les individus, confrontés à une situation d'incertitude, tentent parfois de l'éviter et de l'ignorer. Ainsi, les études relatives à la pollution de l'air et à ses effets (en terme de probabilités) sur la morbidité ou à la mortalité risquent d'être biaisées si les ménages adoptent un tel comportement.

¹⁴ Cf. Simon (1979).

La controverse au sujet de la méthode de l'évaluation contingente a trouvé un aboutissement –du moins temporaire– avec le rapport final du *Contingent Valuation Panel* (Arrow *et al.* 1993)¹⁵. Selon ces experts, les estimations contingentes sont suffisamment fiables pour pouvoir servir de référence aux organes administratifs ou judiciaires lors de la détermination du coût des atteintes à l'environnement, y compris en cas de perte de valeurs d'option ou d'existence (p. 42). Cette fiabilité est soumise à un certain nombre de conditions énumérées dans le rapport. Toutes ne doivent pas être absolument remplies. Cependant, mieux elles sont respectées, plus l'évaluation offre de garanties scientifiques¹⁶. D'après eux, une étude contingente menée avec précaution est apte à produire des informations que les juges et les jurés accepteront d'utiliser en relation avec d'autres témoignages (y compris ceux d'experts) (p. 43).

4.2.2 PRÉSENTATION DE LA DÉMARCHE CONTINGENTE

La méthode de l'évaluation contingente consiste à demander aux individus ce qu'ils consentent à payer pour recevoir un avantage (ou éviter une perte). Il est aussi possible de les interroger sur la compensation monétaire qu'ils exigent pour tolérer une atteinte (ou renoncer à un bénéfice). On y parvient le plus souvent à travers une enquête spécifique par questionnaire qui présente aux personnes interrogées un marché hypothétique (contingent) sur lequel s'échange le bien à estimer (e.g. un attribut d'environnement)¹⁷. Les enquêtes doivent indiquer s'ils se portent acquéreurs (ou vendeurs) et, si oui, à quel prix. On recourt généralement à des entretiens bilatéraux (face à face) conduits par des enquêteurs sur la base d'un questionnaire en trois parties.

La première partie comprend une description détaillée du bien à évaluer et des enjeux de l'échange. Le scénario présenté doit être plausible, le bien à estimer clairement défini (i.e. une amélioration ou une détérioration de l'environnement), y compris ses états (qualités) initiaux et finals. Il faut en effet préciser la portée exacte du changement et ses conséquences éventuelles, pour éviter que les individus ne tiennent compte d'éléments extérieurs à l'analyse.

¹⁵ Après la marée noire causée en Alaska par le naufrage du pétrolier *Exxon Valdez* et dans le cadre du *Oil Pollution Act* de 1990, ce groupe d'experts a été chargé d'évaluer la fiabilité de la méthode contingente pour mesurer les valeurs d'option et d'existence. Une cour d'appel américaine avait auparavant reconnu à la partie-civile le droit d'intenter une action en dommages-intérêts portant sur la perte de ces deux valeurs, pour autant que cette perte soit mesurable (*State of Ohio v. Department of the Interior* 1989).

¹⁶ Voir l'annexe 4-11 pour le catalogue de ces conditions.

¹⁷ Ceci peut également se réaliser par le biais d'une expérimentation: le sujet interrogé répond à des stimuli dans des conditions de «laboratoire».

Ainsi, lorsque l'on cherche à mesurer le coût de la rupture spatiale, il est important de mentionner quelles sont les rues considérées. Des photographies ou des croquis sont souvent utilisés. On décrit comment est régie l'offre sur ce marché (e.g. qui fournit le bien et comment, le marché est-il organisé autour de droits de propriété?), comment s'effectue le paiement (impôt, taxe, participation volontaire) et, implicitement ou explicitement, à quelle condition s'effectuera l'échange (condition d'adjudication du bien).

Après avoir présenté le scénario, il faut obtenir la disposition à payer (DAP) de l'enquêté. Tout d'abord, on lui pose une question précise (e.g. «combien consentiriez-vous à payer chaque mois pour pouvoir bénéficier d'une extension de la zone piétonne actuelle selon la carte que vous avez sous les yeux?»). Les abus de détails doivent être évités pour ne pas rendre la question trop complexe. Une alternative à cette formulation consiste à proposer une enchère de départ (e.g. «consentiriez-vous à payer 10fr. par mois pour...?»). Puis, par un processus itératif, l'enquêteur élève l'enchère selon des pas préalablement définis jusqu'à ce que la personne interrogée renonce à vouloir acheter. Le dernier montant accepté correspond à la DAP maximale.

On peut renoncer à interroger les individus sur leur DAP et préférer les questionner sur leur disposition à accepter (DAA) une contrepartie financière (dédommagement) en échange d'une détérioration de l'environnement. Les enquêtés apparaissent comme des vendeurs et la question se pose en d'autres termes (e.g. «quel montant faudrait-il vous verser pour que vous acceptiez que la surface de la zone piétonne actuelle soit réduite de moitié?» ou «en échange de 10fr., accepteriez-vous que...?»). Lors du processus itératif qui suit, on abaisse le montant compensatoire jusqu'à ce que la personne renonce à vendre. La DAA minimale s'élève à la dernière enchère favorable.

La manière de formuler la question permettant d'obtenir une DAP ou une DAA est importante. En effet, elle doit minimiser les risques de biais dans la réponse. On distingue généralement trois approches:

- a) proposer un premier montant, puis accroître ou réduire l'enchère selon la réponse à l'offre de départ. La principale limite de cette méthode (*bidding game*) est le risque de biais d'initialisation¹⁸;
- b) recourir à une question ouverte et laisser les individus choisir leur propre DAP ou DAA initiale. Cet exercice est plus difficile que le précédent: s'il offre toutes les garanties quant à l'absence de biais d'initialisation, il risque d'aboutir à un nombre de non-réponses plus élevé;
- c) considérer les enquêtés comme des *price takers* et leur faire une offre ferme et unique qu'ils accepteront si elle est inférieure ou égale au consentement à

¹⁸ Ce problème est abordé en détail dans le cadre de la problématique des biais (cf. point 4.2.3.4).

payer ou refuseront si elle lui est supérieure. Cette méthode (*take-it-or-leave-it*) correspond au fonctionnement d'un marché réel. Mais, le traitement économétrique qu'elle implique est délicat¹⁹.

Afin de contrôler la représentativité de l'échantillon, le questionnaire recense les caractéristiques socio-économiques de la personne interrogée: âge, sexe, revenu, couche sociale, nombre d'enfants, taux d'activité, etc. Des informations concernant d'autres éléments explicatifs de la DAP ou de la DAA doivent être réunies: connaissance du bien évalué, préférences qui lui sont associées, etc.

L'étape suivante consiste à dépouiller et analyser les résultats pour obtenir une DAP (ou à une DAA) représentative. L'étendue de la tâche dépend de la manière dont est traitée l'information. La procédure la plus simple recourt à la statistique descriptive et détermine le consentement à payer sur la base d'une valeur centrale (e.g. moyenne ou médiane). L'économétrie est souvent utilisée; la régression multiple permet de s'assurer de la validité interne des résultats en testant l'influence des déterminants habituels de la demande sur la DAP (ou la DAA). Dans les deux cas, la pertinence du résultat dépend de la qualité de l'échantillonnage, du taux de réponse, de la manière dont sont traitées les non-réponses ou celles sujettes à caution (e.g. *outliers*).

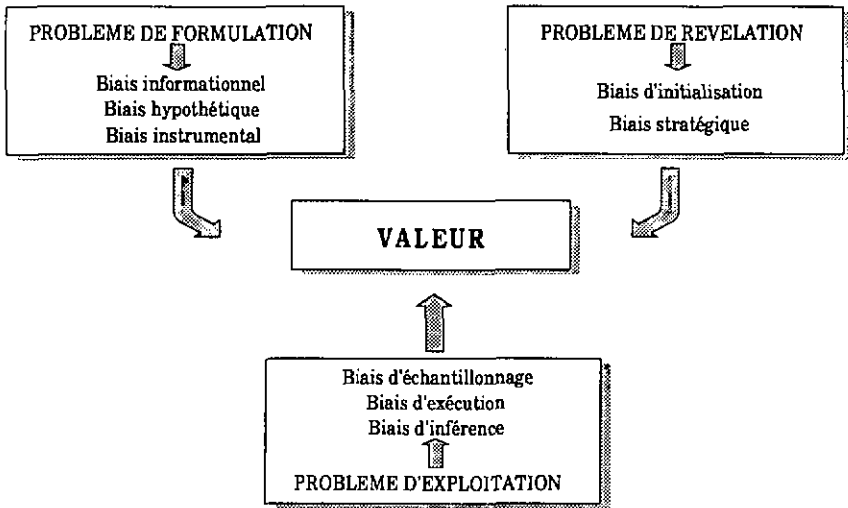
4.2.3 PROBLÉMATIQUE DES BIAIS

Les biais éventuels découlent de la *nature hypothétique* de la méthode. Lors de la conception du questionnaire déjà, il faut être attentif à un double problème: d'abord comment amener l'enquêté à associer une valeur à l'atteinte considérée, ensuite comment obtenir qu'il révèle cette valeur sans la biaiser (fig. 4-2). Les principaux biais qui en découlent sont *informationnel* et *hypothétique* (le manque de renseignements ou leur mauvaise qualité ne permettent pas à l'individu d'effectuer un choix cohérent), *instrumental* et *d'initialisation* (le processus d'enchères ou l'instrument de paiement faussent l'estimation), *stratégique* (l'enquêté tente d'influencer en sa faveur les résultats par des réponses mensongères).

L'exploitation des informations pose également problème. Un mauvais *échantillonnage*, des *incitations malvenues* de l'enquêteur, des *non-réponses* mal distribuées parmi les groupes interrogés, une inférence hasardeuse risquent de biaiser le calcul de la valeur collective pour une population plus large que celle interrogée.

¹⁹ Cf. Hanemann (1989).

Figure 4-2
Biais potentiels inhérents à l'évaluation contingente



Source : basé sur Schulze, d'Arge et Brookshire (1981) et Mitchell et Carson (1990, pp.236-237)

4.2.3.1 Biais informationnel

Sur un marché réel, l'individu doit rechercher lui-même les renseignements nécessaires à sa décision. Ici, les informations sont fournies par l'enquêteur. Le volume, la qualité et la séquence des informations transmises ont donc une grande importance. Il faut fournir à l'enquêté tous les éléments essentiels : les caractéristiques intrinsèques du bien évalué, les effets indirects sur le cadre de vie, les substitutions et les complémentarités possibles, les dépenses induites éventuelles, etc. La surabondance de renseignements doit toutefois être évitée. L'individu ne parviendrait plus à discerner les données indispensables à sa décision. Le vocabulaire utilisé doit être neutre et éviter les termes chargés.

Les résultats des tests visant à démontrer l'existence de ce biais sont ambigus. Si certains auteurs observent un changement significatif en offrant à l'enquêté la possibilité de réviser son enchère après lui avoir donné une information

supplémentaire (Schulze *et al.* 1983²⁰), d'autres n'y parviennent pas (Brookshire, Randall et Stoll 1980).

4.2.3.2 Biais hypothétique

L'hypothèse de parfaite information de l'enquêté n'est pas suffisante pour assurer une formulation cohérente de la valeur. Le scénario proposé doit aussi être plausible. La personne interrogée doit être persuadée que le marché peut se concrétiser et que, par sa réponse, elle contribue à cette réalisation. Sur un marché réel, cette implication est omniprésente et menace l'individu d'une perte financière (ou de laisser échapper une opportunité) en cas de décision erronée. Le principe même du marché contingent empêche de soumettre les individus à cette pression. Une certaine paresse peut en découler lorsqu'il s'agit d'envisager une disposition véritablement maximale à payer ou minimale à accepter.

Tester ce biais s'avère difficile. Il faudrait que l'événement proposé se réalise afin de comparer le prix réellement payé à l'enchère contingente. Certains auteurs ont néanmoins tenté de faire suivre les paiements hypothétiques de paiements réels (e.g. Bishop, Heberlein et Kealy 1983). Ils concluent à l'incohérence des mesures contingentes en constatant que le consentement à accepter est en fait supérieur à celui avoué dans un cadre hypothétique. Pearce (1989) aboutit au même résultat en utilisant la disposition à payer (i.e. DAP réelle < DAP contingente). D'autres études parviennent à des conclusions différentes.

4.2.3.3 Biais instrumental

Le biais instrumental provient de l'instrument de paiement retenu ou du mécanisme proposé pour collecter les enchères ou pour verser les dédommagements. Il pourrait se manifester si, ayant choisi d'exiger le paiement d'une taxe, la DAP se révélait supérieure à celle obtenue à travers un droit d'entrée²¹. En effet, les possibilités de substitution entre le bien évalué et les autres biens varient en fonction de l'instrument de paiement. Plus celui-ci offre de possibilités, plus le consentement à payer est élevé et plus celui à recevoir est faible. Le recours à un instrument qui implique directement un ajustement du revenu représente le cas le plus favorable: la structure de prix est inchangée et toutes les substitutions restent possibles. Un tel mécanisme est souvent difficile à mettre en place. Bien des évaluations contingentes sur des sites récréatifs

²⁰ Un tiers des personnes interrogées révisent leur estimation après avoir été informées que leur enchère ne suffisait pas pour améliorer la qualité de l'air.

²¹ Cette différence a été vérifiée empiriquement (Pearce et Turner (1990, p.150-151) ou Desaignes et Point (1990, p.284)).

recourent à des enquêtes faites sur place auprès de touristes pouvant habiter dans un autre canton ou dans un autre pays. Proposer à ces enquêtés un paiement à travers un impôt (local) sur le revenu ne constitue pas une solution réaliste. Un droit d'entrée est un moyen plus crédible, mais réduit les possibilités de substitution.

4.2.3.4 Biais d'initialisation

Pour faire avouer à l'enquêté la valeur qu'il donne au bien, on lui demande généralement s'il est d'accord de payer (ou s'il accepte en compensation) une somme déterminée. Il est plus facile de répondre à une telle question que d'articuler librement une DAP (ou une DAA). Toutefois, en proposant un point de départ, on s'expose à un biais d'initialisation.

La personne interrogée risque de s'imaginer que la somme proposée constitue un montant de référence, qu'elle reflète une valeur consensuelle dont il vaut mieux ne pas trop s'écarter. En outre, si le point de départ est fixé largement au-dessous de la DAP véritable (ou au-dessus de la DAA réelle), la lenteur et la répétitivité du jeu d'enchères risquent d'ennuyer l'enquêté et d'interrompre prématurément la montée (ou la descente) des enchères. Des pas d'itération trop faibles renforcent ce phénomène.

Plusieurs études ont démontré l'influence du montant proposé initialement sur l'enchère finale²². Demander à la personne interrogée de fixer elle-même la somme de départ permet de l'éviter²³. Comme le soulignent Mitchell et Carson (1990, p.100), par le taux de non-réponses élevé qu'elle implique, cette méthode est souvent écartée, même si elle permet d'obtenir des résultats cohérents. Ces deux auteurs proposent de recourir à une carte de paiement. Cette carte indique un éventail de montants allant de 0 à une enchère très élevée et offre un support visuel à la réflexion de l'enquêté. Cette technique permet probablement d'éviter le biais d'initialisation tout en proposant un meilleur support que l'enchère libre²⁴.

4.2.3.5 Biais stratégique

L'enquêté peut être tenté d'adopter un comportement stratégique en dissimulant sa véritable DAP ou DAA. Il y est incité sachant que l'accès au bien évalué –s'il est

²² Cf. Boyle, Bishop et Welsh (1985).

²³ Si la personne interrogée ne peut pas répondre, il reste possible de l'aider en lui proposant une enchère de départ.

²⁴ A notre connaissance aucun test n'a encore été réalisé pour déterminer si ce procédé est exempt de biais.

public – ne lui sera pas refusé et que la consommation d'autres personnes ne réduira pas sa satisfaction²⁵. Il se comporte en *passager clandestin* : la vraie valeur dépasse celle qu'il avoue s'il s'attend à devoir la payer; elle est au contraire supérieure si d'autres la paient à sa place.

Admettons que l'on demande aux habitants de la Ville de Neuchâtel la valeur qu'ils attribuent à l'entretien des espaces verts de la commune. S'ils s'attendent à ce que la Confédération subventionne le coût d'entretien, ils seront tentés de surestimer cette valeur (puisqu'ils n'en supportent pas directement les conséquences financières). Si ce coût devait être intégralement financé par une taxe locale (proportionnelle à la DAP avouée), on pourrait s'attendre au contraire à une sous-estimation.

Les études empiriques montrent que le biais stratégique ne pose malgré tout pas de problème majeur dans l'interprétation des enchères²⁶.

«*The evidence for willingness to pay, however, suggests that strategic bias is not a significant problem for CV [contingent valuation] studies under most conditions. Instead of being a fundamental, unavoidable threat to the CV method, strategic behavior is just one of many possible sources of bias which the designer of a CV study must take into account*» (Mitchell et Carson 1990, p.100).

Même si des réponses stratégiques ne peuvent être exclues lors d'estimation de biens à fort contenu émotionnel, le test de ce biais ne doit plus être considéré comme une priorité.

«*Thus, while acknowledging the absence of a basis for categorical conclusions in this regard, we suggest that at minimum, a basis does exist for diminishing the "priority" position in research agendas that the strategic bias hypothesis has enjoyed for the past decade*» (Cummings, Brookshire et Schulze 1986, p.26).

4.2.3.6 Biais d'échantillonnage et d'exécution

Le choix des modalités d'enquête nécessite une série de décisions en relation avec les problèmes d'échantillonnage: Quelle est la population qui supporte les coûts et bénéficie des avantages de la mesure proposée? Faut-il interroger uniquement des personnes directement confrontées au problème? Enquête-t-on auprès des individus ou des ménages? Les critères socio-économiques retenus (stratification) donnent-ils à chaque membre de la population une probabilité identique d'être inclus dans l'échantillon? Par quel moyen peut-on atteindre ces personnes (téléphone, courrier, porte à porte, etc.)?

²⁵ Si l'environnement n'est pas un bien public, le biais stratégique n'est pas à craindre.

²⁶ Cf. Rowe, d'Arge et Brookshire (1980) ou Bishop et Heberlein (1990).

Des non-réponses soit à l'ensemble du questionnaire (cette *absence de données* provient d'un refus d'être interrogé, d'une absence du domicile, etc.) soit aux questions relatives à la DAP ou à la DAA (*non-réponses thématiques*) ne peuvent être évitées. Dans ce second cas et si l'on excepte les questions relatives au revenu des enquêtés, les non-réponses dépassent rarement 5 à 7% lors d'enquêtes ordinaires²⁷. Pour la méthode contingente, ce taux atteint couramment 20 à 30% en raison de la complexité du scénario proposé et du manque d'habitude dans l'évaluation des biens environnementaux. Les raisons de ces non-réponses (e.g. refus d'entrer en matière, ignorance du montant à articuler («ne sait pas»), protestation et comportement stratégique, enclère incohérente) doivent être identifiées afin de pouvoir les traiter de manière spécifique. Un biais apparaît dans les résultats à deux conditions. D'abord, les taux de non-réponses doivent être différents entre les groupes de l'échantillon. Ensuite, à l'intérieur d'une catégorie donnée, il doit exister un écart systématique entre les caractéristiques de ceux qui ont donné une réponse et de ceux qui s'y sont refusés.

L'importance des cas d'*absence de données* varie selon le moyen d'enquête utilisé. Dans le cas où les questionnaires sont envoyés par courrier, les techniques actuelles (e.g. gestion informatique des réponses et des rappels) permettent d'accroître le taux de réponse dans une proportion allant jusqu'à 60%. Ce taux reste inférieur aux résultats des entretiens téléphoniques ou «face à face»²⁸. Toutes ces méthodes aboutissent toutefois souvent à une sous-représentation des personnes qui disposent de peu de temps pour répondre à des enquêtes ou qui se sentent moins concernées (personnes seules, personnes actives, citadins, etc.). L'ampleur du problème dépend des contraintes fixées aux enquêteurs quant au respect de l'échantillonnage.

Dans le cas d'entretiens téléphoniques ou «face à face», la manière dont les enquêteurs posent les questions influence les réponses. Ils doivent rester neutres et ne pas fournir d'incitation ou de conseils malvenus. Cela implique qu'ils soient formés et entraînés au maniement du questionnaire, puis qu'ils s'en tiennent à l'énoncé écrit des questions.

4.2.3.7 Biais d'inférence

4.2.3.7.1 STABILITÉ DES PRÉFÉRENCES DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE

En utilisant des enchères anciennes pour estimer un coût ou un bénéfice actuel, on risque de biaiser les résultats si les préférences varient dans le temps. D'après les sondages et les études contingentes réalisés, les préférences

²⁷ Cf. Craig et McCann (1978).

²⁸ Cf. Schuman et Kalton (1985).

environnementales évoluent lentement et ne subissent pas de brefs changements temporaires; elles connaissent plutôt des cycles et des effets de seuil en relation avec la prise de conscience de certains dangers (e.g. risques nucléaires après l'accident du réacteur nucléaire de Tchernobyl)²⁹. Les évaluations ne peuvent donc être utilisées que dans un laps de temps raisonnable (en général moins de 5 ans). En outre, les estimations dépendent des personnes interrogées. Elles devraient donc être exploitées pour estimer la valeur collective uniquement dans la population dont est issu l'échantillon.

4.2.3.7.2 INFLUENCE DE LA SÉQUENCE D'ÉVALUATION

Au moment de l'agrégation des résultats, il faut se méfier des risques de double comptabilisation; notamment lorsque l'on somme les évaluations de biens proches, mais estimés dans des études contingentes distinctes (en raison des relations de complémentarité et de substituabilité possibles). Ce biais existe également lorsque différents éléments sont évalués séquentiellement dans un même questionnaire sans prendre de précautions dans la définition de la contrainte budgétaire. L'ordre d'apparition influence alors le résultat.

Interrogés sur la valeur qu'ils attribueraient à l'entretien de plusieurs parcs publics, les individus enchériraient davantage sur le premier parc proposé que sur les suivants. Le premier est en effet un substitut des viennent-ensuite³⁰. Par ailleurs, le montant alloué au premier parc réduit d'autant celui disponible pour les suivants³¹. La disposition à payer pour chacun serait biaisée, sauf si la séquence utilisée représente l'ordre selon lequel l'entretien aurait lieu. L'addition des enchères pour tous les parcs donne cependant une représentation correcte du bénéfice de ces travaux. Par contre, si on consacrait à chaque parc une enquête spécifique, l'addition pure et simple des DAP obtenues aboutirait à une surestimation, même si la valeur individuelle était cohérente.

4.2.3.7.3 EFFET D'ENCASTREMENT

L'effet d'encastrement apparaît lorsque les enquêtés réagissent davantage aux aspects généraux du phénomène qu'aux éléments spécifiques soumis à évaluation³². La disposition à payer est alors plus élevée qu'elle ne l'est en réalité. Afin d'évaluer la DAP pour améliorer la qualité de l'eau des lacs de l'Ontario, Kahneman (1986) interroge deux échantillons indépendants: l'un par

²⁹ Voir Mitchell et Carson (1990, pp. 284-286).

³⁰ Dans une relation de complémentarité, la valeur du second bien peut être supérieure si l'effet-revenu est faible.

³¹ Cf. Mitchell et Carson (1990, p. 44-45).

³² Ce phénomène est appelé *embedding effect* en anglais (Doyle et al. 1991). On le nomme parfois *effet de symbole* ou de *désagrégation* (Kahneman 1986) ou encore *effet de suradditivité* (Desaigues et Lesgards 1992).

rapport aux lacs d'une seule région de l'Ontario, l'autre sur ceux de toute la province. Les enchères des deux échantillons sont presque identiques. Pour l'auteur, cela démontre que les enquêtés considèrent la qualité de l'eau comme un bien global et refusent de la mettre en relation avec un site spécifique.

Cet encastrement pose problème lorsque l'on cherche à agréger des DAP pour plusieurs biens: des impacts distincts (e.g. sur la faune ou sur la flore) provenant d'une même source (e.g. pollution de l'air) risquent d'être évalués de la même manière. La valeur totale est alors surestimée. L'ampleur du problème est réduite par le soin apporté à la rédaction et au test du questionnaire.

