Université Paris Nanterre

200 av. de la République
92001 Nanterre Cedex
www.u-paris10.fr

Ecole doctorale 396 : Economie, Organisation, Société

Membre de l'université Paris Lumières

Hugo Bois

Modélisation et Prospective de la Demande de Mobilité

Thèse présentée et soutenue publiquement le ***06/11/2017***
en vue de l'obtention du doctorat de Sciences économiques
de l'Université Paris Nanterre

sous la direction de M. Alain Ayong le Kama (Université Paris Nanterre)
et l'encadrement de M. Virgile Charton (Groupe PSA)

Jury :

Président :	M Lionel Ragot	Professeur à l'Université Paris Nanterre
Rapporteuse :	Mme Stéphanie Souche	Professeure à l'Université de Lyon
Rapporteur :	M Yannick Perez	Chercheur associé à la Chaire Armand Peugeot
Examinateur :	M Yves Crozet	Professeur à l'Université de Lyon
Membre invité :	M Robert Thai	Ingénieur du Groupe PSA
Membre invité :	M Oliva Patrick	Fondateur du Michelin Challenge Bibendum

Remerciements

Ce travail n'aurait jamais pu être réalisé sans le concours et le soutien de nombreuses personnes que je tiens à remercier.

En premier lieu, Alain Ayong Le Kama, mon directeur de thèse qui m'a accompagné tout au long de ce projet. Tout d'abord en m'aidant à construire mon sujet de thèse, puis à convaincre mon financeur de l'intérêt de ce sujet. Ensuite en m'encadrant sur le plan académique pendant ces trois années.

Je tiens également à remercier chaleureusement Virgile Charton, mon encadrant du Groupe PSA pour son aide indispensable, son encadrement et son accompagnement avant même le début de ce projet. Merci aussi pour toutes ses réunions de travail aussi enrichissantes que constructives.

Dans la continuité, je veux remercier ici Laetitia Ricci, responsable de la prospective dans le Groupe PSA pendant les deux premières années de ma thèse, sans qui ce projet n'aurait jamais pris forme. Merci pour l'efficacité de ses conseils et l'importance de ses retours.

Je tiens aussi à remercier Mihail Soliuc, responsable des doctorants dans le Groupe PSA, sans qui la communauté des doctorants du Groupe PSA n'aurait jamais été si active et autant valorisée.

Je n'oublie surtout pas de remercier Jacques Percebois pour ses relectures précieuses, ses retours constructifs et sa disponibilité pendant la période de rédaction de ce manuscrit.

Merci aussi à Christian De Perthuis de m'avoir accueilli au sein de la Chaire Economie du Climat tous les vendredis pendant plus de trois ans. Cela m'a permis de rester à jour sur les sujets relatifs à l'environnement et à la taxe carbone, mais surtout de découvrir le travail de recherche au sein d'une Chaire.

Merci au laboratoire EconomiX de m'avoir accueilli et à ses professeurs pour leur aide et leurs retours durant les séminaires de recherche. Plus particulièrement à Valérie Mignon qui m'a aidé à gérer les problèmes rencontrés lors de ces derniers mois de thèse, ainsi qu'à Lionel Ragot pour ses conseils et son soutien.

Un énorme merci à Bénédicte Meurisse pour m'avoir soutenu depuis le début de mon projet et avant même celui-ci. Merci pour ses relectures, son soutien moral, son sens de l'organisation et

son efficacité. Merci à elle d'avoir été toujours présente quand j'en avais besoin et sans laquelle la réalisation de ce projet aurait été toute autre.

Merci à tous les doctorants, autres collègues et administratifs qui m'ont entouré pendant ces trois années, ceux de Nanterre (et plus particulièrement le bureau 209), ainsi que ceux de la Chaire Economie du Climat.

Merci à ma famille qui m'a soutenu pendant les périodes quelque peu ardues. Tout particulièrement mon père pour ses conseils précieux, ma mère pour ses relectures, mon frère pour ses conseils pratiques concernant le livrable remis au Groupe PSA et ma tante pour la correction de mon anglais du Chapitre 2.

Merci à tous mes amis qui m'ont donné l'énergie d'aller jusqu'au bout de ce projet.

Merci à Camille qui a été essentielle à mon équilibre pendant ces deux années passées et qui devrait le rester dans celles à venir.

Résumé

Aujourd'hui, essentiellement dans les pays développés, nous passons de la propriété à l'usage et donc du transport à la mobilité. La mobilité est au cœur de la vie des gens et la structure ; elle est source d'externalités positives (activité économique, gain de temps, accessibilité géographique) mais aussi négatives concernant l'environnement (pollutions locales, gaz à effet de serre), le social (inégalités face à la mobilité) et l'économie (perte de temps dans les embouteillages). Il convient alors de s'intéresser aux conséquences sur les attentes des individus, des politiques publiques permettant de réduire ces externalités négatives.

Cette thèse, financée par le Groupe PSA, vise à étudier la demande de mobilité à travers la construction des préférences modales. A cette fin, le Processus d'Analyse Hiérarchique est utilisé pour analyser l'importance des attributs caractérisant les modes de transport et les perceptions de ces attributs pour chaque mode de transport. Un traitement économétrique est alors réalisé concernant les attitudes et les perceptions et différents modèles sont comparés entre eux avec et sans contraintes d'accessibilité. Enfin, une taxe carbone est introduite dans notre modèle à travers un choc de perceptions à court terme pour analyser les changements de préférences modales. Un nouveau moyen de transport est également introduit. La combinaison de ces deux éléments est ensuite analysée sous l'angle des parts modales et des émissions de CO2. Le cadre d'analyse ainsi construit permet de simuler des changements à plus long terme. En d'autres termes, il permet de modéliser l'impact de scénarios prospectifs sur les préférences modales. Ce modèle a été délivré au Groupe PSA afin de lui permettre d'affiner la construction de ses scénarios prospectifs ainsi que leurs connaissances sur la demande de mobilité.

Les résultats principaux sont qu'il faut introduire une taxe carbone suffisamment élevée pour impacter significativement et positivement sur la baisse des émissions de gaz à effet de serre provenant des déplacements. Parallèlement, un nouveau mode de transport situé entre le vélo et le véhicule électrique implique une augmentation de la satisfaction des individus. Au global, si l'objectif est et de réduire les émissions de CO2 dues au transport tout en maximisant la satisfaction des individus, notre modèle nous dit qu'une taxe carbone assez élevée incite à l'innovation et permet donc de faire émerger de nouveaux moyens de transports plus propres et mieux adaptés aux différentes attentes des individus.

Table des matières

Remerciements ***2***
Résumé ***4***
Table des matières ***5***
Introduction générale ***7***
Chapitre 1 : Cadre d'analyse ***11***

Introduction **11**
1. Du transport à la mobilité 11
1.1. Le transport et l'environnement 11
1.2. Le transport et l'économie 13
1.3. Le transport et la mobilité 16
1.4. La mobilité et le choix modal 18
2. Les modèles 21
2.1. Le modèle standard 21
2.2. Les modèles de choix binaire 22
2.3. Les modèles de choix multinomial 22
2.4. Le modèle spatial et le modèle d'activité 23
2.5. Les modèles comportementaux 24
3. Les typologies 25
3.1. Les différentes situations de déplacement : Les motifs 26
3.2. Les différentes variables de décision : Les attributs 28
3.3. Les différentes alternatives de déplacement : Les modes de transport 38

Conclusion **42**

Chapitre 2 : A new behavioral framework to analyze preference construction and decision processes within the modal choice ***44***

Abstract **44**
1. Introduction 44
2. Previous research and contribution of this work 46
3. Conceptual framework 49
3.1. Activities 54
3.2. Attributes 54
4. The Analytic Hierarchy Process (AHP) method 55
4.1. Attitudes: relative measurement 56
4.2. Perceptions: absolute measurement 61
4.3. Preferences 63
5. Decision rules 64
6. Conclusions and future research 69

Chapitre 3 : L'enquête et les résultats ***71***

Introduction **71**
1. L'enquête 71
1.1. Les données 72
1.2. L'échantillon 75
1.3. Le travail avec l'Institut 79
2. Les statistiques descriptives 80
2.1. Traitement de la base de données 81

2.2. Les statistiques descriptives remarquables 83
3. Les résultats économétriques 96
3.1. Les modèles logit polytomiques non ordonnés 96
3.2. Le regroupement des modes et les pré-tests 97
3.3. Les attitudes 98
3.4. Les perceptions 103
3.5. Test des scores de préférence et prédictions 110

Conclusion 113

Chapitre 4 : Les enseignements 115

Introduction 115
1. Les différentes règles de décision 115
1.1. Les modèles compensatoires 115
1.2. Les modèles non-compensatoires sous contraintes 125
1.3. Les seuils de perceptions et l'aversion pour le risque 130
2. La modélisation des chocs 133
2.1. Taxe carbone 134
2.2. Nouveau mode de transport 142
2.3. Interaction entre taxe carbone et le nouveau mode de transport sous l'angle stratégique du constructeur 146

Conclusion 153

Conclusion générale 155
Bibliographie 162
Liste des figures 174
Liste des tableaux 175
Annexes 179

Annexe 1 : La typologie des motifs de l'Enquête Nationale Transports et Déplacements (2008) de l'INSEE 179

Annexe 2 : Le questionnaire 180

Annexe 3 : Les facteurs d'émissions de CO2 188

Annexe 4 : Les statistiques descriptives détaillées 189

Annexe 5 : Tableau de valeurs de l'Indice aléatoire de cohérence (Franek et Kresta, 2014) 198

Annexe 6 : Les résultats économétriques détaillés des attitudes 199

Annexe 7 : Les tests de multicolinéarité 214

Annexe 8 : Les tableaux détaillés des reports modaux 225

Introduction générale

L'objectif de cette thèse est triple : analyser les attentes individuelles, modéliser la demande de mobilité et modéliser des scénarios prospectifs afin de s'intéresser aux conséquences sur l'innovation, des politiques publiques permettant de réduire les externalités négatives liées à la mobilité telle que la taxe carbone.

Nous commençons par justifier l'intérêt du sujet des transports dans le premier chapitre en développant leurs liens avec l'environnement à travers les externalités négatives engendrées, avec l'économie à travers les pertes économique liées, avec la société à travers la notion de mobilité et enfin avec le choix modal à travers les attentes individuelles et les préférences. Ce sujet est de première importance puisqu'il concerne tous les individus sans exception. Plus généralement, c'est la mobilité qui nous intéresse dans cette thèse et plus précisément le choix modal. Nous présentons alors les outils économiques existants à travers les différents modèles utilisés dans la littérature. Pour ce faire, nous commençons par le modèle standard et les modèles de choix binaires et multinomiaux, puis nous poursuivons avec les modèles spatiaux et les modèles d'activité en finissant par les modèles comportementaux. Après cette brève revue de la littérature, nous choisissons de retenir le cadre d'analyse de Ben-Akiva & Boccara (1987) en utilisant le Processus d'Analyse Hiérarchique de Saaty (1977). Ce choix est justifié par la flexibilité de cette méthodologie et de son degré de finesse d'analyse concernant la construction des préférences modales. Il est en effet judicieux d'utiliser un modèle flexible pour répondre à la complexité de la question du choix modal. Pour souligner cette complexité, nous présentons les différentes typologies retenues dans cette thèse. Il est en effet primordial de définir à priori ce que l'on veut analyser et quel type de résultats nous voulons obtenir. Nous commençons ainsi par présenter la typologie des motifs de déplacement que nous avons retenus dans cette thèse. Ceci afin de capter les impacts des différentes situations de mobilité sur les attitudes individuelles. Nous continuons alors par détailler notre typologie des attributs et sous-attributs. Nous finissons par celle des modes de transports, c'est-à-dire des alternatives de déplacements prises en compte dans cette thèse.

Après avoir introduit la problématique de cette thèse et justifié son intérêt, nous construisons une méthodologie adéquate afin d'y répondre dans le Chapitre 2. Dans cette contribution, nous essayons d'expliquer au mieux le processus décisionnel du choix modal en construisant un cadre

d'analyse basé sur le Processus d'Analyse Hiérarchique de Saaty (1977) et sur le cadre comportemental développé par Ben-Akiva & Boccara (1987). En ce qui concerne le Processus d'Analyse Hiérarchique, nous nous servons de la mesure relative pour quantifier les attitudes à l'égard du choix modal et de la mesure absolue pour quantifier les perceptions des modes de transport. Il en résulte une hiérarchie des préférences que nous utilisons afin de lui appliquer différents modèles tels que le modèle linéaire compensatoire standard, les modèles non-compensatoires (conjonctif, disjonctif, lexicographique) et ainsi d'améliorer l'analyse de la structure de la demande de mobilité. Nous estimons que ces approches non-compensatoires sont mieux adaptées pour comprendre les impacts de chacun des attributs. L'objectif de ce cadre d'analyse est de comprendre la construction des préférences modales, modéliser la demande de mobilité et pouvoir introduire des « chocs » pour construire des scénarios prospectifs. Nous construisons ainsi un cadre d'analyse très flexible qui nous permet de répondre à ce triple objectif.

Après la présentation de notre méthodologie, nous présentons dans le Chapitre 3, l'enquête, les statistiques descriptives ainsi qu'une analyse économétrique. Pour ce faire, nous élaborons un questionnaire pour récolter les données adéquates. Dans un premier temps, nous définissons le type de données dont nous avons besoin dans notre modèle, ainsi que le périmètre géographique et sociodémographique de l'enquête et les critères de représentativité de l'échantillon. Nous retenons le périmètre France, les individus de plus de 18 ans et les trajets du quotidien. Dans un deuxième temps, nous sélectionnons l'Institut de sondage pour nous aider à améliorer l'ergonomie du questionnaire, à le tester en condition réelle, à l'amender, le peaufiner et enfin le valider et le diffuser. Nous nettoyons ensuite la base de données issue de l'enquête, nous imputons les données d'attitudes manquantes et calibrons les parts modales issues de notre enquête sur les parts modales réelles. Nous présentons ensuite les statistiques descriptives générales concernant les fréquences, les distances et durées, les attitudes, les perceptions, les préférences, le portefeuille modal, les parts modales, les occupations, l'immobilité, la propension au changement et enfin l'indice de satisfaction. Pour chacun de ces items, nous soulignons les résultats marquants (phénomène d'âge, de revenu, de localisation, etc.). Nous vérifions alors la cohérence de nos résultats pour valider la qualité de nos données et par conséquent celle des réponses comme par exemple le fait que plus les individus ont un revenu élevé, plus ils ont d'alternatives possibles pour se déplacer. Pour compléter ce traitement des données, nous réalisons un traitement économétrique en utilisant le modèle logistique conditionnel multinomial ou modèle de McFadden. Ce traitement nous permet

d'analyser la significativité des odds-ratios, ainsi que l'importance des effets marginaux concernant les perceptions et les attitudes. Il en ressort que les perceptions de l'Efficacité et de la Simplicité sont significatives quant au choix modal quel que soit le motif de déplacement. S'ajoute à cela la perception du Coût concernant le motif Domicile-Travail qui s'explique par la fréquence de ce type de trajet. En effet, une variation négligeable du coût par trajet implique au global un montant non négligeable. Pour terminer, la significativité des scores de préférences, ainsi que la prédictibilité du modèle nous assurent de la robustesse de nos scores de préférences modales. Cela nous conforte alors sur notre choix du Processus d'Analyse Hiérarchique.

Dans le Chapitre 4, nous testons les différentes règles de décision, puis introduisons des chocs dans notre modèle. Dans un premier temps, nous présentons les résultats de prédictibilité, d'explicativité et de reports modaux du modèle linéaire standard sans contraintes. L'intérêt réside ici dans la possibilité de comparer les choix réels aux choix « utopiques », c'est-à-dire lorsque les individus utilisent leur mode de transport préféré sans contrainte d'accessibilité. Nous ajoutons ensuite un ensemble de contraintes à notre modèle, afin de représenter les reports modaux possibles en situation « réelle » (sous contraintes d'accessibilité). Pour aller plus loin dans notre analyse, nous testons la non prise en compte d'un ou plusieurs attributs, puis les différentes règles de décision (lexicographique, disjonctif et conjonctif). Nous validons ainsi l'importance des attributs Efficacité et Simplicité dans le processus de choix modal, à l'inverse du Coût dont les résultats sont plus ambigus. Nous testons enfin la présence d'un effet de seuil de perceptions, ainsi que celle d'une aversion pour l'incertitude qui s'avèrent existés tous les deux. Dans un deuxième temps nous introduisons deux types de chocs dans notre modèle pour analyser leurs effets séparés et combinés sur les parts modales, sur les émissions de CO2 et sur la satisfaction des individus. Le premier type de choc est une taxe carbone dont nous testons trois niveaux d'impacts différents sur les perceptions du Coût des modes carbonés. Le deuxième choc est l'introduction d'un nouveau mode de transport positionné entre le vélo et le véhicule électrique. Ensemble, l'introduction de la taxe carbone et du nouveau mode de transport permettent une baisse des émissions de CO2 non négligeable si la taxe carbone est assez élevée, ainsi qu'une augmentation moyenne de la satisfaction des individus. Une taxe carbone assez élevée incite donc à l'innovation et permet de faire émerger de nouveaux moyens de transports plus propres et mieux adaptés aux différentes attentes des individus.

Après avoir conclu, nous soulignons la richesse des modélisations possibles à travers plusieurs exemples tels que l'intérêt croissant pour l'écologie, l'urbanisation ou le vieillissement de la population. La prise en compte de ces phénomènes comportementaux ou structurels est essentielle dans la construction de scénarios prospectifs de qualité. Nous montrons enfin que nous pouvons aussi fixer des objectifs de parts modales, d'émissions de CO2 ou de satisfaction dans notre modèle et ceci afin d'analyser les situations possibles qui permettent d'atteindre ces objectifs. Tout ceci nous aide à confirmer l'intérêt de cette thèse pour les décideurs publics, mais aussi pour les constructeurs et plus généralement les acteurs du secteur de la mobilité.

Chapitre 1 : Cadre d'analyse

Introduction

L'objectif de ce premier chapitre est de préciser le positionnement de cette thèse dans la littérature existante. Pour ce faire, nous réalisons tout d'abord un état des lieux du transport en décrivant son lien avec l'environnement et plus précisément les externalités négatives engendrées. Nous continuons par le lien entre le transport et l'économie puis la société pour enfin arriver à la mobilité et plus précisément à la problématique du choix modal. Nous faisons ensuite une revue de la littérature autour des différentes possibilités de modélisation de la demande de transport. Pour ce faire, nous développons les différences entre les modèles standard, de choix binaire, de choix multinomial, spatial, d'activité puis comportementaux. Enfin, nous replaçons la problématique de cette thèse dans son contexte en précisant la diversité des situations de déplacements à travers une typologie des motifs. Nous établissons ensuite la typologie des attributs que nous avons retenus et pour finir, nous vous présentons la typologie des alternatives de déplacement prises en compte dans cette thèse.

