

ETUDE DES COMPORTEMENTS DES AUTOMOBILISTES EN MATIERE DE STATIONNEMENT PRES DU LIEU DE TRAVAIL A L'AIDE D'UNE ENQUETE DE TYPE PREFERENCES DECLAREES

Sylvie GAYDA

Présenté lors du colloque "AGIR" en novembre 1994 - Publié dans les Cahiers du MET - collection trafics; Maîtriser la mobilité; 4ème partie : planification intégrée.

INTRODUCTION AUX ENQUÊTES DU TYPE PRÉFÉRENCES DÉCLARÉES¹

Lorsqu'ils envisagent un nouvel investissement ou une nouvelle stratégie d'offre, les décideurs en matière de transport ont besoin de prévisions sur les réponses probables de la demande à cet investissement ou à cette stratégie. C'est à ce besoin que répondent les enquêtes du type « préférences déclarées », puisqu'elles fournissent une information fiable, et d'un coût raisonnable, sur le comportement et les préférences des usagers, et sur leur réaction face à une nouvelle politique d'offre de transport. L'intérêt de cette technique d'enquête est d'autant plus grand qu'elle permet de mesurer des préférences qui ne pourraient pas être mesurées par les techniques d'enquête conventionnelles.

La technique des préférences déclarées est née de la recherche dans le domaine de la consommation et du marketing, aux États-Unis. Elle est largement utilisée dans le domaine des transports depuis les années 80. Aujourd'hui, en Grande-Bretagne, aux États-Unis, aux Pays-Bas, elle est devenue un outil courant des études de transport. Et cet outil est en constant progrès, grâce à la recherche universitaire menée sur ce sujet.

Comment définir cette technique d'enquête? Dans une enquête préférences déclarées, les personnes interrogées sont placées dans une situation hypothétique et confrontées à une série d'options fictives, imaginaires. Chaque option imaginaire se présente comme une combinaison de plusieurs attributs du produit étudié. Les personnes interrogées doivent indiquer ce qu'elles choisiraient, si elles se trouvaient dans une telle situation, dans la réalité : elles doivent déclarer leur préférence. Pour construire la série d'options imaginaires, on utilise les plans factoriels expérimentaux.

L'intérêt principal des enquêtes préférences déclarées est qu'elles permettent au chercheur d'expérimenter, c'est-à-dire d'explorer le comportement des usagers dans des situations que chacun d'eux ne rencontre pas réellement dans

¹

Cette introduction s'inspire des chapitre 1 et 2 du manuel Stated Preference techniques : A Guide to Practice, publié par les sociétés Stear Davies and Gleave (Grande-Bretagne et hague Consulting Group (Pays-Bas).

la vie, mais proches de celles qu'il a pu vivre. Comme le concepteur de l'enquête a le contrôle complet des facteurs qu'il présente, un large éventail de situations peut être examiné. Cette manière d'appréhender les préférences permet de recueillir plus d'information que dans les enquêtes classiques (dites enquêtes préférences observées) où l'on n'observe que les choix effectivement faits dans la vie réelle (enquêtes ménages, enquêtes auprès des usagers de tel ou tel mode, ...).

L'objectif des enquêtes préférences déclarées est de mesurer le poids de chaque attribut étudié d'un produit dans le comportement des consommateurs, et les arbitrages que font ces consommateurs entre différents attributs (par exemple, choisir un moyen de transport plus coûteux, mais plus rapide). Les poids des attributs peuvent alors être utilisés pour calculer des prévisions des choix qui seraient effectués, en réponse à une politique d'offre donnée.

Ces informations peuvent également être déduites de préférences observées dans la réalité (c'est-à-dire la manière dont les usagers choisissent telle ou telle alternative, parmi celles qui leur sont réellement offertes). Cependant, la technique d'enquête préférences observées présente les inconvénients suivants :

- les attributs dont on veut mesurer le poids peuvent ne pas varier suffisamment dans la réalité pour qu'on puisse mesurer leur effet, ou encore être corrélés entre eux, de sorte qu'il est difficile d'isoler l'effet de chacun d'eux (par exemple, la distance et le prix peuvent être liés, dans les tarifs des transports en commun d'une ville);
- elle ne peut pas être utilisée dans les cas où l'on veut étudier le comportement des usagers face à un produit nouveau, inexistant dans l'offre actuelle;
- elle nécessite un grand nombre d'enquêtes, pour recueillir suffisamment d'observations, et est donc relativement coûteuse.

La technique d'enquête préférences déclarées apporte une solution à chacune de ces difficultés :

- le chercheur a la maîtrise des variations des attributs, et peut les faire varier indépendamment les uns des autres, de manière à isoler leurs effets respectifs;
- elle permet d'étudier le comportement des usagers face à un produit qui n'existe pas dans la réalité;
- comme les personnes interrogées indiquent leur choix dans une série de situations différentes, chaque enquête fournit plusieurs observations (au lieu d'une observation par enquête, dans les préférences observées); souvent, des modèles de choix peuvent donc être développés à partir d'un échantillon plus petit, et donc à moindre coût qu'avec une enquête classique.

La principale difficulté des enquêtes préférences déclarées est de s'assurer que les personnes feraient réellement ce qu'elles disent qu'elles feraient. La résolution de ce problème, c'est-à-dire minimiser les différents biais qui risquent de se produire, doit être abordée essentiellement au niveau de la conception du questionnaire : il doit être clair, sans ambiguïté, et présenter des situations réalistes,

aussi proches que possible de celles qu'a vécues la personne interrogée. En outre, il existe une technique particulière de calibrage des modèles de comportement, qui fait intervenir, en plus des données préférences déclarées, des données préférences observées disponibles par ailleurs ou recueillies à l'occasion de l'enquête préférences déclarées. Cette technique permet de minimiser certains biais susceptibles de se manifester entre les déclarations de préférences et les comportements qui peuvent être effectivement attendus.

Principes de base

Les séries d'options fictives, auxquelles sont confrontées les personnes interrogées, et entre lesquelles elles doivent indiquer leurs préférences, sont construites sur base de plans factoriels expérimentaux, orthogonaux².

Les questions peuvent être présentées de différentes façons : les personnes interrogées peuvent classer les options par ordre de préférence (classement), peuvent leur attribuer une cote, sur une échelle proposée par l'enquêteur (cotation), ou encore peuvent choisir une option, parmi deux ou plusieurs, et ce, successivement dans une série de situations différentes (choix entre paires ou au sein d'un groupe d'options).

Suivant la manière dont les questions ont été présentées, différentes techniques d'analyse peuvent être appliquées aux données recueillies. Cependant, l'objectif commun à toutes ces techniques est d'établir l'importance relative de chaque attribut étudié du produit, dans la satisfaction perçue par l'utilisateur. Les différentes approches d'analyse sont les suivantes : l'analyse de variance (pour les classements), les régressions multiples (pour les classements et les cotations), les modèles de choix discrets (pour les choix entre paires ou groupes et les classements).

Dans le domaine des transports, les modèles de choix discrets, de type logit, sont les plus communément utilisés. La section suivante rappelle brièvement les fondements théoriques de ces modèles.

1. RAPPEL THEORIQUE SUR LES MODELES DE CHOIX DISCRETS

1.1 La théorie microéconomique du consommateur

Les modèles de choix discrets³ sont dérivés de la théorie microéconomique du consommateur. Les hypothèses de base de la théorie microéconomique du consommateur sont les suivantes :

² Un plan factoriel expérimental est dit orthogonal lorsque les attributs du produit étudié varient indépendamment les uns des autres.

³ Par choix discret, on entend qu'un individu doit sélectionner une option, parmi un nombre fini d'alternatives.

- à chaque possibilité de choix i , on peut associer une fonction d'utilité qui est supposée traduire le niveau de satisfaction que le choix de i procure à l'individu n : U_i^n ;
- placé devant plusieurs possibilités, l'individu choisit celle qui le satisfait le mieux, c'est-à-dire celle qui lui apporte la plus grande utilité.

Le modélisateur, qui observe le système, ne possède pas l'information complète sur tous les éléments pris en compte par l'individu qui fait un choix. C'est pourquoi on postule que la fonction d'utilité est la somme de deux composantes :

$$U_i^n = V_i^n + E_i^n$$

dans laquelle :

- V_i^n est une partie déterministe fonction des caractéristiques observables de l'individu n et de l'alternative i ;
- E_i^n est une variable aléatoire, de valeur inconnue, qui reflète les goûts (non mesurés) particuliers à chaque personne, ainsi que les erreurs de mesure ou d'observation, faites sur les caractéristiques explicitement prises en compte dans V_i^n

En général, V_i^n est une fonction du type :

$$V_i^n = \sum_k a_{ik} x_{ik}^n = a_{i1} x_{i1}^n + a_{i2} x_{i2}^n + \dots + a_{im} x_{im}^n,$$

c'est-à-dire une fonction linéaire des variables x_{ik}^n , caractéristiques de l'individu et de l'alternative⁴.