4.2.4 DISPOSITION À PAYER VS DISPOSITION À ACCEPTER

La question devant amener l'enquêté à révéler son enchère peut être libellée de plusieurs façons. La méthode contingente permet d'obtenir une mesure hicksienne de la valeur à travers la variation compensatrice (référence au niveau initial de l'utilité) ou sur la base de la variation équivalente (comparaison par rapport à la satisfaction *ex post*). Puisque ces deux mesures peuvent être associées à une dégradation ou à une amélioration de l'environnement, on se trouve face à quatre énoncés possibles (tab. 4-2).

Lorsque l'on souhaite établir la variation compensatrice associée à une amélioration de l'environnement, la question doit être formulée afin d'obtenir une disposition à payer. La variation équivalente correspondante s'obtient en interrogeant les individus sur leur consentement à accepter.

Pour choisir entre ces différentes formulations, il faut envisager la question de l'allocation du droit de propriété: la personne interrogée peut-elle vendre l'objet évalué ou doit-elle l'acheter si elle souhaite se l'approprier?³³ Il est difficile d'y répondre, puisque l'environnement est un bien public dont les droits de propriété sont détenus collectivement.

Les résultats des évaluations contingentes ont alimenté le débat sur les relations entre DAP et DAA (et par conséquent entre VC et VE). En théorie, toutes deux constituent un moyen cohérent d'estimer la demande (voir 2.2.2) et les valeurs obtenues ne devraient pas différer sensiblement. Seul un effet-revenu pourrait introduire un léger écart entre les deux mesures. Or, les études empiriques relèvent des divergences très importantes: la DAP et la DAA diffèrent en

³³ Une littérature abondante traite des problèmes juridiques ou / et économiques posés par l'allocation des droits de propriété (cf. notamment Coase (1974) ou Knetsch (1985)). Dans une évaluation contingente, la manière dont les individus perçoivent les droits de propriété est toutefois plus importante que les droits légaux effectifs.

moyenne d'un facteur 3 à 5³⁴. Selon Mitchell et Carson (1990, pp.34-37), les hypothèses explicatives de ces écarts peuvent être regroupées en quatre groupes³⁵: refus d'entrer en matière sur la cession de droits de propriété, aversion du consommateur pour le risque, dissonance cognitive et nécessité de reformuler la théorie économique.

Tableau 2-2

Formulation des questions visant à obtenir une enchère pour une modification de la qualité environnementale

	Dégradation de la qualité environnementale	Amélioration de la qualité environnementale
<i>Disposition à payer</i> (DAP)	« Combien seriez-vous disposé à payer au maximum pour éviter une dégradation de la qualité de l'environnement ? » = VE	« Combien seriez-vous disposé à payer au maximum pour obtenir une amélioration de la qualité de l'environnement ? » = VC
<i>Disposition à accepter</i> (DAA)	« Moyennant quelle compensation minimale seriez-vous disposé à accepter une dégradation de la qualité environnementale ? » = VC	« Moyennant quelle compensation minimale seriez-vous disposé à renoncer à une amélioration de la qualité environnementale ? » = VE

Source: adapté de Iten (1990, p. 43)

Lorsqu'on interroge les individus sur leur disposition à accepter un dédommagement, ils rechignent à céder leur droit de propriété et réclament un montant très élevé. Les nombreuses non-réponses de protestation comme « je refuse de vendre », « cela n'a pas de prix » ou « j'exige une somme extrêmement élevée » enregistrées par les études sur la DAA semblent confirmer cette hypothèse³⁶. Le scénario proposé est considéré comme irréaliste ou illégitime et un biais hypothétique se manifeste.

³⁴ Cf. 15 études listées par Cummings, Brookshire et Schulze (1986, p.35).

³⁵ Deux hypothèses triviales doivent être mentionnées: (a) certains soulignent avec raison que les évaluations ont porté sur de larges variations de la qualité de l'environnement et non sur des changements marginaux. Les conclusions théoriques et les résultats empiriques n'ont pas de base commune et ne peuvent donc pas être comparés; (b) pour d'autres, les études comportent des erreurs ou ne reposent pas sur les mêmes hypothèses.

³⁶ Ce type de réponses représente parfois plus de 50 % des observations. Cf. notamment Schulze, d'Arge et Brookshire (1981) ou Bishop, Heberlein et Kealy (1983).

Une deuxième hypothèse met l'accent sur le comportement prudent qu'affichent les consommateurs face au marché contingent. Les individus indécis, manquant de temps pour optimiser leur décision et qui cherchent à *éviter le risque* révèlent une faible disposition à payer et un fort consentement à accepter. Cet écart n'existerait pas en situation de certitude et lorsque la prise de décision est moins soumise à la pression du temps³⁷.

La théorie prospective (Kahneman et Tversky 1979) fournit une troisième hypothèse à l'écart entre DAP et DAA. Contrairement à la théorie du bien-être, elle ne mesure pas la valeur entre deux niveaux d'utilité (initial et final), mais en fonction de la perte (ou du gain) par rapport à un quelconque *point de référence* (e.g. le *statu quo*). Les enchères ne sont pas influencées par la volonté de maximiser l'utilité, mais par l'appréciation subjective de la modification proposée. Les individus, à partir d'un même point de référence, n'apprécient pas pertes et gains de bien-être de la même manière, mais attribuent aux premières davantage de valeur qu'aux seconds. Admettons qu'un changement d'utilité d'ampleur équivalente se produise dans deux directions opposées: une perte p et un gain g . Selon la théorie traditionnelle, les valeurs de p et de g sont égales. La théorie prospective considère par contre que la valeur perçue pour p est supérieure à celle de g . L'approche par la DAA implique pour l'enquêté de renoncer à un bien qu'il possède (ou dont il a la jouissance); cette théorie conclut donc à une valeur (compensation) plus élevée que celle obtenue sur la base d'une DAP (où la personne bénéficie d'un bien supplémentaire). Le regret de se passer d'une chose que l'on n'a jamais eue est moindre que le coût de la perte de ce que l'on a déjà. L'écart s'accroît si l'individu se sent contraint à participer à l'échange ou s'il est confronté à un bien unique et/ou non renouvelable: une perte imposée tendra vers une valeur bien plus importante qu'un gain volontaire de grandeur similaire. La technique *take-it-or-leave-it* accroît également la divergence.

L'aspect souvent unique du bien considéré a inspiré les travaux de Hanemann (1984) et permet d'avancer une dernière hypothèse. Pour cet auteur, l'écart dépend bien, comme d'autres l'ont montré, de la sensibilité des prix (i.e. des enchères) par rapport au revenu (*price flexibility of income*)³⁸. Selon lui, cette sensibilité ξ n'est pas uniquement fonction de l'élasticité-revenu η , mais aussi de l'élasticité σ_0 de la substitution entre le bien public évalué et les autres biens disponibles. La relation entre ξ et ces deux élasticités s'exprime sous la forme du ratio suivant:

$$\xi = \frac{\eta}{\sigma_0} \quad (4-1)$$

³⁷ Voir Hoehn et Randall (1987).

³⁸ Cf. Randall et Stoll (1980).

Plus les possibilités de substitution (i.e. σ_0) sont faibles (cas fréquent dans le domaine de l'environnement), plus ξ est important pour une même élasticité-revenu, et plus la valeur du consentement à accepter s'écarte de celle du consentement à payer³⁹. Si aucun substitut n'existe ($\sigma_0=0$), cette divergence apparaît même infinie ($\xi=\infty$).

En définitive, on reste confronté à un dilemme pour choisir la mesure appropriée. Dans de nombreux cas, interroger les individus sur leur consentement à accepter n'aboutit à rien (taux élevé de non-réponses ou enchères excessives). Cependant, utiliser l'approche par la DAP là où la théorie préconise la DAA peut biaiser les résultats.

Certains éléments permettent d'admettre qu'une formulation s'appuyant sur le consentement à payer est appropriée pour estimer les atteintes à l'environnement. Les individus, même s'ils ont libre accès à un bien d'environnement public, savent qu'ils ne peuvent vendre ce droit d'accès. Chaque habitant de la Ville de Neuchâtel possède ainsi un droit de propriété collectif et non transférable sur les espaces verts de la commune. Les individus savent également que maintenir la qualité de ces espaces implique un coût supporté collectivement et qu'en cas d'amélioration chacun participerait aux frais supplémentaires. Il faut malgré tout se souvenir que l'approche par la disposition à payer aboutit souvent à une sous-estimation.

³⁹ Il en va de même si la variation de la qualité environnementale est soumise à une forte irréversibilité.

4.3 EVALUATION CONTINGENTE DE LA RUPTURE SPATIALE À NEUCHÂTEL

4.3.1 PRÉSENTATION DE L'ENQUÊTE ET DU QUESTIONNAIRE

4.3.1.1 Chronologie de l'étude

L'évaluation contingente du coût de la rupture spatiale à Neuchâtel s'appuie sur une enquête par questionnaire menée du 27 février au 13 mars 1992 auprès d'un échantillon représentatif de la population. La phase préparatoire a toutefois débuté neuf mois plus tôt (fig. 4-3). D'abord, il a fallu délimiter le champ de l'étude et établir une *première version* du questionnaire. Ensuite, le projet de questionnaire a été soumis à plusieurs experts. Leurs conseils ont conduit à une *deuxième version* utilisée pour la *préenquête*. Trois personnes⁴⁰ ont conduit trente entretiens-tests dans trois quartiers de la Ville⁴¹. Leurs commentaires et l'analyse des résultats ont permis de préciser le contenu du questionnaire là où les enquêtés avaient rencontré des problèmes de compréhension.

Huit personnes ont été recrutées pour mener l'*enquête principale*. Chacune s'est vu confier un quartier de la Ville et la tâche d'y effectuer un nombre d'entretiens proportionnel à l'importance de sa population. Seuls les questionnaires respectant les conditions de validité fixées ont été saisis et analysés.

4.3.1.2 Echantillonnage et validité des questionnaires

4.3.1.2.1 FORMATION DE L'ÉCHANTILLON

Pour garantir la représentativité de l'échantillon nous avons recouru à la méthode des quotas. Quatre critères ont été retenus: le quartier de résidence, le sexe, l'âge et la couche sociale à laquelle appartient la personne interrogée.

La représentation proportionnelle des différentes parties de la Ville dans l'échantillon en fonction de leur population était une contrainte importante. La

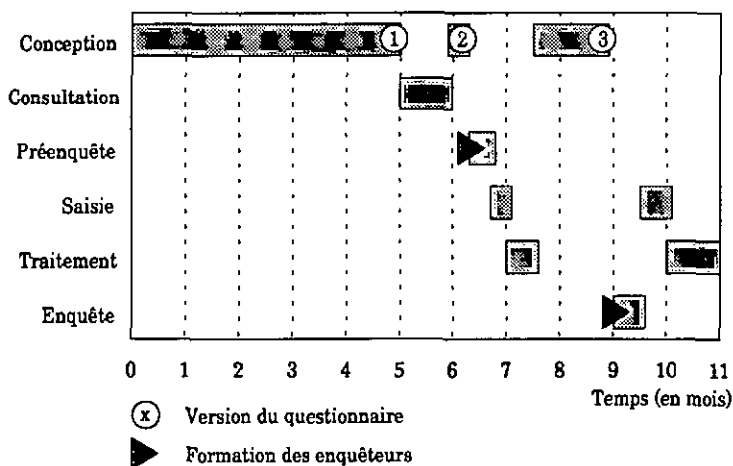
⁴⁰ Pour la *préenquête* et l'*enquête principale*, les enquêteurs ont reçu une formation en trois parties d'environ deux heures chacune. D'abord, le questionnaire, l'échantillonnage et les conditions de validité leur ont été présentés. Ensuite et individuellement, ces personnes ont pu se familiariser avec le questionnaire et s'entraîner à son maniement. Enfin, une simulation sous la forme d'un jeu de rôles a été organisée afin de s'assurer de leur capacité à mener l'enquête.

⁴¹ Lors de la *préenquête*, les critères d'échantillonnage et les conditions de validité utilisés ont été les mêmes que pour l'*enquête principale*. Dans les deux cas, les enquêteurs devaient trouver la personne correspondant aux critères fixés.

répartition des habitants dans le dispositif de la Protection civile a permis de distinguer *huit quartiers* de taille similaire⁴². Chaque quartier a été attribué à un enquêteur afin qu'il y effectue un nombre d'entretiens fixé au *pro rata* de la population; c'est-à-dire environ un questionnaire pour 163 habitants.

Les enquêteurs ont dû veiller au respect des trois autres critères: relatif équilibre entre le *nombre de femmes et d'hommes interrogés*⁴³, répartition entre 4 *classes d'âge* dans les mêmes proportions que la population du district de Neuchâtel⁴⁴, ventilation entre 5 *couches sociales* selon des pourcentages établis à l'échelle nationale⁴⁵.

Figure 4-3
Articulation des phases de l'évaluation contingente



Source: Grosclaude et Soguel (1992, p.26)

⁴² 7 parmi ces 8 quartiers accueillent entre 12,5 et 15,5% de la population totale. Un seul se situe au-dessous de cet ordre de grandeur avec 7% (Dispositif de la Protection civile du 25 novembre 1991).

⁴³ Femmes: 52%; hommes: 48% (Service cantonal de statistique 1990, p.17)

⁴⁴ 18-29 ans: 23,4%; 30-44 ans: 28,6%; 45-64 ans: 29,5%; plus de 65: 18,5% (Service cantonal de statistique 1990, p.17).

⁴⁵ Couche populaire ouvrière: 27,9%; populaire employée: 26,0%; moyenne salariée: 20,7%; moyenne indépendante: 17,9%; supérieure: 7,5% (Bassand *et al.* 1985).

4.3.1.2.2 ENONCÉ ET CONTRÔLE DES CONDITIONS DE VALIDITÉ

Pour entrer dans l'échantillon, chaque questionnaire devait respecter les cinq conditions de validité suivantes :

- a) être conforme aux critères d'échantillonnage fixés. On a accepté une certaine marge de fluctuation autour des valeurs relatives fixées comme objectif, sauf en ce qui concerne le quartier de résidence (aucun enquêteur n'est autorisé à franchir les limites du quartier qui lui est attribué);
- b) correspondre aux réponses fournies par la personne interrogée;
- c) comprendre les réponses d'une seule personne;
- d) un seul questionnaire par ménage;
- e) avoir été effectué dans les délais impartis.

Sur les 207 questionnaires recueillis, 200 (i.e. 96,6 %) répondaient aux conditions de validité et ont servi à l'analyse⁴⁶. L'échantillon est globalement représentatif de la population neuchâteloise, quel que soit le critère considéré. Quatre quartiers sont sous-représentés et trois autres le sont insuffisamment, mais dans des proportions acceptables. Les classes d'âge de 18-29 ans et de 45-64 ans sont surreprésentées (de 1,7 et 5,4 %), contrairement à celles de 30-44 et 65 ans et plus (-4,7 et -2,6 %). On enregistre un léger excédent d'hommes (0,2 %). Les couches sociales présentent des variations relatives plus importantes qui s'expliquent par la taille réduite de certains effectifs (e.g. couche moyenne indépendante et couche supérieure)⁴⁷.

4.3.1.3 Articulation du questionnaire

Au centre du questionnaire, on retrouve les trois principaux éléments communs à toute évaluation contingente: une *description* de la rupture spatiale à Neuchâtel et des mesures proposées pour y remédier, le *processus d'enchères* et des questions relatives aux *caractéristiques socio-économiques* de la personne interrogée. Deux autres parties s'y ajoutent.

La première permet à l'enquêteur de se présenter à la personne qu'il souhaite interroger, d'expliquer le *but de l'enquête* et de donner les garanties habituelles de confidentialité des données. Elle sert également à recenser les informations relatives aux *critères d'échantillonnage* (âge, sexe et couche sociale) (voir extrait correspondant à l'annexe 4-2).

⁴⁶ Le respect des conditions de validité a été vérifié de manière systématique pour les 207 questionnaires rendus. Dans six cas les limites de quartier ont été dépassées. A une autre occasion un second membre du même ménage a été interrogé. Trente questionnaires (i.e. 14,5%) ont fait l'objet d'un contrôle téléphonique.

⁴⁷ Pour des détails chiffrés sur le respect des différents critères, voir l'annexe 4-1.

Si cette personne remplit les conditions nécessaires, on cherche à déterminer sa *sensibilité face aux problèmes environnementaux* (cf. extrait à l'annexe 4-3). On lui demande d'exprimer son sentiment « (...) concernant certains problèmes spécifiques à une ville comme Neuchâtel » (nuisance du trafic routier et ferroviaire, insécurité, drogue, crise du logement, chômage, pauvreté, intégration de la population étrangère) et d'indiquer l'importance qu'il ou elle leur attribue. On l'interroge également sur le degré de gravité qu'elle accorde à des « problèmes particuliers relatifs à l'environnement et au trafic en Ville de Neuchâtel » : elle doit classer par ordre d'importance les dégâts causés aux bâtiments de type courant, ceux occasionnés aux édifices à valeur historique, le bruit, les atteintes à la santé dues à la pollution de l'air, le morcellement de l'espace urbain, les nuisances esthétiques causées par les grands parkings en surface, les accidents.

La partie centrale du questionnaire s'engage ensuite afin d'estimer la disposition à payer pour éviter la rupture spatiale autour du centre historique et commerçant de Neuchâtel. Les rues concernées sont le Sud de la Place Pury, la Rue de la Place d'Armes, la Place Numa-Droz, l'Ouest de l'Avenue du 1^{er}-Mars et la Rue de l'Hôtel de Ville, soit une distance de 750 m (cf. carte F à l'annexe 4-5). Proposer une suppression pure et simple du trafic dans ces rues aurait probablement indisposé les automobilistes interrogés et risqué de biaiser les enchères. Pour éviter cet obstacle, on a fait l'hypothèse d'une voie souterraine qui absorberait tout le trafic en respectant le plan de circulation actuel et les possibilités de parcage. Les enquêtés doivent avouer la valeur que représenteraient pour eux les *avantages* à long terme d'une telle solution (cf. extrait au tab. 4-3). L'estimation obtenue correspond à la variation compensatrice associée à un accroissement de l'utilité.

En proposant une voie souterraine considérée par hypothèse comme existante, on évite que les enquêtés ne pensent aux inconvénients d'une telle réalisation (nuisances liées au chantier) et réduisent leur DAP. Cela évite aussi qu'ils donnent une enchère fondée sur un coût de construction hypothétique.

Les enquêteurs disposent de plusieurs supports visuels. Des photographies en couleurs montrent le phénomène de morcellement (sous la forme d'attente aux feux de signalisation, photographie E à l'annexe 4-4) et l'absence de rupture spatiale dans une rue du centre-ville récemment interdite à la circulation (Rue du Seyon, photographie G à l'annexe 4-6). Deux cartes coloriées signalent les rues sous lesquelles se trouve la voie souterraine (carte F à l'annexe 4-5) et les perspectives d'élargissement de la zone piétonne (carte H à l'annexe 4-7).

Tableau 4-3 (suite)

9. Pour quelle raison n'êtes-vous pas disposé(e) à payer quelque chose pour bénéficier de ces avantages? *Enquêteur: notez, puis passez à la question 12!*

10. Qu'est-ce qui vous a empêché de répondre à cette question?

L'énoncé de la question n'était pas clair 10-1

Vous ne savez vraiment pas quel chiffre articuler 10-2

Si "pas clair" Reprendre question 8, mais lentement!

Si "ignore quel chiffre" Proposez à la personne un montant de 5 francs!

Si elle accepte, augmentez par pas de 2 francs (7, 9, etc.) jusqu'à ce qu'elle refuse de payer! Notez ci-dessous le dernier montant accepté! Passez ensuite à la question 11!

Si elle refuse, diminuez par pas de 2 francs (3, 1) jusqu'à ce qu'elle accepte de payer! Notez ci-dessous le montant accepté! Passez ensuite à la question 11!

en francs suisses / mois 8b-x

11. Si ce montant ne devait pas suffire pour réduire le morcellement de la Ville, seriez-vous d'accord de payer (*Enquêteur: montant indiqué sous 8a ou 8b plus 1 franc*) pour que cela se fasse?

Enquêteur: montez l'enchère par pas de 1 franc, jusqu'à ce que la personne interrogée déclare ne plus vouloir payer! Notez le dernier montant accepté!

en francs suisses / mois 11-x

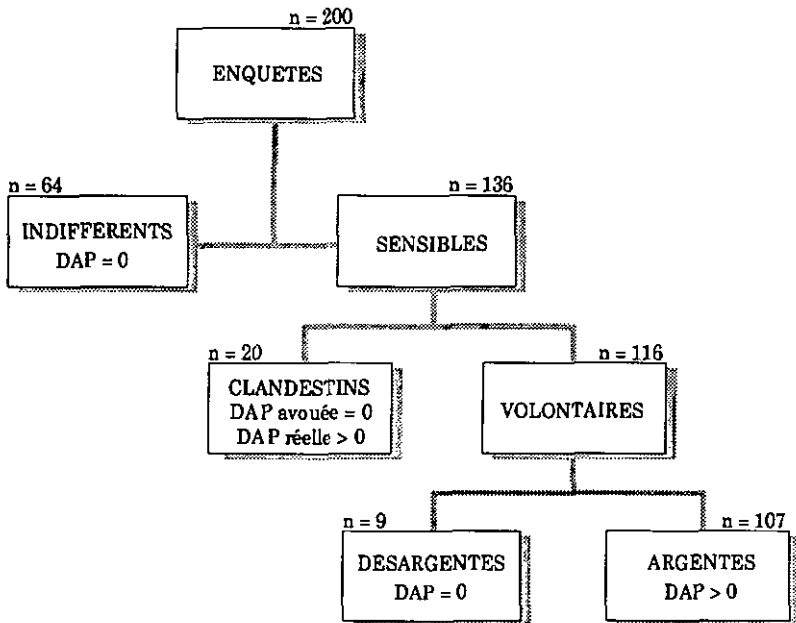
Les enquêtés doivent indiquer eux-mêmes une enchère mensuelle de départ. S'ils n'y parviennent pas, un montant leur est proposé (5 fr. par mois). A partir de cette proposition, leur disposition à payer est approchée par pas de 2 francs au cours d'un processus itératif⁴⁸. Afin d'obtenir une DAP véritablement maximale, on leur demande s'ils consentent à offrir davantage au cas où le montant qu'ils proposent ne suffirait pas à réduire l'effet de barrière. En présence d'une

⁴⁸ Les montants utilisés comme enchère de départ ou comme pas d'itération ont été fixés sur la base des résultats de la pré-enquête.

disposition à payer nulle ou d'un refus d'encherir, une question ouverte est prévue pour en connaître le motif.

Les questions relatives aux caractéristiques socio-économiques de la personne interrogée et de son ménage (e.g. revenu, loyer, nombre de personnes et, parmi elles, d'enfants vivant dans le ménage) se trouvent à l'annexe 4-8⁴⁹. A la fin de l'entrevue, l'enquêteur complète un protocole contenant les coordonnées de l'enquêté en vue du contrôle (annexe 4-9). L'enquêteur y certifie qu'il a procédé selon les instructions reçues et qu'il s'engage à respecter la confidentialité de l'enquête.

Figure 4-4
Ventilation des questionnaires selon les réactions



⁴⁹ Entre la partie consacrée à l'évaluation de la rupture spatiale et celle recensant les caractéristiques socio-économiques s'insèrent des questions relatives aux nuisances sonores, aux atteintes aux édifices historiques et à la pollution de l'air. N'ayant pas de lien avec notre problématique, elles ne sont pas reproduites ici.

4.3.2 RÉSULTATS DU PROCESSUS D'ENCHÈRES

Toutes les personnes n'ont pas réagi de la même manière aux questions relatives à leur disposition à payer. Ces réactions ont été regroupées afin de faciliter l'analyse (fig. 4-4)⁵⁰.

Parmi les 200 ménages de l'échantillon, 64 (32 %) ont donné une enchère nulle. Ils ont déclaré en réponse à la question n° 9 que le morcellement ne constituait pas un problème pour eux et que la mesure proposée ne leur apportait aucun avantage. Ils n'éprouvent aucune désutilité et ne s'intéressent pas au marché contingent. Ce groupe d'INDIFFÉRENTS est écarté de l'analyse, puisqu'il n'apporte rien à l'explication de la relation entre désutilité et DAP.