1. Du transport à la mobilité

1.1. Le transport et l'environnement

La relation entre les transports et l'environnement est assez complexe et plutôt directe. Ces derniers sont la source de plusieurs types de pollutions ou plus généralement de nuisances (Héran, 2001), tant locales que globales (Bavoux & al., 2005) qui ont un impact sur la santé publique (Hennessy & Wiesenthal, 1997). Les nuisances générées par les transports au niveau local sont principalement le bruit (autoroutes, aéroports, voies ferrées, mais aussi boulevards et avenues) (Garling et al., 2002, CEMT, 1963), la pollution locale de l'air (monoxyde de carbone (CO), oxydes d'azote (NOx), oxydes de soufre (SOx), composés organiques volatiles (COV), particules fines (PM),…), la modification des paysages (routes segmentant l'espace de biodiversité, expropriations pour nouvelles infrastructures à l'origine du syndrome « Not In My Back Yard (NIMBY) » ainsi que le risque d'accidents mortels ou non. Pour finir, nous pouvons ajouter que le transport encombre la voie publique, qu'il crée par conséquent des embouteillages, eux-mêmes générateurs

de gaspillage d'énergie et de temps. Afin d'étayer nos propos, d'après l'Inrix, en France, pour l'année 2013 uniquement, on estime à 17 milliards d'euros la perte sèche due à l'usure accélérée des véhicules, au gaspillage de carburant ainsi qu'aux heures de travail perdues. Cela représente en moyenne près de 2000 euros par foyer et par an. Ce phénomène risque de s'accentuer à causer des attentes des individus qui sont « plus loin, plus vite, plus souvent, moins longtemps » (Crozet, 2016)

Concernant les pollutions globales, le transport représente à lui seul en 2014 plus de 20% des émissions de CO2 dans le monde et plus de 40% en France (OCDE/IEA, 2014). Selon les différents rapports du GIEC et Boiteux & Baumstark (2001), les émissions de dioxyde de carbone (CO2) sont un facteur reconnu du réchauffement climatique. Il faudrait être plus précis ici en parlant d'équivalent CO2 car d'autres gaz émis par le transport sont considérés comme des gaz à effet de serre (GES) tels le méthane (CH4), le protoxyde d'azote (N2O) et les composés fluorés (HFC, PFC, SF6) (Garling & al., 2002, Walsh, 1993, Katzev, 2003). Cette problématique des pollutions globales est prise de plus en plus au sérieux à cause de son lien avec la hausse des températures. L'Etat français a pour objectif de diviser par quatre ses émissions (tous secteurs confondus) d'ici à 2050 sur la base des émissions de l'année 1990. Cela concerne tous les secteurs d'activité dont le secteur du transport. Le constat actuel est que tous les secteurs ont diminué leurs émissions de GES sauf celui du transport qui continue d'augmenter inlassablement. Plus généralement, les impacts globaux des nuisances du transport ont pour conséquence une fragmentation des espaces, des écosystèmes et donc un appauvrissement de ces derniers.

Ces nuisances sont aussi appelées externalités négatives. Ces dernières peuvent être considérées comme un cas particulier de défaillance de marché. Pour les corriger, l'intervention publique est donc nécessaire. En effet, la théorie économique nous explique que l'activité économique s'organise par le jeu de l'offre et la demande. Si l'on reprend l'origine sémantique des infrastructures de transport, nous pouvons affirmer, malgré la redondance, qu'elles sont structurantes et même productives (Easterly & Rebelo, 1993). A tel point qu'elles sont laissées à la responsabilité de la puissance publique du fait de leur rôle de régulation des activités économique et de la vie collective, sociale. Si l'on veut élargir un peu le sujet, l'Etat est le seul acteur à pouvoir corriger ces externalités. Afin de quantifier ces dernières, le concept de coût généralisé est utilisé. Ce coût généralisé intègre ainsi les externalités négatives en convertissant tout en euros. Il existe

aussi le concept de vitesse généralisée sociale où l'on converti tout en kilomètre par heure en intégrant les coûts externes (Crozet, 2016). Les possibilités sont nombreuses (Bonnel, 1995) : un urbanisme plus réfléchi, une offre modale plus adaptée, des normes incitant à un progrès technologique et technique provenant des entreprises privées (efficacité énergétique, réduction du bruit, filtre à particule…) ou un signal-prix qui dirigerait les investissements et les choix modaux vers un transport moins émetteur de GES (taxe carbone, subventions aux transports collectifs…). Pour finir sur une note optimiste, nous pouvons donner l'exemple des gaz chlorés (CFC) et bromés (halons), responsables du trou de la couche d'ozone qui ont été interdits en 1996 par la communauté internationale grâce au protocole de Montréal signé en 1987. Depuis cette interdiction, la couche d'ozone se reconstitue. Un autre exemple pourrait être le découplage entre l'augmentation du nombre de trajets et du nombre de véhicules sur la route et la diminution drastique des accidents de la route. Ceci est la conséquence d'une politique volontaire à travers la mise en place de radars et de contrôles d'alcoolémie mais plus historiquement, par l'obligation du port de la ceinture de sécurité. Les bénéfices sont bien sûr d'abord financiers (procès-verbaux, moins d'accidents..), mais aussi environnementaux (réduction de la vitesse donc du bruit, des embouteillages et des émissions de GES), puis sanitaires et psychologiques (moins de morts, conduite plus souple, moins de stress…) (Hennessy et Wiesenthal, 1999).

1.2. Le transport et l'économie

Le transport et l'économie sont deux notions que l'on pourrait qualifier d'« interdépendantes » ou de « réciproques ». L'économie est l'ensemble des activités relatives à la production, à la distribution et à la consommation des richesses. Quant au transport, c'est l'action de porter d'un lieu à un autre. Il semble plutôt évident que le transport est un outil indispensable à l'économie. Nous pouvons prendre l'exemple d'un employé qui doit se rendre sur son lieu de travail ou bien un consommateur qui doit se rendre sur le lieu de consommation ou encore un bien ou un service qui doit être distribué (et donc transporté). Afin d'étayer notre propos, il existe en économie, un cadre d'analyse de concurrence pure et parfaite (CPP) impliquant plusieurs hypothèses dont celle de la mobilité des facteurs de production. Nous reviendrons sur la notion de mobilité dans la partie suivante. Malgré tout, à ce stade, nous pouvons affirmer que sans le transport de manière générale,

les actions de production, de distribution et de consommation seraient bien plus compliquées voire impossibles.

Le transport est considéré comme un bien en économie. Toutefois, techniquement, il se rapproche plus du service que du bien. C'est pour cela qu'on l'appelle bien immatériel. Le transport est aussi un bien intermédiaire, car il est rarement demandé en soi pour soi (à l'exception des sports de glisse comme le surf ou le skateboard par exemple où l'utilité du transport provient du plaisir des sensations procurées par le phénomène de glisse). Le transport est considéré comme un bien à forte intensité capitalistique car il met en jeu des infrastructures (routes, rails, aéroports, trottoirs…), des intrants (carburants, électricité…), du travail et du temps. En effet, tous les biens sont capitalistiques, mais le transport l'est plus que la moyenne des autres biens, surtout des autres biens immatériels. Attardons-nous un peu sur le travail. Lorsque l'on parle de travail dans le transport, nous pensons au chauffeur de poids lourds, aux cheminots, aux conducteurs de bus…Tout cela est vrai, mais nous oublions sans cesse notre propre travail, le fait de conduire notre voiture ou notre vélo, d'utiliser nos pieds pour marcher. Notre corps fournit un travail pour se déplacer quel que soit le mode de transport. Ce travail est très souvent oublié dans les raisonnements économiques. C'est une forme d'autoconsommation et nous savons bien que la comptabilité a des difficultés à prendre en compte cette notion. Après le travail, nous avons cité le temps. En effet, le transport mobilise du temps. Ce temps peut être productif, perdu, optimisé mais dans tous les cas, consommé (Mokhtarian, 2005). Il sera donc une de nos variables d'intérêt dans cette thèse. Une autre caractéristique du transport, déjà notée dans la partie précédente, est son inscription dans le long terme. Cela est dû à la lourdeur et l'inertie des infrastructures. Plus d'une décennie peut s'écouler entre la décision de création de l'infrastructure, sa mise en œuvre et sa mise en service. Ainsi, l'offre de transport s'inscrit dans le long terme. Il possède aussi une dimension géographique non négligeable, c'est-à-dire qu'il ne peut pas s'additionner dans l'espace (alors qu'une production de chaises par exemple, peut se situer dans deux lieux différents et s'additionner grâce au transport).

Le transport étant considéré comme un bien, l'économie nous dit que plus l'on consomme un bien, plus notre utilité augmente. Certes, mais concernant le transport et la notion de temps vue précédemment et sachant qu'une journée n'a que 24 heures, nous pouvons affirmer que c'est en majorité un moyen de réaliser une activité. La consommation de transport ne peut donc être infinie.

L'origine de la demande de transport est donc économique et réciproquement, c'est le transport qui développe l'économie. Pour preuve, Adam Smith a développé le concept du canal « infrastructures – transport – échange – développement » (Joignaux & Verny, 2003). Ce canal est un cadre d'analyse encore d'actualité. En effet, les échanges permettent de se spécialiser donc de réaliser des économies d'échelle, d'acquérir un avantage comparatif qui diminue les coûts de production. Les échanges engendrent donc la croissance et le transport est par conséquent un facteur essentiel de la croissance. Sans transport, point d'échange. Prenons un exemple en revenant sur l'hypothèse de CPP de la mobilité des facteurs de production. Si le transport permet de réaliser cette hypothèse, l'adéquation entre offre et demande sur le marché du travail permettra une meilleure allocation des ressources et donc une meilleure productivité (Dupuy & Burmeister, 2003) C'est pourquoi nous pouvons considérer le transport comme un « lubrifiant » de l'économie (Keho, 2005). De manière plus générale, le transport est une condition nécessaire au développement de l'économie, mais pas suffisante.

Nous avons vu dans la partie précédente que l'intervention de la puissance publique se justifie par les externalités négatives produites par le transport (Cohen & Dron, 1995). Pour rappel, il existe trois types d'instruments qui permettent d'intervenir sur ce secteur. Le premier est institutionnel et l'exemple le plus simple est l'ouverture à la concurrence afin d'améliorer la productivité de ce secteur. Le deuxième est réglementaire et nous l'avons déjà évoqué dans la partie précédente à travers les normes environnementales par exemple ou le port de la ceinture de sécurité. Le dernier instrument est financier et peut prendre la forme d'une taxe (sur le carburant) ou d'une subvention (sur les transports en commun) afin de créer un signal-prix. Outre les arguments pour l'environnement, l'argument principal est ici économique. C'est le problème de la congestion qu'il faut régler. Pour faire simple, plus il y a de véhicules, plus la vitesse est faible et plus le coût est élevé. Il revient donc aux individus concernés de payer cette externalité, c'est-à-dire de faire payer le coût social marginal à l'optimum, et non à l'équilibre. Un péage idéal devrait donc varier en fonction du temps et de la localisation, ce qui dans la pratique est très compliqué à mettre en place à moindre coût. Même si le transport ne doit pas être dicté uniquement par des considérations économiques, les concepts mobilisés en économie nous permettent ici d'éclairer la problématique du transport.

1.3. Le transport et la mobilité

Comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, le transport est un outil essentiel à l'économie mais aussi à la sociologie, à l'anthropologie et à la politique. Il permet aux individus d'étudier, de travailler, de réaliser les tâches courantes tels que les achats et services, d'accompagner des enfants ou personnes âgées, de se divertir, en somme de vivre. La critique pourrait porter ici sur le fait que les déplacements ne sont pas toujours obligatoires. En effet, il existe trois dimensions du transport. La première est le transport de personnes et de marchandises. Elle permet principalement le dépaysement et la découverte de lieux. La deuxième dimension est la télécommunication au sens large du terme. Nous incluons ici le courrier, le déplacement de l'information de manière générale. Cette dimension permet l'accessibilité à l'information de manière efficace tout en limitant les charges déplacées. La dernière dimension est la coprésence, aussi appelée le non-déplacement. Elle favorise la serendipité, c'est-à-dire le fait de trouver ce que l'on ne cherche pas, mais elle favorise également la relation sociale en face à face, c'est-à-dire l'altérité à des corps. Ces trois dimensions permettent l'accessibilité à des biens, des services, des informations et des activités. Elles sont interdépendantes et complémentaires. Les individus habitent un lieu, un espace (coprésence), tout en se déplaçant pour réaliser des activités (transport de personnes et de marchandises) et en ayant la possibilité de s'informer au préalable (télécommunication).

Le transport dans son ensemble, évolue pour, par et avec la société (étalement urbain, centre-ville piétons, tourisme…). Cette évolution peut être caractérisée par deux types de métriques. La première est la métrique territoriale qui permet au transport d'être continu dans un espace plutôt homogène. La deuxième est la métrique réticulaire basée sur les points d'accès sur un territoire plutôt hétérogène. Ces deux métriques sont la base du développement territorial de la société et définissent le transport dans son offre et la société dans sa structure. Nous pouvons parler ici de la problématique d'accessibilité pour le périurbain, de la densité d'offre en milieu urbain ainsi que de la dépendance à la Voiture Particulière dans les espaces ruraux. Côté demande, l'une des deux métriques les plus importantes est le temps. C'est une variable nécessaire si l'on veut parler de transport. Le temps se réfère à la notion de rapidité, de vitesse, d'accessibilité, de confort. Il est perçu différemment selon l'objectif du déplacement et la possibilité de valoriser ou non la durée du déplacement. La deuxième métrique côté demande est la métrique monétaire ou plus généralement le coût. Ces deux aspects du transport que sont le temps et le coût, sont déterminants

dans l'analyse du secteur du transport et dans les choix de société. Historiquement, le temps ou plus précisément, la vitesse était un marqueur social. Posséder un cheval faisait de vous un chevalier, avoir une voiture au début du XXème siècle vous conférait un statut social d'importance.

Le développement technique des systèmes de transport ont permis de s'affranchir en partie des distances à travers un monde aujourd'hui polycentré autour des grandes métropoles aéroportuaires. Ainsi, avec le développement en parallèle des télécommunications, la société supprime petit à petit les distances. Vincent Kaufman a développé la notion de « motilité ». C'est la propension au mouvement, la capacité de déplacement relative aux opportunités présentes, la facilité d'activation d'un mode. Il existe un ensemble des possibles (virtualité) et seuls certains déplacements sont effectués (réalité). Est inclue dans cette notion de motilité, la sérendipité évoquée plus haut. L'exemple le plus significatif est celui d'un trajet quelconque réalisé avec soit les transports en commun et la marche à pieds, soit la Voiture Particulière. Dans le premier cas, l'individu se confronte à la société aléatoirement et interagit de manière passive ou active avec elle. Le champ des possibles est alors illimité. A l'inverse, avec une Voiture Particulière l'individu se retrouve en vase clos et ne peut interagir avec la société, le monde extérieur. Son champ des possibles est alors réduit. Pour aller plus loin encore, si l'individu décide de faire venir l'objet ou l'information jusqu'à lui, la sérendipité est nulle.

A travers ces notions de motilité et de sérendipité, nous pouvons affirmer que le transport est un outil de développement pour la société, que la société est une cause du développement du transport et finalement, que les deux évoluent de façon interdépendante. Le transport est alors dans la stratégie de chaque acteur de la société (entreprises, individus, collectivités…). L'accès au transport a toujours été une problématique centrale dans notre société. Historiquement, il y avait une volonté d'égalité d'accès au transport et donc une stratégie publique autour de ce secteur. Aujourd'hui, l'égalité fait place à l'équité, c'est-à-dire à une hiérarchie du système de transport et à un équilibre entre offre publique et stratégie privée (habitat, possession d'un véhicule particulier…). Deux possibilités d'urbanisme s'offrent alors à la société. La ville « dense », rassemblée (Amsterdam) ou la ville « éclatée » (Johannesburg). En fonction du régime d'urbanisation, le système de transport sera différent. Il convient alors d'éviter la vision « technique » du transport en résolvant les problèmes à posteriori, ce qui impliquerait le

renforcement de l'inertie du développement du transport et donc l'interdiction d'un changement de société.

C'est pourquoi, nous parlerons à présent de mobilité plutôt que de transport, afin de faire référence à l'individu et à sa complexité et non pas au système technique permettant d'aller d'un point A à un point B. Nous sommes en effet passés d'un mode de gestion centrée de la mobilité autour du lieu d'habitation, à une gestion décentrée sans hiérarchie entre les lieux de vie, et enfin à une gestion réticulaire, c'est-à-dire un imbriquement fluide des lieux grâce à internet et aux tiers-lieux. La question de la mobilité est aujourd'hui centrale dans le débat de par ces externalités négatives, vues précédemment. En grossissant un peu le trait, il existe trois visions autour de la mobilité et donc du développement de la société. La première est la vision agro-industrielle qui considère le droit à la mobilité comme une liberté fondamentale et comme source de croissance économique. La deuxième est la vision néo-naturaliste qui considère la mobilité comme négative car ayant des impacts négatifs sur l'environnement et qui prône une réduction de la mobilité. La dernière pourrait être qualifiée de post-matérialiste en considérant la mobilité comme un choix humaniste et potentiellement sans effets négatifs sur l'environnement. Nous constatons bien que le débat est complexe et que les lignes de frictions sont multiples au sein même de la société.

1.4. La mobilité et le choix modal

La question majeure concernant la problématique de la mobilité est la question du choix modal. Plus précisément, c'est la compréhension de la construction des préférences, du processus de choix et donc des variables de décision qui intéressent les décideurs publics, les constructeurs automobiles et plus généralement les acteurs du secteur des transports. Dans sa thèse, Rocci (2007) s'est intéressée à cette question et a ainsi produit un schéma synthétique de la « logique modale » :

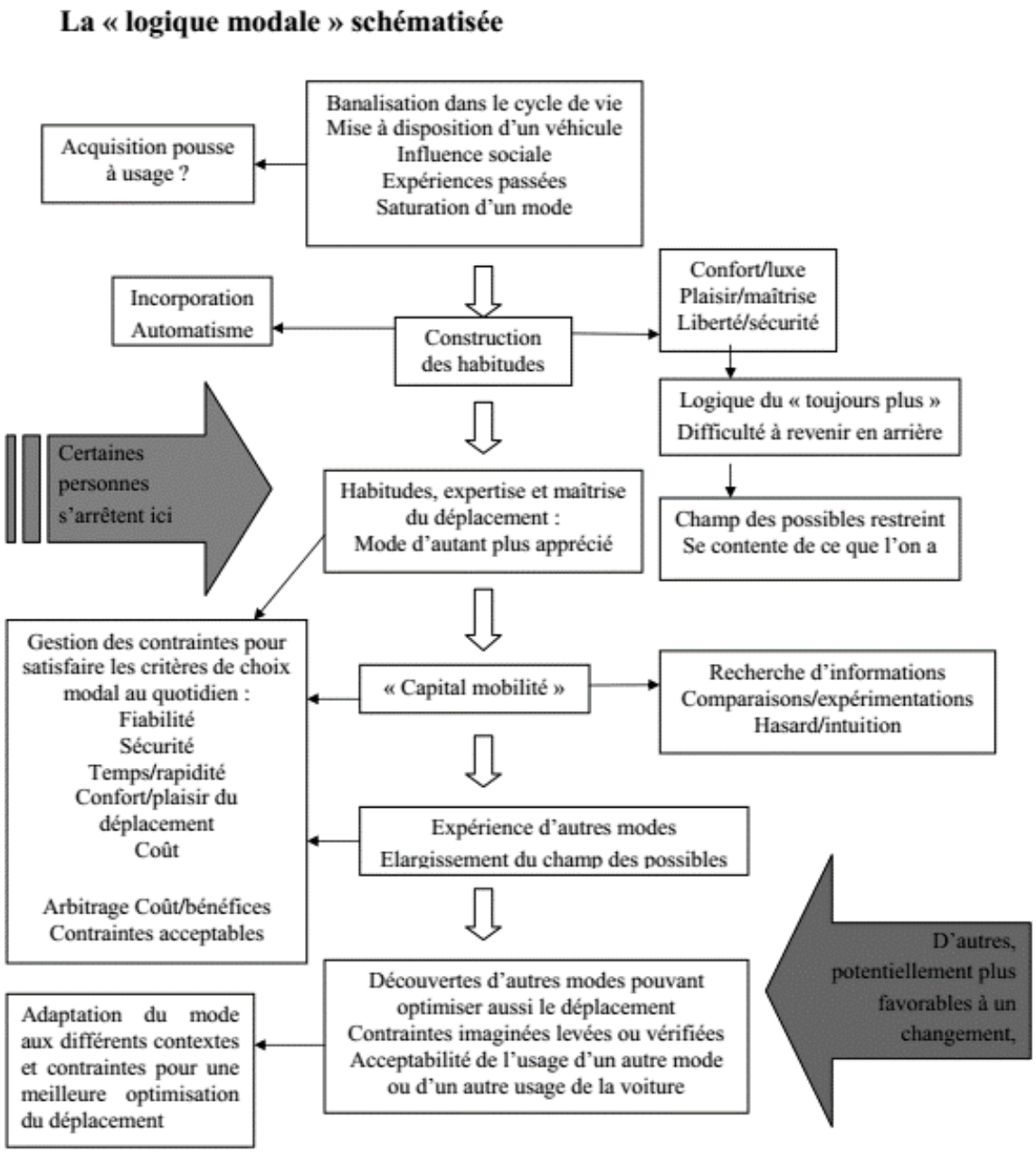


Figure 1 : La logique modale schématisée (Rocci, 2007)

Nous voyons clairement grâce à ce schéma la complexité de la logique modale. De plus, ce schéma est synthétique ce qui signifie

A cette complexité s'ajoute le fait que les individus veulent de moins en moins payer pour posséder leur mode de transport, mais plutôt pour le service rendu par l'usage de ce mode. Nous appelons ce phénomène ou ce nouveau paradigme « de la possession à l'usage ». Ainsi, un même mode de transport tel que l'automobile par exemple peut prendre la forme de différents services de

mobilité comme l'autopartage, le covoiturage, le taxi ou le véhicule personnel. Nous commençons ici à entrevoir la réelle complexité de la question du choix modal. Dans cette thèse, nous nous intéressons donc au service de mobilité et non au moyen de transport physique.