Les x_{ik}^n peuvent être soit des variables quantitatives (par exemple, pour le choix d'un mode de transport : temps de trajet, revenu des personnes,...) soit des variables qualitatives (sexe, possession du permis de conduire, ...) exprimées sous forme de variables binaires 0/1. Les coefficients a_{ik} traduisent, sous la forme d'un poids, l'importance relative de chacune des caractéristiques.

La présence du terme aléatoire, dans la définition de la fonction d'utilité, implique que les modèles de choix discrets sont des modèles probabilistes : ils prévoient la probabilité que les individus fassent un certain choix, mais pas directement le choix lui-même. La présence du terme aléatoire permet de tenir compte des éventualités suivantes :

- deux individus, ayant les mêmes attributs socioéconomiques, et confrontés au même ensemble de choix, peuvent choisir deux options différentes;
- certains individus peuvent ne pas choisir l'option la meilleure, du point de vue des attributs considérés dans la modélisation.

4

De manière plus générale, les x_{ik}^n peuvent être une fonction des caractéristiques de l'individu et de l'alternative (par exemple : $(Y_{ik}^n)^2$, $\ln(Y_{ik}^n)$,...); le modèle peut aussi comprendre des termes représentant une interaction : $Y_{ik}^n Y_{ik}^n$.

Comme on l'a dit plus haut, on postule qu'un individu n choisit l'alternative qui lui procure l'utilité maximale ; autrement dit, l'individu choisira l'alternative i si et seulement si :

$U_i^n \geq U_j^n$ pour toute alternative j appartenant à l'ensemble des choix possibles pour n .

La probabilité que l'individu n choisisse l'alternative i est donc donnée par :

$P_n(i) = P_n (U_i^n \geq U_j^n)$ pour toute alternative j autre que i . Ceci peut encore s'écrire :

$$P_n(i) = P_n (V_i^n + E_i^n \geq V_j^n + E_j^n)$$

ou

$$P_n(i) = P_n (E_j^n - E_i^n \leq V_i^n - V_j^n)$$

L'estimation de $P_n(i)$ ne pourra être effectuée que si des hypothèses peuvent être admises quant à la forme de la distribution statistique de la variable aléatoire $(E_i^n - E_j^n)$.

1.2 Les modèles logit

En modélisation des transports, le modèle de choix discrets le plus communément utilisé est le modèle logit. On évoquera succinctement, ci-après, deux formes du modèle logit : multinomial et hiérarchique.

1.2.1 Le modèle logit multinomial

Le modèle logit multinomial repose sur les hypothèses suivantes :

- les variables aléatoires E_j relatives aux différentes alternatives sont indépendantes et identiquement distribuées;
- ces variables aléatoires suivent une distribution de Weibull⁵

Le modèle logit multinomial peut dès lors s'exprimer comme suit⁶ :

$$P(i) = \frac{e^{V_i}}{\sum_i e^{V_i}}$$

Il présente, entre autres avantages, celui d'avoir une formulation mathématique relativement simple. Dans le cas d'un modèle binomial, il s'écrit :

⁵ Loi de probabilité proche de la loi normale.

⁶ Par souci de lisibilité, on a supprimé l'indice n dans la suite du texte.

$$P_1 = \frac{e^{V_1}}{e^{V_1} + e^{V_2}} = \frac{1}{1 + e^{V_2 - V_1}}$$

Le graphique de la fonction logit correspondante est représenté ci-après.

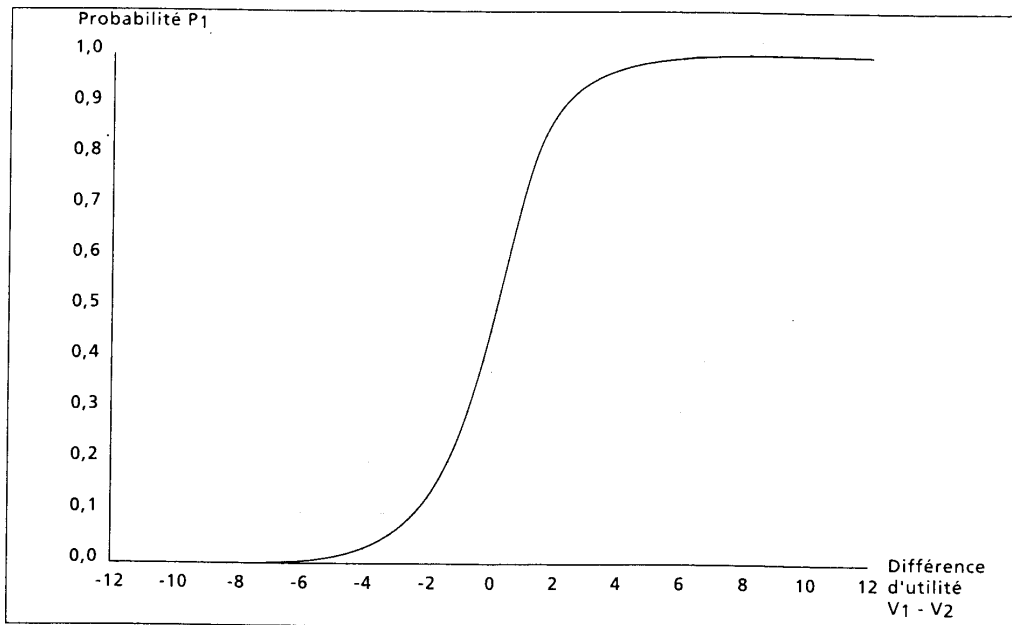


Figure 1 : la fonction logit d'un modèle binomial

Le modèle logit multinomial mène au rapport suivant :

$$\frac{P_j}{P_i} = e^{(V_i - V_j)}$$

dont la valeur est indépendante des utilités des alternatives autres que i et j . Cette propriété peut constituer un inconvénient, dans le cas où certaines des alternatives sont plus semblables que d'autres.

Cette propriété apparaît aussi dans le calcul des élasticités croisées (c'est-à-dire l'élasticité du pourcentage P_i de personnes choisissant l'alternative i , par rapport à la variation d'une caractéristique x_j de l'alternative j). Dans un modèle multinomial, les élasticités croisées des P_i de toutes les alternatives i , relativement à une caractéristique x_j de l'alternative j , sont égales. Cela signifie que, si une alternative j connaît une amélioration, représentée par une variation de la caractéristique x_j , les parts de marché de toutes les alternatives i (avec i différent de j) en seront affectées uniformément. À nouveau, cela peut poser un problème dans le cas où certaines alternatives sont plus semblables que d'autres. Dans ce cas, dans la réalité, la variation (amélioration ou dégradation) d'une caractéristique de l'une de ces alternatives affectera plus les parts de marché des alternatives plus

semblables que celles des alternatives tout à fait distinctes. Le modèle hiérarchique, décrit ci-dessous, apporte une réponse à ce problème.

1.2.2 Le modèle logit hiérarchique

Dans le modèle hiérarchique, les différentes alternatives considérées ne sont pas toutes au même niveau, comme dans le modèle multinomial. Les différentes alternatives qui sont plus semblables sont regroupées, ce qui forme une structure, une hiérarchie dans les alternatives, comme le montre l'exemple ci-dessous.

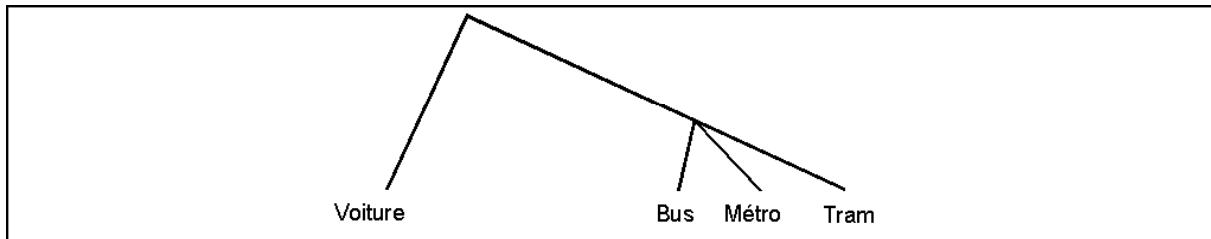


Figure 2 : exemple de structure de modèle hiérarchique de choix d'un mode de transport

Dans le cas d'un modèle hiérarchique, le calcul des probabilités P_i^n qu'un individu n choisisse une alternative i fait appel aux règles de calcul des probabilités conditionnelles.

Des indicateurs statistiques permettent de tester la pertinence d'un modèle hiérarchique, par rapport à un modèle multinomial, et également la pertinence d'un modèle multinomial (ou hiérarchique) par rapport à un autre modèle multinomial (ou hiérarchique).