Tableau 4-4
Part relative des types de réactions

	Effectif	Part relative		
		par rapport aux ENQUÊTÉS	par rapport aux SENSIBLES	par rapport aux VOLONTAIRES
ENQUÊTÉS	200	100,0	-	-
INDIFFÉRENTS	64	32,0	-	-
SENSIBLES	136	68,0	100,0	-
CLANDESTINS	20	10,0	14,7	-
VOLONTAIRES	116	58,0	85,3	100,0
DÉSARGENTÉS	9	4,5	6,6	7,8
ARGENTÉS	107	53,5	78,7	92,2

Par contre, 136 personnes (68,0%) pensent que le problème soulevé est significatif et se sont déclarées intéressées par le marché. Elles représentent le groupe des SENSIBLES.

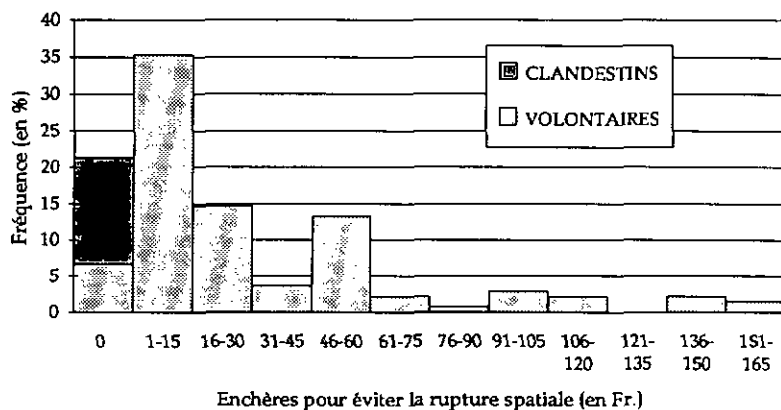
Parmi elles, 107 (53,5%) révèlent une disposition à payer supérieure à 0. Bien qu'intéressés, 9 autres enquêtés (4,5%) n'ont pu offrir davantage qu'une enchère nulle en ayant ne pas avoir les moyens financiers de donner plus. La contrainte budgétaire de cette seconde catégorie -ménages DÉARGENTÉS- ne leur permet pas, contrairement aux premiers -ménages ARGENTÉS-, de prendre une part active au marché. Ces 116 individus (58%) sont VOLONTAIRES pour participer au marché contingent; leurs réponses sont révélatrices d'une DAP véritable compte tenu de leur contrainte budgétaire.

⁵⁰ Pour faciliter la lecture, des termes génériques renvoient à chaque catégorie (e.g. les INDIFFÉRENTS et les SENSIBLES). Ils apparaîtront systématiquement en lettres majuscules.

Vingt personnes parmi les SENSIBLES (10 %) refusent d'enchérir même si elles reconnaissent que la mesure proposée leur fournirait un avantage. Elles motivent ce refus en disant que, n'étant pas à l'origine de la nuisance, ce n'est pas à elles de payer pour bénéficier de sa suppression : l'Etat ou les automobilistes doivent s'en charger. La valeur avouée est nulle, alors qu'en réalité elle devrait être supérieure à zéro. Il s'agit là d'un comportement de passagers CLANDESTINS; ces personnes refusent de payer un avantage sur lequel elles jugent avoir un droit de propriété. Ces cas sont traités de façon particulière. Le tableau 4-4 indique la part relative des types de réactions.

Figure 4-5

Dispositions à payer des SENSIBLES pour supprimer la rupture spatiale (136 observations, dont 116 VOLONTAIRES et 9 CLANDESTINS)



La figure 4-5 montre la répartition des enchères des personnes SENSIBLES au problème. Leur distribution est conforme à celle observée dans des études similaires⁵¹. La majorité (80 %) des DAP ne dépasse pas 50 fr. par mois et plus du tiers des observations se concentre entre 1 et 15 francs.

⁵¹ Cf. notamment McClelland *et al.* (1991, p. 25).

4.3.3 CHOIX D'UN MODÈLE D'ANALYSE DES ENCHÈRES

L'analyse des résultats de l'enquête peut s'effectuer de manière simplifiée en déterminant un consentement à payer de référence sur la base d'une valeur centrale (e.g. moyenne ou médiane). Des différences considérables apparaissent cependant entre les personnes interrogées, comme le confirment les écarts-types du tableau 4-5. L'étude des valeurs centrales ne permet ni de tenir compte de ces variations, ni de les expliquer. En estimant une fonction de disposition à payer (ou fonction de demande inverse) par une régression multiple, il devient possible de justifier ces différences. Cela permet de vérifier que les réponses ne sont pas le fruit du hasard, mais dépendent de variables explicatives dûment identifiées⁵².

Tableau 4-5
Aperçu statistique des DAP mensuelles pour éviter la rupture spatiale

	n	Min.	Max.	Médiane	Moyenne	Ecart-type
ENQUÊTÉS	200	0,0	160,0	5,0	19,4	33,0
INDIFFÉRENTS	64	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SENSIBLES	136	0,0	160,0	15,0	28,5	36,7
CLANDESTINS	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VOLONTAIRES	116	0,0	160,0	20,0	33,4	37,6
DÉSARGENTÉS	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ARGENTÉS	107	2,0	160,0	20,0	36,3	37,8

Aucun modèle généralement admis n'existe encore pour analyser des résultats d'une évaluation contingente. On a choisi ici d'utiliser le modèle développé par Box et Cox (1964). Il offre une grande flexibilité de la forme fonctionnelle et atténue le biais hypothétique⁵³.

En effet, les individus n'ont pas l'habitude d'acheter des biens comme la suppression de la rupture spatiale. Ils éprouvent des difficultés à estimer leur enchère et surévaluent leur DAP comme le montrent les valeurs extrêmes de la figure 4-5. La dispersion dépasse celle que l'on constaterait si un marché existait

⁵² Cette manière de tester la fiabilité et la validité internes des résultats est recommandée par Mitchell et Carson (1990, pp. 206-207 et 212-214).

⁵³ Par le passé, les enchères anormalement élevées étaient considérées comme des *outliers* et écartées de l'échantillon. De telles procédures de «tamisage» (*trimming process*) éliminent les valeurs qui, dans le cadre d'un modèle de régression, franchissent un seuil statistique fixé au préalable (e.g. Desvousges, Smith et Fisher 1987). Lorsque la distribution est étalée à droite, la moyenne des enchères estimées diminue avec la limite choisie et rend le résultat final dépendant de cette limite.

réellement. Cette distribution non normale (étalée à droite) biaise l'estimation de la moyenne.

Selon McClelland *et al.* (1991, p.8-9), l'erreur hypothétique peut être considérée comme proportionnelle à la valeur avouée, B^{54} :

$$B = Wq \quad (4-2)$$

où W représente le consentement à payer réel. Une transformation logarithmique supprime le biais de la moyenne en rapprochant la distribution des erreurs ε d'une distribution normale:

$$\log B = \log W + \log q \quad (4-3)$$

et

$$\varepsilon = \log q \quad (4-4)$$

La moyenne de $\log B$ constitue un estimateur non biaisé de $\log W$ si on suppose que la distribution de l'erreur est log-normale ($E(\varepsilon)=0$ et $V(\varepsilon)=\sigma^2$). Le modèle se présente alors de la manière suivante:

$$\log B = \log W + \varepsilon \quad (4-5)$$

Une réponse plus générale au problème des valeurs extrêmes utilise la transformation Box-Cox sur B , telle que⁵⁵

$$B^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{B^{\lambda_1} - 1}{\lambda_1} & (\lambda_1 \neq 0) \\ \log B & (\lambda_1 = 0) \end{cases} \quad (4-6)$$

Différentes valeurs pour le paramètre λ_1 permettent de faire varier la forme fonctionnelle de la relation entre la DAP observée et ses déterminants, X ,

$$B^{(\lambda)} = \beta X + \varepsilon \quad (4-7)$$

où β est un vecteur de paramètres à estimer. Par exemple, la relation est linéaire lorsque λ_1 égale 1 et log-linéaire si le paramètre prend une valeur nulle. Cette transformation n'est valable que pour des valeurs de B strictement positives. Afin de pouvoir prendre en compte les cas de DAP égales à 0 (ici les DÉARGENTÉS et les CLANDESTINS), on ajoute à B un paramètre λ_2 strictement positif. La transformation prend la forme suivante:

$$B^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{(B + \lambda_2)^{\lambda_1} - 1}{\lambda_1} & (\lambda_1 \neq 0) \\ \log(B + \lambda_2) & (\lambda_1 = 0) \end{cases} \quad (4-8)$$

⁵⁴ La lettre B pour *enchère* provient du terme anglais *bid*.

⁵⁵ La symbolique $B^{(\lambda)}$ montre que la transformation dépend du seul coefficient Box-Cox. Cf. Johnston (1991, pp.61-74).

Dans l'analyse de régression, l'estimation des paramètres λ_1 et λ_2 s'ajoute à celle des coefficients des variables dépendantes. La détermination conjointe des deux paramètres λ nécessite une procédure complexe. Mitchell et Carson (1990, p. 372) conseillent d'attribuer de façon péremptoire la valeur 1 à λ_2 . En effet, « a problem occurs (...) because the log of zero is undefined, and taking the log of a very small positive number can have severely distorting effects. (...) 1 should be added to the variable, if it does not materially alter the statistics from the original distribution ». Leur proposition sera retenue ici⁵⁶.

Le paramètre λ_1 prend généralement des valeurs comprises entre -2 et 2. Dans cet intervalle, la transformation est estimée par le maximum de vraisemblance L , afin de normaliser la distribution des erreurs dans l'analyse de régression (Drajer et Smith 1981, pp.293-295):

$$L_{\max}(\lambda) = -\frac{1}{2}n \ln\left(\frac{SCR}{n}\right) + (\lambda_1 - 1) \sum \ln(B_i + \lambda_2) \quad (4-9)$$

où n correspond au nombre d'observations et SCR représente la somme des carrés résiduels.

4.3.4 ESTIMATION DE LA FONCTION DE DISPOSITION À PAYER POUR ÉVITER LA RUPTURE SPATIALE

4.3.4.1 Sélection des variables

Dans le cadre d'un modèle Box-Cox, la sélection des variables doit s'effectuer par itérations. La valeur du coefficient λ_1 maximisant la vraisemblance dépend de la formulation du modèle et le test L_{\max} ne peut s'effectuer qu'après avoir estimé tous les paramètres. Les variables devant entrer dans la fonction sont toutefois dictées par la théorie: la disposition à payer est fonction des ressources financières et des préférences des individus, ainsi que d'autres caractéristiques liées au fonctionnement du marché. Les ressources financières sont généralement définies en termes de revenu disponible. Les préférences sont influencées par l'utilisation du bien considéré et se traduisent par des variables démographiques et des variables d'attitude.

⁵⁶ D'autres auteurs proposent d'utiliser une valeur plus élevée pour λ_2 (e.g. Desaignes et Lesgards [1992, p.102] retiennent $\lambda_2=10$). Dans notre cas, avec un $\lambda_2=1$, la moyenne change relativement peu en passant de 28,5 à 29,5 fr. par mois.

Tableau 4-6
Description des variables retenues pour l'évaluation contingente

Variable	Description	Signe
<i>Variable dépendante</i>		
RUPT	DAP mensuelle pour bénéficier des avantages liés à la présence d'une voie souterraine permettant d'éviter la rupture spatiale au centre-ville par une extension de la zone piétonne en direction du lac et du Jardin anglais (en fr.). Il s'agit de la dernière enchère acceptée par l'enquêté (question n°11).	
<i>Variable indépendante</i>		
AGE	Age de la personne interrogée (question d'échantillonnage). Plus celle-ci est âgée, plus elle est habituée et résignée à supporter la nuisance; donc moins la sensibilité à ce type de problèmes est développée. Conformément aux conclusions d'études antérieures, ceci doit influencer la disposition à payer négativement.	-
AUTO	Variable dichotomique portant la valeur 1 si le ménage dispose d'une voiture de tourisme au moins (question n° 24a). Les propriétaires de véhicule étant désignés comme responsables de la nuisance, un impact négatif dû à une réaction de défense est attendu.	-
CLAN	Variable muette prenant la valeur 1 si l'individu se comporte en passager clandestin (question n° 9). Son influence doit être négative.	-
EXPO	Appréciation quantitative des nuisances routières subies par le ménage, appréhendée à travers l'exposition au bruit routier diurne sur le lieu d'habitat (moins de 60 dB(A)=1, de 60 à 65=2, de 65 à 70=3, plus de 70 dB(A)=4) (source: cadastre du bruit de la Ville de Neuchâtel). Relation positive attendue.	+
REVNET	Revenu net mensuel (question n° 33), déduction faite du loyer de l'appartement du ménage (n° 32) (en fr.). Corrélation positive escomptée.	+
ROUTE	Importance attribuée au problème des nuisances du trafic à Neuchâtel (problème inexistant=1, peu important=2, moyennement important=3, important=4, très important=5) (question n° 2). Impact positif attendu.	+

L'analyse de régression utilise d'abord une valeur approximative pour λ_1 afin d'estimer le modèle pour un premier groupe de variables (moindres carrés ordinaires). Puis, la valeur de λ_1 qui maximise la vraisemblance est obtenue en «scannant» l'intervalle -2 à 2. Le panier et la composition des variables sont ensuite modulés (e.g. déduction du loyer du revenu) et la procédure est

reproduite jusqu'à ce que les résultats statistiques ne puissent plus être améliorés.

Les variables retenues en définitive sont présentées au tableau 4-6. Le revenu net mensuel déduction faite du loyer traduit la situation financière de la personne interrogée. Son âge, le fait qu'elle possède une voiture, le bruit auquel elle est soumise et l'importance qu'elle attribue aux nuisances du trafic routier reflètent ses préférences. La variable CLAN indique l'attitude adoptée face au marché contingent. Les libellés abrégés des caractéristiques s'accompagnent d'une description sommaire et du signe attendu de la relation avec la variable dépendante (i.e. la disposition à payer pour éviter la rupture spatiale). Le tableau 4-7 en donne un aperçu statistique (valeurs centrales et dispersion).

Tableau 4-7
Aperçu statistique des variables retenues pour l'analyse contingente (n=136)

Variable	Minimum	Maximum	Médiane	Moyenne	Ecart-type
AGE	19,0	91,0	42,0	45,8	18,1
AUTO	0,0	1,0	1,0	0,7	0,4
CLAN	0,0	1,0	0,0	0,1	0,3
EXPO	1,0	4,0	2,0	2,2	1,0
REVNET	100,0	9505,0	3613,0	3848,0	1996,9
ROUTE	1,0	5,0	4,0	3,5	1,2

En moyenne et s'il appartient au groupe des SENSIBLES, l'individu interrogé est âgé de 46 ans. Il fait partie d'un ménage disposant d'une voiture de tourisme et d'un revenu mensuel net approchant 4000 fr. Il considère les nuisances du trafic routier en Ville de Neuchâtel comme un problème important et est exposé à un niveau sonore compris entre 60 et 65 dB(A).

4.3.4.2 Résultats de l'analyse de régression

La présence de passagers clandestins nous a incités à estimer deux fonctions de disposition à payer (tab. 4-8). La première, basée sur un échantillon réduit (116 observations), inclut uniquement les VOLONTAIRES -*modèle 1*. La seconde élargit l'échantillon aux passagers CLANDESTINS (136 observations) et introduit une variable dichotomique spécifique (CLAN) pour tenir compte de ce problème -*modèle 2*. Cette approche proposée par Pommerehne et Roemer (1991) évite l'élimination arbitraire d'observations pouvant contribuer à expliquer l'existence d'une disposition réelle à payer. Leur impact sur la DAP estimée est toutefois reconnu par l'intermédiaire de la variable CLAN.

Tableau 4-8
 Estimation de la fonction de disposition à payer pour éviter la rupture spatiale

Variables indépendantes ^a	Modèle 1 ^b (sans CLANDESTINS)	Modèle 2 ^b (avec CLANDESTINS)
Constante	3,944** (4,651)	2,835** (6,208)
AGE	-0,0493** (-5,667)	-0,0292** (-5,958)
AUTO	-0,868* (-2,484)	-0,435* (-2,228)
CLAN	-	-2,964** (-12,464)
EXPO	0,340* (2,189)	0,166 (1,963)
REVNET	0,000217** (2,712)	0,000121** (2,794)
ROUTE	0,360* (2,482)	0,246* (3,186)
λ_1	0,170	0,000
λ_2	1,000	1,000
<i>n</i>	116	136
R^2	0,357	0,634
R^2 corrigé	0,328	0,617
Erreur type	1,623	0,958
Valeur de <i>F</i>	12,215	37,314
Degrés de liberté	109	128
$L_{\max}(\lambda)$	-335,285	-330,667

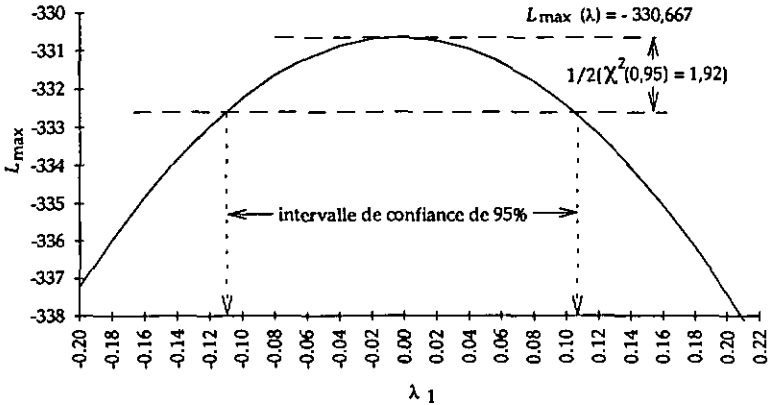
^a La variable dépendante est la disposition mensuelle à payer pour éviter la rupture spatiale, transformée selon le modèle Box-Cox ($RUPT^{(\lambda)}$).

^b Les valeurs de \hat{t} figurent entre parenthèses en regard des paramètres estimés. Les coefficients munis d'un double astérisque sont significatifs à 99%; ceux en portant un seul le sont à 95% (test bilatéral).

L'échantillon retenu pour l'estimation du modèle 2 comprend trois groupes: les ARGENTÉS, les DÉARGENTÉS et les CLANDESTINS. Ces deux dernières catégories ont en commun une disposition à payer avouée nulle. Leurs motivations sont par contre différentes: forte contrainte budgétaire pour les premiers, comportement stratégique pour les seconds et une variable indépendante spécifique (REVNET et CLAN) en tient compte.

L'introduction des CLANDESTINS (modèle 2) améliore les résultats obtenus avec la spécification de base (équation 1). La capacité explicative du modèle, assez élevée au départ comparativement aux standards des études contingentes (0,328), s'accroît (0,617). Ce résultat est atteint et la vraisemblance est maximisée avec un λ_1 égal à zéro: la spécification devient log-linéaire. La figure 4-6 montre la courbe $L_{\max}(\lambda)$ pour le second modèle selon différentes valeurs de λ_1 . Le coefficient se situe avec une probabilité de 95 % dans l'intervalle $-0,12 < \lambda_1 < 0,10$. Pour l'équation 1, cet intervalle est donné par $0,05 < \lambda_1 < 0,29$. Ceci exclut toute valeur de λ_1 telle $\lambda_1 = 1$ (formulation linéaire), $\lambda_1 = 1/2$ (transformation par la racine carrée) ou $\lambda_1 = -1$ (transformation inverse).

Figure 4-6
Approximation de l'intervalle de confiance pour λ_1 (modèle 2)



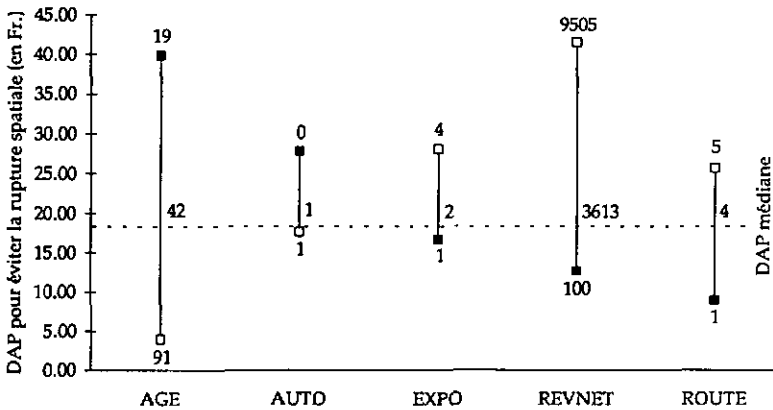
Le sens attendu de la relation (signe) se vérifie dans tous les cas. Les paramètres sont presque tous significatifs (à plus de 95 %, voire 99 %). L'hypothèse nulle pour la variable EXPO ne peut de justesse plus être rejetée à 95 % dans la seconde équation. Cette variable est la seule avec AUTO à être affectée par l'introduction de la variable CLAN. Les coefficients restent assez stables. Aucun problème sérieux de multicolinéarité n'hypothèque les fonctions de disposition à payer (voir la matrice des corrélations simples à l'annexe 4-10). En outre, le test de Goldfeld-Quandt effectué pour chaque variable numérique aboutit à des valeurs comprises entre 1,21 et 1,59 (avec 40 degrés de liberté) et permet de rejeter l'hypothèse d'hétéroscédasticité des perturbations au seuil de 5 %.

4.3.4.3 Interprétation des résultats de la régression

La figure 4-7 présente les DAP estimées par le second modèle sur la base des valeurs extrêmes de l'échantillon pour une caractéristique donnée; les autres variables prennent une valeur médiane (moyenne pour la variable dichotomique AUTO et zéro pour la variable CLAN).

Figure 4-7

Variation de la DAP pour éviter la rupture spatiale (modèle 2, CLAN=0 \forall n)

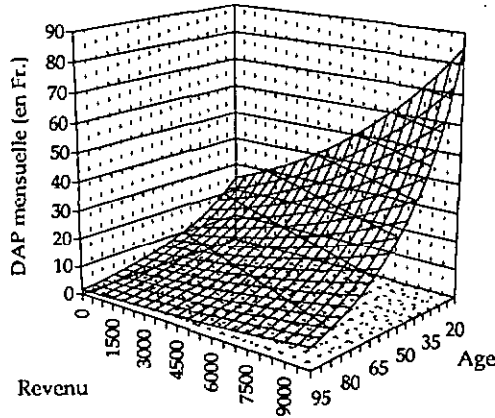


La formulation log-linéaire du second modèle donne aux coefficients une signification particulière: chaque paramètre correspond au changement relatif de l'enchère provoqué par une modification marginale de la variable dépendante. Lorsque l'âge s'accroît d'une année, la disposition à payer diminue de 3% en moyenne. Inversement, si le revenu net augmente de 1000 fr., la DAP s'élève de 12%. La figure 4-8 montre l'évolution conjointe du revenu et de l'âge. Le coefficient de la variable dichotomique AUTO s'interprète de la même manière: un ménage ne possédant pas de voiture est prêt à payer 44% de plus que s'il en avait une⁵⁷.

⁵⁷ Si l'enquêté se comporte en passager clandestin (i.e. CLAN=1), sa DAP est réduite de 300% environ. Ce pourcentage élevé traduit le refus de consentir un quelconque sacrifice financier pour réduire la rupture spatiale.

Figure 4-8

Disposition à payer pour éviter la rupture spatiale selon le revenu et l'âge
(modèle 2, $CLAN=0 \forall n$)



4.3.5 COÛT DE LA RUPTURE SPATIALE EN VILLE DE NEUCHÂTEL

4.3.5.1 Coût selon le comportement de l'enquêté

Pour chaque type de comportements, le tableau 4-9 indique les enchères observées au cours de l'enquête et celles estimées par les deux modèles⁵⁸. La première équation estimée à l'aide des VOLONTAIRES a été utilisée pour reconstituer la valeur qu'auraient révélée les CLANDESTINS s'ils avaient réellement manifesté leurs préférences. L'enquête fournit en effet la valeur des variables indépendantes pour ces personnes.