Derrière la question du choix modal se cache la notion d'équité. D'après Raux & Souche (2001), il existe trois notions d'équité : l'équité spatiale ou territoriale qui représente le principe de liberté de déplacement, l'équité horizontale représentant le principe d'égalité d'opportunité et l'équité verticale qui représente le principe de différence pour maximiser le bien-être des plus désavantagés. L'équité (avec l'efficacité économique) est fondamentale quant à l'acceptabilité des offres de mobilité. Malgré tout, l'acceptabilité n'est qu'une condition essentielle mais pas suffisante à un changement de choix de mode de transport. En effet, les facteurs de changement de pratiques modales sont très nombreux. D'après Rocci (2007), ces facteurs peuvent être regroupés en cinq dimensions que sont les normes sociales, le vécu et image des modes, les contraintes, le « capital mobilité » et les effets de rupture. De plus, chaque dimension contient au minimum sept facteurs.

Après avoir analysé les relations entre le transport et l'environnement, le transport et l'économie, le transport et la mobilité et la mobilité et le choix modal, nous pouvons conclure que la réponse à la problématique du choix modal réside dans une analyse plus fine de la demande sociétale à travers l'outil économique à l'aune de la problématique environnementale. La plupart des études de terrains concernant le choix modal se focalisent sur le choix réel, c'est-à-dire sur les préférences révélées alors que nous voulons nous intéresser aux attentes individuelles, c'est-à-dire aux préférences déclarées. Afin d'analyser la demande de mobilité, nous nous intéressons donc aux attentes individuelles et donc déclarées. Ce fait est supporté par Kroes & Sheldon (1988) Malgré les biais qui existent autour du déclaratif, nous faisons l'hypothèse dans cette thèse que ce que déclarent les individus est vrai. Nous justifions cette hypothèse par le fait que si quelqu'un nous affirme par exemple qu'il préfère le rouge au bleu, nous n'avons aucun moyen de le vérifier et nous considérons alors l'information comme vraie.

Comme nous avons pu le constater, la mobilité est un vaste sujet. Plus spécifiquement dans cette thèse, l'objectif est triple : Analyser les attentes individuelles; Modéliser la demande de mobilité; Modéliser des scénarios prospectifs. Nous avons donc besoin de choisir le modèle qui y

répond le mieux et de définir à priori les typologies que l'on veut utiliser pour préciser le périmètre de notre analyse.

2. Les modèles

Les modèles de choix tentent de modéliser le processus de décision d'un individu via des préférences révélées ou des préférences déclarées dans un contexte général ou des contextes particuliers. En règle générale, il tente d'utiliser des choix discrets afin d'inférer les positions des alternatives sur une même échelle d'utilité. Les modèles de choix discrets présentent comme caractéristique majeure le fait que la variable d'intérêt est dite « discrète », c'est-à-dire qu'elle ne prend pas une valeur continue. Ce type de modèle est donc adapté aux questions de choix qualitatif. Notre thèse en est le parfait exemple avec le choix d'un mode de transport. Nous ne pouvons en effet classer les modes de transport sur une échelle continue, cela n'aurait aucun sens. Nous pouvons aussi prendre l'exemple de Souche (2010) qui cherche à mesurer les déterminants structurels de la demande de trajet en milieu urbain. Pour ce faire, elle utilise comme variables explicatives les quantités de biens ou de service disponibles, le coût du trajet, le revenu du ménage, la distribution (densité urbaine) et le temps d'attente pour les transports en commun.

En opposition au modèle standard, il existe les modèles de choix discrets dont les modèles de choix binaire, les modèles de choix multinomial, le modèle spatial, le modèle d'activité ainsi que les modèles comportementaux. Nous vous les présentons ici à travers leurs particularités, leurs limites et leurs pertinences vis-à-vis de notre problématique du choix modal.

2.1. Le modèle standard

Pour expliquer en termes économiques pourquoi tel individu fait tel choix plutôt qu'un autre, les modèles dérivés de la théorie standard du consommateur sont inopérants. Pour preuve, rappelons que, dans la théorie standard, les individus sont supposés maximiser leur utilité, qui dépend des quantités de biens qui leur sont offerts et qu'ils sont susceptibles d'acheter. Ces biens ont des prix. Comme les individus ont des ressources limitées, la maximisation se fait sous contrainte budgétaire: les individus arbitrent entre les différentes quantités de biens compte tenu de leurs ressources et des prix de ces biens. Le résultat de l'arbitrage conduit à demander des quantités optimales, qui maximisent l'utilité sous contrainte de budget. Ce calcul d'optimisation repose sur le fait que les quantités sont continues, ce qui permet d'évaluer les variations de l'utilité

à des petites variations de quantités pour trouver le maximum de l'utilité. Cette démarche ne peut être appliquée à des questions comme le choix d'un mode de transport, parce que l'individu n'arbitre pas entre des quantités de biens, mais entre des options possibles. La théorie standard n'est pas applicable à cause du caractère fondamentalement discret du choix. Il faut donc des modèles spécifiques. Ce sont les modèles de choix discrets (Ben-Akiva & Lerman, 1985).

2.2. Les modèles de choix binaire

Les modèles de choix binaire sont comme leur nom l'indique, des modèles dans lesquels le choix ne peut prendre que deux valeurs, en général 0 ou 1, vrai ou faux, voiture ou transports en commun. L'utilité *Un* (ou le bénéfice net) procurée à l'individu *n* par le fait de réaliser le choix (en opposition au fait de ne pas le réaliser) dépend des caractéristiques observées et non observées de cet individu *n*. On considère que le terme non observé a une distribution logistique dans les modèles logit et une distribution normale dans les modèles probit.

Il existe une extension de ces modèles qui permet d'utiliser des variables spécifiques aux deux alternatives de choix. Dans ce cas, l'utilité dépend des attributs de l'alternative (possiblement en interaction avec les caractéristiques de l'individu). On considère que les termes non observés ont une distribution de valeur extrême. La différence entre les deux termes non observés est considérée comme distribuée logistiquement dans les modèle logit et normalement dans les modèles probit.

Ces modèles sont souvent utilisés en économie, mais ne répondent pas à notre volonté d'avoir un ensemble d'alternative assez large (au moins supérieur à deux).

2.3. Les modèles de choix multinomial

Il existe aussi des modèles de choix multinomial, c'est-à-dire que l'ensemble des alternatives est supérieur à deux. L'individu doit donc faire un choix entre plusieurs alternatives. Comme pour les modèles de choix binaire, il existe des modèles avec une distribution logistique concernant les termes non observés que l'on appelle logit et avec une distribution normale appelés probit. Ces derniers permettent tout type de corrélation et d'hétéroscédasticité (la variance du terme non observé n'est pas constante). Il existe plusieurs types de modèles logit dont le principal s'appelle le logit multinomial (MNL) qui considère que les alternatives sont indépendantes entre elles. Il est donc évident que si l'on veut traiter la question du choix modal, ces modèles nous interdisent de prendre en considération les modes combinés. Le fait que les alternatives soient indépendantes

nous autorise à avoir une fonction d'utilité comprenant un ensemble de variables communes, mais appliquées à des coefficients propres à chaque alternative. La littérature utilise ce type de modèle comme par exemple Koppelman & Bhat (2006). Malgré tout, il existe des modèles plus raffinés pour traiter la question du choix modal. Une extension de ce modèle est le logit conditionnel utilisé par exemple par Commins & Nolan (2011) qui est un dérivé du modèle logit multinomial. Il permet de spécifier les coefficients des attributs pour chaque individu. Ce modèle utilise donc des coefficients spécifiques à chaque variable, à chaque alternative et à chaque individu. Concernant la question du choix modal, ce modèle répond à nos attentes puisqu'il permet de prendre en compte un large ensemble d'alternatives, ainsi que des variables communes à celles-ci mais dont les coefficients sont spécifiques à chaque individu et chaque alternative.

Dans la série des modèles logit, il existe le modèle logit emboité souvent utilisé dans la littérature en économie des transports comme Hammadou & Papaix (2014), Bliemer & al. (2009) ou Koppelman & Bhat (2006). Ce modèle consiste à créer un arbre de décision avec une variable discriminante pour chaque branche comme par exemple la motorisation du mode ou non, le fait que ce soit un mode individuel ou non, etc... Le terme non observé est ici corrélé entre les alternatives plutôt que d'être indépendant. Ce modèle est généralement utilisé dans l'analyse du choix modal lorsque les individus combinent les modes. L'extension de ce modèle est le modèle logit croisé-emboité qui permet d'allouer une alternative à plusieurs branches de l'arbre de décision. Ainsi, le modèle est plus riche et permet une analyse plus fine. Il est utilisé par exemple par Bekhor & Shiftan (2010).

Dans la famille des modèles logit multinomiaux, il existe le modèle logit mixte qui autorise n'importe quelle distribution concernant le terme non observé, mais aussi concernant les coefficients des variables. Le modèle logit ordonné fait aussi partie de cette famille. Ce modèle considère qu'il existe des seuils de niveau concernant les variables de décision à partir desquels telle ou telle alternative est choisie. Par exemple, si le niveau de la variable est inférieur à 2, l'alternative A sera choisie, s'il est situé entre 2 et 3, l'alternative B sera choisie et s'il est supérieur à 3, l'alternative C sera choisie.

2.4. Le modèle spatial et le modèle d'activité

Dans cette partie, nous vous présentons tout d'abord le modèle spatial ou autrement appelé modèle origine/destination ou modèle de gravité. Il est constitué de quatre étapes. La première est

la génération des flux par zone géographique (combien de déplacements sont émis et reçus), la deuxième est la distribution de ces flux (où vont et d'où viennent les déplacements émis), puis la troisième concerne le choix du mode de transport et enfin, la dernière, l'affection aux itinéraires (le chemin suivi). Il est entre autre utilisé dans le papier de Grange & al. (2010).

Le modèle d'activité quant à lui se concentre sur le motif de déplacement et non sur la géographie. Nous pouvons prendre ici l'exemple de Bowman & Ben-Akiva (2001) qui prennent en compte l'angle de la planification des activités. Ce modèle est souvent utilisé pour analyser les chaînes de déplacements, c'est-à-dire le fait que les individus réalisent plusieurs activités lors d'un trajet. Nous pouvons prendre l'exemple d'un individu qui revient de son lieu de travail et qui va faire les courses sur le trajet de retour au domicile. Nous avons ici la chaine de déplacement travail-courses-domicile.

2.5. Les modèles comportementaux

2.5.1. La théorie du comportement planifié

Dans cette partie, nous vous présentons la théorie du comportement planifié d'Ajzen (1991). Cette théorie présuppose que pour que le comportement humain soit effectif, il doit d'abord être décidé et planifié. Pour ce faire, trois éléments sont nécessaires. Le premier élément se trouve être l'attitude par rapport au comportement (par exemple : « j'aime prendre le bus »). Cela inclut tous les jugements sur la désirabilité du comportement et de ses conséquences. Le deuxième élément est la norme sociale (par exemple : « je trouve le bus est écologique »). Les normes sociales sont toutes les considérations sur l'influence et l'opinion des proches sur le comportement. Le troisième et dernier élément est le contrôle perçu ou dit autrement l'auto-efficacité. Cela inclut toutes les croyances sur la capacité du sujet à réussir le comportement. Pour aller plus loin, Forward (1998) ajoute les habitudes dans la théorie du comportement planifié, afin de mieux expliquer le choix modal.

2.5.2. Le Processus d'Analyse Hiérarchique

Le Processus d'Analyse Hiérarchique est une méthode basée sur les mathématiques et la psychologie permettant d'organiser et d'analyser des décisions complexes. Nous pouvons considérer ici que le choix modal est un processus de décision complexe. De plus, Banai-Kashani (1989) nous dit que l'hypothèse théorique économique du Processus d'Analyse Hiérarchique est

conceptuellement liée à la notion comportementalement plausible de rationalité limitée. Il suppose donc que les individus ont un comportement rationnel, mais que leur rationalité est limitée en termes de capacité cognitive et d'information disponible. En effet, le choix modal dépend aussi du contexte, de la motivation, des attitudes, des perceptions, des goûts, des connaissances, des croyances, de l'information, des budgets.

Dans notre thèse, sur la base d'un cadre d'analyse développé par Ben-Akiva & Boccara (1987) et du Processus d'Analyse Hiérarchique de Saaty (1977), nous adoptons une approche spécifique combinant attitudes et perceptions pour analyser les processus de choix modal des individus. Les attitudes sont les niveaux d'importance que les individus accordent aux différents attributs (par exemple : « Pour moi, le coût est plus important que le confort »). Les perceptions quant à elles sont les niveaux perçus des attributs pour chaque alternative (par exemple : « Pour moi, le confort du Taxi est supérieur à celui du Vélo »). Hunecke & al. (2008) a mis en avant l'importance des attitudes dans les comportements de mobilité ainsi que la façon dont les attitudes changent d'un individu à un autre. Heinen & al. (2010) quant à eux font valoir que l'inclusion des attitudes en plus des caractéristiques sociodémographiques, contribue à améliorer le pouvoir explicatif des modèles statistiques. En général, lors de la maximisation de l'utilité pour trouver les préférences révélées (le choix), les attitudes sont utilisées comme variables latentes dans les modèles de choix discrets avec les préférences déclarées comme variables explicatives. Dans notre modèle, les attitudes et les perceptions sont utilisées directement pour construire les préférences modales. Pour plus de détails, les différents modèles de choix modal sont présentés dans la thèse de Singleton (2013) et la méthodologie de notre thèse est développée dans le Chapitre 2. Nous validons ensuite la robustesse de nos données à travers le modèle multinomial conditionnel dans le Chapitre 3.

3. Les typologies

Dans cette partie, nous vous présentons les différentes typologies que nous utilisons dans cette thèse afin de mettre en évidence le degré de complexité de la question du choix modal. Comme nous nous intéressons aux individus et à leurs attentes, nous vous présentons d'abord les différentes situations et raisons possibles de déplacement. Dans un deuxième temps, nous vous décrivons la typologie des variables de décision que nous avons retenues, puis celle des alternatives de déplacements.

3.1. Les différentes situations de déplacement : Les motifs

Dans tous les cas, la mobilité est un moyen d'accéder à une activité, un service, une personne, ce n'est pas une fin en soi. Nous admettons donc que les raisons du choix modal diffèrent en fonction du motif de déplacement. Afin de créer une typologie cohérente, nous nous sommes inspirés de celle de l'ENTD (Enquête Nationale Transports et Déplacements) de l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques) (voir Annexe 1). Elle est composée de huit groupes de motifs privés : domicile-travail, achats, soins, visites, accompagner ou aller chercher, loisirs, vacances et un groupe de motifs professionnels. Dans cette thèse, nous ne considérons pas les motifs professionnels, ni le motif « vacances » à cause de leur particularité. Nous nous intéressons donc uniquement aux trajets réguliers du quotidien. Nous avons retenu quatre motifs dans notre typologie : Domicile-Travail/Etudes, Loisirs, Tâches Courantes et Accompagnement.

Le fait d'avoir une typologie des motifs implique que nous les analysions séparément. En effet, il existe un phénomène étudié dans la littérature appelé « chaines de déplacement ». Ainsi, Politis (2012) analyse deux types de chaînes de déplacement : Domicile-Travail-Domicile et Domicile-Autres-Travail-Autres-Domicile. Nous pensons par exemple aux individus qui peuvent sur leur trajet Domicile-Travail faire leurs courses ou aller chercher leur enfant. Nous traitons cette question à travers la prise en compte de la chaîne de déplacement Domicile-Accompagnement-Travail ou Travail-Accompagnement-Domicile.

3.1.1. Domicile-Travail/Etudes

Le motif Domicile-Travail concerne les trajets ayant pour origine le lieu d'habitation et pour destination le lieu de travail ou d'études. C'est le motif le plus étudié dans la littérature (Commins & Nolan (2011), Wardman (2004), Farag & Glenn (2012), Ory & Mokhtarian (2005)…). En effet, c'est le motif le plus fréquent et le plus contraint et donc le plus structurant. Il existe bien des contraintes horaires (les trajets sont souvent réalisés en heure de pointe), de régularités (les trajets sont souvent effectués au moins cinq fois par semaine), et des contraintes d'itinéraire (les lieux d'origine et de destination sont fixés). Nous avons donc retenu ce motif dans notre typologie. Il correspond en partie au premier groupe de motif de la typologie de l'ENTD (voir Annexe 1).

3.1.2. Loisirs

Le motif Loisirs est le deuxième motif le plus étudié dans la littérature (Wardman (2004), Farag & Glenn (2012), Ory & Mokhtarian (2005)…). Ce motif concerne tous les trajets ayant pour but une activité de Loisirs telle qu'une activité sportive ou artistique, pour visiter ou se reposer. Ce sont des trajets choisis donc moins contraints que les trajets Domicile-Travail. Ces Loisirs peuvent être ponctuels ou réguliers. C'est majoritairement ces derniers que nous étudions dans cette thèse. En effet, ils structurent la mobilité beaucoup plus que les Loisirs ponctuels. Ce motif correspond exactement au motif « loisirs » de la typologie de l'ENTD (voir Annexe 1). C'est-à-dire « activité associative, cérémonie religieuse, réunion, aller dans un centre de loisirs, un parc d'attraction ou une foire, manger ou boire à l'extérieur du domicile, visiter un monument ou un site historique, assister à un spectacle culturel ou sportif (cinéma, théâtre, concert, cirque, match), faire du sport, se promener sans destination précise, se rendre sur un lieu de promenade ». Nous retenons donc le motif Loisirs dans notre typologie.

3.1.3. Tâches Courantes

Afin d'affiner notre analyse, nous ajoutons à notre typologie le motif tâches courantes. Il regroupe tous les trajets ayant pour but des achats de produits ou de services tels que les courses alimentaires ou un rendez-vous chez le médecin. Si l'on veut le situer sur l'échelle des contraintes, nous pouvons considérer qu'il se place entre le motif Domicile-Travail (très contraint) et Loisirs (peu contraint). En effet, si l'on pense aux courses alimentaires, les individus ont besoin de les transporter, mais aussi de les porter. On appelle cela un besoin de charge. Si l'on pense à un rendez-vous chez le médecin, cela implique une contrainte horaire pour les individus. Le motif Tâches Courantes regroupe les trois groupes de motifs « achats », « soins » et « visites » de la typologie de l'ENTD (voir Annexe 1). C'est-à-dire « Se rendre dans une grande surface ou un centre commercial (y compris boutiques et services), se rendre dans un commerce de proximité, petit commerce, supérette, boutique, services (banque, cordonnier...) (hors centre commercial), soins médicaux ou personnels (médecin, coiffeur...), démarche administrative, recherche d'informations, visite à des parents, visite à des amis ». De plus, Prillwit & Barr (2011) analysent le motif « achat » et « visites » dans leur article tandis que Ianoco & al. (2008) n'analysent que le motif « achat ». Nous choisissons donc de retenir une définition plus large de ce motif que nous nommons Tâches Courantes dans notre typologie.