1.3 Estimation des modèles logit

Les modèles logit sont estimés sur base du critère du maximum de vraisemblance. L'estimation fournit des indicateurs du degré de signification des coefficients a_{jk} (test statistique t), et de la qualité du modèle, en ce qu'il reconstitue plus ou moins bien les choix recueillis, observés ou déclarés. Cette qualité de reconstitution est mesurée par un indicateur, le rho carré, défini comme suit :

$$\rho^2 = 1 - \frac{\ln L_1}{\ln L_0}$$

avec :

L_1 : valeur de la fonction de vraisemblance avec le modèle estimé;

L_0 : valeur de la fonction de vraisemblance avec un modèle où tous les coefficients valent 0, c'est-à-dire le modèle équiprobable (toutes les alternatives ont la même probabilité d'être choisie). La valeur du rho carré peut varier entre 0 et 1 ; s'il vaut 0, il signifie que le modèle n'explique rien ; s'il vaut 1, il signifie que le modèle explique tout

2 L'OBJET DE L'ENQUETE ET L'ECHANTILLON

La préoccupation de la Région bruxelloise qui a suscité l'enquête préférences déclarées est la suivante : comment restreindre, dans des zones à fortes concentrations d'emploi, l'occupation longue durée (occupation ventouse) des emplacements en voirie, par les voitures des personnes qui travaillent dans ces zones ?

Les objectifs corollaires sont de favoriser le stationnement de type courte ou moyenne durée, dans le centre-ville, qui offre une forte densité de commerces et de services à la population, et d'inciter à l'usage du transport en commun, d'autant plus que les zones concernées sont parmi les mieux desservies par ce mode.

La diminution du nombre de voitures-ventouses peut être obtenue en incitant les usagers :

- soit à se garer hors voirie ;
- soit à changer de mode de transport pour se rendre à leur travail.

C'est précisément de ces comportements et des usagers concernés par ces choix que traite l'enquête préférences déclarées. L'échantillon de l'enquête se compose donc de personnes :

- habitant en région bruxelloise ou en périphérie;
- travaillant en région bruxelloise;
- se rendant à leur lieu de travail en voiture (la personne étant conducteur et non passager);
- dont le lieu de travail est situé dans une zone sujette à des problèmes de stationnement (Pentagone, avenue Louise, quartier Léopold, Nord, Midi);
- qui ne disposent pas d'un emplacement réservé par l'employeur;
- et qui garent généralement leur voiture en voirie.

3. LES MODALITÉS DE L'ENQUÊTE

L'enquête a eu lieu en février 1993. Les interviews ont été effectuées sur les lieux de travail, au sein de sociétés situées dans des zones à problèmes du point de vue du stationnement et qui ont donné leur accord pour collaborer à l'enquête. Les interviews ont été réalisées à l'aide de questionnaires sur papier.

Au total, 238 enquêtes ont été réalisées, dans 26 entreprises; 180 enquêtes valides ont été conservées, à l'issue des contrôles effectués.

4. LE QUESTIONNAIRE D'ENQUÊTE

Le questionnaire d'enquête se composait de trois parties :

- une première partie consistait en questions sur le comportement réel, actuel, c'est-à-dire les préférences observées des personnes, en matière de stationnement près du lieu de travail et sur le trajet domicile-travail;
- la deuxième partie consistait en un premier exercice de type préférences déclarées portant sur le choix stationnement en voirie ou stationnement hors voirie; on dispose, pour cette partie, des réponses de 180 personnes confrontées chacune à 9 choix;
- la troisième partie consistait en un second exercice de type préférences déclarées portant sur le choix du mode de transport pour se rendre au lieu de travail ; selon que la personne interrogée habitait en région bruxelloise ou dans la périphérie, on lui a proposé, comme alternative principale à la voiture : un bus direct entre le domicile et le lieu de travail (pour les habitants de la Région) ou un trajet park and ride, en voiture et métro (pour les habitants de la périphérie). On dispose des réponses de 89 habitants de la Région et de 67 habitants de la périphérie, chacun confronté à 9 choix.

Avant de construire les exercices préférences déclarées, on a réuni un panel réduit de personnes concernées, en un groupe de discussion. Le but était de cerner les caractéristiques du stationnement qui influencent leurs choix, et d'identifier les valeurs de ces caractéristiques jugées acceptables ou inacceptables, pour tenir compte de ces informations dans la conception du questionnaire.

En outre, avant l'enquête proprement dite, une enquête-pilote a été menée auprès d'une dizaine de personnes, pour tester les exercices préférences déclarées, vérifier que les questions posées étaient comprises facilement et sans ambiguïté, et vérifier comment les personnes interrogées réagissaient aux alternatives proposées. L'enquête-pilote s'est révélée très utile, puisqu'elle a donné lieu à plusieurs modifications du questionnaire.

5. QUELQUES DONNÉES SUR LE COMPORTEMENT ACTUEL DES PERSONNES INTERROGÉES

Ci-dessous sont résumés les principaux résultats de la première partie de l'enquête, c'est-à-dire l'analyse des préférences observées.

L'échantillon comptait 52 % de résidents de la Région et 48 % de résidents de la périphérie. 16 % des personnes interrogées occupaient une fonction du type cadre supérieur, les 84 autres % occupant une fonction d'employé ou de cadre moyen.

En moyenne, les personnes interrogées ont consacré cinq minutes à la recherche d'un emplacement de stationnement, le jour de l'enquête, et ont marché trois minutes (soit une distance d'environ deux cent cinquante mètres) depuis l'emplacement jusqu'à leur lieu de travail. Ces valeurs moyennement élevées

s'expliquent par l'étalement des heures d'arrivée des personnes interrogées, et également par le fait qu'une partie des personnes interrogées (21 %) arrive plus tôt (que ce qui est normalement nécessaire pour leur travail), dans le but, justement, de trouver plus facilement un emplacement (en moyenne, vingt-huit minutes plus tôt).

Les personnes enquêtées ont été interrogées sur les raisons pour lesquelles elles se garent en voirie, et pas dans un parking public. Parmi les raisons invoquées, celle qui vient en tête est le coût du parking (raison invoquée par 47 % des personnes interrogées). Une personne sur quatre mentionne l'insécurité, pour la personne elle-même ou pour la voiture.

Les personnes enquêtées ont également été interrogées sur les niveaux de sécurité qu'elles associent aux différents types de stationnement. Près d'une personne sur deux (48 %) juge que les parkings publics et le stationnement en voirie offrent la même sécurité, pour la voiture; mais une personne sur trois (32 %) estime que la voiture est plus en sécurité en voirie.

Pour voir dans quelle mesure les personnes interrogées sont libres de choisir un autre mode de transport que la voiture, on leur a demandé si, le jour de l'enquête, une contrainte ou une raison particulière les avaient incitées à prendre la voiture, si elles avaient eu besoin de leur voiture pour un motif autre que le déplacement domicile-travail. Il s'avère que la moitié des personnes interrogées (54 %) n'utilise pas la voiture pendant la journée (50 % des résidents de la région bruxelloise, 59 % des résidents de la périphérie). Parmi les contraintes, la plus fréquemment invoquée (22 %) est celle de devoir déposer les enfants à l'école (ou de devoir les y reprendre).

En ce qui concerne le déplacement domicile-travail, la durée moyenne du trajet, en voiture, était de dix-sept minutes, pour les résidents de la Région, et de trente-quatre minutes pour les résidents de la périphérie.

On a également demandé aux personnes interrogées si elles connaissaient un itinéraire en transport en commun qui leur permettrait d'effectuer le trajet domicile-travail : 83 % connaissaient effectivement un itinéraire. Le nombre moyen de correspondances à effectuer serait de d'une correspondance et demi par déplacement domicile-travail.

Si l'on tient compte du temps de recherche d'un emplacement de stationnement et du temps de marche à pied, l'avantage moyen du déplacement en voiture, par rapport au transport en commun, est estimé à treize minutes pour les résidents de la Région, et à vingt minutes pour ceux de la périphérie.

6. LE MODÈLE DE CHOIX DU MODE DE STATIONNEMENT (EN VOIRIE / HORS VOIRIE)

Ce modèle a été établi à partir du premier exercice préférences déclarées.

6.1 Description de l'exercice préférences déclarées

6.1.1 Variables étudiées

Les variables étudiées sont au nombre de quatre :

- coût du stationnement;
- temps de recherche d'une place;
- temps de marche à pied, de la voiture jusqu'au lieu de travail;
- niveau de sécurité assuré dans le parking public.

Les valeurs testées sont reprises dans le tableau ci-dessous.