Le second modèle permet également d'attribuer une enchère fictive à ces 20 ménages. Il suffit de rendre muette la variable dichotomique CLAN qui lors de l'analyse de régression portait la valeur 1. Ces cas entrent alors dans l'équation de la même façon que les VOLONTAIRES.

⁵⁸ Les INDIFFÉRENTS sont absents de ce tableau puisqu'ils sont écartés de l'analyse.

Tableau 4-9
Dispositions à payer observées et calculées pour éviter la rupture spatiale

Type d'enchères	n	Min.	Max.	Médiane	Moyenne	Ecart-type
SENSIBLES						
Observées	136	0,0	160,0	15,0	28,5	36,7
Modèle 1		1,6	88,7	20,1	24,1	15,1
Modèle 2 ^a		2,4	87,1	17,8	21,9	14,0
CLANDESTINS						
Observées	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Modèle 1		3,9	44,6	21,2	22,4	9,9
Modèle 2 ^a		4,3	33,9	19,2	20,1	8,0
VOLONTAIRES						
Observées	116	0,0	160,0	20,0	33,4	37,6
Modèle 1		1,6	88,7	20,0	24,5	15,9
Modèle 2		2,4	87,1	17,8	22,2	14,8
DÉSARGENTÉS						
Observées	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Modèle 1		1,6	20,1	5,1	7,9	6,7
Modèle 2		2,4	16,7	5,5	7,2	5,2
ARGENTÉS						
Observées	107	2,0	160,0	20,0	36,3	37,8
Modèle 1		2,1	88,7	21,3	25,8	15,7
Modèle 2		2,6	87,1	18,7	23,4	14,6

^a CLAN=0 \forall n.

Les estimations des deux modèles sont proches. L'introduction de la variable CLAN et des CLANDESTINS dans l'analyse ne provoque pas de distorsion importante. Les valeurs centrales des estimations du premier modèle dépassent cependant celles du second. Mais toutes deux reflètent assez bien les enchères observées lorsqu'une telle comparaison est possible (i.e. dans le cas des SENSIBLES, des VOLONTAIRES, les DÉSARGENTÉS et des ARGENTÉS).

L'écart-type des consentements à payer des CLANDESTINS extrapolés à travers les deux modèles est inférieur à celui des VOLONTAIRES. Les personnes ayant adopté un comportement stratégique forment donc un groupe assez homogène. Les estimations pour les personnes DÉSARGENTÉES, même si elles ne sont pas nulles, restent inférieures à celles des autres groupes. Les deux modèles tiennent compte de manière satisfaisante de l'explication donnée par ces individus à l'impossibilité d'enchérir (contrainte budgétaire trop forte)⁵⁹.

⁵⁹ Voir aussi l'analyse du biais stratégique au point 4.3.6.4.

4.3.5.2 Extrapolation

L'équation 2 explique le mieux les enchères observées et est utilisée pour estimer le coût de la rupture pour tous les habitants de Neuchâtel. La distribution asymétrique des DAP impose le recours à une valeur médiane. Le montant de 17 fr.75 représente le coût mensuel de la rupture spatiale autour du centre-ville pour un ménage neuchâtelois sensible au problème. Par contre, ce coût est nul chez les individus *INDIFFÉRENTS*. Les hypothèses émises au point 2.2.4⁶⁰ permettent d'agrèger les dispositions individuelles à payer et de calculer le coût total de la rupture spatiale au centre de Neuchâtel.

Tableau 4-10
Coût de la rupture spatiale au centre de Neuchâtel

	Effectif de l'échantillon		Nombre de ménages	DAP médiane		Coût annuel en 1000 Fr.
	nombre	en %		en Fr./mois	en Fr./an	
INDIFFÉRENTS	64	32	5046	0,00	0,00	0
SENSIBLES	136	68	10723	17,75	213,10	2285
TOTAL	200	100	15769	-	-	2285

Au cours de l'année 1992, 15769 ménages résident en Ville de Neuchâtel⁶¹. 10723 d'entre eux sont gênés par le morcellement (part équivalente à celle de l'échantillon, soit 68 %). Pour ceux-ci, le coût de la rupture spatiale s'élève à près de 200000 francs par mois, soit plus de 2 millions par an (tab. 4-10).

Le coût par habitant et par année se monte à 72 fr. en moyenne⁶². En faisant l'hypothèse que la gêne est la même tout au long des rues considérées (soit 750 m), chaque mètre linéaire coûterait 3050 fr. par an à la collectivité neuchâteloise.

⁶⁰ Consommations non rivales permettant une addition verticale des évaluations individuelles.

⁶¹ Renseignement fourni par le Service économique et statistique de la Ville de Neuchâtel.

⁶² En 1992, la Ville de Neuchâtel comptait 31860 habitants (Information du Service cantonal de statistique).

4.3.6 ANALYSE DE QUELQUES BIAIS

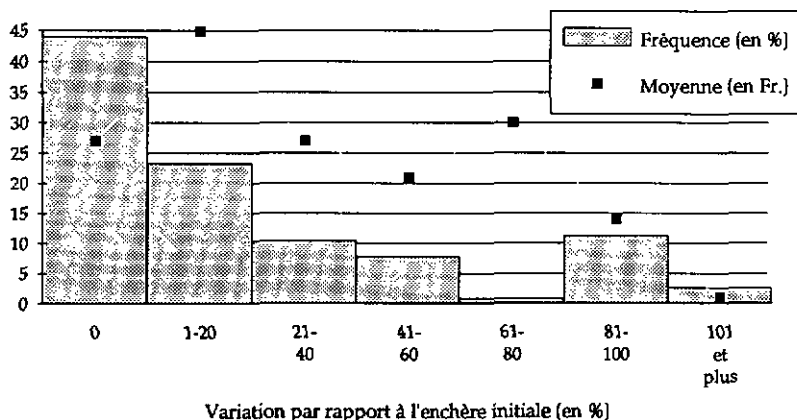
Le questionnaire n'a pas été conçu pour tester la présence de biais. De tels contrôles sont néanmoins possibles en confrontant les réponses à certaines questions ou les comportements des différents groupes d'enquêtés. Les biais informationnel, hypothétique, d'initialisation, stratégique et d'échantillonnage font ici l'objet d'un examen particulier.

4.3.6.1 Biais informationnel

L'énoncé de la question n° 11 confronte l'enquêté à l'éventualité que son enchère (issue des questions n° 8 ou n° 10) ne suffit pas à réduire la rupture spatiale. On lui demande s'il souhaite réviser sa disposition à payer à la hausse au vu de cette nouvelle information. On obtient alors véritablement une offre maximale.

Près de 45% des personnes interrogées ne révisent pas leur enchère (fig. 4-9). Dans 40 autres pour cent des cas, l'offre est accrue de moins de 60%. Seuls 15% des enquêtés augmentent leur offre de départ au-delà. Celle-ci se situait toutefois au-dessous de la moyenne: chez les personnes ayant doublé leur DAP, la moyenne des enchères initiales s'élève à 14 fr. contre 27 fr. pour celles qui ne l'ont pas modifiée.

Figure 4-9
Répartition des révisions de la DAP des VOLONTAIRES exprimées en valeur relative par rapport à l'enchère initiale (116 observations)



Ces résultats sont conformes à ceux obtenus en procédant de façon identique lors de précédentes études⁶³. La moitié des personnes interrogées révisent généralement leurs enchères à la hausse lorsqu'on les sollicite ainsi.

Le tableau 4-11 présente les principaux éléments statistiques des enchères initiales et finales observées. En dernière ligne, il indique le résultat du test *t* de la présomption d'égalité des moyennes. L'hypothèse nulle est acceptée au seuil de signification de 5%: la moyenne des enchères initiales n'est pas statistiquement différente de celle des offres finales. Ceci relativise l'analyse de la répartition des révisions des DAP faite sur la base de la figure 4-9 et permet un certain optimisme: même si une information comme celle de la question n°11 manquait, l'effet induit ne serait pas suffisant pour provoquer un biais informationnel statistiquement significatif.

Tableau 4-11
DAP initiales et finales pour éviter le morcellement de l'espace urbain

	Enchère initiale	Enchère finale
<i>n</i>	116	116
Moyenne	28,47	33,43
Médiane	10,00	20,00
Ecart-type	34,45	37,56
Variance	1187,00	1410,93
Maximum	150,00	160,00
Valeur de <i>t</i>	-	-1,05

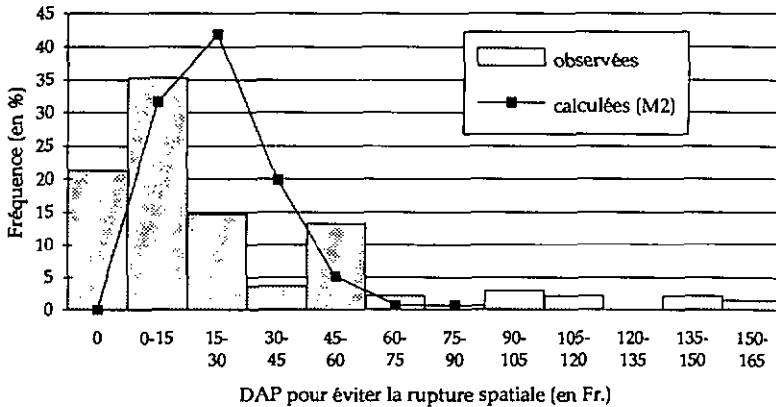
4.3.6.2 Biais hypothétique

Le tableau 4-9 a montré un écart entre la moyenne et la médiane plus accentué dans les séries observées que dans celles calculées. Les valeurs maximales sont fortement réduites dans les séries estimées: pour les RÉCEPTIFS, les VOLONTAIRES et les ARGENTÉS, la valeur maximale observée chute de 160 fr. à 89 ou 87 fr. selon le modèle utilisé. Ce phénomène de «recenterage» s'explique par le recours à la transformation Box-Cox. Celle-ci corrige l'effet des enchères anormalement élevées. La figure 4-10 montre la distribution des DAP observées et calculées par le second modèle pour le groupe des SENSIBLES et souligne la réduction de l'étendue des valeurs⁶⁴.

⁶³ Cf. Rowe, d'Arge et Brookshire (1980).

⁶⁴ La distribution des estimations par le premier modèle est très proche de celle du second.

Figure 4-10
Distribution des DAP observées et calculées des SENSIBLES
pour éviter la rupture spatiale (modèle 2, 136 observations)



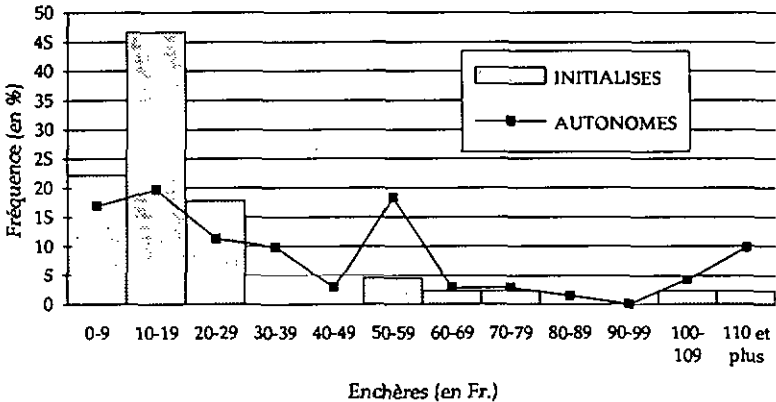
Cette transformation permet d'éviter (ou du moins en partie) deux problèmes. D'abord, il est possible de conserver dans l'analyse des observations dont on ne sait pas *a priori* si elles représentent des *outliers* potentiels ou si elles contribueront à l'explication de la DAP. Ensuite et s'il s'agit d'*outliers*, les résultats de l'analyse ne sont pas grossièrement entachés d'un biais d'hypothèse.

4.3.6.3 Biais d'initialisation

Parmi les VOLONTAIRES, 71 personnes (61%) ont pu attribuer une valeur aux avantages que leur procurerait une suppression de la rupture spatiale (ces cas seront considérés comme des enchères AUTONOMES en réponse à la question n°8). Par contre, il a fallu à 45 reprises proposer une enchère de départ à des personnes qui «ne savaient pas quel chiffre articuler» (ci-après enquêtés INITIALISES pour répondre à la question n°10). Sur la base des résultats de la phase de test, le montant initial proposé a été fixé à cinq francs. Cette valeur relativement faible a été choisie pour que l'enchère s'oriente à la hausse, plutôt qu'à la baisse afin de garantir l'homogénéité du processus. On peut se demander dans quelle mesure cette offre de départ a influencé les INITIALISES et a introduit un biais d'initialisation.

Figure 4-11

Dispositions à payer des individus INITIALISÉS et des individus AUTONOMES



Les enchères des deux groupes se répartissent de manière assez différente (fig. 4-11). L'introduction d'une proposition de départ provoque un phénomène d'inertie et les offres se concentrent au-dessous de 20 fr. par mois (69 % des INITIALISÉS). En comparaison, seuls 37 % des enchères AUTONOMES se situent dans cet intervalle. Aucun processus d'enchères n'a dû s'engager à la baisse (i.e. atteindre un montant inférieur à 5 fr.) alors qu'on trouve 11 offres AUTONOMES sous ce seuil (9 cas DÉARGENTÉS et 2 enchères de 1 fr.).

L'analyse des valeurs centrales confirme ces divergences: la valeur moyenne observée chez les INITIALISÉS s'établit à 21 francs par mois contre 41 pour les AUTONOMES. Le test de t montre que ces offres sont statistiquement différentes au seuil de 5 % (tab. 4-12).

Ces différences ne peuvent pas s'expliquer par les variables introduites dans nos modèles. Contrairement aux valeurs observées, les enchères calculées ne révèlent pas des moyennes significativement différentes d'un groupe à l'autre, même si le sens de l'écart entre ces moyennes est identique entre les séries observées et estimées. Les caractéristiques considérées (AGE, AUTO, EXPO, REVNET et ROUTE) ne permettent donc pas de justifier l'existence d'une telle divergence.

Des caractéristiques d'éducation et de formation des personnes interrogées pourraient influencer les résultats en raison de la complexité du scénario contingent proposé et du manque d'habitude dans l'évaluation des biens environnementaux. Plus la personne interrogée appartient à une couche sociale

élevée, meilleure devrait être sa capacité à formuler une enchère sans proposition initiale. Ici, la situation inverse se produit: les individus ayant pu se passer d'offre de départ font en général partie de la couche sociale *populaire employée* (employés qualifiés ou non); ceux qui en ont eu besoin se situent plutôt dans la couche *moyenne salariée* (cadres inférieurs et moyens).

Ce phénomène peut-il contribuer à expliquer la divergence entre les enchères de ces deux groupes? Si tel est le cas, deux hypothèses sont envisageables. D'abord, la manière très concrète dont le problème de la rupture spatiale est exposé aux enquêtés et la bonne connaissance que les habitants ont de la situation au centre de Neuchâtel permettraient d'éliminer tout biais dû à la complexité du scénario, et ce même pour les individus appartenant aux couches sociales inférieures. Ensuite, le recours plus systématique à une enchère initiale chez les individus faisant partie d'une couche sociale plus élevée pourrait provenir d'un réflexe de prudence face au risque de se tromper ou d'une tentative inavouée d'adopter un comportement de passerager clandestin.

Même si certains indices permettent de relativiser les différences entre les enchères des uns et des autres, l'introduction d'une enchère de départ semble introduire un biais. En débutant généralement le processus d'enchères par une question ouverte, l'importance du biais d'initialisation a cependant été réduite.

Tableau 4-12

Enchères observées et calculées des individus INITIALISÉS et des AUTONOMES (modèle 2)

	Enchères observées		Enchères calculées	
	INITIALISÉS	AUTONOMES	INITIALISÉS	AUTONOMES
<i>n</i>	45	71	45	71
Moyenne	20,87	41,41	21,30	22,74
Médiane	10,00	30,00	17,48	18,23
Ecart-type	27,47	40,96	13,22	15,73
Variance	754,85	1677,45	174,67	247,49
Maximum	150,00	160,00	66,27	87,12
Valeur de <i>t</i>	-	-3,232	-	-0,53

4.3.6.4 Biais stratégique

Seule la question n°9 permet de constater un comportement de passerager clandestin. Ces cas sont traités de façon particulière par les modèles utilisés: la première équation les exclut de son échantillon, la seconde les introduit en attribuant à la variable dichotomique CLAN la valeur 1. Les résultats ne sont pas

grossièrement biaisés par des enchères nulles relevant d'une volonté de dissimulation. Certains parmi les VOLONTAIRES peuvent toutefois avoir caché une partie de leur véritable consentement à payer (comportement de *passager clandestin partiel*)⁶⁵. Malheureusement, le questionnaire ne permet pas de tester cette éventualité.

Le fait que le coefficient de la variable de revenu (REVNET) soit significatif, porte le signe attendu et ait un ordre de grandeur cohérent offre quelques garanties sur l'absence d'un biais stratégique sensible. Cette impression est confirmée par les estimations réalisées pour les individus DÉARGENTÉS (cf. tab. 4-9). Pour ces 9 personnes, la DAP moyenne calculée s'établit entre 7 et 8 fr. (enchère observée: 0 fr.) contre 23 à 26 fr. pour les ARGENTÉS (enchère moyenne observée: 36 fr.). Selon les modèles estimés, les divergences entre les DAP de ces deux groupes sont fondées. Les DÉARGENTÉS n'auraient pas menti en déclarant que leur situation financière ne leur permettait pas d'enchérir. Les estimations supérieures à 0 pourraient cependant indiquer un comportement de *passager clandestin partiel*.

4.3.6.5 Biais d'échantillonnage

La présence de non-réponses peut introduire un biais dans l'analyse, soit qu'on enregistre des *absences totales de données*, soit que des *non-réponses thématiques* apparaissent pour certaines questions. Le contrôle des conditions de validité démontre qu'aucun biais dû à l'absence de données n'entache les résultats: l'échantillon est représentatif de la population neuchâteloise.

Les cas d'enchères nulles ne constituent pas de véritables non-réponses thématiques. L'analyse des caractéristiques des enquêtés INDIFFÉRENTS, CLANDESTINS ou DÉARGENTÉS est toutefois intéressante (tab. 4-13).

La répartition des INDIFFÉRENTS correspond grossièrement à l'objectif fixé pour l'échantillonnage. Le quartier n°22 bien qu'éloigné du centre est sous-représenté⁶⁶. La sensibilité accrue des habitants au problème peut s'expliquer par l'important trafic de transit qu'ils subissent. Les habitants du quartier n°21 à caractère résidentiel, mais lui aussi éloigné du centre, sont proportionnellement

⁶⁵ Dans une tentative d'évaluation du risque lié aux déchets dangereux, Pommerhne et Roemer (1991) montrent qu'environ un tiers des personnes interrogées adoptent un tel comportement. Ils constatent cependant que son impact est inférieur à celui du *comportement de passager clandestin complet* (environ trois fois moindre) et qu'il s'avère statistiquement moins significatif.

⁶⁶ Ce quartier du Nord de la Ville est délimité au Sud par le Faubourg de la Gare, la Rue des Fahys et l'Avenue des Portes-Rouges. Cette dernière absorbe plus de 15000 véhicules / jour, tout comme la Rue du Rocher qui fait également partie de ce quartier.

moins nombreux à considérer la rupture spatiale comme un problème⁶⁷. Ce phénomène correspond au rôle joué dans les fonctions de DAP par la variable EXPO: plus les nuisances routières subies sont importantes, plus les individus se sentent concernés. La classe d'âge des 65 ans et plus est surreprésentée. Ceci est aussi cohérent avec nos relations: plus les individus sont âgés, moins ils sont sensibles au problème et moins ils consentent à payer.

Tableau 4-13
Echantillonnage des INDIFFÉRENTS, des CLANDESTINS et des DÉARGENTÉS

	INOIFFÉRENTS		CLANDESTINS		DÉSARGENTÉS		Objectif en %
	Nombre	en %	Nombre	en %	Nombre	en %	
Quartier							
10	8	12,5	0	0,0	1	11,1	12,8
11	5	7,8	2	10,0	0	0,0	7,0
12	8	12,5	9	45,0	1	11,1	12,1
13	9	14,1	0	0,0	0	0,0	12,8
20	9	14,1	7	35,0	2	22,2	13,7
21	12	18,8	1	5,0	1	11,1	15,8
22	6	9,4	1	5,0	0	0,0	12,8
23	7	10,9	0	0,0	4	44,4	13,0
Total	64	100,0	20	100,0	9	100,0	100,0
Age							
18-29	12	18,8	2	10,0	0	0,0	23,0
30-44	16	25,0	9	45,0	1	11,1	30,0
45-64	19	29,7	8	40,0	4	44,4	28,0
65 et plus	17	26,6	1	5,0	4	44,4	19,0
Total	64	100,0	20	100,0	9	100,0	100,0
Sexe							
Femme	31	48,4	10	50,0	9	100,0	52,1
Homme	33	51,6	10	50,0	0	0,0	47,9
Total	64	100,0	20	100,0	9	100,0	100,0
Couche sociale							
pop. ouvr.	17	26,6	6	30,0	5	55,6	27,9
pop. emp.	19	29,7	7	35,0	1	11,1	26,0
moy. sal.	10	15,6	2	10,0	1	11,1	20,7
moy. ind.	12	18,8	4	20,0	2	22,2	17,9
moy. sup.	6	9,4	1	5,0	0	0,0	7,5
Total	64	100,0	20	100,0	9	100,0	100,0

⁶⁷ Ce quartier se situe à l'ouest du quartier n°22. Délimité au Sud par la Rue des Parcs, il comprend notamment la Rue de la Côte et celle du Verger-Rond.

L'effectif des CLANDESTINS et des DÉARGENTÉS est trop réduit pour entreprendre une analyse détaillée; quelques éléments peuvent cependant être soulignés. Il n'est pas surprenant de constater que l'on retrouve près de la moitié des CLANDESTINS dans le quartier n°12 (celui du centre-ville). Ces individus directement touchés par le morcellement spatial subissent une importante perte d'utilité et reconnaissent les avantages de la mesure proposée. Mais, ils refusent de financer les mesures permettant de résoudre un problème dont ils attribuent la responsabilité à d'autres. La totalité des DÉARGENTÉS sont des femmes, le plus souvent retraitées et vivant seules. On retrouve ici deux caractéristiques introduites dans nos modèles: l'âge de l'enquêté et son revenu.

4.3.7 VALIDITÉ DES RÉSULTATS DE L'ANALYSE CONTINGENTE

4.3.7.1 Respect des conditions opératoires de référence

D'après Cummings, Brookshire et Schulze (1986, pp.95-109), la nécessité pour les personnes interrogées de bien connaître le bien évalué constitue une des quatre conditions opératoires de référence (COR) (*reference operating conditions, ROCs*). Le respect de ces quatre conditions détermine la précision des résultats de l'évaluation. Il fixe les limites à l'intérieur desquelles la "vraie valeur"⁶⁸ devrait se situer. Ces auteurs définissent les COR en se référant au fonctionnement des marchés existants et aux comportements adoptés sur des marchés fictifs (dans le cadre d'expériences de laboratoire ou de recherches liées à la psychologie). Ces conditions sont les suivantes⁶⁹:

- a) les personnes interrogées doivent saisir la portée du bien à évaluer (i.e. avoir été familiarisées);
- b) elles doivent avoir précédemment effectué une évaluation ou un choix en relation avec la quantité du bien;
- c) le niveau d'incertitude doit être faible;
- d) la DAP, et non à la DAA, sert de référence.

Les COR semblent ici satisfaites. (a) Puisque les enquêtés habitent Neuchâtel, ils doivent avoir une bonne connaissance des atteintes liées à la rupture spatiale aux abords du centre-ville. De plus, plusieurs supports (cartes et photographies) en soulignent les principaux aspects. (b) L'occasion est donnée de répéter le processus d'enchères (après le montant initialement avoué ou proposé, puis

⁶⁸ C'est-à-dire la valeur que l'on obtiendrait sur un marché réel.