3.1.4. Accompagnement

Le quatrième motif de notre typologie est le motif Accompagnement. Nous pensons ici principalement à l'accompagnement des enfants à l'école. Si l'on veut situer ce motif sur l'échelle des contraintes, nous pouvons considérer qu'il se place entre le motif Domicile-Travail (très contraint) et Loisirs (peu contraint). En effet, tous les trajets d'accompagnement impliquent la contrainte d'être au moins deux personnes à l'aller ou au retour. Nous savons que ce besoin structure la mobilité des individus concernés. Nous pensons aussi à l'accompagnement des personnes à mobilité réduite. Ce motif correspond exactement au motif « accompagner ou aller chercher » de la typologie de l'ENTD (voir Annexe 1). C'est-à-dire « accompagner quelqu'un à la gare, à l'aéroport, à une station de métro, de bus, de car, accompagner quelqu'un à un autre endroit, aller chercher quelqu'un à la gare, à l'aéroport, à une station de métro, de bus, de car ou aller chercher quelqu'un à un autre endroit ». Nous retenons donc le motif Accompagnement dans notre typologie. De plus, Prillwit & Barr (2011) considèrent sept motifs de déplacement du quotidien dans leur article dont l'accompagnement d'enfants.

3.1.5. Domicile-Accompagnement-Travail

Ce dernier motif n'en est pas vraiment un car c'est la chaîne de déplacement qui consiste à réaliser une activité d'Accompagnement lors d'un trajet Domicile-Travail. Les études du Groupe PSA tendent à montrer que c'est la chaine de déplacement la plus fréquente, qu'elle apparait être un des facteurs qui influence les attentes des individus et donc qu'elle structure la mobilité des individus. Dans cette thèse nous considérons ce motif en tant que tel dans notre questionnement. Malgré tout, nous le traitons à part dans notre analyse.

3.2. Les différentes variables de décision : Les attributs

Crozet (2005) nous dit que les modèles de décision concernant le choix modal sont essentiellement basés sur le coût et le temps. Malgré tout, Brisbois (2011) défend le fait que le processus de décision modal ne dépend pas seulement de facteurs instrumentaux, mais également affectifs, émotionnels, sensoriels et symboliques. Ils contribuent à structurer l'image que les individus ont des différents modes de transport. Il faut donc prendre en compte les facteurs de performance tels que le coût et le temps, mais aussi les facteurs dits subjectifs tels que le confort ou la simplicité d'usage. Les habitudes sont aussi à prendre en compte. Afin de choisir la bonne

typologie d'attributs, nous nous sommes basés sur Brisbois (2011) qui a réalisé une analyse en composante principale à propos des déterminants du choix modal.

Partant de douze facteurs, il en ressort une typologie en cinq attributs : Sécurité (sécurité et sureté), Agrément (ambiance, confort et intimité), Bénéfice (activité et coût), Performance (temps, fiabilité et accessibilité) et Identité (pollution et image).

« *Le fait que les participants, par leurs réponses, ordonnent d'une manière aussi cohérente les différents critères, et ceci malgré la diversité des modes utilisés et des préférences individuelles, semble directement dénoter l'existence de schémas logiques partagés par une large majorité des participants. Dans l'optique de la compréhension des choix modaux, ces facteurs nous semblent ainsi pouvoir contribuer à distinguer les différentes rationalités (Kaufmann, 2001) participant aux choix modaux* » (Brisbois 2011).

Partant de cette typologie, nous avons ajouté l'attribut simplicité puisque que Brisbois lui-même affirme que « l'utilisabilité est une raison intellectuellement très pertinente et désigne le sentiment individuel de pouvoir utiliser efficacement un mode. »

Malgré la différence de méthodologie, nous nous sommes aussi inspirés de la typologie de Hasiak (2016), étude réalisée sur les perceptions des individus concernant le train et le taxi en Picardie. Les individus sont amenés à choisir deux adjectifs pour qualifier le train et deux pour qualifier le taxi, parmi une liste de 38. Les réponses sont regroupées en six catégories présentées ci-dessous :

Attributs Hasiak (2016)	**Adjectifs positifs**	**Adjectifs négatifs**	**Attributs « équivalents » à notre étude**
Utilitaire	*Utile, Indispensable*	*Inutile, Inapproprié*	Simplicité
Coût	*Pas cher*	*Cher*	Coût
Sensation / émotion	*Confortable, Relaxant, Agréable, Sécurisé*	*Bondé, Inconfortable, Désagréable, Dangereux, Bruyant, Sale, Fatiguant, Stressant*	Confort et Sécurité
Commodité	*Commode, Flexible, Indépendance*	*Incommode, Contraignant*	Simplicité
Performance	*Rapide, Facile*	*Pas fiable, Insuffisant, Lent*	Efficacité
Environnement	*Ecologique*	*Polluant*	Image

Tableau 1 : Comparaisons entre les attributs Hasiak (2016) et notre enquête

Nous constatons que le nombre de catégories est identique au nôtre et que quatre d'entre elles sont soit identiques soit assez proches. L'attribut « utilitaire » ne ressort pas dans notre typologie puisque nous l'intégrons à l'attribut Simplicité. Nous remplaçons aussi l'attribut « sensation/émotion » par confort et sécurité.

Après plusieurs arbitrages et revues de la littérature, nous arrivons à la typologie suivante :

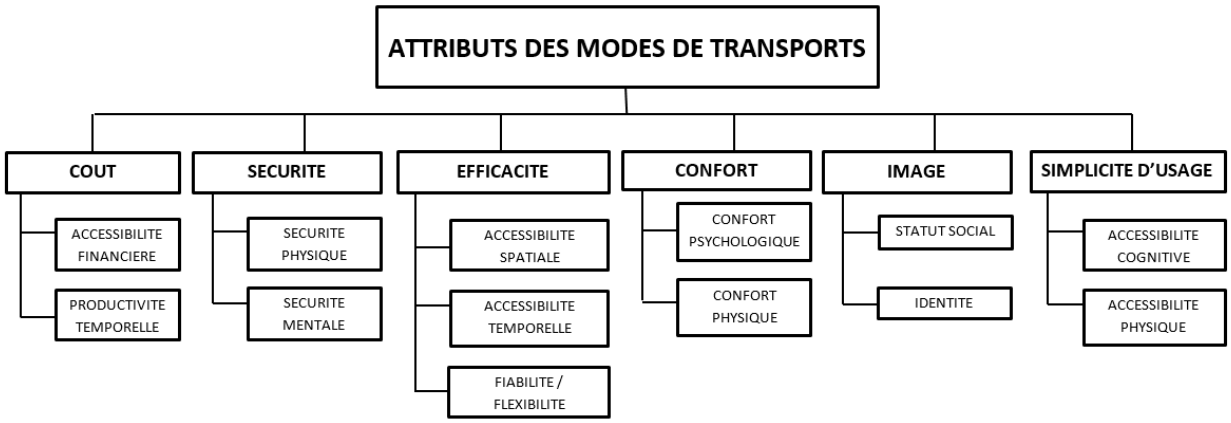


Figure 2 : Typologie et structure des attributs

Cette typologie est construite avec six attributs majeurs. Chacun de ces attributs est défini à partir de deux ou trois sous-attributs. Un sous-attribut décrit un des aspects de l'attribut auquel il est attaché. Nous essayons ici d'être le plus précis possible sur leur intitulé. Nous choisissons ce niveau de détail afin d'avoir des attributs bien définis et par conséquent une analyse plus fine et plus riche. Ces attributs et sous-attributs sont étroitement liés aux critères de choix modaux identifiés dans la littérature. Ils permettent de distinguer les caractéristiques quantitatives telles que le Coût, l'Accessibilité Spatiale et l'Accessibilité Temporelle, des caractéristiques plus qualitatives telles que le Confort et la Simplicité.

3.2.1. Coût

Le Coût est le premier attribut que nous vous présentons car c'est le plus étudié dans la littérature et particulièrement sur la question du choix modal. Cet attribut est défini en deux sous-attributs qui sont l'Accessibilité Financière et la Productivité Temporelle.

3.2.1.1. Accessibilité financière

L'accessibilité financière arrive au troisième rang des raisons du choix modal les plus citées dans l'étude de Brisbois (2011). Il représente la définition même du coût dans la littérature

économique. Par exemple Diana (2010) utilise le coût réel comme variable explicative. Dans cette thèse nous ajoutons la possibilité de réduire ce coût par l'utilisation productive des temps de trajet. Malgré tout, l'accessibilité financière représente la majeure partie de la définition du Coût. En effet, nous pouvons prendre l'exemple du coût de l'automobile constitué de différents coûts financiers. Shiftan et Bekhor (2002) ou bien plus tôt, Maleki (1978) nous disent que les individus ne perçoivent en majorité que le coût de carburant, sans prendre en compte les autres coûts, c'est-à-dire l'achat, l'assurance, l'entretien ou la réparation. C'est pourquoi dans cette thèse nous avons choisi les modèles psychologiques puisque la notion de coût est propre à chacun. De plus, Crozet (2005) nous dit qu'avec le temps, le Coût est une variable essentielle dans les modèles de choix modal. Anable (2005) analyse aussi l'importance des raisons économiques dans le choix modal.

3.2.1.2. Productivité temporelle

Comme nous vous l'avons déjà énoncé, la productivité temporelle est le deuxième aspect de la notion du Coût. En effet, le temps de transport peut potentiellement être productif, valorisable, utile. C'est une des dernières raisons du choix modal mentionnée dans l'étude de Brisbois (2011). En effet, les individus peuvent lire dans les transports en commun, travailler dans le train, apprendre une langue étrangère par la méthode audio dans leur voiture ou faire de l'exercice physique en utilisant leur vélo. Ce potentiel de rentabilité du temps existe bel et bien. Une fois encore, cette notion est personnelle car elle dépend de l'activité réalisable, de l'utilité de cette activité et du temps de trajet. Pour preuve, Wardman (2004) étudie les différentes valeurs du temps en fonction du contexte et de l'environnement. Il en déduit que le temps d'attente, le temps d'accès, le temps dans le véhicule ou et le temps de marche à pieds n'ont pas la même valeur. Nous ne pouvons donc pas quantifier l'utilité du temps de trajet, mais nous savons que cette notion est à prendre en compte dans la définition du Coût. De plus, Politis (2012) prend en compte l'attitude vis-à-vis de la possibilité de lire pendant le trajet et Anable (2005) la possibilité de faire autre chose en même temps que se déplacer. Le temps et l'argent sont donc en partie convertibles.

3.2.2. Sécurité

Le deuxième attribut que nous avons retenu est la sécurité. C'est l'avant-dernière raison citée dans celles du choix modal dans l'étude de Brisbois (2011) qui nous dit que « *cette raison rassemble la crainte de l'agression ou du vol (sûreté) et celle de l'accident (sécurité) que les participants ne semblent pas distinguer dans leurs réponses. S'il paraît naturel de penser qu'un*

minimum de sécurité soit certainement nécessaire pour tous les individus, la rareté d'occurrence de cette raison montre cependant que cette raison n'explique fortement le choix que chez une minorité de participants. Les automobilistes tendent plutôt à souligner ainsi l'insécurité des modes collectifs tandis que les usagers de ces derniers désignent plus le risque d'accident de la route. ». De manière générale, cet attribut est important dans le processus de choix modal. En effet, Susilo & Cats (2014) et Anable (2005) s'intéressent aussi à la sécurité dans leur article.

3.2.2.1. Sécurité physique : Accidents

Ce premier aspect de la sécurité est la sécurité physique ou dit autrement, le risque d'accidents. Il en va ici de l'intégrité physique des individus. En effet, il est indispensable que les individus arrivent en vie à leur destination. Il convient donc d'accepter le fait que les individus ont un seuil d'attente minimal vis-à-vis de ce sous-attribut. Brisbois (2011) nous dit que c'est les usagers des transports en commun qui évoquent le plus souvent ce sous-attribut.

3.2.2.2. Sécurité mentale : Agressions

Le deuxième aspect de la sécurité est la sécurité mentale ou dit autrement, le risque d'agressions. Brisbois (2011) nous dit que c'est les automobilistes qui évoquent le plus souvent ce sous-attribut. Nous parlons ici du sentiment de sécurité mentale lorsque les individus utilisent les transports en commun ou la marche à pieds par exemple. En d'autres termes, c'est la peur de se faire agresser. Nous pouvons penser par exemple à une jeune femme seule rentrant de soirée en transport en commun dont la peur d'une agression peut bien souvent ne pas être négligeable et de plus justifié.

3.2.3. Efficacité

L'attribut Efficacité est le troisième attribut retenu. Il est composé de trois aspects donc trois sous-attributs. Le premier est l'accessibilité temporelle, c'est-à-dire la rapidité du mode de transport. Le deuxième sous-attribut est l'accessibilité spatiale, en d'autres termes, la distance possible que peut parcourir le mode de transport. Le dernier sous-attribut est double, c'est la fiabilité et la flexibilité.

3.2.3.1. Accessibilité temporelle

Nous avons choisi ici le terme accessibilité temporelle afin de représenter l'attente en termes de rapidité, de vitesse et plus généralement de temps de trajet. C'est la première raison évoquée

dans l'étude de Brisbois (2011) pour expliquer les choix modaux. En effet, Crozet (2005) nous dit qu'avec le coût, le temps est une variable essentielle dans les modèles de choix modal. Le temps de déplacement est très majoritairement considéré comme un temps perdu. Dans tous les cas, la mobilité est un moyen d'accéder à une activité, un service, une personne, ce n'est pas une fin en soi. Le temps de mobilité est donc par défaut considéré comme une perte de temps. Nous savons qu'il existe des moyens de valoriser ce temps. Nous l'avons déjà évoqué à propos de la productivité temporelle. Il existe aussi des moyens de réduire ce temps. C'est cet aspect que nous considérons dans ce sous-attribut. Anable (2005) analyse aussi l'importance de la gestion du temps. Cela peut prendre la forme d'un train plus rapide qui permet de réduire le temps de trajet ou d'un nouveau pont qui permet de relier deux points plus rapidement. Pour aller un peu plus loin, il existe même des moyens d'annuler certains temps de trajet. En effet, grâce aux nouvelles technologies de l'‘information et de la communication, les individus peuvent se faire livrer leurs courses ou réaliser leurs démarches administratives sur internet. Ils évitent donc des trajets tâches courantes. Nous pensons aussi au phénomène du télétravail qui permet d'éviter une partie des trajets domicile-travail.

3.2.3.2. Accessibilité spatiale

Ce sous-attribut représente le rayonnement du mode de transport, en d'autres termes, le potentiel de distance qu'il peut parcourir. C'est une des raisons fréquemment citées dans l'étude de Brisbois (2011). « *Cette raison rassemble la capacité à accéder au mode, l'accessibilité territoriale permise par le mode ou encore le fait de pouvoir réaliser des trajets directs. Là où l'automobile semble permettre d'aller partout, grâce à un réseau viaire très développé, les transports en commun se contentent d'avoir des zones limitées de desserte.* » Nous pensons ici aussi aux véhicules électriques qui ont une autonomie limitée et donc une accessibilité spatiale moindre comparée à celle des véhicules à combustion. Nous pouvons prendre l'exemple symbolique de la Marche à Pieds qui a une accessibilité spatiale plutôt restreinte à cause de l'effort physique inhérent.

3.2.3.3. Fiabilité et Flexibilité

La fiabilité est l'assurance que le mode ne va pas tomber en panne et que les individus arriveront à destination. C'est aussi la fiabilité du temps de trajet. La flexibilité quant à elle représente l'agilité du mode à faire face à des situations imprévues telles que les embouteillages sur la route ou les

colis suspects dans les transports en commun, mais aussi l'incertitude de la disponibilité d'une place de parking. Pour souligner l'importance de ce sous-attribut, l'étude de Brisbois (2011) nous indique que la septième raison évoquée concernant le choix modal est l'incertitude. Les individus ont bien ici une attente en termes de fiabilité et de flexibilité. La marche à pieds est le mode de transport le plus fiable et le plus flexible. Le vélo quant à lui est un mode plutôt fiable (en oubliant les crevaisons), mais surtout très flexible. C'est un mode très agile en milieu urbain. Il permet de changer d'itinéraire rapidement, ne subit pas les embouteillages et permet de se stationner facilement. Par contre, il ne permet pas de s'adapter aux conditions climatiques telles que la pluie. La météo est en effet un élément influant le choix modal comme le souligne Böcker & al. (2016). Arentze et al. (2013) utilise la fiabilité du temps de trajet dans ses variables explicatives. Chee (2013) quant à lui utilise la variable flexibilité pour répondre à la question du choix modal en tant que variable dichotomique.

3.2.4. Confort

Nous vous présentons ici l'attribut Confort. Cette variable est par défaut qualitative. Espino & al. (2007) étudie la variable confort du bus en lui laissant prendre trois valeurs qualitatives possibles (faible, moyen et fort). Le niveau « fort » correspond au niveau de confort de la voiture. Chee (2013) utilise lui aussi la variable confort pour répondre à la question du choix modal, mais comme variable dichotomique. Dans l'étude de Brisbois (2011), deux des raisons qui ressortent sont l'agrément et le confort. Nous séparons ici l'attribut confort en deux sous-attributs qui sont respectivement le confort physique et le confort psychologique.

3.2.4.1. Confort physique

Le premier sous-attribut est donc le confort physique. Nous pouvons prendre l'exemple d'Arentze et al. (2013) qui utilise le confort physique comme variable explicative en le définissant pour les transports en commun en fonction du nombre de places assises disponibles. Susilo & Cats (2014) font de même, mais proposent aussi un niveau de confort qualitatif concernant les autres modes. En effet, concernant les transports en commun, c'est plutôt la disponibilité d'une place assise qui définit le confort physique. Dans une automobile, le confort physique correspond plutôt à la qualité des assises et de la conduite. Afin de supporter l'importance de ce sous-attribut, dans son papier, Politis (2012) prend en compte l'attitude vis-à-vis du confort pendant le trajet. Anable (2005) analyse aussi l'importance du confort physique dans le choix modal.

3.2.4.2. Confort psychologique

Ici, nous parlons de l'agrément, de l'ambiance, de l'atmosphère et donc plus généralement du confort psychologique. Nous pensons donc à l'attente en termes de silence afin de répondre aux problèmes de pollutions sonores. Dans leur véhicule, les automobilistes ont la possibilité de s'isoler, de ne pas subir les bruits des autres usagers, de pouvoir choisir la musique qu'ils veulent écouter. Le véhicule particulier répond à cette attente d'intimité à l'inverse du covoiturage par exemple. Nous pensons ici aussi à l'émergence de la luminothérapie, c'est-à-dire le bien-être par la lumière. Nous pensons également aux désagréments causés par les odeurs dans les transports en commun. Malgré tout, avec la marche à pieds, les transports en commun permettent aux individus de profiter du paysage, de vivre un moment de transition, de sas ou bien même de sociabilisation. De plus, Diana (2010) et Anable (2005) prennent en compte la variable « bien-être » pendant le trajet et Politis (2012) prend en compte l'attitude vis-à-vis de la possibilité de se relaxer pendant le trajet. Tout cela nous laisse à penser que le confort psychologique est un sous-attribut à prendre en compte pour répondre à la question du choix modal. Anable (2005) analyse aussi l'importance du confort psychologique dans le choix modal à travers la notion de désagrément et de possibilité d'être seul.