Variables	Valeurs prises dans le questionnaire
Variables liées au stationnement en voirie Temps de recherche d'une place	jusqu'à 3 minutes jusqu'à 12 minutes
Temps de marche à pied de la voiture jusqu'au lieu de travail	1 minute 5 minutes 12 minutes
Coût du stationnement	100 BEF/jour, soit 2 000 BEF/mois 175 BEF/jour, soit 3500 BEF/mois 200 BEF/jour, soit 4000 BEF/mois
Variable liée au stationnement dans le parking public Niveau de sécurité assuré	niveau 0 = parking non surveillé niveau 1 = parking surveillé, avec caméras vidéo, alarmes, et tournées d'un gardien quatre fois par jour
Paramètres fixes liés au stationnement dans le parking public Temps de recherche d'une place	jusqu'à 3 minutes
Temps de marche à pied de la voiture jusqu'au lieu de travail	7 minutes
Coût du stationnement	150 BEF/jour, soit 3 000 BEF/mois

Figure 3

6.1.2 Hypothèses fixes du scénario

Les hypothèses constantes à prendre en compte ont été soigneusement décrites dans le questionnaire. Notamment, le parking public a été décrit en détail (parking public souterrain, à cinq étages, où l'on paie à un caissier, en sortant). Une autre hypothèse importante que les personnes interrogées devaient prendre en compte était que le contrôle du stationnement en voirie était considérablement renforcé par rapport à la situation réelle (amende à 1 000 francs belges, contrôle du stationnement chaque jour).

6.1.3 Alternatives proposées

En ce qui concerne les alternatives proposées, outre les deux alternatives principales proposées (stationnement payant en voirie ou dans un parking public), les personnes interrogées avaient également la possibilité de ne choisir ni l'une, ni l'autre, mais devaient dans ce cas indiquer le moyen adopté pour se rendre à leur travail, par exemple :

- venir en voiture mais se garer plus loin, à un emplacement gratuit ou moins cher;
- venir en transport en commun;
- aller en voiture jusqu'à un parking de dissuasion, et, de là, venir en train ou en métro jusqu'au lieu de travail (park and ride);
- venir avec une autre personne qui déposerait la personne interrogée à son travail (covoiturage).

6.2 Le modèle

Un modèle logit a été calibré, selon le critère du maximum de vraisemblance, à l'aide d'un logiciel d'estimation. Finalement, un modèle hiérarchique a été retenu, de préférence à un modèle multinomial. Différents éléments ont fondé le choix du modèle hiérarchique, de préférence au modèle multinomial : la valeur d'un indicateur statistique de structure d'arbre, la meilleure reconstitution des choix observés, et le fait que la structure en arbre envisagée paraît être un modèle vraisemblable d'une hiérarchie existant dans la perception des usagers.

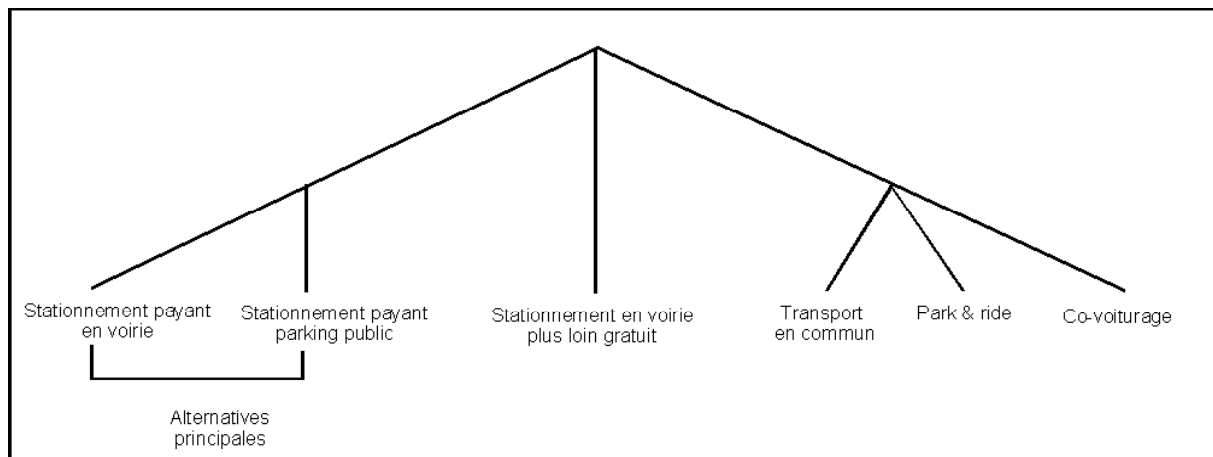


Figure 4 : structure du modèle retenu

Dans chaque situation de choix, environ 60 % des personnes interrogées ont choisi, soit le stationnement payant en voirie, soit le stationnement payant dans un parking public, c'est-à-dire une des deux alternatives principales, et ont donc effectué un arbitrage (trade-off) entre les variables proposées. Les 40 autres % ont choisi une alternative autre que les deux principales. Pour ces alternatives non principales, aucune variable n'intervenait. La fonction d'utilité se limitait donc à une constante représentant l'utilité liée à chaque mode spécifique.

6.2.1 Fonctions d'utilité des deux modes de stationnement et valeurs monétaires associées

Les fonctions d'utilité du stationnement en voirie (alternative 1) et du stationnement dans le parking public (alternative 2), estimées sur base de l'enquête, ont respectivement les formes suivantes :

$$U_1 = U_{\text{stat.voirie}} = - 0,1113 \times t_r - 0,1703 \times t_m - 0,02776 \times c + 0,35$$

$$U_2 = U_{\text{stat.parking}} = - 0,1113 \times t_r - 0,1703 \times t_m - 0,02776 \times c + 0,8093 \times s$$

avec :

t_r : temps de recherche d'un emplacement, en minutes

t_m : temps de marche à pied, en minutes

c : coût journalier du stationnement, en BEF

s : niveau de sécurité dans le parking public (0/1).

Les coefficients de ces fonctions permettent de calculer une valeur monétaire de l'utilité ou de la désutilité liée à chaque variable. Ces valeurs monétaires sont indiquées ci-après.

Variable	Valeur monétaire
Temps de marche à pied de la voiture jusqu'au lieu de travail	1 minute, matin et soir vaut 6 francs ¹
Temps de recherche d'une place	L'avantage de trouver une place rapidement (jusqu'à 3 minutes maximum) par rapport à une recherche plus longue (jusqu'à 12 minutes maximum) équivaut à 36 francs : 1 minute vaut 4 francs ¹
Utilité intrinsèque du stationnement en voirie (constante spécifique à ce mode, dans la fonction d'utilité)	13 frs par jour
Sécurité dans le parking public	Le niveau de sécurité décrit vaut 30 frs/jour ²
¹ Pour des temps de l'ordre d'un quart d'heure (voir les valeurs testées)	
² Caméras vidéo, alarmes, tournées d'un gardien quatre fois par jour	

Figure 5

Les équivalences monétaires indiquées ci-dessus peuvent s'interpréter comme suit. Considérons, par exemple, le temps de marche à pied. Pour les usagers qui acceptent de payer pour le stationnement, l'utilité d'un emplacement situé à 10 minutes à pied de leur lieu de travail et dont le tarif est de 100 francs par jour est la même que celle d'un parking situé à 1 minute, et dont le tarif est de 154 francs par jour. Un groupe de personnes placé dans ces conditions d'offre de stationnement se comporterait comme ceci : 50 % choisiraient le parking proche et plus cher, 50 % choisiraient le parking éloigné et moins cher.

6.2.2 Les courbes de comportement issues du modèle

Comme on l'a rappelé dans la section 2, la théorie des modèles logit permet de calculer les probabilités P_i que les usagers choisissent chaque alternative i , étant donné les valeurs des variables qui interviennent dans les fonctions U_i . Ces probabilités sont représentées sous forme de graphiques dans les pages qui suivent. Le comportement des usagers, tel qu'il ressort du modèle obtenu, est analysé dans les sections qui suivent⁷

6.2.3 L'effet dissuasif du stationnement payant

⁷ Tous les pourcentages donnés dans les sections qui suivent sont calculés sur l'ensemble des usagers

Tous les graphiques issus du modèle de choix mettent en évidence l'effet fortement dissuasif du stationnement payant :

- dans la situation la plus favorable au stationnement en voirie (3 minutes de recherche maximum, 1 minute de marche à pied, parking public non surveillé), la probabilité de stationner dans la zone payante passe de 0,63 à 0,28, lorsque le coût du stationnement passe de 100 à 200 francs par jour;
- dans la situation la plus défavorable au stationnement en voirie (12 minutes de recherche maximum, 12 minutes de marche à pied, parking public surveillé), la probabilité de stationner dans la zone payante passe de 0,17 à 0,01 lorsque le coût passe de 100 à 200 francs par jour.