⁶⁹ Dans cet ouvrage dont ils sont les éditeurs, Cummings, Brookshire et Schulze se réfèrent pour définir les COR aux contributions de R. Bishop, D.L. Coursey, A.M. Freeman, T.A. Heberlein, A. Randall et V.K. Smith.

après avoir laissé entendre qu'il ne suffisait pas à réduire la rupture spatiale). Les individus ont ainsi l'opportunité d'affiner leur stratégie de maximisation de l'utilité. (c) L'incertitude est absente du marché: par hypothèse, la voie souterraine permettant de supprimer le morcellement existe déjà et les avantages induits sont immédiatement disponibles. (d) Le jeu d'enchères est fondé sur le consentement à payer.

Si ces quatre conditions sont satisfaites, le risque d'erreur de mesure par rapport à la « vraie valeur » devrait s'élever à $\pm 50\%$ si l'on se réfère aux études comparant les résultats de l'évaluation contingente à ceux d'autres méthodes (Cummings, Brookshire et Schulze 1986, p.100)⁷⁰. Si l'on se base sur une DAP médiane de 17 fr. 75, le coût réel de la rupture spatiale se situerait entre 9 et 35 francs par mois et par ménage et entre 1,2 et 4.5 millions par an pour l'ensemble de la population.

En l'état des connaissances, on ignore encore les conséquences d'un non-respect de l'une ou l'autre des conditions. Seul l'impact de la violation de la quatrième COR a pu être estimé: la vraie valeur se situerait dans un intervalle de $\pm 300\%$ autour de la disposition à accepter. Lorsque les trois premières conditions sont enfreintes, on dispose seulement d'estimations qualitatives basées sur des recherches en psychologie ou sur des expériences en laboratoire pour signaler la présence de biais.

Arrow *et al.* (1993) établissent également une liste de conditions opératoires devant être respectées pour garantir la fiabilité des résultats. Ce catalogue est très complet puisqu'il contient 25 points (cf. annexe 4-11). Toutes ces recommandations n'ont pas été suivies ici: on a notamment préféré recourir à une enchère ouverte plutôt qu'à une offre ferme et unique⁷¹. Les auteurs soulignent qu'il n'est pas nécessaire que chaque condition soit indépendamment et complètement remplie (p.42). Malheureusement, leur rapport n'indique pas dans quelle mesure le non-respect de l'une ou l'autre de ces conditions affecte la précision des estimations.

4.3.7.2 Existence de biais potentiels

Les risques de biais hypothétique et de biais d'échantillonnage ont fait l'objet d'une attention particulière lors de l'analyse des résultats. Le recours à la transformation de Box-Cox dans l'analyse de régression a permis de s'accommoder de la présence d'enchères élevées et de rendre la distribution des résidus aussi normale que possible. Les modèles estimés offrent une bonne capacité d'explication (allant jusqu'à plus de 60%). Cela s'explique par l'aspect très concret de la nuisance valorisée, par l'homogénéité de la population

⁷⁰ Méthode du coût du déplacement ou celle des prix hédonistes (voir le point 5.1.2).

⁷¹ Il s'agissait d'un choix visant à réduire les biais d'initialisation.

interrogée et par la suppression de la régression de toutes les variables ne présentant pas les garanties statistiques nécessaires. Les caractéristiques retenues correspondent à celles suggérées par la théorie. Elles apparaissent systématiquement dans d'autres travaux empiriques⁷². Les enquêtés n'ont pas avoué leur disposition à payer de manière aléatoire et ont été capables de lier leur utilité à un consentement à payer.

Le problème des enchères manquantes (provenant de personnes indifférentes au problème) ou nulles (chez celles ayant de faibles disponibilités financières ou se comportant en passagers clandestins) s'est aussi posé. Le cas des CLANDESTINS est le plus préoccupant et a bénéficié d'une attention particulière: exclus pour l'estimation d'un premier modèle, ils ont été introduits par l'intermédiaire d'une variable dichotomique dans un second modèle. La reconstitution de leurs enchères grâce aux équations estimées montre qu'en moyenne leur disposition à payer ne devrait pas différer pas de celle des autres personnes interrogées.

Les tests n'ont pas signalé de biais informationnel. Par contre, ils ont indiqué la présence d'un biais d'initialisation chez les personnes auxquelles il a fallu proposer une enchère de départ. Le montant suggéré était relativement bas (5 fr.) en comparaison de la DAP finale des individus ayant enchéri spontanément (40 fr.). Le processus d'enchères basé sur une offre initiale a subi un phénomène d'inertie et a abouti à une valeur inférieure (20 fr.). L'enquête doit être laissée libre de fixer lui-même son offre de départ. Cela évite de sous-estimer la DAP réelle si le montant fixé initialement est trop bas ou de la surestimer dans le cas contraire.

Il faut rappeler que ces estimations reflètent une disposition à payer pour éviter la rupture spatiale dans un cadre géographique précis. Elles se réfèrent à une situation où le centre historique et commercial d'une ville est coupé de son accès au lac et séparé de son principal jardin public. Elles ne pourraient pas être extrapolées, sans risque de biais d'inférence, dans des quartiers ayant des caractéristiques et des fonctions différentes -à Neuchâtel ou ailleurs- même si le trafic y atteint un volume comparable.

⁷² Les variables d'âge et de revenus reviennent systématiquement. Voir notamment Pommerehne et Roemer (1991), Schulze *et al.* (1983), Desaignes et Lesgards (1992). Dans ces deux dernières recherches, la sensibilité des personnes interrogées à différentes qualités du bien évalué (pollution de l'air et valeur d'une retenue d'eau) apparaît dans la fonction. Le sens de la relation de ces caractéristiques avec la DAP est identique à celui identifié ici.

COMPARAISON DES MÉTHODES HÉDONISTE ET CONTINGENTE

5.1 VALIDITÉ EXTERNE DES RÉSULTATS

Dans les chapitres consacrés à l'évaluation hédoniste des nuisances sonores et à l'évaluation contingente de la rupture spatiale seule la validité interne des résultats a été testée: les estimations hédonistes même si elles s'appuient sur une mesure marshallienne de la perte d'utilité ne devait pas s'écarter significativement des mesures hicksiennes; l'existence de biais et le respect des conditions opératoires de référence pour l'analyse contingente ont été examinés.

Cela ne prouve pas la *validité externe* des deux approches, c'est-à-dire leur capacité à obtenir des résultats *compatibles* lorsqu'elles sont utilisées pour évaluer un même bien. La notion de compatibilité n'implique toutefois pas que les résultats soient identiques (voir ci-après). Comme dans le cas de la rupture spatiale, la méthode contingente se substitue souvent à d'autres techniques, y compris la méthode hédoniste, quand celles-ci ne peuvent pas être appliquées. Leurs résultats ne peuvent alors être comparés pour en déterminer la validité externe. Quelques études ont cependant utilisé les deux méthodes et cherché à corroborer leurs résultats pour démontrer que des préférences révélées sur un marché contingent correspondent à celles obtenues sur un marché réel.

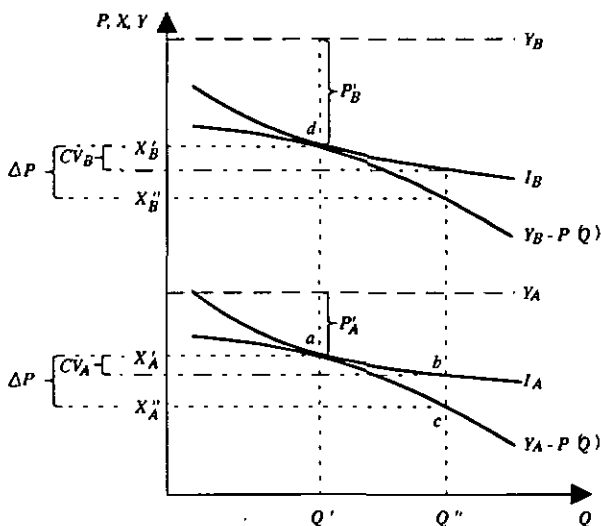
«Obviously, if both the CVM [contingent valuation method] and, for example, the HPM [hedonic price method] give the same value for the same commodity under the same circumstances and if this can be shown to be true when repeated for many environmental commodities, and, if the HPM is viewed as providing accurate measures of value, then this may provide strong evidence vis-à-vis the accuracy of CVM measures» (Cummings, Brookshire et Schulze, 1986, p.72).

5.1.1 MODÈLE COMPARATIF DES ESTIMATIONS HÉDONISTE ET CONTINGENTE

Des raisons théoriques justifient un écart entre les résultats des deux méthodes. Dans une évaluation contingente, la disposition à payer (DAP) est révélée par rapport à un niveau constant d'utilité initiale ou finale (variation compensatrice ou équivalente). Cette mesure compensée de la variation de bien-être exclut tout effet-revenu et est donc inférieure à la DAP obtenue par la technique hédoniste (mesure marshallienne)¹. Le modèle représenté par la figure 5-1 analyse la nature de cet écart.

Figure 5-1

Disposition à payer pour une amélioration de la qualité environnementale selon les méthodes hédoniste et contingente



Source: Brookshire et al. (1982, p. 168)

L'abscisse correspond à la qualité environnementale, Q . L'ordonnée représente le revenu du ménage, Y , mais aussi les dépenses du ménage pour son loyer, P , et

¹ Cela suppose l'absence de biais dans l'évaluation contingente.

pour tous les autres biens consommés, X^2 . Considérons que chaque ménage agit de manière à maximiser son utilité

$$U(X, Q) \quad (5-1)$$

sous une contrainte budgétaire

$$Y - X - P(Q) = 0 \quad (5-2)$$

On suppose que $\partial U/\partial X$ et $\partial U/\partial Q > 0$. $P(Q)$ représente la fonction hédoniste du loyer dont les arguments sont pour la circonstance limités à la seule qualité environnementale. Plus un appartement bénéficie d'un environnement préservé, plus son loyer est élevé, i.e. $\partial P/\partial Q > 0$.

Le ménage A disposant d'un revenu Y_A maximise son utilité au point a le long de sa courbe d'indifférence I_A en choisissant un appartement jouissant d'une qualité environnementale Q' . Il paie un loyer P_A' et consomme d'autres biens pour un montant X_A' (i.e. $Y_A - P(Q')$). A cet endroit, le taux marginal de substitution entre la qualité de l'environnement et les autres biens est égal à la pente de la fonction hédoniste³.

A partir de cette situation d'équilibre, la *méthode contingente* évalue la disposition à payer du ménage pour améliorer son environnement de Q' à Q'' tout en conservant un même niveau d'utilité. Puisque les points a et b se situent sur une même courbe d'indifférence, le ménage consentira à payer l'équivalent de sa variation compensatrice, CV_A , et à réduire sa consommation d'autres biens d'un montant équivalent. Malheureusement, la fonction $Y_A - P(Q)$ obtenue par soustraction de la fonction hédoniste estimée $P(Q)$ ne peut fournir ce type d'information: elle tient également compte de l'effet-revenu créé par la nécessité de payer un loyer plus élevé au point c . La hausse de la location ΔP due à une amélioration de Q' à Q'' est donc égale ou supérieure à l'enchère CV pour chaque ménage se situant en a .

Admettons que le ménage B, disposant d'un revenu Y_B supérieur à celui du ménage A, choisit d'habiter un appartement offrant la même qualité environnementale Q' que celui de A (point d). Sa disposition à payer pour obtenir une meilleure qualité environnementale Q'' s'élève à CV_B , c'est-à-dire dépasse celle de A. Cependant, elle reste inférieure ou égale au différentiel de loyer ΔP , au demeurant identique pour les deux ménages toutes choses égales

2 Pour simplifier, on recourt à un prix unitaire pour chaque composant du panier de biens autres que l'appartement.

3 La condition de premier ordre s'écrit de la manière suivante: $\frac{\partial U/\partial Q}{\partial U/\partial X} = \partial P/\partial Q$.

par ailleurs⁴. L'analyse hédoniste permet alors de fixer une limite supérieure à la DAP que fournirait une évaluation contingente.

5.1.2 ETUDES COMPARATIVES

Des problèmes de multicolinéarité ont souvent affecté les paramètres des variables représentant les caractéristiques d'environnement et ont hypothéqué les résultats de certaines évaluations hédonistes. Dans ce cas, les estimations ne peuvent être considérées que comme des approximations de la « vraie » valeur de la qualité environnementale considérée. Les études existantes parviennent malgré tout à des résultats remarquablement proches, comme le montre le tableau 5-1.

Tableau 5-1
Résultats de quelques études comparatives

Etude	Qualité environnementale	Disposition à payer mensuelle	
		hédoniste	contingente
Brookshire <i>et al.</i> (1982) ^a	Amélioration de la qualité de l'air		
	<i>a)</i> de mauvaise à moyenne	46\$	15\$
	<i>b)</i> de moyenne à bonne	59\$	20\$
Brookshire <i>et al.</i> (1985) ^a	Suppression du risque de tremblement de terre	37\$	47\$
Pommerehne (1988) ^a	Réduction de moitié des nuisances		
	<i>a)</i> du trafic aérien	22 fr.	32 fr.
	<i>b)</i> du trafic routier	81 fr.	75 fr.
Iten (1990) ^b	Réduction		
	<i>a)</i> du bruit de 80 à 60 dB(A)	180 fr.	200 fr.
	<i>b)</i> de la pollution de l'air de moitié	180 fr.	200 fr.

^a Valeurs moyennes.

^b L'auteur utilise une méthode particulière: l'analyse conjointe.

⁴ Un ménage disposant du revenu le plus élevé occuperait probablement un appartement différent (e.g. confort et dimension supérieurs). En considérant d'autres caractéristiques que la qualité de l'environnement, la pente de la contrainte budgétaire de ce ménage $Y_B - P(Q)$ est moins accentuée et réduit la différence entre ΔP et CV_B . Le différentiel de loyer reste supérieur à la DAP si la fonction hédoniste $P(Q)$ se situe « au-dessous » de la courbe d'indifférence (ce qui semble être le cas, même si la théorie ne nous fournit pas d'indication quant à la pente de la fonction hédoniste). Pour une discussion détaillée, voir Brookshire *et al.* (1982, pp. 168-169).

Ces résultats ne signifient pas que la méthode contingente soit fiable pour évaluer n'importe quel bien d'environnement. Ils indiquent plutôt un intervalle de variation pour des biens pouvant être estimés avec les deux méthodes. D'après Cummings, Brookshire et Schulze (1986, pp. 95-109), les résultats d'une analyse contingente dont la validité interne est prouvée ne devraient pas s'écarter de $\pm 50\%$ de la «vraie valeur»⁵. Les estimations des deux méthodes devraient donc se situer dans cet intervalle si l'évaluation hédoniste remplit ses propres conditions de validité interne.

Ces conclusions sont valables lorsque les deux méthodes sont utilisées pour évaluer un même bien. Cela n'implique pas que les individus sont capables d'évaluer sur un marché contingent un bien qui ne pourrait pas être estimé par la méthode hédoniste, i.e. qui ne serait pas échangé sur un marché de substitution (e.g. marché du logement). A défaut, cet intervalle donne un ordre de grandeur -le seul pouvant être établi- si la validité interne de l'évaluation contingente est démontrée.

⁵ Pour ces auteurs la validité interne est conditionnée par le respect des *conditions opératoires de référence*.

5.2 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES DEUX MÉTHODES

La différence de flexibilité entre la méthode hédoniste et la méthode contingente est au centre de l'analyse de leurs avantages et inconvénients respectifs. Selon Sen (1977, pp. 339-340), «once we give up the assumption that observing choices is the only source of data on welfare, a whole new world opens up, liberating us from the informational shackles of the traditional approach». Les propriétés des deux techniques sont résumées au tableau 5-2 selon neuf critères. Les appréciations mentionnées ne sont pas définitives et peuvent varier en fonction des circonstances et des biens évalués.

Tableau 5-2

Propriétés comparées des méthodes hédoniste et contingente

Propriété	Méthode	
	hédoniste	contingente
Possibilité d'évaluer un bien non encore disponible	non	oui
Possibilité d'estimer toutes les dimensions de la valeur	non	oui
Possibilité d'évaluer une demande hicksienne	non	oui
Importance des hypothèses relatives au modèle d'analyse	grande	faible
Absence de biais	oui	non
Possibilité d'obtenir des évaluations marginales	oui	non
Disponibilité des données	souvent	jamais
Traitement économétrique	nécessaire	recommandé
Reconnaissance de la fiabilité des résultats	oui	en devenir

Le scénario d'une évaluation contingente doit être conçu avec précaution pour éviter les biais. Hormis cette contrainte, on reste libre d'organiser le marché hypothétique selon les besoins (e.g. définition du bien à estimer, déroulement de l'échange). Des biens non encore disponibles (ou qui n'existent pas encore) peuvent être évalués⁶. Il est aussi possible d'obtenir des dispositions à payer (ou à accepter) pour des valeurs d'option et d'existence. La méthode des prix hédonistes appréhende la valeur d'usage et plus rarement celle d'option.

Les deux approches permettent d'obtenir une courbe de demande ordinaire (marshallienne). Cependant, seule la méthode contingente offre la possibilité de déterminer une demande compensée (hicksienne). Elle ne soumet pas le comportement du consommateur à une condition de séparabilité; mais elle laisse l'individu libre de procéder à des arbitrages en termes monétaires.

⁶ Ceci constitue un avantage de taille dans le cadre de l'analyse coûts-bénéfices pour des projets d'infrastructure.

Le modèle hédoniste recourt à de nombreuses autres hypothèses: forme de la relation entre le prix et les caractéristiques hédonistes, distribution des revenus, élasticité de l'offre, situation d'équilibre pour les participants au marché et pour le marché lui-même, absence de segmentation du marché. La méthode contingente nécessite moins d'hypothèses. Par contre, son caractère hypothétique expose ses résultats à des biais. Ce danger n'existe pas avec la technique hédoniste puisqu'elle se fonde sur des choix réels où la contrainte budgétaire est omniprésente.

Lorsque le bien évalué s'y prête, la méthode hédoniste permet d'obtenir aisément des estimations marginales. La caractéristique hédoniste introduite dans la fonction est alors continue (e.g. le niveau sonore en dB(A)). Si la caractéristique est de type «à prendre ou à laisser» (e.g. appartement avec ou sans vue), elle peut être prise en compte à travers une variable dichotomique. Une évaluation marginale est plus difficile, voire impossible à obtenir par l'approche contingente: il serait vain de demander à un individu sa DAP pour réduire les nuisances sonores auxquelles il est exposé de 1 dB(A), puisque l'oreille humaine saisit les variations de bruit au-delà de 3 dB(A). On doit recourir à des artifices (e.g. en proposant une réduction de moitié du niveau sonore (Pommerehne 1987a)).

La disponibilité des données constitue un critère essentiel lors du choix d'une méthodologie d'évaluation. Plus l'effort d'enquête est important, plus le coût en temps et en argent est élevé. De ce point de vue, la méthode contingente est défavorisée, puisqu'elle nécessite une enquête spécifique⁷.

Le traitement économétrique constitue un aspect essentiel de la méthode hédoniste. Il n'existe pas d'autre moyen d'estimer les prix implicites. L'évaluation contingente peut s'en passer et recourir à la statistique descriptive en calculant une DAP moyenne ou médiane. L'analyse de régression permet toutefois d'identifier les facteurs ayant influencé l'enchère et de tester la validité interne des résultats.

La méthode de l'évaluation contingente a été l'objet de controverses en raison de son caractère hypothétique. Au cours des dernières années les études se sont succédées et les développements qu'elles ont apportés permettent peu à peu d'améliorer la fiabilité de la technique en lui imposant des *conditions opératoires de référence*⁸. Ces règles garantissent aux résultats une fiabilité supplémentaire. Par contre, elles limitent la flexibilité de la méthode.

⁷ L'absence de base de données satisfaisante nous a malgré tout contraints à enquêter auprès des gérances et des propriétaires d'immeubles pour obtenir les informations nécessaires à l'analyse hédoniste.

⁸ Cf. notamment les états des connaissances dressés par Cummings, Brookshire et Schulze (1986) ou Mitchell et Carson (1990) ou les directives données par Arrow *et al.* (1993).

CONCLUSION

Un décalage existe entre la définition théorique des pertes de bien-être provoquées par les atteintes à l'environnement et leurs estimations empiriques. L'analyse théorique spécifie avec rigueur les mesures monétaires -marshallienne ou hicksiennes- à disposition. Toutefois, elle indique que la demande ordinaire (marshallienne) n'appréhende qu'imparfaitement les réductions d'utilité: le long d'une telle courbe c'est le revenu, et non l'utilité, qui reste constant; on ne peut donc déterminer l'ampleur exacte de la perte. Les demandes compensées (hicksiennes) représentent au contraire une mesure précise puisque le revenu est adapté pour contrebalancer les dégradations de l'environnement et maintenir l'utilité à un même niveau initial.

Par rapport au cadre théorique, les méthodes d'évaluation présentent des faiblesses. Les techniques relevant d'une approche économétrique -dépenses d'assainissement, coût du déplacement, prix hédonistes- cherchent à identifier les préférences manifestées par les individus à travers leurs comportements. Elles mettent en évidence les relations de substitution qui apparaissent entre les biens environnementaux et les biens marchands. Cette approche ne mesure qu'une demande marshallienne puisque habituellement les revenus des individus ne peuvent être ajustés pour garantir un niveau constant d'utilité. L'approche psychométrique et en particulier l'approche contingente -classement ou évaluation- permet par contre d'identifier une demande hicksienne. Les personnes interrogées indiquent explicitement dans quelle mesure elles acceptent de réduire leur revenu pour bénéficier d'un meilleur environnement. L'aspect hypothétique du marché proposé expose cependant ces estimations à de nombreux biais.

La méthode des prix hédonistes immobiliers a été utilisée pour estimer le coût des nuisances sonores à Neuchâtel; la méthode de l'évaluation contingente a permis de mesurer le coût de la rupture spatiale au centre-ville. Malgré leurs handicaps théoriques, ces deux techniques ont abouti à des estimations satisfaisantes de ces deux atteintes.

Les résultats de l'analyse hédoniste sont cohérents avec ceux des études précédentes. Une hausse du bruit de 1 dB(A) provoque une réduction du loyer de 0,9 %. La fonction de demande estimée montre qu'un ménage est prêt à payer entre 525 et 1235 francs par an pour rétablir un environnement sonore acceptable (55 dB(A)) suivant que la nuisance de départ est faible (entre 60 et 65 dB(A)) ou élevée (plus de 70 dB(A)). Globalement, le coût du bruit engendré par le trafic routier à Neuchâtel se monte à près de 4,8 millions de francs par an. Selon nos estimations, ces mesures marshalliennes devraient être proches des mesures hicksiennes.

Les résultats de l'évaluation contingente ne peuvent pas être comparés puisqu'il s'agit de la première tentative d'estimation du coût de la rupture spatiale. Cependant, les enchères obtenues dépendent de variables considérées généralement comme explicatives de la disposition à payer pour améliorer la qualité de l'environnement. Elles n'ont par conséquent pas un caractère aléatoire. L'ordre de grandeur des estimations apparaît raisonnable: un ménage sensible au problème est prêt à payer plus de 200 fr. par an pour l'éviter. Le coût annuel de la rupture spatiale au centre de Neuchâtel s'élève à 2,3 millions de francs. Deux biais majeurs –stratégique et hypothétique– ont été traités de façon particulière pour réduire leur influence sur l'estimation.

L'étude de deux domaines différents a permis de montrer la complémentarité entre les deux méthodes ainsi que les avantages et les inconvénients de chacune. La technique hédoniste est certainement la meilleure pour évaluer une atteinte comme les nuisances sonores, puisque le bruit influence directement le loyer des appartements. Par contre, elle n'arrive pas à estimer de façon satisfaisante le coût de dommages tels que la rupture spatiale: il n'existe pas de lien entre la nuisance et le loyer des individus touchés. La complémentarité ne s'arrête toutefois pas à l'évaluation d'atteintes de nature différente. Elle s'étend à l'estimation des diverses composantes de la valeur des biens d'environnement: la technique hédoniste ne mesure souvent que la valeur d'usage, tandis que la méthode contingente peut appréhender les valeurs d'option et d'existence.