3.2.5. Image

Nous vous présentons ici l'avant dernier attribut de notre typologie. L'Image est définie par le conflit entre conformité et individualité ou dit autrement, entre la reconnaissance de soi par les autres (normative) et l'identité personnelle (subjective, empirique). Nous avons donc deux sous-attributs qui sont respectivement le statut social (l'Image de soi pour les autres) et l'identité (l'Image de soi pour soi). Nous pouvons aussi relier cela au triptyque freudien du Ça, Surmoi, Moi. Malgré le Moi rationnel (homo economicus), il existe le Surmoi normatif illustré par le statut social et le Ça pulsionnel représenté ici par l'identité.

3.2.5.1. Statut social

Le statut social est l'image de soi qu'ont les autres. Il répond aux besoins d'affiliation (appartenance à un groupe), de position sociale (profession) et de catégorie sociale (âge, sexe…). Le statut social est défini par les autres. C'est le positionnement de l'individu dans sa culture et la société, dans l'incarnation de normes et l'interaction avec son environnement social. Encore aujourd'hui, le modèle, la gamme et la marque d'une voiture particulière définissent en partie la

catégorie sociale de l'individu qui la possède. Plus généralement, le mode de transport utilisé par l'individu définit en partie son statut social. Les modes n'ont en effet pas le même coût et cela permet ainsi de segmenter les individus par catégorie sociale en fonction du mode de transport utilisé. Aujourd'hui, avec la multiplication des modes et services de transports, cette relation entre mode et richesse tend à être bouleversée. Les utilisateurs de voiture particulière sont souvent les périurbains ou les ruraux qui possèdent une vieille voiture et qui ne sont pas vraiment riches. Aujourd'hui les riches réinvestissent les centres des villes et une partie utilise donc le vélo (mode qui représentait la pauvreté il y a quelques années encore). Les relations d'hier entre mode de transport et statut social sont de moins en moins établies aujourd'hui et le seront probablement encore moins demain. C'est pourquoi nous trouvons intéressant d'analyser ce sous-attribut. De plus, Anable (2005) utilise les normes comportementales comme un des facteurs explicatifs du choix modal.

3.2.5.2. Identité

Le pendant de l'image de soi pour les autres est l'image de soi pour soi-même. Nous définissons alors l'identité comme l'image que le mode de transport donne à l'individu pour lui-même. Il ressort alors la notion de plaisir, de contrôle, le sentiment d'accord entre les valeurs, les principes, l'idéologie de l'individu et le mode de transport qu'il utilise. Nous pouvons prendre ici l'exemple d'un écologiste convaincu qui n'utilisera que des modes de transports non ou peu polluants. Nous pensons aussi aux adeptes de sensations fortes dont le plaisir de conduire et le besoin de contrôle du véhicule sont importants dans leur choix modal. Dans son article, Anable (2005) analyse l'importance du contrôle et du plaisir dans le processus de choix modal. Ce sous-attribut nous semble donc assez pertinent pour être retenu dans notre typologie.

3.2.6. Simplicité

Nous vous présentons ici le dernier attribut que nous avons retenu : la Simplicité. Dans l'étude de Brisbois (2011) c'est l'utilisabilité qui est la deuxième raison la plus évoquée pour expliquer le choix modal. Nous avons choisi dans cette thèse le terme de Simplicité d'usage, c'est-à-dire la possibilité d'utiliser facilement un mode de transport. Cet attribut représente néanmoins des réalités différentes, la simplicité d'usage de la voiture n'étant pas la même que celle du métro ou du vélo. Nous avons donc séparé cet attribut en deux sous-attributs qui sont l'accessibilité cognitive et l'accessibilité physique.

3.2.6.1. Accessibilité cognitive

Ce premier sous-attribut représente l'effort cognitif, l'effort mental que les individus doivent réaliser pour se déplacer, c'est-à-dire utiliser un mode de transport. C'est par exemple la facilité de compréhension des individus à lire un plan de transports en commun, à réaliser une démarche de réservation de covoiturage ou à comprendre les panneaux de signalisation. Nous pensons aussi à la contrainte de changement de ligne de transport en commun ou plus largement, de changement de mode. Nous pouvons prendre ici l'exemple d'un centre-ville interdit aux voitures. Il faut donc stationner en amont et finir en marche à pieds ou vélo. Ces ruptures au sein d'un même trajet demandent un effort cognitif plus important que pour un trajet direct. Le phénomène actuel de la multiplication des applications mobiles permet aux individus de réaliser leur trajet de la manière la plus reposante qui soit pour le cerveau. Nous pensons ici par exemple à la complexité du plan du réseau de bus en Ile-de-France. L'importance de ce sous-attribut est illustrée par Susilo & Cats (2014) qui considèrent que l'accessibilité cognitive est un des facteurs déterminant dans le processus de choix modal concernant les touristes et les individus avec une déficience mentale ayant un effet négatif non négligeable et à long terme sur leur capacité à se déplacer.

3.2.6.2. Accessibilité physique

Nous parlons ici du deuxième aspect de la Simplicité qui est l'accessibilité physique. En d'autres termes, c'est l'effort physique que les individus doivent réaliser pour se déplacer, c'est-à-dire utiliser un mode de transport. Nous pensons aux situations de handicap qui limitent la possibilité d'utiliser certains modes tels que le métro avec les escaliers sans possibilité d'ascenseurs ou les bus qui ne sont pas pourvus de rampe d'accès. Nous pensons aussi aux personnes âgées qui éprouvent des difficultés à monter et descendre les escaliers du métro ou à monter dans le bus. Conduire est aussi perçu comme un effort physique par une partie des individus. Les efforts physiques résultants de l'utilisation du vélo et de la marche à pieds sont bien évidemment compris dans ce sous-attribut. Afin d'illustrer l'importance de l'accessibilité physique, nous pensons encore à Susilo & Cats (2014) qui considèrent aussi ce sous-attribut comme un des facteurs déterminant dans les choix modaux pour les personnes à mobilité réduite.

3.3. Les différentes alternatives de déplacement : Les modes de transport

Définir une typologie des alternatives de déplacements n'est pas aisé au vu du nombre de modes de transport et services de mobilité existants. Nous ne pouvons pas multiplier le nombre de catégories car cela complexifierait nos analyses et diminuerait la robustesse de nos résultats. Il nous a donc fallu faire des choix, des arbitrages. Nous vous présentons dans cette partie, la typologie que nous retenons dans cette thèse.

3.3.1. Marche à Pieds

Commençons ici par le mode de transport accessible à tous. Ce mode est l'habit du bipède, c'est la Marche à Pieds. Le problème majeur de ce mode réside dans le fait qu'en plus d'être un mode de transport à part entière, c'est un mode intrinsèque, de transition. Par exemple, les individus utilisent la Marche à Pieds pour faire le trajet entre chez eux et l'arrêt de bus ou leur véhicule. Dans cette thèse, nous ne prenons en compte que la Marche à Pied comme mode de transport à part entière. Commins & Nolan (2011) prennent en compte ce mode de transport pour expliquer les déterminants du choix modal à Dublin. Ory & Mokhtarian (2005) prennent aussi en compte la Marche à Pieds pour étudier les critères de satisfaction des individus concernant leur mobilité.

3.3.2. Vélo

Cette catégorie comprend tous les deux-roues non motorisés tels que la bicyclette, le tricycle, le tandem, etc… Elle comprend aussi tous les objets de mobilité existants comme les rollers, le skateboard ou la trottinette. Enfin, nous incluons dans cette catégorie, les petits objets à assistance électrique tels que le Solo-Wheel, le gyropode, la trottinette électrique, les planches à roulettes électriques, etc… Ces objets de mobilité sont plutôt récents mais beaucoup d'experts s'accordent sur la rapidité et la durabilité de leur développement. Commins & Nolan (2011) et Ianoco & al. (2008) par exemple prennent aussi ce mode de transport en compte.

3.3.3. Vélo en Libre-Service

Dans cette catégorie, nous incluons principalement le Vélo en Libre-Service, mais aussi tous les autres services de partage d'objets de mobilité définis précédemment. Ces services sont relativement récents mais répondent déjà à la demande d'une partie des individus et de plus en plus

de grandes métropoles adoptent cette nouvelle offre de mobilité. La littérature commence donc à émerger comme Efthymiou (2013) qui analyse les facteurs d'adoption du Vélo en Libre-Service.

3.3.4. Deux-Roues Motorisé

Bien que les modèles de Deux-Roues Motorisés soient divers et variés, la contrainte d'une typologie non exhaustive nous oblige à les regrouper tous dans la même catégorie. Nous avons donc ici les scooters 50cc jusqu'aux plus grosses cylindrées. Commins & Nolan (2011) par exemple prennent aussi ce mode de transport en compte.

3.3.5. Voiture Particulière

Le véhicule à quatre roues, motorisé représente le mode de transport le plus utilisé. Nous n'incluons ici que les motorisations à carburant fossile (diesel et essence). Nous considérons alors dans cette catégorie, tous les conducteurs d'un véhicule possédé et tous les passagers d'un véhicule possédé par des proches. Nous ne faisons pas de distinction par gamme de véhicule ni par marque puisque cela augmenterait encore le nombre de catégories de la typologie des alternatives. Nous avons donc ici les utilisateurs de petites citadines, de crossovers et de grosses berlines. Commins & Nolan (2011) prennent aussi en compte ce mode de transport, tout comme la plupart des articles concernant le choix modal (Espino & al. 2007, Chee 2013, Farag & Glenn 2012…).

3.3.6. Véhicule Electrique

La catégorie Véhicule Electrique comprend tous les conducteurs d'un Véhicule Electrique possédé et tous les passagers d'un Véhicule Electrique possédé par des proches. Nous distinguons donc cette catégorie de la précédente par le type de motorisation qui doit être électrique. Concernant les motorisations hybrides, nous avons décidé de laisser le choix aux individus eux-mêmes, selon s'ils considèrent leur véhicule comme Voiture Particulière ou comme Véhicule Electrique. Ceci permet de refléter les raisons écologiques ou non du choix de la motorisation. Nous savons que le Véhicule Electrique est assez récent, la littérature émerge donc comme le montre l'article de Daziano & Rizzi (2015) qui s'intéressent aux données dont ils ont besoin pour analyser le potentiel de ce type de véhicule ou l'article de Nayum & Klöckner (2014) qui s'intéresse plus à la partie socio-psychologique de l'adoption d'un tel véhicule.

3.3.7. Autopartage

Il existe deux types d'Autopartage. Le premier est dit « en trace directe ». En d'autres termes, c'est un service de mobilité qui permet de louer un véhicule à un endroit et de le déposer à un autre. Nous pensons ici aux services de véhicules électriques en libre-service qui s'implantent dans un nombre toujours plus grand de moyennes et grandes villes. Le deuxième type d'Autopartage est dit « en boucle ». Nous pensons ici à un loueur de véhicules traditionnels où les individus louent et déposent leur véhicule au même endroit. Ce type de pratique est le plus souvent ponctuel. Nous considérons donc qu'une majorité des utilisateurs de l'Autopartage comme mode de transport principal utilisent le type d'Autopartage « en trace directe ». Ce type de service de mobilité est assez récent. La littérature commence donc à émerger comme Efthymiou (2013) qui analyse les facteurs d'adoption de l'Autopartage.

3.3.8. Covoiturage Conducteur

La catégorie Covoiturage Conducteur inclut tous les utilisateurs d'un service de covoiturage en tant que conducteurs. En d'autres termes, ce sont les individus utilisant leur Voiture Particulière pour conduire d'autres individus (qui ne sont pas dans le cercle privé) dans le cadre d'un service de covoiturage. Cette catégorie de mode de transport ou plutôt cette nouvelle pratique de mobilité a émergé il y a quelques années pour des trajets ponctuels de longue distance. Aujourd'hui, elle est de plus en plus utilisée lors de trajets Domicile-Travail avec des collègues habitant dans le même secteur. Ceci permet principalement de partager les coûts de carburant, d'usure et de parking. Cette alternative de déplacement est déjà étudiée dans la littérature. Nous pensons ici à Shaheen (2016) qui analyse les motivations et les caractéristiques des utilisateurs du Covoiturage dans la baie de San Francisco. Politis (2011) s'intéresse aussi à ce mode de transport dans son article. Afin d'enrichir notre étude, nous choisissons ici de séparer le service de covoiturage en tant que Conducteur de celui en tant que Passager car nous considérons que les attentes et les contraintes ne sont pas les mêmes. En effet, pour faire du Covoiturage Conducteur, il faut posséder un véhicule et avoir le permis de conduire. En général, les individus choisissent ce service pour partager le coût du déplacement ou plus rarement le temps de trajet.

3.3.9. Covoiturage Passager

Le Covoiturage Passager quant à lui ne nécessite pas de posséder un véhicule, ni le permis de conduire. Le temps de trajet est passif, mais les individus confient la sécurité de la conduite à une

personne inconnue. Les individus choisissent ce service principalement car ils ne possèdent pas de Voiture Particulière ou n'ont pas le permis de conduire. Ils peuvent alors profiter d'un trajet en Voiture Particulière, accéder à des lieux qui ne sont pas desservis par les Transports en Commun ou pour le même trajet, payer moins cher qu'en Transports en Commun. Ces individus sont rarement des utilisateurs du Covoiturage Conducteur. Nous séparons donc ces deux types de Covoiturage car les contraintes d'utilisation ne sont pas les mêmes.

3.3.10. Taxi

Cette catégorie est exposée au débat actuel entre les Taxi et les Véhicules de Transport avec Chauffeur dits « VTC ». Pour ne pas avoir à arbitrer, nous les incluons tous les deux. Ces services de transport sont souvent utilisés de manière ponctuelle mais malgré tout, nous savons qu'une partie des individus l'utilise de manière non négligeable pour le motif Loisirs. Le taxi est un mode peu étudié dans la littérature. Pourtant, Hasiak (2016) s'y intéresse en comparant les perceptions des individus vis-à-vis du Taxi à celles vis-à-vis du Train.

3.3.11. Transports en Commun

Malgré tous les différents modes de Transport en Commun qui existent, nous les avons regroupés en deux catégories en fonction de leur rayon d'accessibilité. Nous avons donc dans cette première catégorie les modes de Transport en Commun plutôt urbains tels que le bus, le tramway, le métro et le RER d'Ile-de-France. Nous avons réalisé ce choix puisqu'en général, il n'existe qu'un seul abonnement par système de Transport en Commun, en d'autres termes, par ville, agglomération ou métropole. Commins & Nolan (2011) par exemple prennent aussi ce mode de transport en compte. Plus précisément, ils prennent en compte le bus puisque le périmètre de leur étude concerne Dublin et que le bus est le seul Transport en Commun de cette ville. Les Transports en Commun sont le mode de transport le plus analysé avec la Voiture Particulière. (Paulley 2006, Espino & al. 2007, Arentze 2013, Rubens & al. 2011, Farag & Glenn 2012…)

3.3.12. Train

La deuxième catégorie de Transport en Commun est donc le Train, c'est-à-dire les Transports en Commun de plus longue distance. Nous incluons ici le TGV (InOui, Ouigo, Thalys…) et les Trains Inter-Régionaux de type Corail ou TER. Ce mode de transport concerne principalement les individus habitant loin de leur lieu de travail. Commins & Nolan (2011) prennent aussi en compte

ce mode de transport tout comme Farag & Glenn (2012). Ils différencient donc comme nous les Transports en Commun du Train. En effet, leurs caractéristiques ne sont pas exactement les mêmes. Le Train est bien un mode de transport pertinent à prendre en compte. Afin de souligner ce fait, nous pensons à Hasiak (2016) qui compare les perceptions des individus vis-à-vis du Taxi à celles vis-à-vis du Train.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons motivé notre thèse en expliquant brièvement l'importance de la question des transports puisqu'elle concerne chaque individu sans exception et en nous intéressant tout particulièrement à la mobilité. Afin de démontrer le lien entre transports et mobilité, nous avons développé le rapport entre les transports et l'environnement, entre les transports et l'économie, puis entre les transports et la société, pour définir enfin la notion de mobilité. La réponse que nous avons apportée à la problématique de la mobilité consiste en une analyse plus fine de la demande sociétale à travers l'outil économique et à l'aune de la problématique environnementale.

Nous avons ensuite présenté les différents modèles existants et utilisés dans la littérature à propos de la question des transports et plus particulièrement du choix modal. Pour ce faire, nous avons commencé par vous présenter le modèle standard, puis les modèles de choix binaires et multinomiaux. Après une brève description des modèles spatiaux et des modèles d'activité, nous nous sommes attardés sur les modèles psychologiques. Après cette brève revue de la littérature, nous avons finalement choisi de retenir le cadre d'analyse de Ben-Akiva & Boccara (1987) en utilisant le Processus d'Analyse Hiérarchique de Saaty (1977). Ce choix émane de la flexibilité de cette méthodologie et de son degré de finesse d'analyse concernant la construction des préférences modales. Le chapitre suivant décrit précisément la méthodologie utilisée dans cette thèse.

Afin d'étayer notre propos sur la complexité de la question de la mobilité, nous avons présenté les typologies retenues dans cette thèse. En effet, il ne faut pas oublier d'éléments importants, mais il faut surtout définir à priori ce que nous voulons analyser exactement et quel type de résultats nous voulons obtenir. Nous avons donc commencé par vous présenter notre typologie des motifs de déplacement qui sont au nombre de cinq : Domicile-Travail ou Domicile-Etudes, Loisirs, Tâches Courantes, Accompagnement et la chaîne Domicile-Accompagnement-Travail. Nous

avons ainsi pu définir différentes situations de déplacements plus ou moins contraintes, afin de capter leurs effets sur les attitudes et plus généralement sur les préférences modales. Nous avons poursuivi en définissant notre typologie des attributs, pour en retenir six qui sont respectivement le Coût, la Sécurité, l'Efficacité, le Confort, l'Image et la Simplicité. Chaque attribut contient différents aspects dont chacun est défini par un sous-attribut : il en existe treize au total. Enfin, nous avons décrit les douze modes de transports que nous retenons dans cette thèse. Parce que nous voulons analyser les trajets du quotidien, nous n'avons pas retenu l'avion ni le bateau car ce sont des modes de transports bien particuliers et majoritairement utilisés lors de trajets ponctuels. Les modes de transports (alternatives) ainsi sélectionnés sont donc la Marche à Pieds, le Vélo, le Vélo en Libre-Service, le Deux-Roues Motorisé, la Voiture Particulière, le Véhicule Electrique, l'Autopartage, le Covoiturage Conducteur, le Covoiturage Passager, le Taxi, les Transports en Commun et le Train.

Comme nous avons pu le constater, la mobilité est un vaste sujet. Plus spécifiquement dans cette thèse, l'objectif est triple : Analyser les attentes individuelles; Modéliser la demande de mobilité; Modéliser des scénarios prospectifs.

Le chapitre suivant précise la méthodologie élaborée pour répondre à la problématique de cette thèse. C'est un document de travail publié en anglais dans la série des working papers de la Chaire Economie du Climat, ainsi que dans la série working papers du laboratoire EconomiX.

Chapitre 2 : A new behavioral framework to analyze preference construction and decision processes within the modal choice

Abstract

This paper discusses a new framework to explain the decision-making process of modal choice. A specific approach, based on the behavioral framework developed by Ben-Akiva & Boccara (1987), is adopted to understand and analyze the decision processes of individuals. Precisely, we use the Analytic Hierarchy Process (AHP) to build the hierarchy of preferences from attitudes and perceptions. Through the hierarchy of preferences, we can apply three different methods to better explain the decision processes; namely a standard compensatory model, a non-compensatory model based on the decision rules, and different possible weightings of the AHP method. The random utility maximization is predominantly used in the transportation literature because of its strong theoretical background, its success in predicting many types of human behavior, and the simplicity of mathematical and statistical analyses and model estimation it offers. Despite that, we believe that non-compensatory approaches are better suited to understand both travel behaviors and decision processes for transportation modes when taking active modes into account. These approaches allow us to better explain the impacts of each modal attribute on the one hand and to build psychological profiles with respect to decision rules on the other hand. Thus, it is possible to simulate shocks all things being equal.

Keywords: Modal choice; Preferences; Decision rules; Hierarchical model; AHP.