D'une façon générale, un tarif de 100 BEF/jour, soit 50 BEF moins cher que le tarif pratiqué dans le parking public, suffit à réduire la part des usagers stationnant en voirie dans la zone payante :

- à 50 à 60 % du total des usagers stationnant actuellement en voirie, lorsque le stationnement en voirie présente l'un ou l'autre avantage par rapport au stationnement dans le parking public;
- à 30 à 40 % du total, quand le stationnement en voirie présente de sérieux désavantages par rapport au stationnement dans le parking public.

Notons que dans les zones payantes existant actuellement, mais où le contrôle du stationnement est insuffisant, un simple renforcement du contrôle équivaldrait concrètement à une augmentation du tarif.

6.2.4 L'extension des problèmes de stationnement aux quartiers environnants

La figure 6 illustre la situation suivante :

- pour le stationnement en voirie (temps de recherche : 3 minutes, temps de marche : 5 minutes), le coût est variable;
- pour le parking public (temps de recherche : 3 minutes, temps de marche : 7 minutes, coût : 150 francs/jour), le parking est surveillé (niveau de sécurité 1).

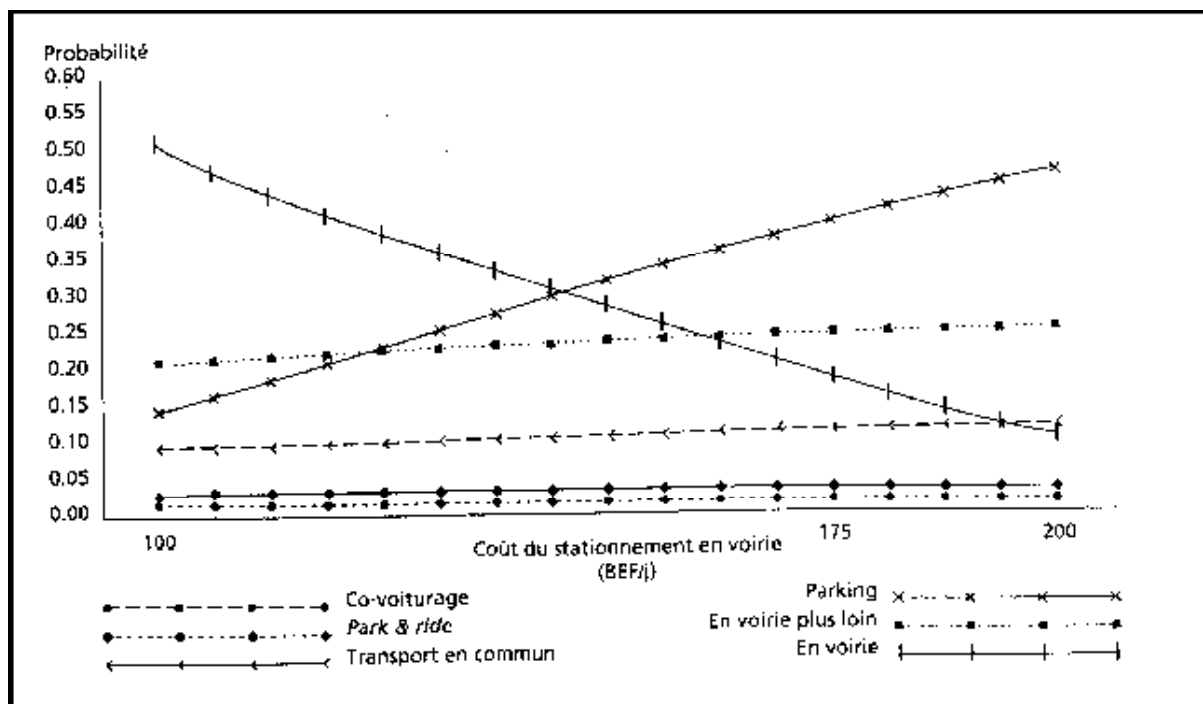


Figure 6 : choix du mode de stationnement – Probabilité de choix de chaque mode – Coût du stationnement en voirie (BEF/J)

On y voit comment se répartissent les usagers qui ne stationnent pas dans la zone payante.

Dans une telle situation, 21 à 25 % des usagers continuent à venir en voiture à leur travail, mais refusent de payer pour le stationnement et préfèrent chercher un emplacement gratuit, même situé plus loin de leur lieu de travail.

Dans l'ensemble des situations envisagées⁸, de l'ordre de 19 à 28 % des usagers adoptent ce comportement. (La distance maximale emplacement-lieu de travail, évoquée dans le questionnaire, est de l'ordre d'un kilomètre.) Cela signifie indubitablement l'extension des problèmes de stationnement dans les quartiers résidentiels adjacents aux zones d'emploi, rendant plus critiques les problèmes de stationnement qui existent déjà dans certains d'entre eux.

6.2.5 Un incitant au transfert modal

La figure 6 illustre également que le tarif de 100 BEF/jour suffit pour dissuader de l'ordre de 15 % des usagers de prendre leur voiture, puisqu'ils choisissent le transport en commun, le park and ride ou le covoiturage.

Eu égard à la qualité de service actuellement offerte par les transports en commun, l'augmentation du tarif du stationnement en voirie au-delà de 100 BEF/jour n'accroît que faiblement l'ampleur du transfert modal.

⁸ C'est-à-dire résultant d'une combinaison des valeurs étudiées des variables.

Dans l'ensemble des situations envisagées, 13 à 19 % des usagers optent pour un autre mode que la voiture particulière (usager conducteur).

6.2.6 La sensibilité du comportement des usagers aux différentes variables étudiées

Nous ne reprendrons pas ici les résultats obtenus quant à la sensibilité du choix de l'une ou l'autre alternative, à chacune des variables. Ces résultats sont partiellement illustrés par les figures 7 et 8.

À titre d'exemple, on notera que, lorsque la sécurité assurée dans le parking public passe du niveau 0 au niveau 1, la part des usagers qui stationnent en voirie dans la zone payante diminue de l'ordre de 4 à 11 %, sauf dans les situations très défavorables au stationnement dans cette zone payante. Dans ces cas-là (par exemple : 12 minutes de marche à pied et coût de 200 BEF/jour), le haut niveau de sécurité offert dans le parking dissuade encore de l'ordre de 2 à 3 % de l'ensemble des personnes de stationner en voirie dans la zone payante. Parallèlement, bien évidemment, la fréquentation du parking public s'accroît, de l'ordre de 4 à 13 % des usagers, suivant les situations. Le niveau de sécurité assuré dans les parkings publics peut donc contribuer à la régulation du stationnement en voirie.

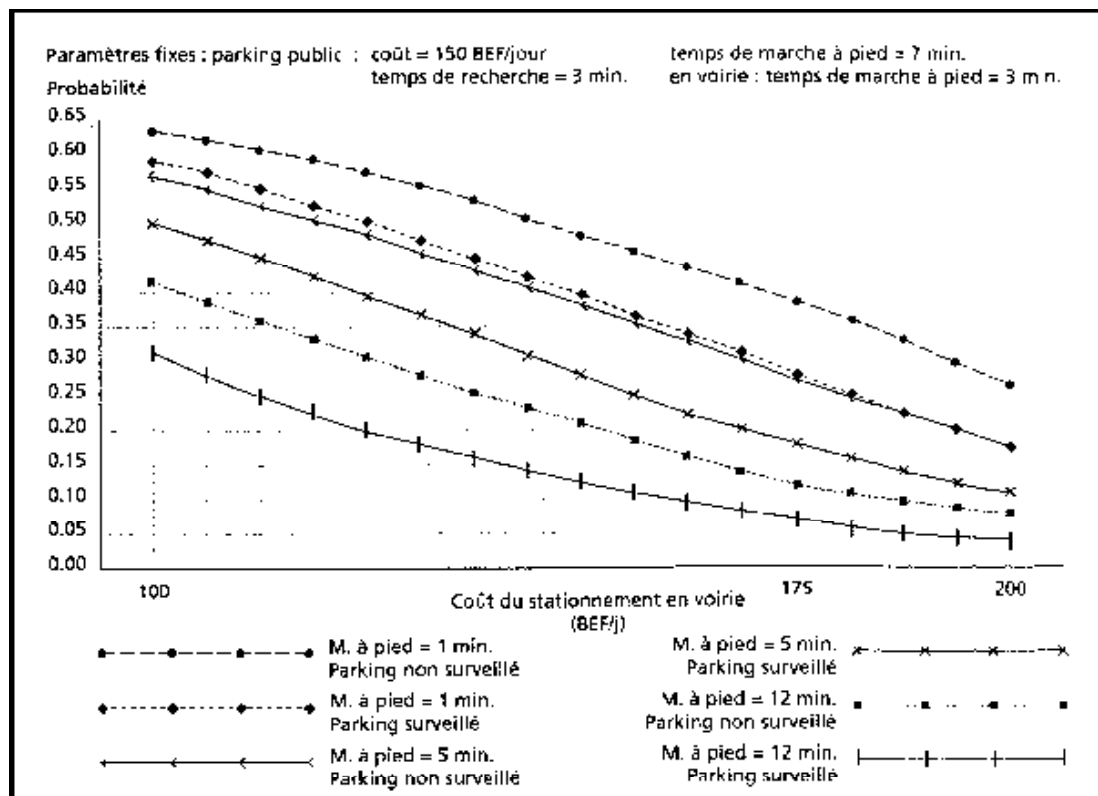


Figure 7 : choix du mode de stationnement – Probabilité de stationner en voirie, dans la zone payante – Coût du stationnement en voirie (BEF/J)