Ces méthodes ne sauraient parvenir à des estimations parfaitement exactes: l'économie de l'environnement n'est pas une science de laboratoire. Elles prouvent cependant que les biens environnementaux ont une valeur de nature comparable à celle des biens marchands. Elles permettraient d'introduire l'environnement dans le mécanisme des prix. Le système économique pourrait alors également allouer les biens environnementaux en fonction de leur valeur et cesser de les considérer comme des ressources libres.

ANNEXES

ANNEXE 3-1

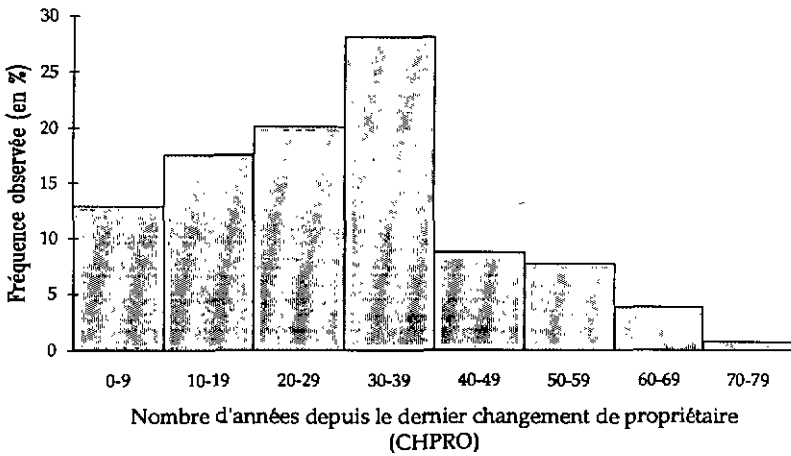
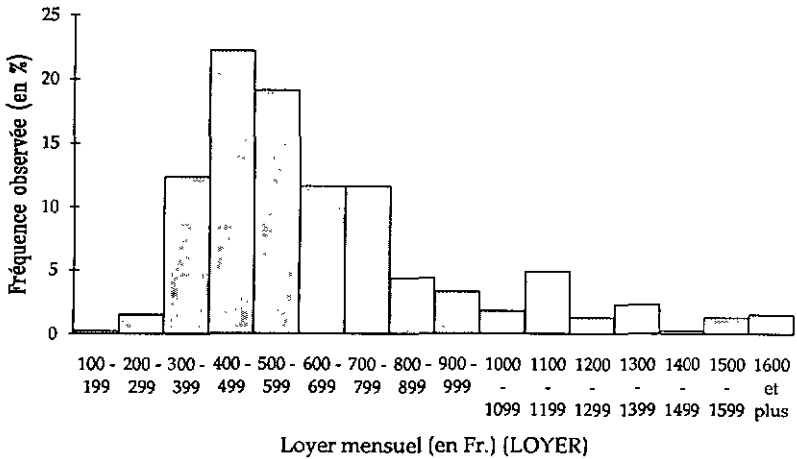
LISTE DES VARIABLES RECENSÉES

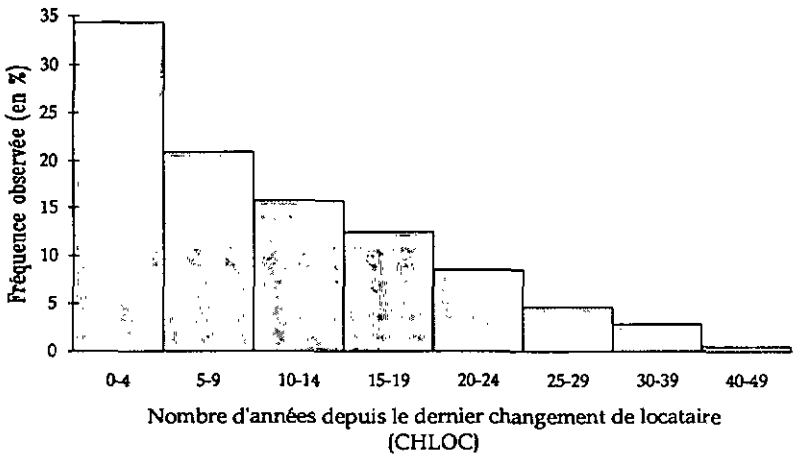
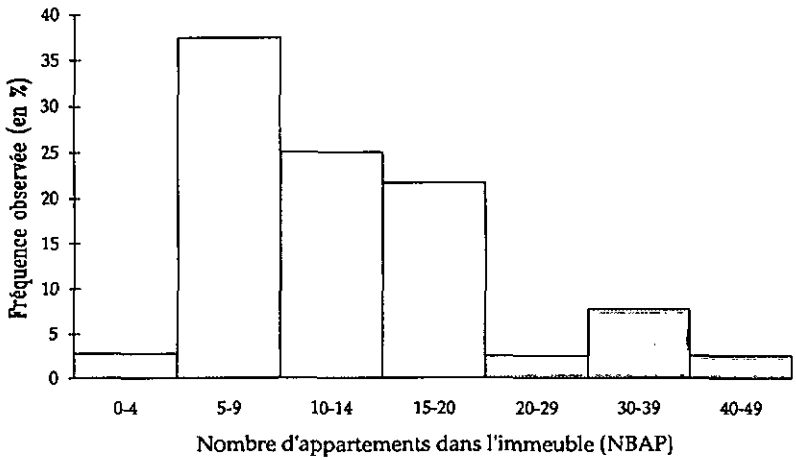
Libellé abrégé	Définition sommaire de la variable
<i>Caractéristiques de l'immeuble</i>	
AGE	Age de l'immeuble (nombre d'années depuis sa construction)
BUAN	1 s'il y a une buanderie commune
CHAUF	1 s'il y a un chauffage central
CHPRO	Nombre d'années depuis le dernier changement de propriétaire
COM	1 s'il y a des locaux commerciaux dans l'immeuble
CONC	1 s'il y a un concierge dans l'immeuble
COOP	1 si l'immeuble appartient à une coopérative
GER	1 si l'immeuble est géré par une agence immobilière
LIFT	1 s'il y a un ascenseur dans l'immeuble
MAIN	1 si l'immeuble a été restauré (au minimum ses façades) au cours des dix dernières années
NBAP	Nombre d'appartements dans l'immeuble
PROIN	1 si le propriétaire habite dans l'immeuble
VERT	1 s'il y a un espace vert autour de l'immeuble
<i>Caractéristiques de l'appartement</i>	
ANX	1 s'il y a une cave ou un grenier (compris dans le loyer)
ATTIQ	1 si l'appartement dispose d'un attique
BALC	1 s'il y a un balcon ou une terrasse
CAB	1 si l'appartement est relié au tûlêrêseau
CHEM	1 s'il y a une cheminêe de salon
CHLOC	Nombre d'années depuis le dernier changement de locataire
DBAIN	1 s'il y a une seconde salle de bain
DTOIL	1 si il y a une seconde toilette
DUPL	1 si l'appartement est en duplex
EQUIP	1 si la cuisine est équipee (au minimum d'une cuisinière et d'un réfrigérateur)
ISOL	1 si les fenêtres fournissent une isolation phonique particulière (renforcée)

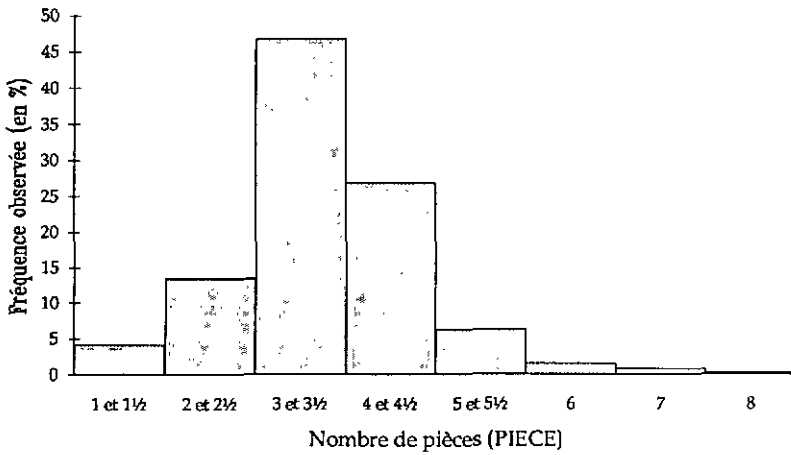
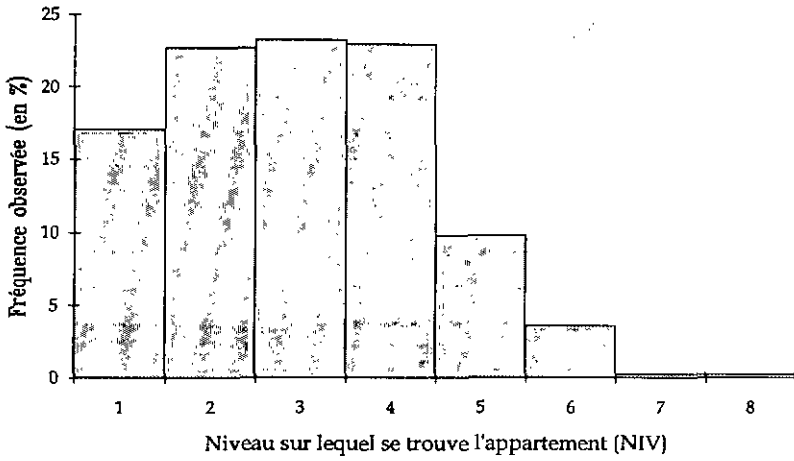
Libellé abrégé	Définition sommaire de la variable
<i>Caractéristiques de l'appartement (suite)</i>	
JARD	1 si l'appartement dispose d'un jardin privé
LINGE	1 s'il y a un lave-linge
LOYER	Loyer début 1989 en francs suisses, sans les charges
LUM	1 si l'appartement est lumineux
NIV	Niveau sur lequel se situe l'appartement (1=rez-de-chaussée)
PARC	1 s'il y a possibilité de parking (place de parc ou garage)
PIECE	Nombre de pièces, sans cuisine, ni salle de bain (un hall habitable est considéré comme demi-pièce)
RENOV	1 si l'appartement a été rénové dans les dix dernières années
SPACE	1 si la cuisine est spacieuse (quatre personnes au minimum peuvent s'y attabler)
SURF	Surface (en m ²)
VAIS	1 s'il y a un lave-vaisselle
VUE	1 si l'appartement bénéficie d'une vue sur le lac
<i>Caractéristiques de localisation et d'environnement</i>	
ACH	Distance jusqu'au centre d'achat le plus proche (en m)
BRUIT	Niveau de bruit diurne, en dB(A)
CEN	Distance jusqu'au centre-ville (en m)
FOR	Distance jusqu'à la forêt (en m)
LAC	Distance jusqu'au lac (en m)
TRANS	Distance jusqu'à l'arrêt des transports publics le plus proche (en m)

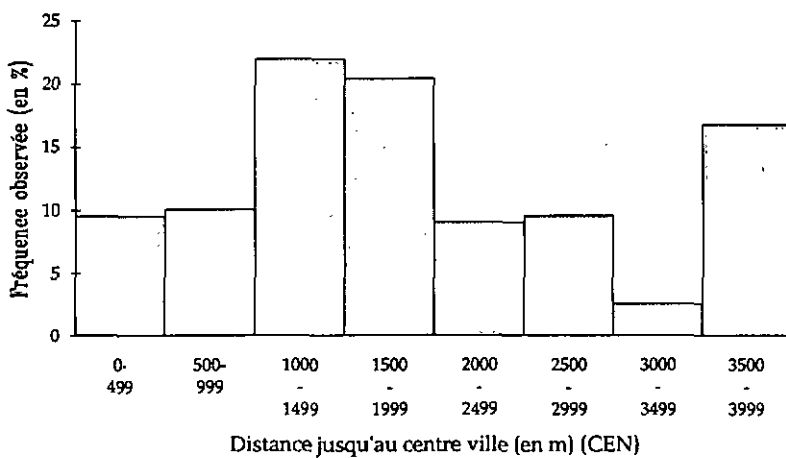
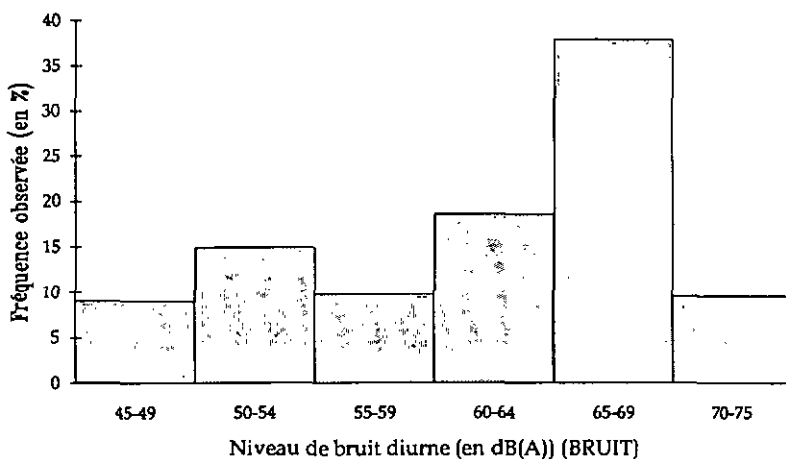
ANNEXE 3-2

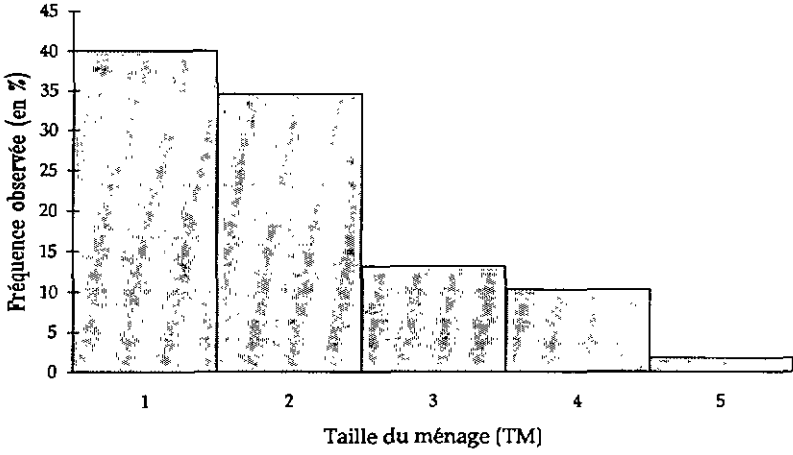
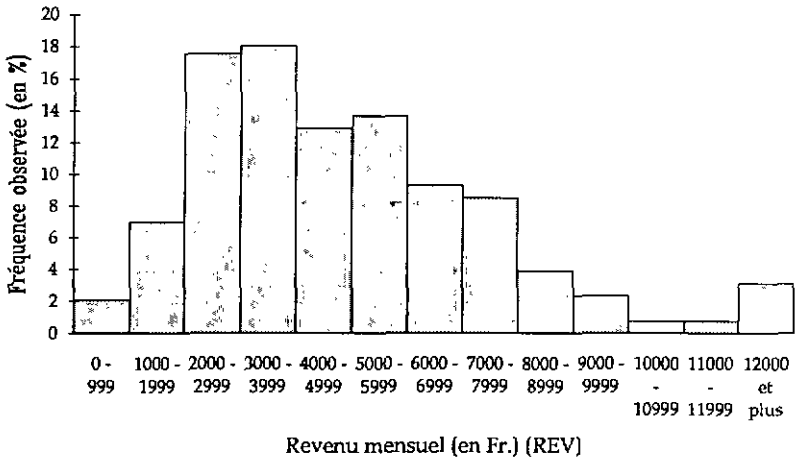
DISTRIBUTIONS DE FRÉQUENCE DES VARIABLES NUMÉRIQUES











ANNEXE 3-3

**MATRICE DES CORRÉLATIONS SIMPLES
DE L'ÉQUATION HÉDONISTE DU LOYER**

	BUAN	ln CHPRO	CONC	COOP	GER	LIFT
BUAN	1,0000					
ln CHPRO	-0,1238	1,0000				
CONC	0,1104	-0,0904	1,0000			
COOP	-0,0762	-0,1807	0,1574	1,0000		
GER	-0,1583	0,0399	-0,0017	0,1493	1,0000	
LIFT	-0,0826	0,4977	-0,1212	0,0290	0,0442	1,0000
MAIN	0,2489	-0,2625	0,3090	-0,0277	-0,0439	-0,1598
ln NBAP	-0,3090	0,1222	-0,3401	-0,0026	0,1513	-0,1778
ATTIQ	-0,0233	-0,0943	-0,0780	0,0903	-0,0099	0,0295
BALC	-0,0697	-0,1817	0,0870	0,3553	-0,0829	-0,0810
ln CHLOC	-0,0271	-0,1976	-0,0429	-0,0480	-0,0180	-0,0087
ISOL	-0,1638	0,6523	-0,1249	-0,2581	0,2257	0,2136
ln NIV	0,0415	-0,0139	-0,0129	-0,0478	-0,0197	-0,1202
ln PIECE	-0,0002	0,2261	0,0134	-0,0449	0,0118	0,0720
RENOV	-0,2164	-0,0389	-0,2653	-0,0307	-0,0801	-0,0436
BRUIT	0,1952	-0,3426	-0,1812	-0,0024	-0,0727	-0,2936
ln CEN	-0,2273	0,0506	-0,3317	-0,0133	0,2055	0,1322

	MAIN	ln NBAP	ATTIQ	BALC	ln CHLOC	ISOL
MAIN	1,0000					
ln NBAP	-0,1939	1,0000				
ATTIQ	-0,0506	-0,0110	1,0000			
BALC	0,0749	-0,1238	0,0761	1,0000		
ln CHLOC	0,0118	-0,0103	-0,0018	0,0105	1,0000	
ISOL	-0,0751	0,2908	-0,1806	-0,2033	0,0687	1,0000
ln NIV	0,0283	-0,0597	-0,1088	-0,0004	-0,0439	-0,0618
ln PIECE	0,0578	0,2195	-0,0362	-0,2712	-0,2178	0,1352
RENOV	-0,5320	0,3718	-0,0049	0,1333	0,1541	-0,0584
BRUIT	0,1714	-0,1861	0,1499	0,0842	-0,0336	-0,3709
ln CEN	-0,3672	0,2526	0,1767	-0,0931	0,0095	-0,0005

	ln NIV	ln PIECE	RENOV	BRUIT	ln CEN
ln NIV	1,0000				
ln PIECE	-0,1134	1,0000			
RENOV	-0,0488	-0,1125	1,0000		
BRUIT	0,0664	-0,1900	-0,1396	1,0000	
ln CEN	0,0261	0,0950	0,2788	0,1701	1,0000

ANNEXE 4-1

RESPECT DES CRITÈRES D'ÉCHANTILLONNAGE

Représentativité de l'échantillon selon le quartier de résidence (en %)

Quartier	Valeur		Ecart
	observée	objectif ^a	
10 (Beauregard / Tivoli)	12,5	12,8	-2,3
11 (Port-Roulant / Hochberg)	7,0	7,0	0,0
12 (Centre-ville / Premier-Mars)	13,0	12,1	7,4
13 (Maladière / Gouttes-d'Or)	13,5	12,8	5,6
20 (Draizes / Vauseyon)	13,0	13,7	-5,1
21 (Parcs / Cadolles)	15,5	15,7	-1,3
22 (Rocher / Portes-Rouges)	13,0	12,8	1,6
23 (Vignoble / Dime)	12,5	13,0	-3,8
Total	100,0	100,0	

^a Dispositif de la Protection civile du 25 novembre 1991

Source: Grosclaude et Soguel (1992, p.36)

Représentativité de l'échantillon selon l'âge, le sexe et le quartier (en %)

Age	Quartier								Valeur		Ecart
	10	11	12	13	20	21	22	23	observée	objectif ^a	
18-29	12,0	28,6	26,9	18,5	26,9	19,4	34,6	20,0	23,0	23,4	-1,7
30-44	36,0	28,6	30,8	29,6	34,6	32,3	19,2	28,0	30,0	28,6	4,7
45-64	32,0	28,6	23,1	29,6	19,2	32,3	26,9	32,0	28,0	29,5	-5,4
65 et plus	20,0	14,3	19,2	22,2	19,2	16,1	19,2	20,0	19,0	18,5	2,6
Sexe											
Femme	48,0	57,1	53,8	40,7	57,7	51,6	57,7	52,0	52,0	52,1	-0,2
Homme	52,0	42,9	46,2	59,3	42,3	48,4	42,3	48,0	48,0	47,9	0,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

^a Service cantonal de statistique (1990, p. 17)

Source: Grosclaude et Soguel (1992, p.37)

Représentativité de l'échantillon selon la couche sociale et le quartier (en %)

Couche sociale	Quartier								Valeur		Ecart
	10	11	12	13	20	21	22	23	observée	objectif ^a	
pop. ouvr.	32,0	28,6	23,1	22,2	26,9	29,0	23,1	32,0	27,0	27,9	-3,2
pop. emp.	24,0	28,6	30,8	25,9	30,8	32,3	30,8	24,0	28,5	26,0	9,6
moy. sal.	20,0	21,4	23,1	18,5	23,1	16,1	19,2	20,0	20,0	20,7	-3,4
moy. ind.	16,0	14,3	15,4	18,5	11,5	12,9	15,4	16,0	15,0	17,9	-16,2
moy. sup.	8,0	7,1	7,7	14,8	7,7	9,7	11,5	8,0	9,5	7,5	26,7
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

^a Bassand *et al.* (1985)

Source: Grosclaude et Soguel (1992, p.37)

ANNEXE 4-2

PRÉSENTATION DE L'ENQUÊTE

Université de Neuchâtel
 Institut de recherches économiques et régionales
 Pierre-à-Mazel 7 / CH - 2000 Neuchâtel
 ☎ 038/21 13 40

ENQUÊTE SUR LA VALEUR DES ATTEINTES A L'ENVIRONNEMENT EN VILLE DE NEUCHÂTEL

Bonjour/bonsoir Madame/Monsieur. Je m'appelle Je travaille pour l'Institut de recherches économiques et régionales de l'Université de Neuchâtel. Nous faisons une enquête pour savoir comment les habitants de Neuchâtel apprécient la qualité de l'environnement de leur ville en relation avec le trafic routier. Dans ce but, nous aimerions vous poser quelques questions. (*Enquêteur: présentez l'attestation si nécessaire!*)

Toutes vos réponses sont réservées à un usage purement scientifique. En aucun cas elles ne seront communiquées à des tiers. Les questionnaires seront traités tous ensemble et nous nous engageons à respecter strictement l'anonymat des personnes qui y ont répondu.

Année de naissance

1	9		
---	---	--	--

Enquêteur: Aucune personne en dessous de 18 ans (i.e. née après 1973)!

Sexe

féminin.....

masculin.....

Quelle est votre profession (ménagère(er): celle du conjoint actif; chômeur et retraité; dernière profession)? Pouvez-vous la décrire en quelques mots?

Enquêteur: Cochez la couche sociale selon la profession de la personne interrogée! Pas d'écolier, d'apprenti ou d'étudiant!

- populaire ouvrière (ouvriers qualifiés ou non, contremaîtres, généralement secteur primaire ou secondaire)
- populaire employée (employés qualifiés ou non, généralement secteur tertiaire)
- moyenne salariée (cadres inférieurs et moyens)
- moyenne indépendante (agriculteurs, artisans, commerçants)
- supérieure (cadres supérieurs, universitaires, professions libérales, dirigeants, industriels)

ANNEXE 4-3

SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE DE LA PERSONNE INTERROGÉE

Notre Institut mène cette étude sur mandat du Fonds national suisse de la recherche scientifique. Par les différentes questions qui vont suivre, nous souhaitons connaître votre avis personnel. Par conséquent, il n'y a pas de réponse juste ou fautive. Si l'une ou l'autre de ces questions vous paraît obscure, s'il-vous-plaît dites-le, afin que je puisse l'éclaircir!

Si vous n'avez pas de questions, je vous propose de commencer.

1. Tout d'abord, nous aimerions connaître votre sentiment concernant certains problèmes spécifiques à une ville comme Neuchâtel. *Enquêteur: mélangez le jeu de cartes A et présentez-le à la personne interrogée!* Chacune de ces cartes mentionne un problème que l'on peut rencontrer en Ville de Neuchâtel. A l'aide de l'échelle suivante (*enquêteur: présentez l'échelle B!*), pourriez-vous préciser l'importance que vous attribuez à chacun de ces problèmes? N'oubliez pas que votre jugement ne doit concerner que la Ville de Neuchâtel, même si les problèmes mentionnés peuvent toucher la société en général!