1. Introduction

Today, especially in developed countries, we are facing a new paradigm: “from ownership to usership”, or “from possession to use” (see washing machines and laundromat, but also all the new rental services like luxury bags...). Speaking about displacement, we are moving from transport to mobility (cf. private cars and car-sharing). Transport is defined as “*take or carry (people or goods) from one place to another by means of a vehicle, aircraft, or ship”* and mobility is defined as “*the*

ability to move or be moved freely and easily"(Oxford Dictionary). With these definitions, we notice that transport refers to the *way* of moving – this is the engineering point of view – while mobility refers to the *manner* of moving – this is the sociological point of view.

Mobility is at the heart of people's lives. Holidays and work, safety and social interaction, equity and accessibility… deal with mobility. In fact, our life is about mobility. As a matter of fact, *« trip demand is a derived demand, an associated consumption which is of secondary importance to the activity it is linked to. Generally, people do not travel for travel's sake; they travel to perform an activity* » (Crozet & Lopez Ruiz, 2013, p299). That being said, one can distinguish the "*constrained mobility*" from the "*chosen mobility*"; the latter being an opportunity rather than a constraint. On the one hand, individuals minimize constraints; on the other hand, they maximize opportunities. Both behaviors are motivated by self-interest. To go further, in 2007, Cervero & al. "*believe that carshare members, mindful of the cumulative costs of driving, also have become more judicious and selective when deciding whether to drive, take public transit, walk, bike, or even forgo a trip. This behavior contrasts with the perverse incentive to drive a personal car because of the considerable sunk and hidden costs associated with private car ownership"(*Cervero & al., 2007, p79). This quote supports the new paradigm "from ownership to usership" which is the main reason why modal choice process is of growing interest and why we have to focus more on understanding modal choice process. Indeed, as new transportation modes are appearing and historical transportation mode usage is changing, the approach has to be updated.

In this paper, two complementary questions are addressed. First, what are the individual expectations in terms of mobility? Secondly, what are the individual processes used in order to choose transportation mode? To answer these questions, we try to understand both the "black box" of construction of preferences and the decision rules used in modal choice. A decision rule is an intellectual process used by individuals to make a choice among different alternatives. We also analyze mobility demand in more details while building a theoretical method which can be applied in an empirical way, meaning that variables used in the model are harvestable data. More specifically, we build a new analytical framework based on a behavioral framework initiated by Ben-Akiva & Boccara (1987) on the one hand and on a mathematical psychology quantification method named Analytic Hierarchy Process (AHP) developed by Saaty (1977) on the other hand.

The originality of this paper is twofold. First, we try to better understand the construction of preferences through the importance attached to the attributes (attitudes), and the perceived level of these attributes (perceptions). Secondly, we test the different compensatory and non-compensatory decision processes used to choose transportation mode.

The first contribution of this paper is to test the robustness of the structure of attributes. The second contribution and the main one is to find the mobility demand structure speaking about attitudes, perceptions and preferences and then decision processes. The last contribution consists in considering a set of transportation modes that is larger than the one analyzed in previous research works. Specifically, we consider intermodality and we add the Internet as a transportation mode so that we take the immobility such as teleworking, e-learning, e-shopping, etc. into account. Moreover, we introduce the notion of modal portfolio for the choice set. This notion of modal portfolio is built as a financial portfolio, with assets (mobility goods and mobility service subscriptions) and liabilities (accessibilities and available options).

The final contribution of this new behavioral framework is to use the mobility demand structure to test changes, such as public policies or foresighting scenarios, all things being equal.

The structure of the paper is as follows. In Section 2, the previous research and the contribution of this work are presented. The conceptual framework is explained in Section 3 with the definition of the concepts and the typologies used. In Section 4, preferences are constructed through the quantifying methodology of attitudes and perceptions. In Section 5, the different possible decision rules are defined and contextualized. Finally, Section 6 concludes with a discussion and future research.

2. Previous research and contribution of this work

To have an overview of the existing literature, see Soltanzadeh & Masoumi, 2014, p202 detailing the mode choice determinants, the studied countries, the studied modes and the studied years. Existing research works about mode choice consider either few transportation modes, mainly cars and public transports (PT) (Temme & al., 2008; Rubens & al., 2011; Redman & al., 2013; Jou & Chen, 2014; Van & al., 2014; Broberg & Sarjala, 2015), and/or few activities, mostly commuting and leisure (Van & al., 2014; Danaf & al., 2014; Broberg & Sarjala, 2015), and/or few modes characteristics, in particular time, cost, comfort and security (Hensher & al., 2003; Daziano &

Rizzi, 2015), and/or a specific type of individuals such as students (see the literature review from Danaf & al., 2014, Table 1, p145). Here, we consider all individuals, all activities grouped in a typology to highlight the different needs (see part 3.1), a larger set of modes including notably the "Internet" to account for immobility (see part 3.2), and the whole set of modes characteristics built by Brisbois (2011) and inspired by L. Steg and V. Kaufmann (see part 3.3).

In connection with what has just been said about the set of modes' characteristics, it should be noted that, in his new approach to consumer theory, Lancaster (1966) stated that consumers do not acquire goods for themselves but for the characteristics they contain. The latter characteristics are called "attributes". Quite recently, Susilo & Cats (2014) explored the key determinants of travel satisfaction including service and quality. Redman & al. (2013) describe public transport service quality attribute as an aggregation of physical attributes (reliability, frequency, speed, accessibility, price, information provision, ease of transfers and vehicle condition) and perceived attributes (comfort, safety, convenience and aesthetics). In our paper, we assume every attribute as perceived. In fact, taking more attributes into account helps better explain the choice, and thus helps reduce the error term inherent to discrete choice models. Anable (2005) even distinguished instrumental journey attributes from affective ones. To go even further, Van & al. (2014) divided attributes into three categories, namely "Symbolic affective" (affective motives), "Instrumental" (functional) and "Social Orderliness" (environmental friendliness, safety, altruism, quietness, etc.). As we take into account more attributes, our approach allows us to explain the impacts of each attribute on modal choice in more details.

In our case, based on the behavioral frameworks developed by Ben-Akiva & Boccara (1987), we adopt a specific approach combining attitudes and perceptions to analyze the decision processes of individuals. Indeed, explanatory variables in a behavioral framework are not only stated preferences but also context, motivation, attitudes, perceptions, tastes, knowledge, beliefs, information, budgets, etc. Hunecke & al. (2008) supported the significance of attitudes in mobility behavior as well as how attitudes change across individuals. Furthermore, Heinen & al. (2010) argue that the inclusion of attitudes, next to socio-demographic characteristics, helps to improve the explanatory power of statistical models. Indeed, Morikawa & al. (2002) include modal comfort and convenience through attitudinal indicator variables. In general, attitudes are used as latent variables through discrete choice models with stated preferences as explanatory variables when

maximizing utility to find the revealed preferences (the choice). In our framework, attitudes and perceptions are not latent variables but direct explanatory variables when building preferences.

Limited research has suggested that non-compensatory decision rules may be at work in transportation decisions and travel behavior (Foerster, 1979; Recker & Golob, 1979; Young, 1986; Swait & Ben-Akiva, 1987a, 1987b; Swait, 2001). Indeed, non-compensatory models focus on acceptability thresholds and in 2015, Obermeyer & al. state that *"thresholds might be important for predicting choice behavior* "(Obermeyer & al., 2015, p9). Rather, research works mainly focus on compensatory models to explain mode choice and these models become more and more complex. The compensatory approach mainly describes the time and cost sensitivity; and when it also includes other variables as comfort or ecology, it transposes them in a common unit, namely money. Specifically, the random utility maximization is predominantly used in the transportation literature, because of its strong background in theory, its success in predicting many types of human behavior, and the simplicity of mathematical and statistical analyses and model estimation it offers (Ben-Akiva & Lerman, 1985; Koppelman & Bhat, 2006). Despite the latter advantages of the direct compensatory approach, we believe that the non-compensatory approach is better suited to understand travel behaviors and decision processes. This idea was already put forward in 1987 by Gensch & Javalgi, who stated that "*simultaneous compensatory evaluation models do not appear to reflect the cognitive process by which individuals make their choice*" (Gensch & Javalgi, 1987, p869). By contrast, non-compensatory models enable to process by attributes, considering more variables, including qualitative ones.

In this paper, our ambition is to focus on the choice process while quantifying qualitative data. To do so, standard research usually uses the Discrete Choice method (Ben-Akiva & Lerman, 1985) but our approach is inspired by other multi-attributes choice models. From Van Ittersum & al. (2007), we have a typology of these models depending on the information we have in terms of attributes and their level. For instance, if we have internal attribute information, meaning no attribute information and no attribute-level information, the free-elicitation method is recommended. Alternatively, when we have external attribute information, meaning attribute information and attribute-level information, there are four main models (*i.e*. the multi-attribute attitude method, the trade-off method, the swing-weight method and the conjoint method). In our case, we have consumers' values and desires, that is to say attribute information but no attribute-

level information. Five main models are adapted in such a case. From the easiest to the most robust one, the direct-rating method, they are the direct-ranking method, the point allocation method, the analytical hierarchy process and the information display board. As we do not focus on the information effects on the one hand, and as Tversky and Shafir state that "*an examination of the empirical literature indicates that choice behavior is often inconsistent,* ***hierarchical*** *and context dependent*" (Tversky & Shafir, 2004, p493) on the other hand, we chose the Analytical Hierarchy Process (AHP).

3. Conceptual framework

In this part, we address the following question: **how can we explain the modal choice?** To do so, we use the behavioral framework developed by Ben-Akiva & Boccara (1987) below:

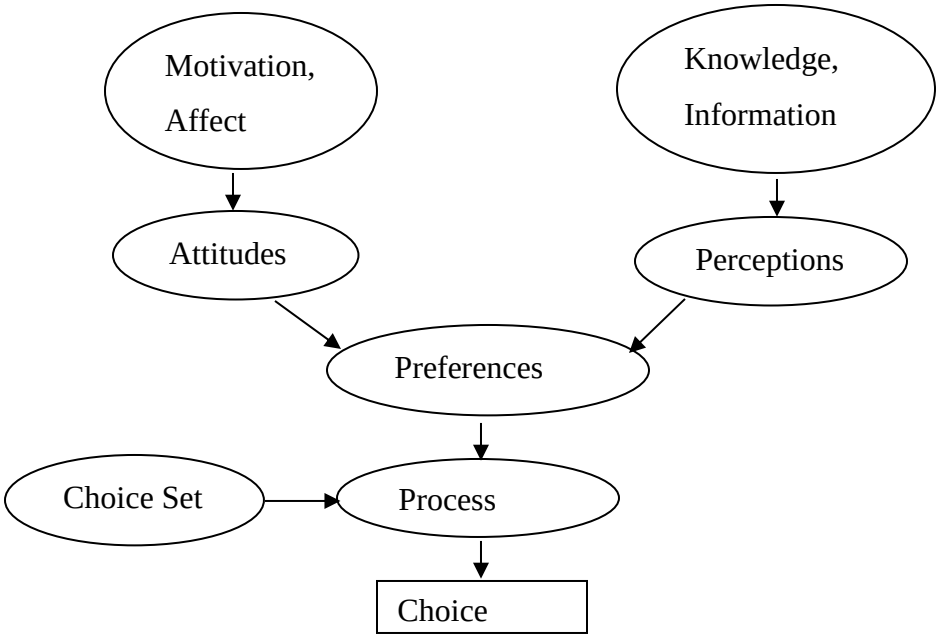


Figure 3: Conceptual framework

This behavioral framework allows us to analyze the determining factors of modal choice through attitudes and perceptions.

Ben-Akiva and al. (1999) developed the latter framework for latent variables as follow:

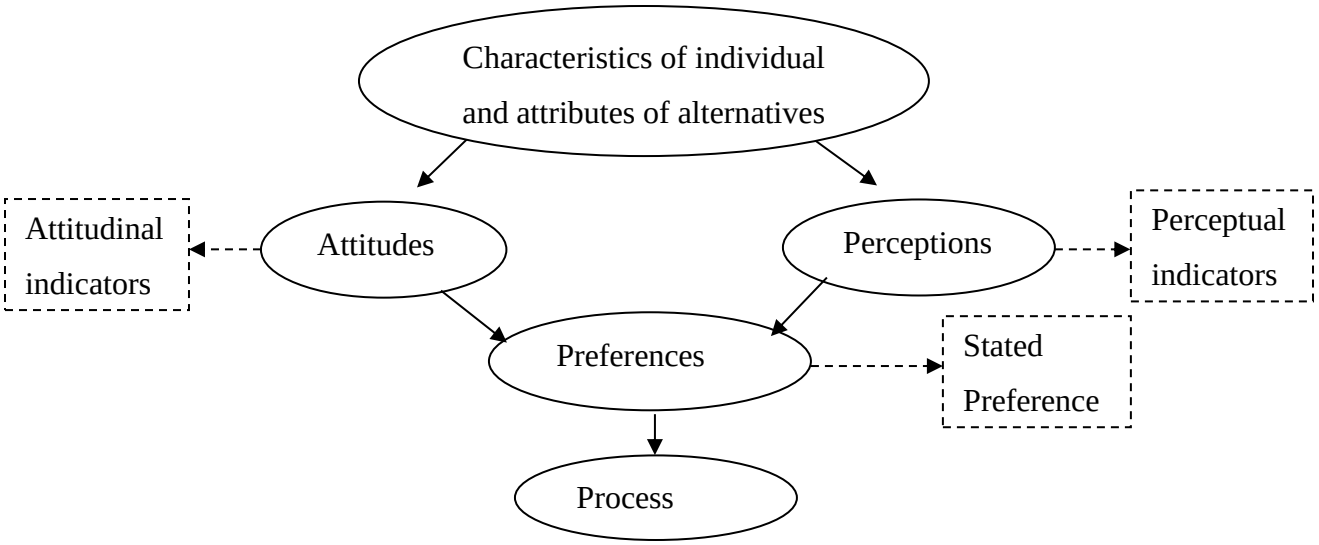


Figure 4: Behavioral framework for choice models with latent variables

All the aforementioned concepts are explained below:

Attributes of alternatives are the different characteristics of transportation modes (see 3.3).

Motivations and affect are the explanation of attitudes. Indeed, attitudes toward a mobility journey depend on motivations, constraints and expectations.

"Attitudes reflect individuals' needs, values, tastes, and capabilities. They are formed over time and are affected by experience and external factors that include socioeconomic characteristics" (Ben-Akiva and al., 1999).

In other words, attitudes are the preferences in terms of attributes. In our research work, attitudes consist of the ranking of modal attributes in the cognitive process for mode choice depending on each activity.

Knowledge and information are the causes of perceptions. Indeed, your perceptions about transportation modes depend on your knowledge about them and the information you have. In this paper, the knowledge and information effects are not analyzed ex-ante but ex-post through the concept of cognitive bias.

"Perceptions are the individuals' beliefs or estimates of the levels of attributes of the alternatives. The choice process is expected to be based on perceived levels of attributes." (Ben-Akiva and al., 1999).

In our research work, perceptions are the ratings of modal attributes based on an acceptability threshold.

"Preferences represent the desirability of the choice alternatives. These preferences are translated to decisions via a decision-making process. Various types of decision processes can be incorporated into this framework" (Ben-Akiva and al., 1999).

In our research work, preferences consist of the ranking of transportation modes depending on their adequacy between attitudes and perceptions.

Sociodemographic variables (characteristics of individual) are gender, age, household type, house location, income, education, and so on.

Choice set is the set of all possible alternatives (transportation modes) among which individuals have to choose.

In our research work, we name it the modal portfolio. It consists of assets (mobility goods and mobility service subscriptions) and liabilities (accessibilities, available options).

Process is a type of decision rules that individuals use to make a choice. It is a function associating (and mapping) an observation with an appropriate action. A **decision rule** is an intellectual process used by individuals to make a choice among different alternatives.

In our research work, to draw the main factors, we compare a non-compensatory hierarchical model, a compensatory hierarchical model and the AHP method.

Choice is the actual mode choice made by individuals for each activity.

In our research work, it consists of the revealed choice, namely the transportation mode used for each activity.

Inspired by the frameworks above (Figure 1 and 2), we build a general framework to better explain, understand and analyze modal choice. It includes the construction of preferences directly quantified from attitudes and perceptions (not as latent variables as Ben-Akiva does). Our framework also includes the *choice process*, the *choice set* constraints (defined as a modal-portfolio) as in Ben-Akiva's framework and the *real choice* to control our model. We also take into account "*system characteristics", "perceptions", "preferences", "situational constraints" and "behavior*" in our framework, as Tybout & al. (1978) advised.

The first part of the framework is used to answer the question "how can we explain the "black-box" of modal construction of preferences?" such as illustrated in Figure 3 below.

The second part is used to answer the question “which model best predicts modal choice?” Nonetheless, that question is not addressed in this paper as we still do not have the required data.

About the Figure below:

Passenger-kilometer is the “volume” (the “amount”) of mobility.

Modal split is the mobility distribution among transportation modes.

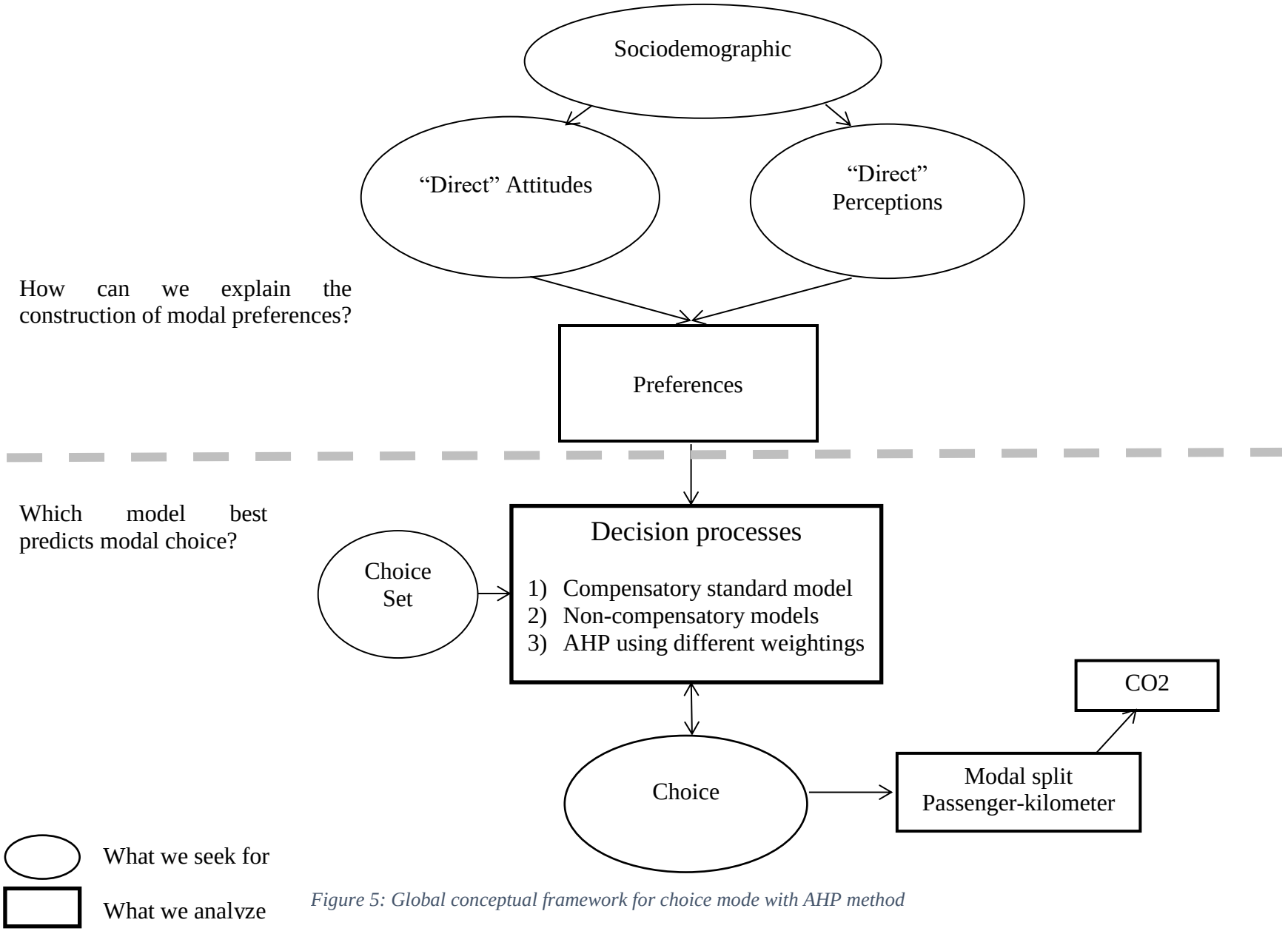


Figure 5: Global conceptual framework for choice mode with AHP method

3.1. Activities

Activities are the main reasons to travel. Here, we consider a typology with four types of activities (see Table 1) pooled from the National Institute of Statistics and Economic Studies (INSEE)'s typology.