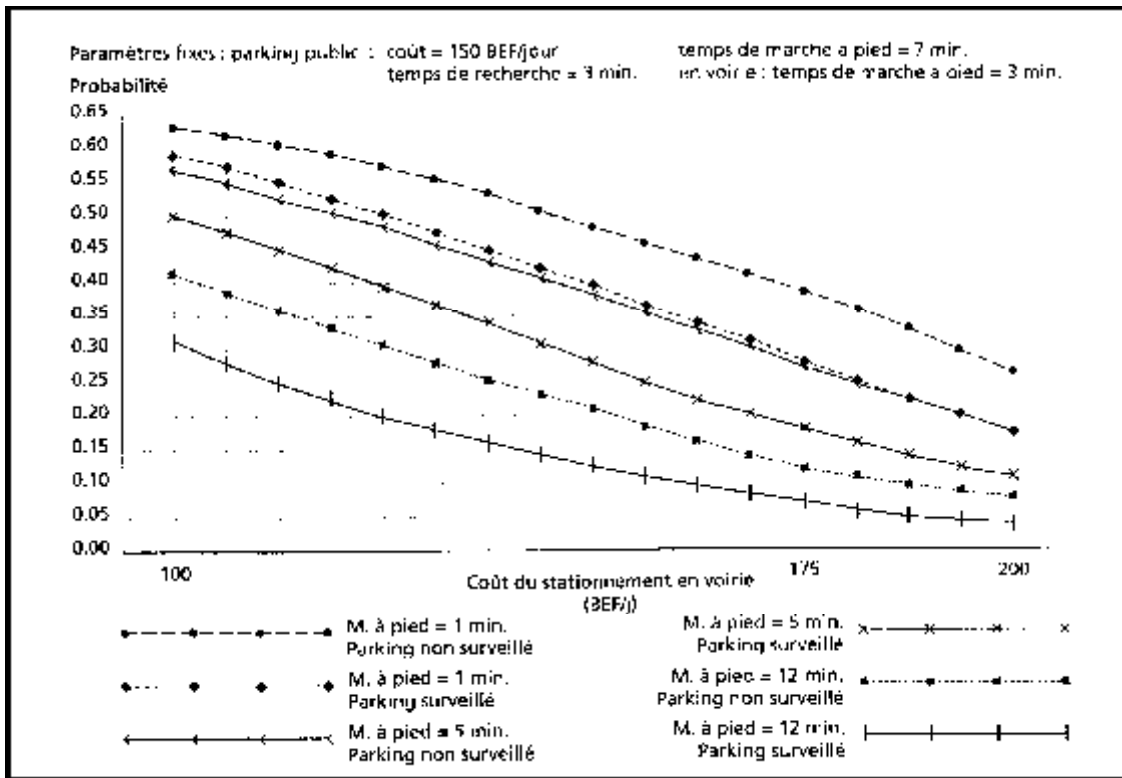


Figure 8 : choix du mode de stationnement – Probabilité de stationner en voirie, dans la zone payante – Coût du stationnement en voirie (BEF/J)

7. LE MODÈLE DE CHOIX MODAL POUR LE DÉPLACEMENT DOMICILE-TRAVAIL

Dans le premier exercice préférences déclarées, la proportion de personnes choisissant le transport en commun ou un trajet du type park and ride est évidemment liée à la qualité de service actuelle des transport en commun, et plus particulièrement à celle des services accessibles à chacune des personnes interrogées près de son lieu de domicile.

Dans le second exercice préférences déclarées, on a demandé aux personnes interrogées d'imaginer un transport en commun vraisemblablement meilleur que celui qu'elles connaissent actuellement, pour mesurer quel serait alors l'impact des mesures prises en matière de stationnement. Rappelons que, selon que la personne interrogée réside en région bruxelloise ou en périphérie, on lui a proposé comme alternative principale à la voiture : un bus direct entre domicile et lieu de travail, pour les habitants de la Région, ou un trajet du type park and ride, en voiture et métro, pour les habitants de la périphérie.

7.1 Description de l'exercice préférences déclarées

7.1.1 Variables étudiées

Les variables dont on a voulu mesurer l'impact sur le comportement des usagers sont au nombre de quatre :

- en ce qui concerne la voiture :
 - temps de marche à pied de la voiture jusqu'au lieu de travail;
 - coût du stationnement en voirie;

- en ce qui concerne le bus ou le park and ride :
 - durée de déplacement domicile-travail (différence par rapport au déplacement en voiture);
 - prix du ticket bus aller-retour ou du ticket combiné parking + métro aller-retour.

Les valeurs testées sont reprises dans le tableau ci-après.

Variables	Valeurs prises dans le questionnaire
Questionnaire présenté aux résidents de la région bruxelloise (alternative à la voiture : bus)	
Temps de marche à pied de la voiture jusqu'au lieu de travail	5 minutes 10 minutes 15 minutes
Coût du stationnement en voirie	125 BEF/jour, soit 2500 BEF/mois 175 BEF/jour, soit 3500 BEF/mois 200 BEF/jour, soit 4000 BEF/mois
Différence de durée de déplacement domicile-travail par rapport au déplacement en voiture (sans tenir compte, pour la voiture, du temps de marche)	+ 10 minutes + 20 minutes + 30 minutes
Prix du ticket bus aller-retour	40 BEF/jour, soit 800 BEF/mois 60 BEF/jour, soit 1200 BEF/mois 90 BEF/jour, soit 1800 BEF/mois
Questionnaire présenté aux résidents de la périphérie (alternative à la voiture : park and ride [voiture + métro])	
Temps de marche à pied de la voiture jusqu'au lieu de travail	5 minutes 10 minutes 15 minutes
Coût du stationnement en voirie	125 BEF/jour, soit 2500 BEF/mois 175 BEF/jour, soit 3500 BEF/mois 200 BEF/jour, soit 4000 BEF/mois
Différence de durée de déplacement domicile-travail par rapport au déplacement en voiture (sans tenir compte, pour la voiture, du temps de marche)	+ 3 minutes + 13 minutes + 18 minutes
Prix du ticket combiné parking + métro (aller-retour)	40 BEF/jour, soit 800 BEF/mois 75 BEF/jour, soit 1500 BEF/mois 100 BEF/jour, soit 2000 BEF/mois

Figure 9

7.1.2 Hypothèses fixes du scénario

Les services de transport en commun, proposés comme alternatives à la voiture, ont été soigneusement décrits aux personnes interrogées :

- bus : arrêt de bus à 5 minutes à pied du domicile; fréquence d'un bus toutes les 10 minutes ; pas de correspondance à prendre ; à l'arrivée, arrêt de bus

à 5 minutes du lieu de travail ; et le soir, pour le retour au domicile : fréquence d'un bus toutes les 15 minutes jusqu'à 20 heures, toutes les 20 minutes ensuite;

- park and ride : trajet en voiture jusqu'à un parking de dissuasion surveillé; station de métro à 100 mètres du parking ; fréquence d'une rame toutes les 6 minutes ; pas de correspondance à prendre ; à l'arrivée, station de métro à 5 minutes à pied du lieu de travail; et le soir : fréquence d'une rame de métro toutes les 10 minutes jusqu'à 20 heures, toutes les 20 minutes ensuite.

En ce qui concerne l'alternative voiture, l'hypothèse de renforcement des contrôles du stationnement en voirie a été maintenue.

Enfin, on a demandé à toutes les personnes de tenir compte des éventuelles contraintes qui, actuellement, les incitent à prendre la voiture plutôt que les transports en commun (comme : déposer les enfants à l'école, avoir besoin de la voiture pendant la journée, ...). Autrement dit, on leur a demandé de ne répondre je choisis le bus ou la voiture et le métro que si la personne peut s'acquitter de ses obligations avec le mode choisi ou s'il existe une solution lui permettant d'en être déchargée.