Enquêteur: Cochez, pour chacune des cartes, l'importance attribuée, puis retirez les cartes!

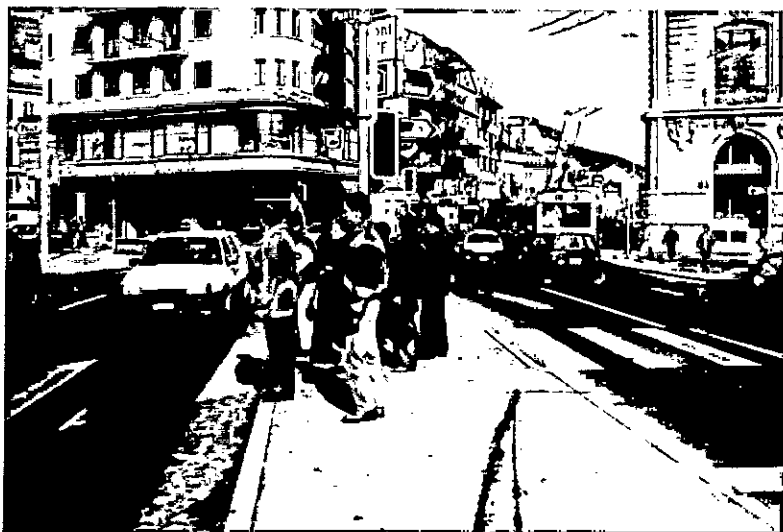
	Pas un problème	Problème peu important	Problème moyennement important	Problème important	Problème très important	Sans opinion
<input type="checkbox"/> Nuisances du trafic routier en Ville de Neuchâtel.....	1a-1	1a-2	1a-3	1a-4	1a-5	1a-6
<input type="checkbox"/> Nuisances du trafic ferroviaire en Ville de Neuchâtel.....	1b-1	1b-2	1b-3	1b-4	1b-5	1b-6
<input type="checkbox"/> Insécurité (délinquance) en Ville de Neuchâtel.....	1c-1	1c-2	1c-3	1c-4	1c-5	1c-6
<input type="checkbox"/> Drogue en Ville de Neuchâtel.....	1d-1	1d-2	1d-3	1d-4	1d-5	1d-6
<input type="checkbox"/> Crise du logement en Ville de Neuchâtel.....	1e-1	1e-2	1e-3	1e-4	1e-5	1e-6
<input type="checkbox"/> Chômage en Ville de Neuchâtel.....	1f-1	1f-2	1f-3	1f-4	1f-5	1f-6
<input type="checkbox"/> Pauvreté en Ville de Neuchâtel.....	1g-1	1g-2	1g-3	1g-4	1g-5	1g-6
<input type="checkbox"/> Intégration de la population étrangère en Ville de Neuchâtel.....	1h-1	1h-2	1h-3	1h-4	1h-5	1h-6

2. Nous voudrions connaître maintenant votre sentiment concernant quelques problèmes particuliers relatifs à l'environnement et au trafic en Ville de Neuchâtel. *Enquêteur: mélangez le jeu de cartes C et présentez-le à la personne interrogée en lui lisant le contenu de chaque carte!* Chacune de ces cartes mentionne un problème en relation avec l'environnement. Veuillez, s'il-vous-plaît, les classer du problème selon vous le plus important à celui qui a le moins d'importance! Il s'agit là de problèmes dont la portée est strictement limitée à la Ville de Neuchâtel.

Enquêteur: reporter l'ordre de classement des cartes ci-dessous, puis retirez les cartes!

- | | | |
|---|--|------|
| <input type="checkbox"/> Dégâts causés aux bâtiments de type courant de la Ville (par opposition aux édifices à valeur historique) par la pollution de l'air provenant du trafic routier..... | | 2a-X |
| <input type="checkbox"/> Dégâts causés aux édifices à valeur historique de la Ville (par opposition aux bâtiment de type courant) par la pollution de l'air provenant du trafic routier..... | | 2b-X |
| <input type="checkbox"/> Bruit causé par le trafic routier en Ville de Neuchâtel..... | | 2c-X |
| <input type="checkbox"/> Atteintes à la santé dues à la pollution de l'air provenant du trafic routier en Ville de Neuchâtel..... | | 2d-X |
| <input type="checkbox"/> Morcellement de l'espace urbain provoqué par les voies de circulation à grand trafic, (par ex. barrière psychologique, difficulté pour les piétons à se rendre au bord du lac depuis le centre-ville)..... | | 2e-X |
| <input type="checkbox"/> Nuisances esthétiques causées par les grandes places de perc en surface, comme celles des Jeunes-Rives ou celle du Port..... | | 2f-X |
| <input type="checkbox"/> Accidents de la circulation en Ville..... | | 2g-X |

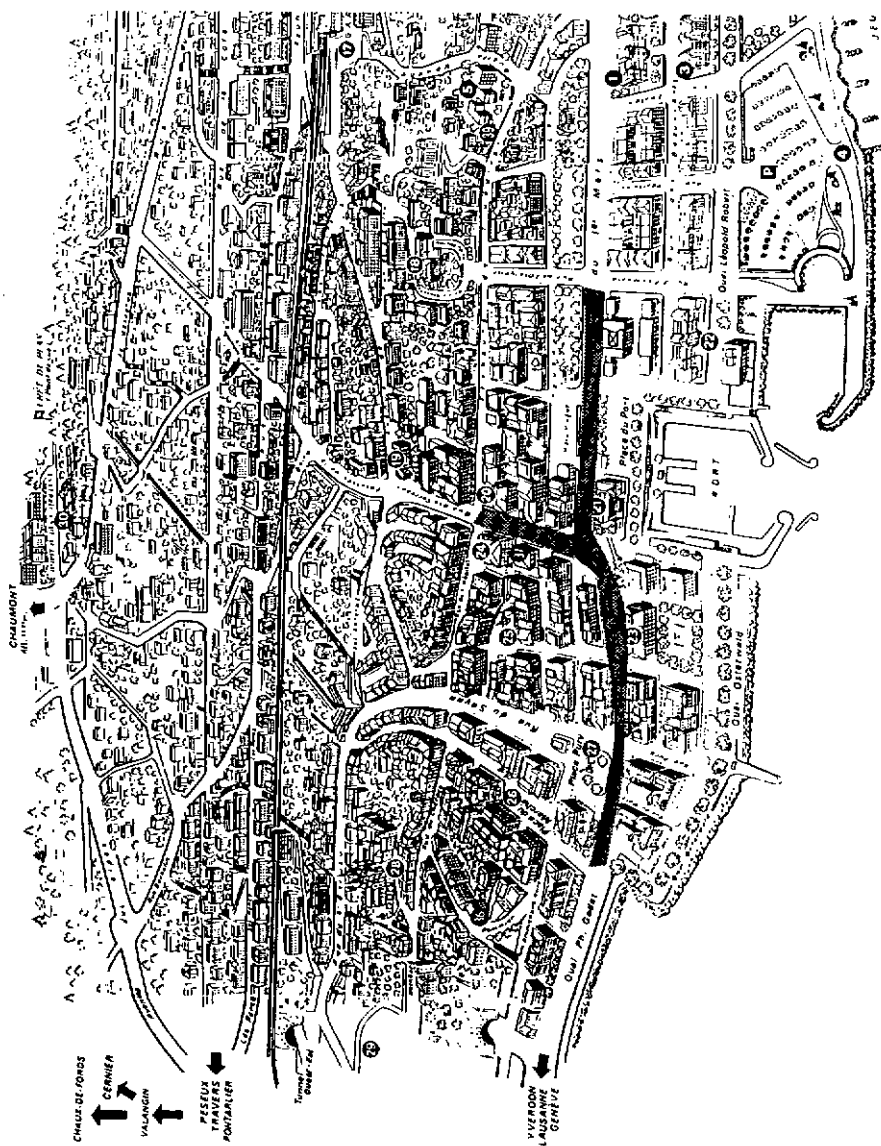
ANNEXE 4-4
SITUATION AVEC RUPTURE DE L'ESPACE URBAIN
(PHOTOGRAPHIES E)



ANNEXE 4-5

PROPOSITION D'UNE VOIE ROUTIÈRE SOUTERRAINE

(CARTE F)



ANNEXE 4-6
SITUATION SANS RUPTURE DE L'ESPACE URBAIN
(PHOTOGRAPHIES G)



ANNEXE 4-8

CARACTÉRISTIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES DE LA PERSONNE INTERROGÉE

22. Il reste encore quelques questions essentielles au traitement statistique des questionnaires.
Depuis combien d'années habitez-vous en Ville de Neuchâtel?

ans.....

--	--

 22-X

Si nombre d'années < ou = 5 question 23

Si nombre d'années > 5 question 24

23. Auparavant, habitez-vous dans une commune?

rurale.....

--

 23-1

périurbaine (banlieue).....

--

 23-2

urbaine.....

--

 23-3

24. De combien de véhicules à moteur votre ménage dispose-t-il ?

voiture.....

--

 24a-X

minibus.....

--

 24b-X

motocyclette (y compris scooter).....

--

 24c-X

cyclomoteur.....

--

 24d-X

Si aucun véhicule à moteur question 27

25. Par année, combien de kilomètres parcourez-vous environ au moyen de ces véhicules?

voiture..... (kilomètres/an)

--	--	--	--	--	--

 25a-X

minibus..... (kilomètres/an)

--	--	--	--	--	--

 25b-X

motocyclette (y.c. scooter) .. (kilomètres/an)

--	--	--	--	--	--

 25c-X

cyclomoteur..... (kilomètres/an)

--	--	--	--	--	--

 25d-X

26. Utilisez-vous un véhicule à moteur quotidiennement ?

oui.....

--

 26-0

non.....

--

 26-1

27. Vous sentez-vous proche d'associations comme le Touring Club Suisse ou l'Automobile Club Suisse ?

oui.....

--

 27-0

non.....

--

 27-1

28. Vous sentez-vous proche d'associations comme la Ligue suisse pour la protection de la nature ou le WWF ?
- oui 28-0
- non 28-1
29. Combien de personnes vivent dans votre ménage ?
- nombre de personnes dans le ménage 29-X
30. Parmi elles, combien y a-t-il d'enfants ?
- nombre d'enfants dans le ménage 30-X
31. Dans votre ménage, combien de personnes exercent une activité professionnelle à temps partiel ou complet ?
- nombre de personnes exerçant
une activité professionnelle 31-X
- en francs suisses/mois 32-X
33. D'après la liste suivante (Enquêteur : montrez la liste K), situez, s'il vous plaît, l'ordre de grandeur des revenus nets de votre ménage, c'est-à-dire après déduction des charges sociales (AVS, AI, APG) ! Il vous suffit de m'indiquer la lettre correspondant à cet ordre de grandeur.
- A moins de 2'001 francs 33-1500
- B 2'001 - 3'000 francs 33-2500
- C 3'001 - 4'000 francs 33-3500
- D 4'001 - 5'000 francs 33-4500
- E 5'001 - 6'000 francs 33-5500
- F 6'001 - 7'000 francs 33-6500
- G 7'001 - 8'000 francs 33-7500
- H 8'001 - 9'000 francs 33-8500
- I 9'001 - 10'000 francs 33-9500
- J plus de 10'000 francs 33-10500
34. Vous-même exercez-vous une activité rémunérée ?
- non 34-0
- à temps partiel inférieur à 50 % 34-25
- à temps partiel égal ou supérieur à 50 % 34-75
- à plein temps 34-100

Je vous remercie d'avoir bien voulu répondre à ces questions. Dans les prochains jours, il est possible que le directeur de l'étude vous téléphone pour s'assurer du bon déroulement de l'entretien que nous avons eu. Au revoir Madame/Monsieur !

ANNEXE 4-9 PROTOCOLE DE L'ENTRETIEN

Protocole de l'entretien

- Nom de la personne interrogée: _____
- Prénom: _____
- Numéro de téléphone: _____
- Numéro d'étage (rez = 1): _____
- Rue et numéro: _____
- Numéro du quartier: _____
- Durée: _____
- Date: _____

Déclaration de l'enquêteur

Je certifie que j'ai personnellement conduit l'entrevue avec la personne mentionnée et que j'ai rempli le questionnaire conformément à ses réponses. Je m'engage à ne divulguer ni les informations recueillies, ni le nom et l'adresse de cette personne.

Lieu et date: _____

Signature: _____

ANNEXE 4-10

**MATRICE DES CORRÉLATIONS SIMPLES
DES ÉQUATIONS DE LA DAP POUR ÉVITER
LA RUPTURE SPATIALE**

Modèle 1 (sans CLANDESTINS)

	AGE	AUTO	EXPO	REVNET	ROUTE
AGE	1,0000				
AUTO	0,1138	1,0000			
EXPO	0,0545	0,2127	1,0000		
REVNET	0,1334	-0,2243	0,1320	1,0000	
ROUTE	-0,0482	0,1320	0,1138	-0,2243	1,0000

Modèle 2 (avec CLANDESTINS)

	AGE	AUTO	CLAN	EXPO	REVNET	ROUTE
AGE	1,0000					
AUTO	0,0703	1,0000				
CLAN	-0,0248	-0,1249	1,000			
EXPO	0,0217	0,2043	0,0171	1,0000		
REVNET	0,1508	-0,2049	-0,1301	0,1357	1,0000	
ROUTE	-0,1060	0,0547	-0,0153	0,0052	-0,1644	1,0000

ANNEXE 4-11

CONDITIONS OPÉRATOIRES DE RÉFÉRENCE (SELON ARROW ET AL. 1993, PP. 45-62)

1 Conditions générales

- 1.1 *Composition et taille de l'échantillon*: Le choix de la composition et de la taille de l'échantillon constitue une question difficile et technique qui requiert les conseils d'un statisticien spécialisé;
- 1.2 *Minimisation des non-réponses*: Des taux élevés de non-réponses rendent peu fiables les résultats de l'enquête;
- 1.3 *Entrevues personnelles*: Une enquête effectuée par courrier postal ne peut fournir des résultats fiables. Des entretiens face à face sont préférables, même si une enquête téléphonique présente des avantages en termes de coût et de centralisation des opérations;
- 1.4 *Contrôle de l'impact de l'enquêteur*: Face à l'enquêteur, la personne interrogée peut croire que ses réponses sont soumises à une certaine pression ou « désirabilité » sociale. Elle est alors incitée à surestimer sa disposition à payer. Une procédure d'enchère anonyme doit être imaginée pour contrôler cet effet.
- 1.5 *Compte-rendu*: Chaque rapport au sujet d'une évaluation contingente doit établir clairement les modalités d'échantillonnage, de non-réponses, reproduire fidèlement le contenu du questionnaire et des documents utilisés et tenir à disposition de ceux qui le souhaitent les données recensées;
- 1.6 *Prétest méticuleux du questionnaire*: Une enquête-pilote est nécessaire pour s'assurer que les personnes interrogées comprennent et acceptent bien les descriptions et les questions;

2 Conditions spécifiques aux enquêtes sur la révélation de la valeur

- 2.1 *Conception prudente*: En cas de doute dans la conception de l'enquête ou dans l'analyse des réponses, on choisira l'option qui tendra à sous-estimer la DAP. Cette approche prudente accroît la fiabilité des estimations en éliminant les réponses extrêmes;
- 2.2 *Formule de la révélation*: Dans l'optique d'une conception prudente, on recourra à la disposition à payer plutôt qu'au consentement à accepter;
- 2.3 *Formule du référendum*: La valeur devrait être révélée sous la forme d'un vote au sujet d'un référendum;

- 2.4 *Description exacte du programme ou de la mesure proposés;*
 - 2.5 *Prétest des photographies utilisées;*
 - 2.6 *Rappel des substituts existants:* On doit rendre attentive la personne interrogée à l'existence de substituts, tels que des ressources naturelles comparables et encore préservées ou le retour futur à un état intact de la ressource évaluée;
 - 2.7 *Eloignement temporel adéquat:* On doit laisser s'écouler suffisamment de temps entre l'atteinte à l'environnement et l'enquête, afin que la personne interrogée considère le scénario d'assainissement comme plausible;
 - 2.8 *Recours à la moyenne de plusieurs périodes:* L'effet du temps sur les estimations peut être corrigé en prenant la moyenne de plusieurs échantillons répartis dans le temps;
 - 2.9 *Autorisation des non-réponses:* Une option «non-réponse» doit être explicitement permise. Une question ouverte permettra ensuite d'expliquer ce choix;
 - 2.10 *Suivi des réponses:* Les motivations ayant conduit les personnes à répondre doivent être mise en évidence à l'occasion d'une question ouverte;
 - 2.11 *Tableaux croisés:* L'enquête doit recenser un certain nombre de caractéristiques utiles à l'interprétation des enchères (revenu, expériences, etc.). Le rapport final présentera les DAP en fonction de ces différentes variables;
 - 2.12 *Contrôle de la compréhension et de l'acceptation:* Le questionnaire doit respecter l'ensemble de ces règles tout en restant compréhensible et intéressant;
3. **Buts à atteindre par les enquêtes sur la révélation de la valeur**
 - 3.1 *Alternative aux dépenses:* Il faut rendre attentives les personnes interrogées au fait que la DAP annoncée réduit leurs dépenses pour d'autres biens;
 - 3.2 *Effet de l'enchère charitable:* Le montant de l'enchère ne doit pas être défini en fonction du plaisir que procure le sentiment d'effectuer un geste charitable en participant à la sauvegarde de l'environnement. Il faut qu'il soit fixé par rapport à l'utilité du bien lui-même pour la personne interrogée;
 - 3.3 *Perte définitive ou temporaire:* Les valeurs d'option et d'existence sont sensibles à un état stable de l'environnement. Par conséquent, les enquêtes doivent savoir dans quelle mesure ils ont affaire à une perte durable ou temporaire;
 - 3.4 *Prise en compte de la durée de mise en place des mesures:* Si l'on soumet à évaluation différentes mesures d'assainissement, il faut rendre attentives les personnes interrogées aux délais variables que nécessite la mise en place de ces mesures;

- 3.5 *Approbation préalable*: Dans la mesure du possible, il est préférable que les points critiques de l'enquête soient approuvés au préalable par les parties en présence (e.g. juges, jurés, partie-civile, etc.);
- 3.6 *Fardeau de la preuve*: Les concepteurs de l'enquête doivent faire la preuve que les conditions mentionnées ici ont été respectées;
- 3.7 *Etudes de référence fiables*: De manière à réduire le poids du fardeau de la preuve, le gouvernement devrait créer un ensemble d'études de référence dont la fiabilité est reconnue. Cela permettrait de calibrer les résultats d'enquêtes ne respectant pas les conditions énumérées ici.

BIBLIOGRAPHIE

- ADELMAN I. and GRILICHES Z. (1961), «On an Index of Quality Change», *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 56, pp. 531-548.
- AFNOR - ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION (1980), *Vocabulaire de l'acoustique*, Paris.
- ANDERSON R.J. and CROCKER T.D. (1971), «Air Pollution and Residential Property Values», *Urban Studies*, Vol. 8, pp. 171-180.
- APPLEYARD D. (1981), *Livable Streets, Protected Neighborhoods*, University of California Press, Berkeley.
- ARBEITSKREIS VERKEHR UND UMWELT (1987), *Fussgängerfreundliche Ampeln in Städten und Dörfern*, Nov., Berlin.
- ARROW K.J. (1982), «Risk Perceptions in Psychology and Economics», *Economic Inquiry*, Vol. 20, pp. 1-19.
- ARROW K.J., SOLOW R.M., PORTNEY P.R., LEAMER E.E., RADNER R. and SCHUMAN H. (1993), *Report of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Panel on Contingent Valuation*, Washington, D.C.
- AUSTEN R., LEVENSON I. and SARACHEK D. (1969), «The Production of Health and Exploratory Study», *Journal of Human Resources*, Vol. 4, pp. 411-436.
- AWAN K.J, ODLING-SMEE C. and WHITEHEAD C. (1982), *Household Attributes and the Demand for Private Rental Housing*, Economica, Paris.
- BASSAND M., BRULHARDT M.C., HAINARD F. et SCHULER M. (1985), *Les Suisses entre la mobilité et la sédentarité*, Presses polytechniques romandes, Lausanne.
- BISHOP R.C. (1982), «Option Value: An Exposition and Extension», *Land Economics*, Vol. 58, No. 1, pp. 1-15.

- BISHOP R.C. and HEBERLEIN T.A. (1979), «Measuring Values of Extramarket Goods: Are Indirect Measures Biased?», *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.61, No. 5, pp.926-930.
- BISHOP R.C. and HEBERLEIN T.A. (1984), *Contingent Valuation Methods and Ecosystem Damage from Acid Rain*, Staff Paper No.217, Department of Agricultural Economics, University of Wisconsin, Madison.
- BISHOP R.C. and HEBERLEIN T.A. (1990), «The Contingent Valuation Method», in *Economic Valuation of Natural Resources*, Johnson R.L. and Johnson G.V. (eds), Westview Press, Boulder, Co.
- BISHOP R.C., HEBERLEIN T.A. and KEALY M.J. (1983), «Contingent Valuation of Environmental Assets: Comparisons with a Simulated Market», *Natural Resources Journal*, Vol. 23, No.3, pp.619-633.
- BOHM P. (1971), «An Approach to the Problem of Estimating Demand for Public Goods», *Swedish Journal of Economics*, Vol. 73, No.1, pp.55-66.
- BOHM P. (1972), «Estimating Demand for Public Goods: An Experiment», *European Economic Review*, Vol.3, No. 2, pp.111-130.
- BOTTE M.-C. et CHOCHOLLE R. (1984), *Le bruit*, Presses Universitaires de France, Paris, 4^e édition.
- BOX G.E. and COX D.R. (1964), «An Analysis of Transformations», *Journal of Royal Statistical Society*, No. 2, pp.211-252.
- BOYLE K.J. and BISHOP R.C. (1985), *The Total Value of Wildlife Resources: Conceptual and Empirical Issues*, Invited paper, Workshop on Recreational Demand Modeling, Association of Environmental and Resource Economists, Boulder, Co.
- BOYLE K.J., BISHOP R.C. and WELSH M.P. (1985), «Starting Point Bias in Contingent Valuation Bidding Games», *Land Economics*, Vol.61, No.2, pp.188-194.
- BRADEN J.B. and KOLSTAD C.D. (1992), *Measuring the Demand for Environmental Quality*, North Holland, Second Printing.
- BROOKSHIRE D.5., RANDALL A. and STOLL J.R. (1980), «Valuing Increments and Decrements in Natural Resource Service Flows», *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.62, No.3, pp.478-488.
- BROOKSHIRE D.S., THAYER M.A., SCHULZE W.D. and D'ARGE R.C. (1982), «Valuing Public Goods: A Comparison of Survey and Hedonic Approches», *American Economic Review*, Vol. 72, No. 1, pp.165-177.
- BROOKSHIRE D.5., THAYER M.A., TSCHIRHART J. and SCHULZE W.D. (1985), «A Test of the Expected Utility Model: Evidence from Earthquake Risks», *Journal of Political Economy*, Vol. 93, No.2, pp.369-389.
- BROWN G.M. and POLLAKOWSKI H.O. (1977), «Economic Valuation of Shoreline», *Review of Economics and Statistics*, Vol. 59, No.3, pp.272-278.