Activities	Definition
Home-Work Home-Studies	Going to work or to study from home and coming back
Shopping Services	Grocery shopping. Going to the haircutter's, to the mayor's office or to the doctor's
Accompanying	Accompanying a friend, or picking him up
Leisure	Going to do sports, arts, recreation, going to the restaurant, shopping or visiting a relative in your city or nearby.

Table 2 : Typologie of activities

In what follows, the "choice set" refers to the different transportation modes considered in this study, namely:

Transportation modes	Description
Walking	Walking, transit, perambulation…
Bike & Soft mobility objects	Possessed bike, scooter, rollerblades, skateboard...
Shared Bike	Vélib', V'cub, Yélo, vélhop: bike-sharing services
Motorized two-wheelers	Moped, motorized scooter, motorcycle
Private car (not electric)	Driver in a private car or passenger in a private car owned by relatives
Private Electric car	Driver in a private electric car or passenger in a private electric car owned by relatives
Car-sharing	Station-based or free-floating car-sharing system: Autolib', Ouicar, Zipcar…
Car-pooling driver	Carpooling as a driver with its own private car and with non-relative passengers
Car-pooling passenger	Carpooling as a passenger within a private car owned by non-relatives
Taxi	Taxi, cabs, Uber, Heetch
Bus, subway, tramway…	All Public road Transports: City bus, Bus rapid transit, tramway, underground…
Train	All trains from low-speed trains to high-speed trains
Intermodality	Public Transport + individual mode (to be specified)
Internet	Use of internet for shopping, services, games, teleworking…to avoid a journey

Table 3 : Typology of transportation modes

3.2. Attributes

Attributes are the whole set of transportation mode characteristics. In other words, any mode can be evaluated in terms of this common set of attributes (see Table 3).

This attribute's structure is inspired by Brisbois' work which consists of a Principal Component Analysis about the modal choice criteria (Brisbois, 2011). In this paper, complementarity or substitutability of attributes are not taken into account since we consider attributes as independent.

Attributes	Sub-attributes	Definition
Cost	Financial accessibility	Cost of path / of the mode
	Time productivity	Benefits from the use of travel time / within the mode
Security	Accidents	Security feeling about road hazards / about mode hazards
	Assaults	Security feeling about other individuals / within the mode
Efficiency	Spatial accessibility	Potential moving distance / mode distance
	Temporal accessibility	Potential moving speed / mode speed
	Reliability / Flexibility	Sensitivity to the unexpected and potential of adaptation / of the mode
Comfort	Psychological comfort	Atmosphere, journey privacy / mode privacy
	Physical comfort	Seat during the journey / mode's comfort
Identity	Status	Mobility as a status for others / mode as a status
	Sensations / Control	Mobility as an identity for itself / mode as an identity
Ease of use	Cognitive accessibility	Ease of understanding of the journey / of the mode
	Physical accessibility	Ease of physical skills to be mobilized for the journey / to use the mode

Table 4 : Typology of attributes

Saaty & Ozdemir stated "that to serve both consistency and redundancy, it is best to keep the number of elements seven or less. It appears that George Miller's seven plus or minus two is indeed a limit, a channel capacity, on our ability to process information" (Saaty & Ozdemir, 2003, p244). It fits with our typology in which there are six attributes.

4. The Analytic Hierarchy Process (AHP) method

"*The Analytic Hierarchy Process (AHP) is a general theory of measurement*" (Saaty, 1987, p161), and more specifically a hierarchical multi-criteria choice model to find out modal preferences.

The Figure 4 below represents the set of the structure of attributes as represented for the AHP method. This method is used to quantify attitudes (see part 4.1) and perceptions (see part 4.2).

Combining attitudes and perceptions, we built modal preferences (see part 4.3).

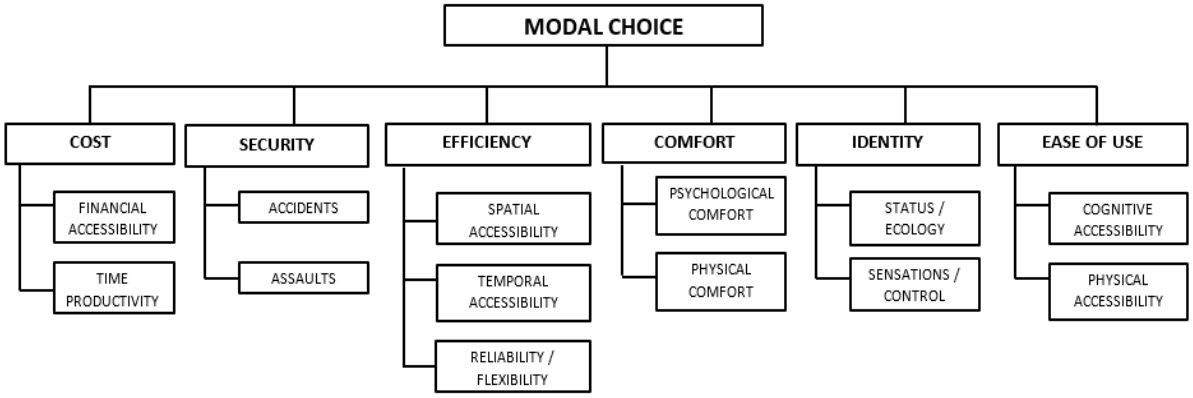


Figure 6 : Structure of attributes

4.1. Attitudes: relative measurement

4.1.1. Principles

This part explains the main principles of AHP method developed by Saaty.

"To make a decision in an organized way to generate priorities, we need to decompose the decision into the following steps:

1) Define the problem and determine the kind of knowledge sought.

2) Structure the decision hierarchy from the top with the goal of the decision, then the objectives from a broad perspective, through the intermediate levels (criteria on which subsequent elements depend) to the lowest level (which usually is a set of the alternatives).

3) Construct a set of pairwise comparison matrices. Each element in an upper level is used to compare the elements in the level immediately below with respect to it.

4) Use the priorities obtained from the comparisons to weigh the priorities in the level immediately below. Do this for every element. Then, for each element in the level below, add its weighed values and obtain its overall or global priority. Continue this process of weighing and adding until the final priorities of the alternatives in the bottom most level are obtained." (Saaty, 2008, p85)

The next step is to derive the weights of priorities. It has been shown that this scale is obtained by solving for the principal eigenvector of the matrix and then normalizing the result" (Saaty, 1987, p165). Indeed, "the principal eigenvector is a necessary representation of the priorities" (Saaty, 2003).

To make comparisons, we need a scale of numbers that indicates how many times more important or dominant one element is over another element with respect to the criterion or property used to compare them. Table 4 exhibits the scale in question.

Intensity of Importance	Definition	Explanation
1	Equal Importance	Two activities contribute equally to the objective
2	Weak or slight	
3	Moderate importance	Experience and judgement slightly favor one activity over another
4	Moderate plus	
5	Strong importance	Experience and judgement strongly favor one activity over another
6	Strong plus	
7	Very strong or demonstrated importance	An activity is favored very strongly over another; its dominance demonstrated in practice
8	Very, very strong	
9	Extreme importance	The evidence favoring one activity over another is of the highest possible order of affirmation
Reciprocals of above	If activity i has one of the above non-zero numbers assigned to it when compared with activity j, then j has the reciprocal value when compared with i	A reasonable assumption
1.1–1.9	If the activities are very close	May be difficult to assign the best value but when compared with other contrasting activities the size of the small numbers would not be too noticeable, yet they can still indicate the relative importance of the activities.

Table 5 : Saaty's AHP scale (Saaty, 1977)

The axioms of AHP are the following:

- "Reciprocity: This axiom says that the comparison matrices we construct are formed of paired reciprocal comparisons, for if one stone is judged to be five times heavier than another, then the other must perforce be one-fifth as heavy as the first. It is this simple but powerful relationship that is the basis of the AHP.
- Homogeneity: Homogeneity is essential for meaningful comparisons, as the mind cannot compare widely disparate elements.
- Dependency: Let H be a hierarchy with levels L_1, L_2 ,..., L_h,. For each L_k, k = 1, 2 ,.., h – 1 :
  - (1) L_{k+1}, is outer dependent on Lk;
  - (2) L_{k+1} is not inner dependent with respect to all $x \epsilon L_k$;
  - (3) L_k, is not outer dependent on L_{k+1}

Expectations: This axiom is merely the statement that thoughtful individuals who have reasons for their beliefs should make sure that their ideas are adequately represented in the model. All alternatives, criteria and expectations (explicit and implicit) can be and

should be represented in the hierarchy. This axiom does not assume rationality. People are known at times to harbor irrational expectations and such expectations can be accommodated." (Saaty, 1987, p166-169)

In other words, let "Xi" be an attribute from i=1 to 6 and "αi,j" be the weight of the pairwise comparison between attribute i and attribute j with i=1 to 6 and j=1 to 6.

From AHP method, we have the following "Saaty's" matrix:

	X_1	**X_2**	**X_3**	**X_4**	**X_5**	**X_6**
X_1	$\alpha_{1,1}$	$\alpha_{1,2}$	$\alpha_{1,3}$	$\alpha_{1,4}$	$\alpha_{1,5}$	$\alpha_{1,6}$
X_2	$\alpha_{2,1}$	$\alpha_{2,2}$	$\alpha_{2,3}$	$\alpha_{2,4}$	$\alpha_{2,5}$	$\alpha_{2,6}$
X_3	$\alpha_{3,1}$	$\alpha_{3,2}$	$\alpha_{3,3}$	$\alpha_{3,4}$	$\alpha_{3,5}$	$\alpha_{3,6}$
X_4	$\alpha_{4,1}$	$\alpha_{4,2}$	$\alpha_{4,3}$	$\alpha_{4,4}$	$\alpha_{4,5}$	$\alpha_{4,6}$
X_5	$\alpha_{5,1}$	$\alpha_{5,2}$	$\alpha_{5,3}$	$\alpha_{5,4}$	$\alpha_{5,5}$	$\alpha_{5,6}$
X_6	$\alpha_{6,1}$	$\alpha_{6,2}$	$\alpha_{6,3}$	$\alpha_{6,4}$	$\alpha_{6,5}$	$\alpha_{6,6}$

Table 6 : Matrix of attitudes

with $\alpha_{i,j} = 1/\alpha_{j,i}$

To calculate the weight of attributes, we need to find the principal eigenvector as shown in the last column of Matrix 2 below. Let A be a *n* x *n* matrix. The number λ is an eigenvalue of A if there exists a non-zero vector v such that Av= λv. In this case, vector v is called an eigenvector of A corresponding to λ.

	X_1	**X_2**	**X_3**	**X_4**	**X_5**	**X_6**	**Priority vector**
X_1	1	$\alpha_{1,2}$	$\alpha_{1,3}$	$\alpha_{1,4}$	$\alpha_{1,5}$	$\alpha_{1,6}$	**w_1**
X_2	$1/\alpha_{1,2}$	1	$\alpha_{2,3}$	$\alpha_{2,4}$	$\alpha_{2,5}$	$\alpha_{2,6}$	**w_2**
X_3	$1/\alpha_{1,3}$	$1/\alpha_{2,3}$	1	$\alpha_{3,4}$	$\alpha_{3,5}$	$\alpha_{3,6}$	**w_3**
X_4	$1/\alpha_{1,4}$	$1/\alpha_{2,4}$	$1/\alpha_{3,4}$	1	$\alpha_{4,5}$	$\alpha_{4,6}$	**w_4**
X_5	$1/\alpha_{1,5}$	$1/\alpha_{2,5}$	$1/\alpha_{3,5}$	$1/\alpha_{4,5}$	1	$\alpha_{5,6}$	**w_5**
X_6	$1/\alpha_{1,6}$	$1/\alpha_{2,6}$	$1/\alpha_{3,6}$	$1/\alpha_{4,6}$	$1/\alpha_{5,6}$	1	**w_6**

Table 7 : Saaty's matrix with priority vector

As we need to ask individuals for pairwise comparison through a survey, we try to reduce the amount of pairwise comparisons in order to shorten the length of the questionnaire. To do so, the General Transitivity Rule (GRT) from Srdjevic & al., 2014, for a matrix of order six, and missing entry $\alpha_{5,6}$, tells us there are only four first-level transitions, namely $\alpha_{5,6} = \alpha_{5,1} \cdot \alpha_{1,6} = \alpha_{5,2} \cdot \alpha_{2,6} = \alpha_{5,3} \cdot \alpha_{3,6} = \alpha_{5,4} \cdot \alpha_{4,6}$.

Srdjevic & al., 2014 allow us to find $\alpha_{i,j}$ knowing all first-level transitions averaging geometrically and round the result to the closest numerical value from Saaty's scale. If the value

found is out of the scale, then authors propose to scale it to make it fall within the range of Saaty's scale. In our case of a matrix of order six, we can find three pairwise comparisons with respect to a specific condition. Indeed, we can find $\alpha_{i,j}$, $\alpha_{k,l}$ and $\alpha_{m,n}$, knowing all their first-level transitions. It is the case when $i \neq j \neq k \neq l \neq m \neq n$:

$\alpha_{i,j} = \alpha_{i,k} \cdot \alpha_{k,j} = \alpha_{i,l} \cdot \alpha_{l,j} = \alpha_{i,m} \cdot \alpha_{m,j} = \alpha_{i,n} \cdot \alpha_{n,j}$

$\alpha_{k,l} = \alpha_{k,i} \cdot \alpha_{i,l} = \alpha_{k,j} \cdot \alpha_{j,l} = \alpha_{k,m} \cdot \alpha_{m,l} = \alpha_{k,n} \cdot \alpha_{n,l}$

$\alpha_{m,n} = \alpha_{m,i} \cdot \alpha_{i,n} = \alpha_{m,j} \cdot \alpha_{j,n} = \alpha_{m,k} \cdot \alpha_{k,n} = \alpha_{m,l} \cdot \alpha_{l,n}$

4.1.2. Transitivity solution

Transitivity is one of the important axiom dealing with preferences in economy. This axiom states that if the alternative A is preferred to B and the alternative B is preferred to C, then, A is preferred to C. In this paper, for a multi-criteria decision making, transitivity obviously needs to be satisfied. Ji & Jiang, 2003 therefore criticized the AHP method saying that it suffers from scale intransitivity. This is why they derived a transitive scale for the AHP. The scale is composed of two parts: a verbal one and a numerical one. The AHP scale respects the transitivity property if its verbal component follows an arithmetic progression and the numerical part a geometric one.

Let $D = \{d_{ij}\}$ denote the judgment matrix defined on the digitized verbal part, and $A = \{\alpha_{ij}\}$ the judgment matrix defined on a geometric scale. D and A are connected by the mapping: $a_{ij} = u^{d_{ij}}$ with "u" the geometric progression parameter.

Transitivity holds if $d_{ik} = d_{ij} + d_{jk}$ and if $\alpha_{ik} = \alpha_{ij} \times \alpha_{jk}$. To find the value of "u", Ji & Jiang, 2003 proposed this formula: $\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij}^{Saaty} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} u^{d_{ij}}$.

Our new behavioral framework is based on this geometric scale given by Ji & Jiang, 2003. We test it with the Consistency Ratio which is the Consistency Index (principal eigen value minus the size of the matrix divided by the size of the matrix minus one) divided by the Random Consistency Index (build by random reciprocal matrix of different sizes, see Appendix 4). A value of the Consistency Ratio less than 0,1 means that transitivity holds. Applying this geometric scale to the matrix of attitudes leads to a transitive matrix. Using the different values of "u", we can build clusters to have a more detailed analysis, so each cluster has its own "u". Here, "u" refers to the substitutability level between attributes. In other words, when "u" increases, substitutability of attributes decreases. If "u"= 1, then attributes are perfectly

substitutable. Complementarity (perfect or partial) between attributes is not present here because we use a geometric progression. And even if "u" goes to infinity, attributes are less and less substitutable but never not substitutable.

Saaty's scale	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Geometric Transitive $u^{(x-1)}$	$\frac{1}{u^8} = u^{-8}$	$\frac{1}{u^6} = u^{-6}$	$\frac{1}{u^4} = u^{-4}$	$\frac{1}{u^2} = u^{-2}$	u^0	u^2	u^4	u^6	u^8
Arithmetic scale	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Verbal scale	Absolutely less	Strongly less	Less	Slightly less	Equally important	Slightly more	More	Strongly more	Absolutely more

Table 8 : Scales' correspondence

The next step consists in determining a corresponding arithmetic progression for the verbal scale. The relation between Saaty's scale and the geometric progression is given and we find the arithmetic and verbal scales, as reported in Table 5 below:

"u" represents the utility convexity. In other words, the marginal satisfaction is an increasing function of the 1 to 9 grade (see graph 1 in section 4.2.2). In this case, each individual has their own value of "u". Depending on this value, we are able on the one hand to analyze the degree of utility convexity for each individual and on the other hand to see the extent to which this concavity is distributed among individuals. Indeed, Gensch & Javalgi, 1987, p880 support the fact that "non-comparable scalings are common in real-world choice problems".

The importance of the value of "u" is supported by Ji & Jiang, 2003 who said that "a specific problem has a specific priority vector". This determines a different use of frequencies of relative importance gradations and requires a different value of "u".

Using this geometric progression and having a fix set of attributes imply that there is no rank reversal possibility. In other words, thanks to this AHP method, we have two kinds of output: a weighted (or cardinal) hierarchy of attributes, and a simple (or ordinal) hierarchy with no weight (as there is no rank reversal possibility).

Knowing the simple hierarchy is particularly useful to test different decision rules (compensatory and non-compensatory rules).

Moreover, these two kinds of outputs will be used at a later time to test the predictability of the three different models presented above. It is however not part of this paper because of data non-attendance, as already said above.

4.2. Perceptions: absolute measurement

4.2.1. Principles

In the first version of the AHP method, each alternative has to be compared pairwise with all the others with respect to each criterion. This relative method is more accurate. But in 2008, Saaty stated that "*the ratings method has the advantage that one can rate large numbers of alternatives rather quickly, and the results are adequately close*" (Saaty, 2008, p90).

To obtain priorities from absolute measurement method, rating categories have to be established for each criterion. In our paper, we use a common rating category (explained in part 4.2.2) because of the qualitative aspect of the criteria (Saaty, 1986, p327).

"The idealized priorities are always used for ratings" (Saaty, 2008, p90). The idealized priorities are the priorities normalized by the largest priority (dividing by the largest priority).

A considerable advantage of absolute measurement is that there is no rank reversal of alternatives even if a new alternative is added or deleted. It is a good point in the sense that we do not have to fix a set of alternatives not to change it. Otherwise it would have been necessary to repeat the complete method again from the beginning. (Saaty, 1986, p327)

In the present research work, the rating categories for each criterion are built based on a 1-9 scale, and are common to all criteria because of their qualitative aspect:

Verbal scale	Not important	Very poor	Poor	Below average	Average	Above average	Good	Very good	Perfect
Arithmetic scale	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Saaty's scale	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Table 9 : Absolute measurement correspondence between verbal an arithmetic scales

For further details about absolute measurement, we refer the reader to Saaty, 1986.