7.1.3 Alternatives proposées

Les personnes interrogées avaient le loisir de ne choisir aucune des deux alternatives principales proposées (venir en voiture et payer le stationnement en voirie et venir en bus ou en park and ride), mais devaient dans ce cas indiquer le moyen adopté pour se rendre à leur travail, par exemple :

- choisir le park and ride (alternative supplémentaire pour les résidents de la région bruxelloise);
- venir en train (alternative supplémentaire pour les résidents de la périphérie);
- venir en voiture, mais se garer plus loin, à un emplacement gratuit ou moins cher (alternative supplémentaire pour tous);
- être passager d'une autre personne et être déposé à son lieu de travail (alternative supplémentaire pour tous).

7.2 **Résultat annexe sur l'effet de l'amélioration des transports en commun**

Remarquons que lorsqu'on demande aux personnes interrogées de choisir entre la voiture (avec les caractéristiques actuelles du déplacement domicile-travail en voiture) et le transport en commun, avec les meilleures des conditions proposées⁹, une personne sur 5, en moyenne, choisit le transport en commun, et ce, sans mesure restrictive du stationnement (situation actuelle).

⁹ C'est-à-dire : les temps de trajet en bus et en park and ride dépassent respectivement de 10 minutes et de 3 minutes le temps de trajet en voiture ; le prix du ticket aller-retour en transport en commun est de 40 BEF.

7.3 Le modèle

Le modèle calibré est un modèle multinomial. (Le modèle hiérarchique a été testé, mais rejeté dans ce cas-ci.)

Les graphiques des pages suivantes donnent, d'une part pour les résidents de la région bruxelloise, d'autre part pour les résidents de la périphérie, les probabilités P_i de choix des alternatives i , étant donné les valeurs des variables qui interviennent dans les fonctions d'utilité U_i des alternatives i .

7.3.1 L'ampleur du transfert modal, sous l'incitation de mesures restrictives du stationnement

Ces graphiques mettent en évidence l'augmentation du transfert modal de la voiture vers le bus ou le park and ride, par rapport aux faibles scores enregistrés par ces modes dans le premier exercice préférences déclarées.

Les figures 10 et 11 représentent chacune une situation dans laquelle la qualité de service du bus ou du park and ride est la plus élevée, parmi l'ensemble des valeurs envisagées dans l'exercice préférences déclarées : le déplacement domicile-travail en bus dure 10 minutes de plus qu'en voiture, et le déplacement en voiture et métro dure 3 minutes de plus qu'en voiture seule. Le prix est fixé à sa valeur moyenne, soit 60 BEF/jour pour le bus et 75 BEF/jour pour le park and ride. Pour ceux qui choisissent de prendre la voiture et de stationner dans la zone payante, le temps de marche à pied entre voiture et lieu de travail est fixé à 5 minutes.

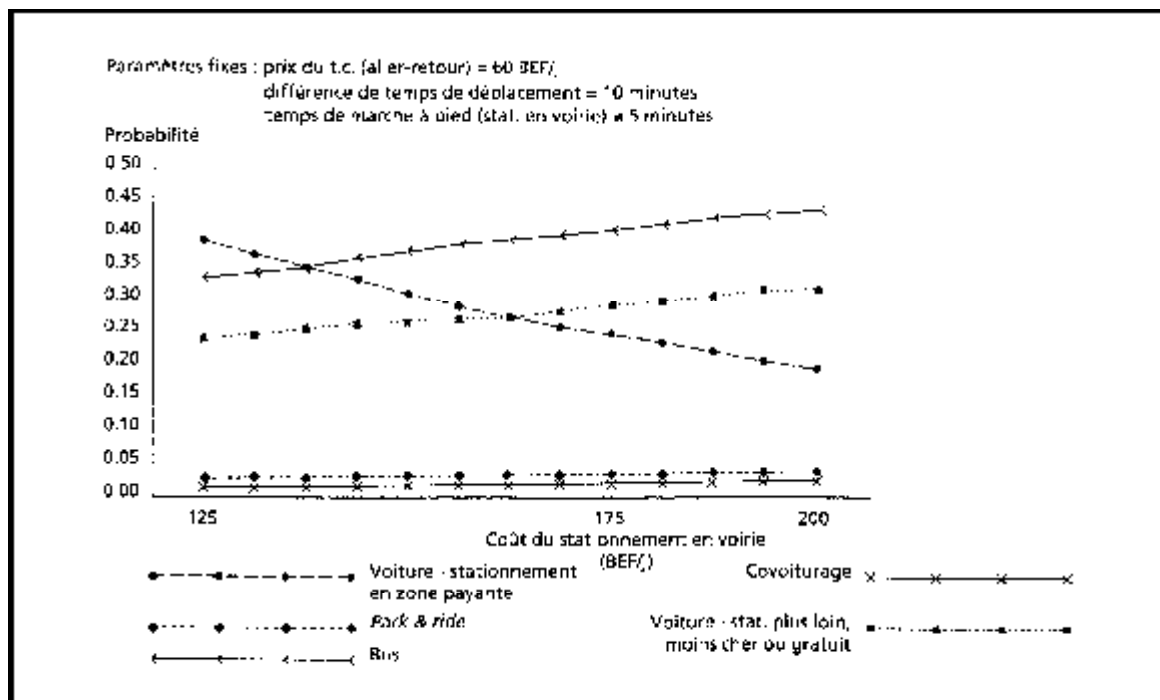


Figure 10 : choix du mode transport domicile-travail (résidents de la région bruxelloise) – Probabilité de choix de chaque mode – Coût du stationnement en voiture (BEF/J)

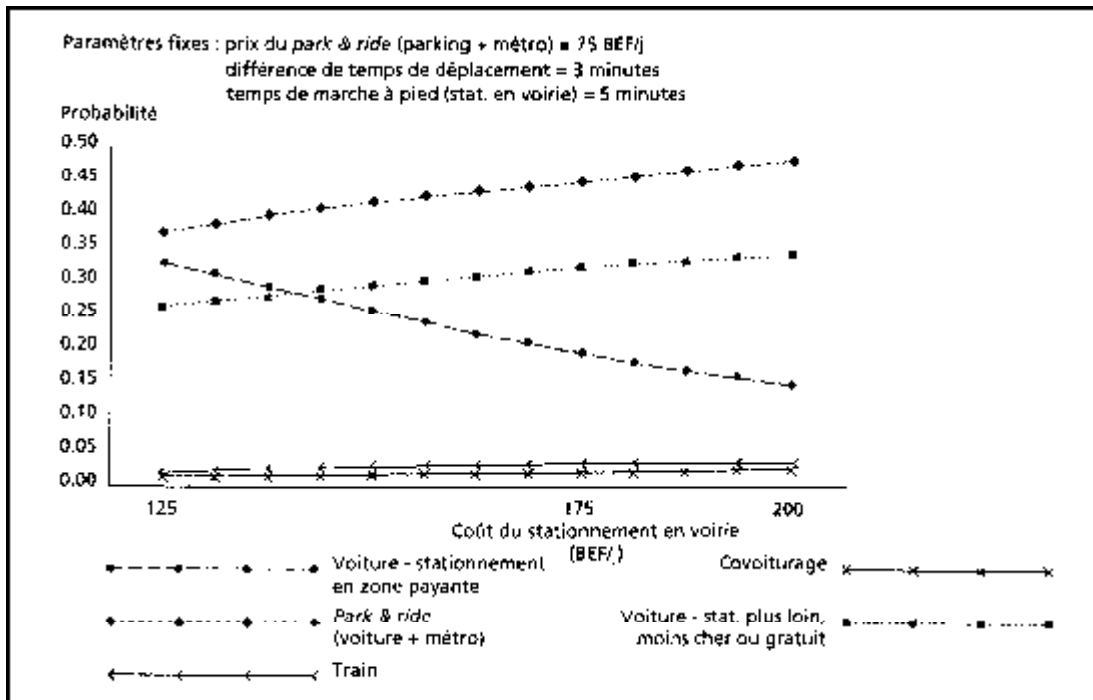


Figure 11 : choix du mode transport domicile-travail (résidents de la périphérie) – Probabilité de choix de chaque mode – Coût du stationnement en voirie (BEF/J)