- CICCHETTI C.J. and FREEMAN A.M. (1971), «Option Demand and Consumer Surplus: Further Comment», *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 85, No. 3, pp. 528-539.
- CIRIACY-WANTUP S.V. (1952), *Resource Conservation: Economics and Policies*, University of California Press, Berkeley.
- CLAWSON M. and KNETSCH J.L. (1966), *Economics of Outdoor Recreation*, The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Baltimore.
- COASE R.H. (1974), «The Lighthouse in Economics», *Journal of Law and Economics*, Vol. 17, pp. 357-376.
- COCHEBA D.J. and LANGFORD W.A. (1978), «Wildlife Valuation: The Collective Good Aspect of Hunting», *Land Economics*, Vol. 54, pp. 490-504.
- COLMAN A.H. (1972), *Aircraft Noise Effects on Property Values*, Environmental Standards Circular, City of Inglewood, Ca.
- COURT A.T. (1939), «Hedonic Price Indexes with Automotive Examples», *The Dynamics of Automobile Demand*, New York.
- COX L.A. (1986), «Theory of Regulatory Benefits Assessment» in *Benefits Assessment: The State of the Art*, Bentkover J.D., Covello V.T. and Mumpower J. (eds), Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- CRAIG C.S. and MCCANN J.M. (1978), «Item Nonresponse in Mail Surveys: Extent and Correlates», *Journal of Marketing Research*, Vol. 15, pp. 285-289.
- CROCKER T.D. (1970), *Urban Air Pollution Damage Functions: Theory and Measurement*, University of California Press, Riverside.
- CUMMINGS R.G., BROOKSHIRE D.S. and SCHULZE W.D. (eds) (1986), *Valuing Environmental Goods: An Assessment of the Contingent Valuation Method*, Rowman & Allanheld, Totowa, N.J.
- CUMMINGS R.G., COX L.A. and FREEMAN A.M. (1986), «General Methods for Benefits Assessment» in *Benefits Assessment: The State of the Art*, Bentkover J.D., Covello V.T. and Mumpower J. (eds), Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- DAVID E.L. (1968), «Lake Shore Property Values: A Guide to Public Investment in Recreation», *Water Resources Research*, Vol. 4, No. 4, pp. 697-707.
- DAVIES G. (1974), «An Econometric Analysis of Residential Amenity», *Urban Studies*, Vol. 11, No. 2, pp. 217-226.
- DAVIS R.K. (1963), «Recreation Planning as an Economic Problem», *Natural Resources Journal*, Vol. 3, pp. 239-249.
- DESAIGUES B. et LESGARDS V. (1992), «L'évaluation contingente des actifs naturels: Un exemple d'application», *Revue d'économie politique*, Vol. 102, N°1, pp. 99-122.
- DESAIGUES B. et POINT P. (1990), «Les méthodes de détermination d'indicateurs de valeur ayant la dimension de prix pour les composantes du patrimoine naturel», *Revue économique*, Vol. 41, N°2, pp. 269-319.
- DESAIGUES B. et TOUTAIN J.-C. (1978), *Cérer l'environnement*, Economica, Paris.

- DESVOUSGES W.H., SMITH V.K. and FISHER A.C. (1987), «Option Price Estimates for Water Quality Improvements: A Contingent Valuation Study for the Manongahela River», *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 14, No. 1, pp. 248-267.
- DIAMOND D.B. (1980), «The Relationship between Amenities and Urban Land Prices», *Land Economics*, Vol. 56, pp. 21-32.
- DOYLE J.K., ELLIOTT S.R., MCCLELLAND G.H. and SCHULZE W.D. (1991), *Valuing the Benefits of Groundwater Cleanup: Interim Report*, Office of Policy Planning and Evaluation, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- DRAPER N.R. and SMITH H. (1981), *Applied Regression Analysis*, Wiley, New York, 2nd Edition.
- DUPUIT J. (1844), «De la mesure de l'utilité des travaux publics», *Annales des Ponts et Chaussées*, Paris.
- FISCHHOF B. and COX L.A. (1986), «Conceptual Framework for Regulatory Benefits Assessment» in *Benefits Assessment: The State of the Art*, Bentkover J.D., Covelto V.T. and Mumpower J. (eds), Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- FISHER A.C. and HANEMANN W.M. (1987), «On Quasi-Option Value: Some Misconceptions Dispelled», *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 14, pp. 183-190.
- FREEMAN A.M. (1974), «On Estimating Air Pollution Control Benefits from Land Value Studies», *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 1, pp. 74-83.
- FREEMAN A.M. (1979a), «Hedonic Prices, Property Values and Measuring Environmental Benefits: A Survey of the Issues», *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 81, pp. 154-173.
- FREEMAN A.M. (1979b), *The Benefits of Environmental Improvement: Theory and Practice*, The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Baltimore.
- FREEMAN A.M. (1985), «Methods for Assessing the Benefits of Environmental Programs», in *Handbook of Natural Resource and Energy Economics*, Kneese A.V. and Sweeney J.L. (eds), Vol. 1, Elsevier Science Publisher, Amsterdam, pp. 223-270.
- FREY R.L. and KOHN L. (1970), «An Economic Interpretation of Voting Behaviour on Public Finance Issues», *Kyklos*, Vol. 23, pp. 792-805.
- GAMBLE H.B. (1974), *The Influence of Highway Environmental Effects on Residential Property Values*, Research Publication No. 78, Institute for Research on Land and Water Resources, Pennsylvania State University, University Park, Pa.
- GEIGER M. (1985), *Logement, lieu d'habitation et loyer: Eléments d'une théorie du marché du logement basée sur des analyses du marché du logement dans la région de Berne*, Bulletin du logement, N° 33, Office fédéral du logement, Berne.

- GRAMLICH F.W. (1977), «The Demand for Clean Water: The Case of the Charles River», *National Tax Journal*, Vol.30, No.2, pp.183-194.
- GRILICHES Z. (1971), «Introduction: Hedonic Prices Revisited», *Price Indexes and Quality Change*, Griliches Z. (ed.), Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- GROSCLAUDE P. et SOGUEL N. (1992), *Evaluation contingente des coûts sociaux du trafic routier: Rupture spatiale et atteintes aux édifices historiques en Ville de Neuchâtel*, Working Paper No. 9204, Institut de recherches économiques et régionales (IRER), Université de Neuchâtel, Neuchâtel.
- HALVORSEN R. and POLLAKOWSKI H.O. (1981), «Choice of Functional Form for Hedonic Price Equations», *Journal of Urban Economics*, Vol.10, No.1, pp.37-49.
- HANEMANN W.M. (1984), «Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses», *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.66, pp.332-341.
- HANEMANN W.M. (1989) «Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Response Data: Reply», *American Journal of Agricultural Economics*, Nov., pp.1057-1061.
- HARRISON D. and RUBINFELD D.L. (1978a), «Hedonic Housing Prices and the Demand for Clean Air», *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.5, pp.81-102.
- HARRISON D. and RUBINFELD D.L. (1978b), «The Air Pollution and Property Value Debate: Some Empirical Evidence», *Review of Economics and Statistics*, Vol.60, No.4, pp.635-638.
- HARRISON D. and RUBINFELD D.L. (1978c), «The Distribution of Benefits from Improvements in Urban Air Quality», *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.5, pp.313-332.
- HICKS J.R. (1939), «The Foundations of Welfare Economics», *Economic Journal*, Vol.49, pp.696-712.
- HICKS J.R. (1943), «The Four Consumer's Surpluses», *Review of Economic Studies*, Vol.11, pp.31-41.
- HOEHN J.P. and RANDALL A. (1987), «A Satisfactory Benefit Cost Indicator from Contingent Valuation», *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.14, No.3, pp.226-247.
- HOLTMAN A. (1972), «Prices, Time and Technology in the Medical Care Market», *Journal of Human Resources*, Vol.7, pp.162-178.
- HOTELLING H. (1949), *The Economics of Public Recreation - An Economic Survey of the Monetary Evaluation of Recreation in the National Parks*, Report by Prewitt R.A., National Parks Service, Washington, D.C.

- HUFSCHMIDT M.M., JAMES D.E., MEISTER A.D., BOWER B.T. and DIXON J.A. (1988), *Environment, Natural Systems, and Development: An Economic Valuation Guide*, The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, London, Second Printing.
- HÜTTENMOSER M., DEGEN-ZIMMERMANN D. und HOLLENWEGER J. (1992), *Zwei Welten - Zwischenbericht zum Projekt «Das Kind und der Stadt»*, Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Bern.
- IRONMONGER D.S. (1972), *New Commodities and Consumer Behavior*, Cambridge University Press, Cambridge.
- ITEN R. (1990), *Die Mikroökonomische Bewertung von Veränderungen der Umweltqualität*, Verlag Hans Schellenberg, Winterthur.
- JEANRENAUD C., SOGUEL N., GROSCLAUDE P. et STRITT M.-A. (1993), *Coûts sociaux du trafic urbain: une évaluation monétaire pour la Ville de Neuchâtel*, Rapport N° 42 du Programme national de recherche 'Ville et transport', Institut de recherches économiques et régionales (IRER), Université de Neuchâtel, Neuchâtel.
- JOHANSSON P.-O. (1987), *The Economic Theory and Measurement of Environmental Benefits*, Cambridge University Press, Cambridge.
- JOHNSTON J. (1991), *Econometric Methods*, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 3rd Edition.
- JUST R.E., HUETH D.L. and SCHMITZ A. (1982), *Applied Welfare Economics and Public Policy*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- KAHNEMAN D. (1986), «Comment on the Contingent Valuation Method», in *Valuing Environmental Goods: An Assessment of the Contingent Valuation Method*, Cummings R.G., Brookshire D.S. and Schulze W.D. (eds), Rowman & Allanheld, Totowa, N.J.
- KAHNEMAN D. AND KNETCH J.L. (1992), «Valuing Public Goods: The Purchase of Moral Satisfaction», *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 22, pp. 57-70.
- KAHNEMAN D. and TVERSKY A. (1979), «Prospect Theory: An Analysis of Decisions under Risk», *Econometrica*, Vol. 47, No. 2, pp. 263-291.
- KAIN J.F. and QUIGLEY J.M. (1972), «Note on Owner's Estimate of Housing Value», *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 67, pp. 803-806.
- KALDOR N. (1939), «Welfare Propositions of Economics and Interpersonal Comparisons of Utility», *Economic Journal*, Vol. 49, pp. 549-551.
- KNEESE A.V. (1962), *Water Pollution: Economic Aspects in Research Needs*, Resources for the Future, Washington, D.C.
- KNETSCH J.L. (1985), «Values, Biases and Entitlements», *Annals of Regional Science*, Vol. 19, pp. 1-9.

- KOHLHASE J.E. (1987), *The Impact of Toxic Waste Sites on Housing Values*, Paper Presented at the Pacific Regional Conference, Department of Economics, University of Houston, Houston, Tx.
- KRUTILLA J.V. (1967), «Conservation Reconsidered», *American Economic Review*, Vol.57, pp.777-786.
- KRUTILLA J.V. and FISHER A.C. (1975), *The Economics of Natural Environments: Studies in the Valuation of Commodity and Amenity Resources*, The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Washington, D.C.
- LAMBERT J. (1991), «Quelle politique pour lutter contre le bruit routier en zone urbaine?», *Recherche Transports Sécurité*, N° 32, INRETS, Paris, pp.7-14.
- LANCASTER K.J. (1966), «A New Approach to Consumer Theory», *Journal of Political Economy*, Vol.74, pp.132-157.
- LAT - LOI SUR L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, du 22 juin 1979, RS 700.
- LAYARD R. (ed.) (1972), *Cost-Benefit Analysis: Selected Readings*, Penguin Books Ltd, Harmondsworth.
- LITTLE I.M. (1957), *A Critique of Welfare Economics*, Clarendon Press, Oxford.
- LOVELOCK J.E. (1979), *La terre est un être vivant: L'Hypothèse Gaïa*, Editions du Rocher, Monaco.
- LPE - LOI SUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, du 7 octobre 1983, RS 814.01
- LUCE R.D. and RAFFA H. (1957), *Games and Decisions*, Wiley, New York.
- MÄLER K.-G. (1974), *Environmental Economics: A Theoretical Inquiry*, The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Baltimore.
- MÄLER K.-G. (1977), «A Note on the Use of Property Values in Estimating Marginal Willingness to Pay for Environmental Quality», *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 4, pp.355-369.
- MARSHALL A. (1920), *Principles of Economics*, Macmillan, London, 8th Edition.
- MAURIN M., LAMBERT J. et ALAUZET A. (1988), *Enquête nationale sur le bruit des transports en France*, Rapport N°71, INRETS, Paris.
- MCCLELLAND G.H., SCHULZE W.D., WALDMAN D., IRWIN J. and SCHENK D. (1991), «Sources of Error in Contingent Valuation», in *Valuing the Benefits of Groundwater Cleanup: Interim Report*, Doyle J.K., Elliott S.R., McClelland G.H. and Schulze W.D., Appendix A, Office for Policy Planning and Evaluation, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- MCCLURE P.T. (1969), «Indication of the Effect of Jet Noise on the Value of Real Estate», *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, Printed as RAND Paper, p.4117.
- MILON J.W., GRESSER J. and MULKEY D. (1984), «Hedonic Amenity Valuation and Functional Form Specification», *Land Economics*, Vol.60, No. 4, pp.378-387.
- MITCHELL R.C. and CARSON R.T. (1990), *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*, Resources for the Future, Washington, D.C., Second Printing.

- MORESI S. (1989), *Nonlinear Least Squares Estimation of Hedonic Prices: An Empirical Analysis of the Urban Housing Market*, Econometric Research Paper, Massachusetts Institute of Technology, Boston.
- NELSON J.P. (1978a), *Economic Analysis of Transportation Noise Abatement*, Ballinger, Cambridge, Mass.
- NELSON J.P. (1978b), «Residential Choice, Hedonic Prices, and the Demand for Urban Air Quality», *Journal of Urban Economics*, Vol.5, pp.357-369.
- NIELSEN C. (1991), *Der Erholungswert stadtnaher Wälder im Kanton Tessin*, Schriftenreihe Umwelt Nr.146, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
- OFEFP - OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORÊTS ET DU PAYSAGE (1988), *Modèle de bruit du trafic routier dans les zones habitées*, Les cahiers de l'environnement, N° 15, 2^e édition, Berne.
- OFS - OFFICE FÉDÉRAL DE LA STATISTIQUE (1984), *Recensement fédéral de la population 1980: Immeubles, Communes*, 705^e fascicule, Vol.5, Berne.
- OFS - OFFICE FÉDÉRAL DE LA STATISTIQUE (1990), *Annuaire statistique de la Suisse 1990*, Verlag Neue Zürcher Zeitung, Zurich.
- OMS - ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (1980), *Le bruit*, Critères d'hygiène de l'environnement, N°12, Genève.
- OPB - ORDONNANCE SUR LA PROTECTION CONTRE LE BRUIT, du 15 décembre 1986, RS814.41.
- PEARCE D.W. (1989), *Valuation of Non-Fatal Road Accident Casualties: An Evaluation of Alternative Approaches*, Department of Economics, University College London, London.
- PEARCE D.W. et MARKANDYA A. (1989), *L'évaluation monétaire des avantages des politiques de l'environnement*, OCDE, Paris.
- PEARCE D.W., MARKANDYA A. and BARBIER E.B. (1989), *Blueprint for a Green Economy*, Earthscan Publications Ltd, London.
- PEARCE D.W. and TURNER R.K. (1990), *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvester Wheatsheaf, London.
- POMMEREHNE W.W. (1987a), «L'évaluation des gains et des pertes d'aménités: Le cas du bruit provenant du trafic», in *Services publics locaux*, Burgat P. et Jeanrenaud C. (éd.), Economica, Paris.
- POMMEREHNE W.W. (1987b), *Präferenzen für öffentliche Güter: Ansätze zu ihrer Erfassung*, J.C.B. Mohr, Tübingen.
- POMMEREHNE W.W. (1988), «Measuring Environmental Benefits: A Comparison of Hedonic Technique and Contingent Valuation», in *Welfare and Efficiency in Public Economics*, Bös D., Rose M. and Seidl C. (eds), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.

- POMMEREHNE W.W. et ROEMER A. (1991), *L'évaluation des gains d'une diminution d'un risque collectif: Le cas des déchets dangereux*, Conférence internationale «Economie et environnement dans les années 90», Institut de recherches économiques et régionales (IRER), Université de Neuchâtel, Neuchâtel.
- QUIGLEY J.M. (1982), «Non-linear Budget Constraints and Consumer Demand: An Application to Public Programs for Residential Housing», *Journal of Urban Economics*, Vol. 12, pp. 177-201.
- RAE D.A. (1981), *Benefits of Improving Visibility at Mesa Verde National Park: An Analysis of Benefits and Costs of Controlling Emissions in the Four Corners Area*, Charles River Associates, Boston.
- RAFFESTIN C., MOESCHLER P., VICARI J., LAWRENCE R., QUINCEROT R. et CHAPPUIS P. (1989), *Le bruit dans la ville*, Cahiers d'urbanisme, Centre universitaire d'écologie humaine, Genève.
- RANDALL A., HOEHN J.P. and BROOKSHIRE D.S. (1983), «Contingent Valuation Surveys for Evaluating Environmental Assets», *Natural Resources Journal*, Vol. 23, No. 3, pp. 635-648.
- RANDALL A., IVES B. and EASTMAN C. (1974), «Bidding Games for Valuation of Aesthetic Environmental Improvements», *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 1, pp. 132-149.
- RANDALL A. and STOLL J.R. (1980), «Consumer's Surplus in Commodity Space», *American Economic Review*, Vol. 70, No. 3, pp. 449-455.
- RIDKER R.G. (1967), *Economic Costs of Air Pollution: Studies in Measurement*, Praeger, New York.
- RIDKER R.G. and HENNING J.A. (1967), «The Determinants of Residential Property Values with Special Reference to Air Pollution», *Review of Economics and Statistics*, Vol. 49, pp. 246-257.
- ROBERT-GRANDPIERRE et RAPP S.A. (1989), *Ville de Neuchâtel: Diagramme d'écoulement, trafic d'un jour ouvrable moyen de 1988*, Lausanne.
- ROSEN S. (1974), «Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition», *Journal of Political Economy*, Vol. 82, pp. 34-55.
- ROSKILL COMMISSION (1970), *Commission on the Third London Airport, Papers and Proceedings Stage III*, Vol. VII, Part 2: *Results of Research Team's Assessment* (HMSO).
- ROWE R.D., D'ARCE R.C. and BROOKSHIRE D.S. (1980), «An Experiment on the Economic Value of Visibility», *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 7, pp. 1-19.
- SACCOMANNO F.F. (1979), *A Hedonic Price Index for Housing in Metropolitan Toronto 1961 and 1971*, Research Paper No. 103, Center for Urban and Community Studies, University of Toronto, Toronto.
- SAMUELSON P.A. (1947), *Foundations of Economic Analysis*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

- SAMUELSON P.A. (1954), «The Pure Theory of Public Expenditure», *Review of Economics and Statistics*, Vol. 36, pp. 387-389.
- SCHAUFELBERGER E. (1992), *Les piétons: Réseaux et aménagements*, Cahier TEA, N°5, Département de génie civil, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Lausanne.
- SHELBERT H., LANG T., BUSE I., HENZMANN J., MAGGI R., ITEN R. und NIELSEN C. (1988), *Wertvolle Umwelt*, Schriftenreihe Wirtschaft und Gesellschaft der Züricher Kantonalbank, Nr. 3, Zürich.
- SCHMALENSEE R. (1975), «Option Demand and Consumer's Surplus: Reply», *American Economic Review*, Vol. 65, No. 4, pp. 737-739.
- SCHNARE A.B. and STRUYK R.J. (1976), «Segmentation in Urban Housing Markets», *Journal of Urban Economics*, Vol. 3, No. 2, pp. 146-166.
- SCHULZE W.D., BROOKSHIRE D.S., WALTHER E.G., MCFARLAND K.K., THAYER M.A., WHITWORTH R.L., BEN-DAVID S., MALM W. and MOLENARD J. (1983), «The Economic Benefits of Preserving Visibility in the National Parklands of the Southwest», *National Resources Journal*, Vol. 23, pp. 149-173.
- SCHULZE W.D., D'ARGE R.C. and BROOKSHIRE D.S. (1981), «Valuing Environmental Commodities: Some Recent Experiments», *Land Economics*, Vol. 57, No. 2, pp. 151-172.
- SCHUMAN H. and KALTON G. (1985), «Survey Methods», in *Handbook of Social Psychology*, Lindzey G. and Aronson E. (eds), Vol. 1, Random House, New York.
- SEN A.K. (1970), *Collective Choice and Social Welfare*, Elsevier, Amsterdam.
- SEN A.K. (1977), «Rational Fools: A Critique of the Behavioral Foundations of Economic Theory», *Philosophy and Public Affairs*, Vol. 6, pp. 317-344.
- SERVICE CANTONAL DE STATISTIQUE (1990), *Annuaire statistique du Canton de Neuchâtel 1990*, Neuchâtel.
- SIMON H.A. (1979), «Rational Decision Making in Business Organizations», *American Economic Review*, Vol. 69, No. 4, pp. 493-513.
- SINDEN J.A. and WORRELL A.C. (1979), *Unpriced Values: Decisions Without Market Prices*, Wiley-Interscience, New York.
- SLOVIC P., FISCHHOFF B. and LICHTENSTEIN S. (1980), «Facts versus Fears: Understanding Perceived Risk», in *Societal Risk Assessment: How Safe Is Enough?*, Albers W.A. (ed.), Plenum, New York.
- SMITH B.A. (1978), «Measuring the Value of Urban Amenities», *Journal of Urban Economics*, vol. 5, pp. 370-387.
- SMITH V.K. (1976), *The Economic Consequences of Air Pollution*, Ballinger, Cambridge, Mass.
- SMITH V.K. (1986), «The Foundations of Benefit-Cost Analysis» in *Benefits Assessment: The State of the Art*, Bentkover J.D., Covello V.T. and Mumpower J. (eds), Reidel Publishing Company, Dordrecht.

- SMITH V.K. and DESVOUSGES W.H. (1986), «Averting Behavior: Does It Exist?», *Economics Letters*, Vol. 20, No. 3, pp. 291-296.
- SPORE R. (1972), *Property Value Differentials as a Measure of the Economic Costs of Air Pollution*, Center for Air Environment Studies, Pennsylvania State University, University Park, Pa.
- STARKIE D.N. and JOHNSON D.M. (1975), *The Economic Value of Peace and Quiet*, Saxon house, Westmead.
- STATE OF OHIO V. DEPARTMENT OF THE INTERIOR (1989), 880 F. 2d 432, D.C. Cir.
- STRASZHEIM M.R. (1974), «Hedonic Estimation of Housing Market Prices: A Further Comment», *Review of Economics and Statistics*, Vol. 56, pp. 404-406.
- THALMANN P. (1989), *Analyse microéconomique du marché du logement*, Cahier N°13b, Département d'économétrie et d'économie politique, Université de Lausanne, Lausanne.
- THALMANN P. (1992), *How Expensive is Adequate Housing?*, Cahier N°92.02, Département d'économie politique, Université de Genève, Genève.
- THORSBY C.D. (1984), «The Measurement of Willingness-to-Pay for Mixed Goods», *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 67, pp. 333-340.
- TVERSKY A. and KAHNEMAN D. (1981), «The Framing of Decisions and the Rationality of Choice», *Science*, p. 453.
- VAUGHAN R.J. and HUCKINS L. (1975), *The Economics of Expressway Noise Pollution Abatement*, Rand Corporation, Santa Monica, Ca.
- WALSH R.G., MILLER N.P. and GILLIAM L.O. (1983), «Congestion and Willingness to Pay for Expansion of Skiing Capacity», *Land Economics*, Vol. 59, No. 2, pp. 195-210.
- WALTERS A.A. (1975), *Noise and Prices*, Clarendon Press, Oxford.
- WATER RESOURCES COUNCIL (1979), «Procedures for Evaluation of National Economic Development (NED): Benefits and Costs in Water Resources Planning (Level C), Final Rule», *Federal Register*, Vol. 44, No. 242 (December 14), pp. 72 892-72 977.
- WEISBROD B.A. (1964), «Collective-Consumption Services of Individual-Consumption Goods», *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 78, No. 3, pp. 471-477.
- WILLIG R.D. (1976), «Consumers' Surplus Without Apology», *American Economic Review*, Vol. 66, No. 4, pp. 589-597.
- WILMAN E.A. (1981), «Hedonic Prices and Beach Recreational Values», in *Advances in Applied Microeconomics*, Smith V.K. (ed.), JAI Press, Greenwich.
- WILMAN E.A. (1984), *External Costs of Coastal Beach Pollution: An Hedonic Approach*, The Johns Hopkins University Press for Resources for the Future, Baltimore.
- ZERBE R. (1969), *The Economics of Air Pollution: A Cost Benefit Approach*, Ontario Department of Public Health, Toronto.