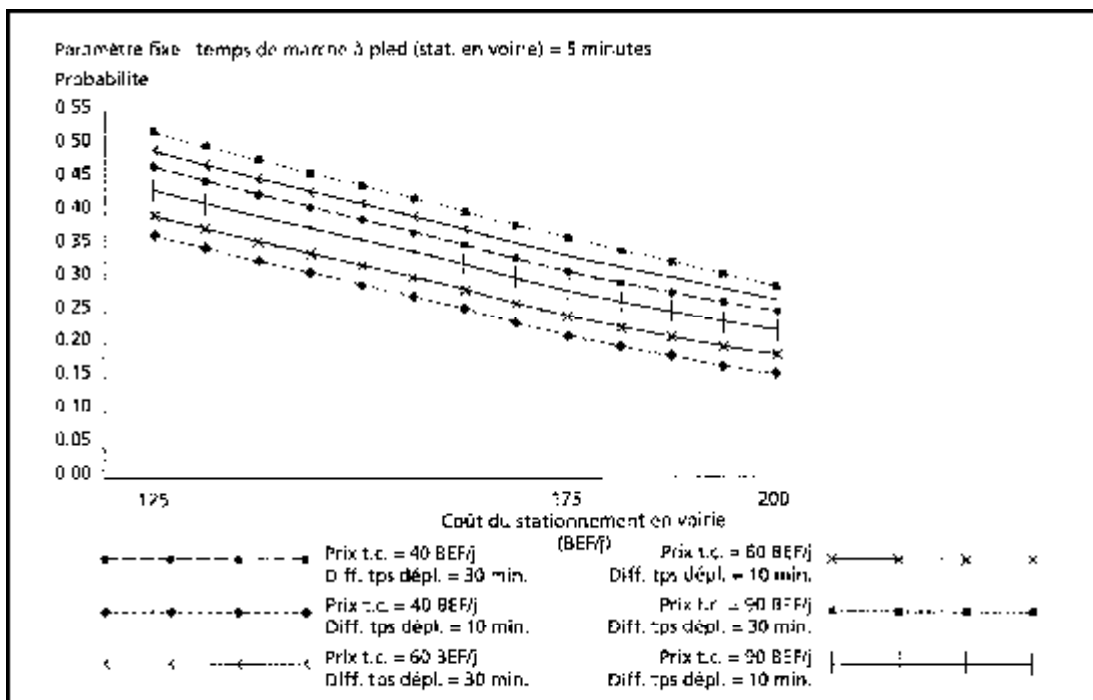


Figure 12 : choix du mode transport domicile-travail (résidents de la région bruxelloise) – Probabilité de choisir la voiture et de stationner en zone payante – Coût du stationnement en voirie (BEF/J)

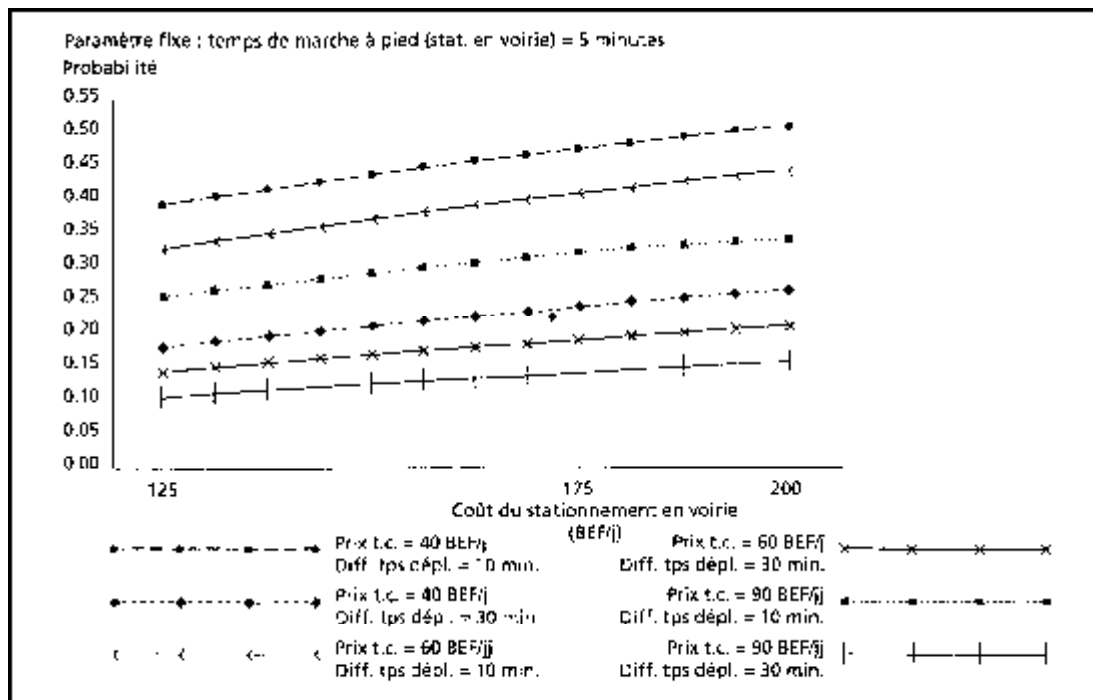


Figure 13 : choix du mode transport domicile-travail (résidents de la région bruxelloise) – Probabilité de choisir le bus – Coût du stationnement en voirie (BEF/J)

Dans ces conditions, et suivant le coût du stationnement en voirie (de 125 à 200 BEF/jour), 33 à 44 % des usagers adoptent le bus, et 38 à 48 % des usagers adoptent le park and ride. Ces résultats illustrent un comportement sensiblement comparable des résidents de la Région et de la périphérie, dans une gamme de prix et de qualités de service du transport en commun, certes différents, mais comparables.

Reprenons le résultat évoqué au point 5.7.2. Pour les mêmes valeurs des prix et des temps de trajets en transport en commun, et avec, cette fois, un coût du stationnement en voirie s'élevant à 125 BEF/jour (et un temps de marche à pied de 5 minutes), la part d'usagers passant au bus est de 40 %, la part d'usagers passant au park and ride, de 49 %. Comparés aux résultats obtenus sans mesure sur le stationnement (respectivement 18 et 20 %), ces nombres donnent une idée de l'effet spécifique du stationnement payant.

7.3.2 L'impact de la qualité de service offerte par les transports en commun et de leurs tarifs

Lorsque la qualité de service offerte par les transports en commun est beaucoup plus mauvaise que celle associée à la voiture, par exemple un bus avec une durée de déplacement supérieure de 30 minutes à la durée du déplacement effectué en voiture, pour un prix de 60 BEF/jour, la part d'usagers adoptant le transport en commun tombe à quelque 15 à 26 %, suivant les conditions posées pour la voiture.

Enfin, avec une qualité de service élevée et des tarifs plus élevés que les tarifs actuels (soit 90 BEF/jour pour l'aller-retour en bus et 100 BEF/jour pour l'aller-

retour en park and ride), 25 à 41 % des résidents de la Région choisissent encore le bus, et 30 à 43 % des résidents de la périphérie choisissent encore le park and ride.

8. AUTRES ENSEIGNEMENTS DE L'ENQUÊTE

Les personnes qui ont réalisé les enquêtes ont pu tirer du travail sur le terrain certains enseignements qui, s'ils ne sont pas quantifiables, n'en sont pas moins édifiants.

Une part importante des personnes interrogées a manifesté une vive animosité à l'idée de voir un tarif mis en vigueur pour le stationnement en voirie, près de leur lieu de travail, ou de voir les contrôles renforcés. Beaucoup de personnes ont exprimé un mal-être, un mal-vivre dans la ville, et toute l'exaspération causée par ses dysfonctionnements (congestion du trafic et problèmes de stationnement). La mise en place de nouvelles zones payantes ou le simple renforcement des contrôles apparaît alors plus comme un poids supplémentaire que comme une tentative de solution à quoi que ce soit.

Il apparaît donc que la mise en place de mesures restrictives du stationnement doit aller de pair :

- d'une part, avec des mesures d'amélioration de la qualité de service offerte par les transports en commun et par les parkings publics;
- d'autre part, avec une campagne d'information, qui présenterait au public une politique globale des déplacements, dont les mesures restrictives du stationnement ne constitueraient qu'un des aspects.

9. CONCLUSIONS

L'enquête préférences déclarées a mis en évidence l'effet fortement dissuasif du stationnement payant en voirie (s'il est contrôlé).

Elle a fourni des indications quant à la sensibilité du comportement des usagers au temps de marche à pied, autrement dit à la localisation des zones payantes, et au temps de recherche d'une place, c'est-à-dire à la capacité disponible en stationnement.

Elle a permis d'estimer l'importance du transfert modal vers le transport en commun ou le park and ride, dans le cas où le stationnement en voirie serait payant et systématiquement contrôlé dans les zones d'emploi :

- d'une part, avec la qualité de service actuelle des transports en commun;
- d'autre part, avec une qualité de service sensiblement améliorée, qui peut entraîner un doublement de la part d'usagers abandonnant la voiture.

Mais l'enquête indique également que les problèmes de stationnement s'étendraient alors, depuis les centres d'emploi soumis au stationnement payant

vers les quartiers résidentiels adjacents, alors que certains d'entre eux connaissent déjà, à l'heure actuelle, une situation difficile en matière de stationnement.

Enfin, les enseignements annexes de l'enquête suggèrent que les mesures de restriction du stationnement qui seraient mises en vigueur soient accompagnées de mesures d'amélioration des transports en commun et d'une campagne d'information, auprès du public, sur les objectifs globaux visés.