4.2.2. Transitivity matrix on a 1-9 scale

In this paper, identifying a common scale for all the attributes is needed. As attributes are qualitative and subjective and since absolute measurement is possible, we use the transitive rules proposed by Ji & Jiang, 2003 above (with "u"= 1.316, meaning that the geometric

progression is $1.316^{(x-1)}$) to build a perfectly transitive and perfectly consistent judgment matrix on a 1-9 scale:

	9	**8**	**7**	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**Priorities**	**Ideal**
9	1	1,316	1,732	2,28	3	3,948	5,196	6,839	9	0,262	1,000
8	0,76	1	1,316	1,732	2,28	3	3,948	5,196	6,839	0,199	0,760
7	0,577	0,76	1	1,316	1,732	2,28	3	3,948	5,196	0,151	0,577
6	0,439	0,577	0,76	1	1,316	1,732	2,28	3	3,948	0,115	0,439
5	0,333	0,439	0,577	0,76	1	1,316	1,732	2,28	3	0,087	0,333
4	0,253	0,333	0,439	0,577	0,76	1	1,316	1,732	2,28	0,066	0,253
3	0,192	0,253	0,333	0,439	0,577	0,76	1	1,316	1,732	0,050	0,192
2	0,146	0,192	0,253	0,333	0,439	0,577	0,76	1	1,316	0,038	0,146
1	0,111	0,146	0,192	0,253	0,333	0,439	0,577	0,76	1	0,029	0,111

Table 10 : Perfectly consistent and transitive matrix for absolute measurement on a 1-9 scale

In terms of perceptions, we obviously need to use idealized priorities since the best grade represents the perfection from the individual's point of view. This way, each weight corresponds to each absolute measurement of transportation mode's attributes from 1 to 9.

As we already said above, "u" represents the degree of substitutability. Here, 1,316 is the value of "u" representing the ideal substitutability level between perception levels for a 1-9 scale.

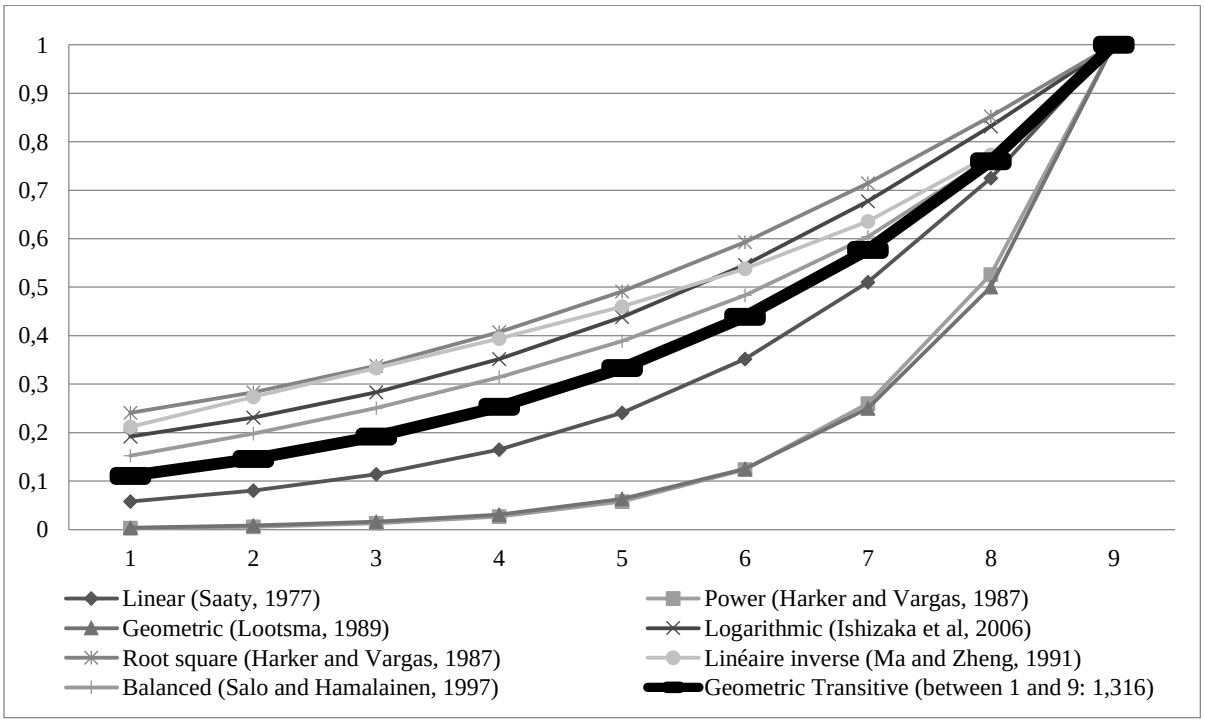


Figure 7: AHP scales in absolute measurement

Figure 4 above helps to compare the different scales used in the literature for AHP method. It also shows that the "Geometric Transitive" convex curve lies between the other curves; this suggests that this geometric progression is not absurd at all.

Let "Z_i" be the alternatives and "$\beta_{i,j}$" be the absolute measurement of mode i about attribute j. It gives the following matrix:

	X_1	**X_2**	**X_3**	**X_4**	**X_5**	**X_6**
Z_1	$\beta_{1,1}$	$\beta_{1,2}$	$\beta_{1,3}$	$\beta_{1,4}$	$\beta_{1,5}$	$\beta_{1,6}$
Z_2	$\beta_{2,1}$	$\beta_{2,2}$	$\beta_{2,3}$	$\beta_{2,4}$	$\beta_{2,5}$	$\beta_{2,6}$
Z_n	$\beta_{n,1}$	$\beta_{n,2}$	$\beta_{n,3}$	$\beta_{n,4}$	$\beta_{n,5}$	$\beta_{n,6}$

Table 11 : Matrix of perception

4.3. Preferences

Preferences are determined by combining weight of attributes and their attribute-level for each alternative. This leads to the following Table:

Priority Vector	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6	**Preferences weights**	**Normalized preferences**
	X_1	**X_2**	**X_3**	**X_4**	**X_5**	**X_6**		
Z_1	$\beta_{1,1}$	$\beta_{1,2}$	$\beta_{1,3}$	$\beta_{1,4}$	$\beta_{1,5}$	$\beta_{1,6}$	$\sum_{i=1}^{6}(w_i \times \beta_{1,i})$	$\frac{\sum_{i=1}^{6}(w_i \times \beta_{1,i})}{\sum_z(\sum_i(w_i \times \beta_{z,i}))}$
Z_2	$\beta_{2,1}$	$\beta_{2,2}$	$\beta_{2,3}$	$\beta_{2,4}$	$\beta_{2,5}$	$\beta_{2,6}$	$\sum_{i=1}^{6}(w_i \times \beta_{2,i})$	$\frac{\sum_{i=1}^{6}(w_i \times \beta_{2,i})}{\sum_z(\sum_i(w_i \times \beta_{z,i}))}$
Z_n	$\beta_{n,1}$	$\beta_{n,2}$	$\beta_{n,3}$	$\beta_{n,4}$	$\beta_{n,5}$	$\beta_{n,6}$	$\sum_{i=1}^{6}(w_i \times \beta_{3,i})$	$\frac{\sum_{i=1}^{6}(w_i \times \beta_{n,i})}{\sum_z(\sum_i(w_i \times \beta_{z,i}))}$

Table 12 : Preferences' construction

By combining attitudes and perceptions, we have obtained a hierarchy of alternative preferences.

In AHP method, the model ends at this stage. In the same manner, and to highlight the theoretical preferences of transportation modes, we can also stop the method here by taking the choice set constraint or modal portfolio into account and then predict the final mode choice. Instead and as already said above, we prefer to compare this result with two other methods, namely a compensatory standard model and non-compensatory models both named decision rules, as explained below in part 5. It is easy to think about Attribute Non-Attendance (ANA) when speaking about non-compensatory decision rules. Indeed, our framework allows us to

make Monte-Carlo simulations to test ANA. Hole (2011) found "*that a substantial share of respondents ignored one or more of the attributes when making their choices."* The difference between ANA and non-compensatory decision rules is that in ANA, from the whole set of attribute, we define one attribute (or more) with a zero coefficient and see how predictive the results are. On the other hand, in non-compensatory decision rules, we look for the threshold level of each attribute from which ANA happens. In her paper, Lagarde (2013) uses latent classes where each class represents a specific non-attendance decision rule. Nevertheless, in our paper, each class represents a specific non-compensatory decision rule.

5. Decision rules

As explained in the introductory part, we believe that non-compensatory models are better suited to explain modal choice. Here we focus on the different decision rules that can be used to choose a transportation mode. As already said above, a **decision rule** is an intellectual process used by individuals to make a choice among different alternatives. This process can be applied to attributes (processing by attribute) requiring individuals to search for information about this attribute for each of the alternatives considered. The term "**threshold**" is pivotal in non-compensatory decision rules. It was introduced by Georgescu-Roegen (1936 & 1958), through the theory of consumer behavior, who suggested that "*a choice will be considered only when the positive range or threshold of insensitivity is overcome*" (Gensch & Javalgi, 1987, p870). Decision rules can be divided into two parts: on the one hand the compensatory approach, and on the other hand the satisfying approaches (or the non-compensatory models).

The compensatory linear (standard) approach means that an unfavorable position on a criterion may be compensated by a favorable position on another criterion. "*It is a rule where the deterministic portion of the utility of the offering must exceed a threshold value to be acceptable: (I(Vj > ϒ) = 1) where V_j denotes the deterministic portion of utility of choice alternative i and ϒ is the parameter to be estimated."* (Gilbride & Allenby, 2004, p393).

The choice is based on the maximization of a utility function such as:

$$CHOICE = \alpha_1 COST + \alpha_2 EFFICIENCY + \alpha_3 SECURITY + \alpha_4 COMFORT + \alpha_5 IDENTITY + \alpha_6 EASE\ OF\ USE + \varepsilon$$

where "ε" is the error term.

As we already argued above, we believe that mode choice can be better explained through non-compensatory decision rules.

In the satisfying approach, *"the choice is based not on the maximization of a utility function, but on reaching a minimum satisfaction level"* (Gensch & Javalgi, 1987, p872). Four non-compensatory decision rules can be distinguished:

A **Conjunctive process "**requires the rejection of any alternative which failed to meet any one minimum criterion of acceptability" (Forester, 1979, p21). In other words, "a conjunctive rule is formed by multiplying indicator functions across the attributes (m) of an offering:

$$\prod_{m} I(x_{jm} > \Upsilon_m) = 1$$

where x_{jm} is the level of attribute m for choice alternative j. The cutoff value, Υ_m, is the smallest level of the attribute that needs to be present for the decision maker to consider the offering (=1). If the cutoff value is smaller than all levels of the attribute, then the attribute is not used to screen (=0)" (Gilbride & Allenby, 2004, p393).

Conjunctive-choice processes have been identified by Foerster (1979) as potential screening rules in the field of transportation. For example, when an individual needs to go to work and asks for no more than 30 minutes trip (it refers to *temporal accessibility*), no more than 2 euros (it refers to *financial accessibility*) and in a very safe transportation mode (it refers to *security*), if one of the transportation mode in the choice set either lasts more than 30 min or costs more than 2 euros or is not safe enough, this transportation mode is not chosen by the individual. It means there is a minimum acceptable level for each attribute.

In our case, we believe that individuals have a psychological limit about the number of attributes taken into account in their mode choice. It means that individuals have an even stronger psychological limit about the number of acceptability thresholds. Nevertheless, we can expect a cluster of individuals using this decision rule. This cluster would mainly be composed by mobility experts or more generally, by the most demanding individuals.

Using this rule, an alternative is acceptable if and only if it meets the level (w_i) of all criteria (x_i). See the following graph as an example of a conjunctive rule.

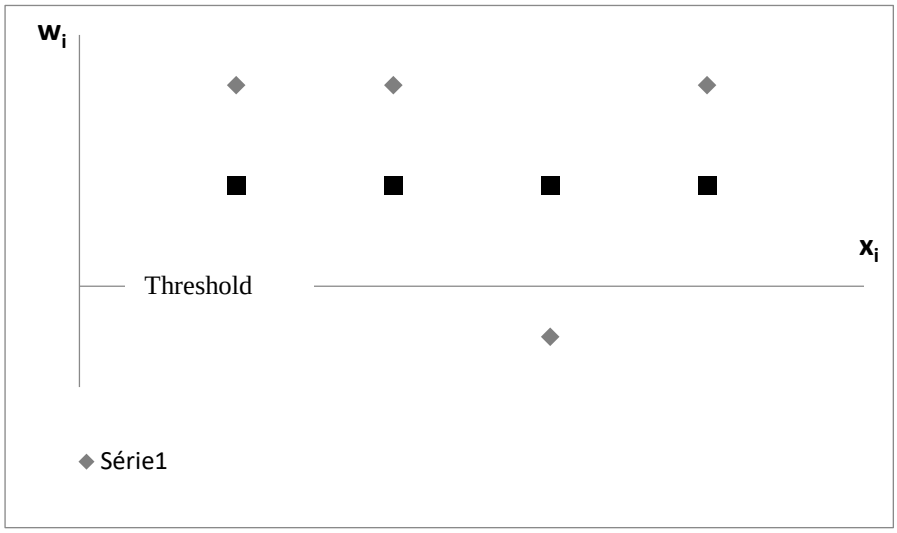


Figure 8: Conjunctive rule

Inspired by Foerster, 1979, p21

A **Disjunctive process** "is a decision rule where at least one of the attribute levels is acceptable: $\sum_m I(x_{jm} > \Upsilon_m) \geq 1$"(Gilbride & Allenby, 2004, p393).

For example, if an individual needs to go to work and wants to have a profitable time (it refers to temporal productivity) during the trip, he does not ask for an active transportation mode and maybe choose Public Transports. Even if Public Transports are dirty, noisy, slow and costly, the individual does not choose the personal car or the bike. If there is no alternative that meets this threshold, it can be compensated by another attribute which is over the threshold. For example, if there is no passive transportation mode, the individual can compensate by a free trip (it refers to financial accessibility). This compensation aspect is different from compensatory model. Indeed, in compensatory model, the compensable attributes need to serve the same purpose (in standard economy in general, the common purpose of any variables is the utility, expressed in euros) while in a disjunctive model, they tend to do so. In this example, temporal productivity and financial accessibility both imply less cost.

In our case, we believe that in general, individuals have more than one acceptability threshold. Nevertheless, we can expect a cluster of individuals using this decision rule. This cluster would be mainly composed by the least demanding individuals and/or the most flexible ones.

Using, this rule, an alternative is acceptable if it meets the level (w_i) of at least one criterion (x_i). See the following graph as an example of a disjunctive rule:

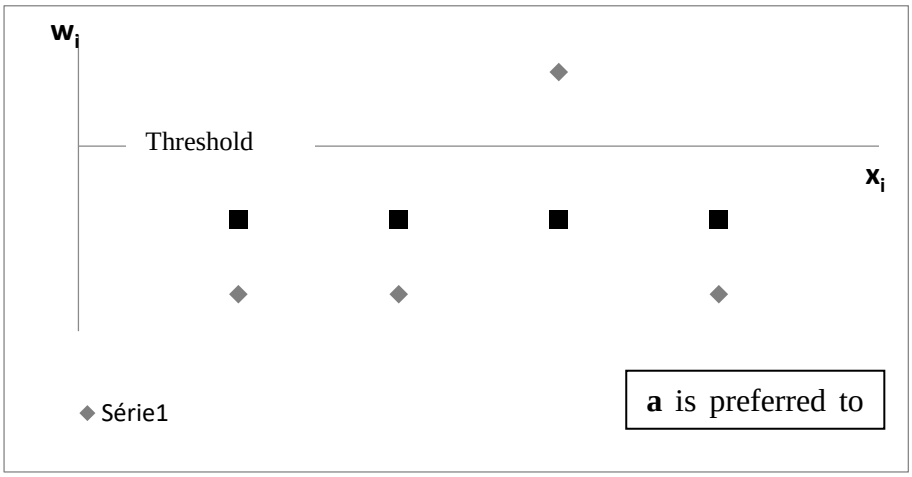


Figure 9: Disjunctive rule

Inspired by Foerster, 1979, p22

In a **Subset conjunctive process**, "a profile must have S features above a threshold. Subset conjunctive generalizes both disjunctive (S = 1) and conjunctive (S = number of features). As defined and applied, any S of the features need to be above the threshold" (Hauser & al., 2009, p11). For example, if S=2, in our case, an individual will choose the alternative which is above a minimum threshold for the two attributes included in S.

In our case, as already said above, we believe that in general individuals have more than one acceptability threshold. It means that we can expect different clusters (meaning different value for S with different attributes' thresholds) of individuals using this decision rule. These clusters would be composed by the majority of the population and defined by the number of acceptability thresholds taken into account and the corresponding attributes.

A **Lexicographic process** "involves the sequential process in which alternatives are first compared in terms of the attribute values on only the most important attribute, and the alternative with the highest value is selected. If two or more alternatives are tied for the same attribute value, the next most important attribute is considered, and so forth" (Gensch & Javalgi, 1987, p873):

$$I(x_{j1} > x_{i1} > \Upsilon_m) \geq 1$$

where x_{jm} is the level of attribute m for choice alternative j. The cutoff value, Υ_m, is the smallest level of the attribute that needs to be present for the decision maker to consider the offering and $j \neq i$.

For example, if an individual urgently needs to go to hospital, he asks for the fastest (it refers to *temporal accessibility*) transportation mode able to bring him there. Here, the most important attribute is the temporal accessibility and the individual chooses the transportation mode with the highest level of this attribute. He chooses the taxi. But if there are two alternatives (taxi and subway) with the same rapidity, the individual makes a tradeoff for the second most important attribute. In this example, the individual may want the less shaky transportation mode (it refers to *physical comfort)* and then choose the taxi.

In our case, we believe that in general, individuals take more than one attribute into account to choose their transportation mode. Nevertheless, we can expect two clusters of individuals using this decision rule. The first cluster would be mainly composed by the poorer individuals who would always choose the cheapest mode. The second cluster would be mainly composed by the richer individuals who would always choose either the fastest mode or the most comfortable one or the most time productive one.

See the following graph as an example of a lexicographic rule:



Figure 10: Lexicographic rule
Inspired by Foerster, 1979, p20

Elimination by Aspect (EBA) "*is a function of only those attributes that are not common to all the alternatives*" (Gensch & Javalgi, 1987, p874). It does not fit with our framework because we consider a common set of attributes for all transportation modes. In other words, there is no specific attribute for any transportation mode.

To support the test of non-compensatory models in our paper, Gensch & Javalgi (1987) stated that segmenting methods by model types increases predictive ability and the understanding of behavioral processes. Moreover, Levin & Jasper (1995) found that for an automobile choice, 86% of the choice processes are non-compensatory. These two findings

allow us to believe that the decision processes for mode choice are not as simple as a compensatory linear process. The next question is: which decision rule for which individual? It is the reason why here we want to test every non-compensatory decision rule and then cluster individuals depending on which one they use. The main purpose is here to find the most predictive set of decision rules. To do so, we now know that we need to analyze the importance of attributes for individuals, the level of the perception of attributes for all alternatives, the modal portfolio, the decision processes used by individuals with their corresponding thresholds and the final choice.

6. Conclusions and future research

In this contribution, we try to better explain the decision-making process of modal choice using the AHP method developed by Saaty (1977) within the behavioral framework developed by Ben-Akiva & Boccara (1987). Speaking about the AHP method, we use the relative measurement to quantify attitudes toward modal choice and the absolute measurement to quantify transportation mode perceptions. It results in hierarchy of preferences used to test different choice processes and then build clusters to improve the analysis of mobility demand structure.

The final goal of this framework is to model "shocks". As our framework is based on the mobility demand of individuals, the only shocks we are able to model here are exogenous demand shocks (unanticipated changes in demand). Different kinds of shocks can be investigated depending on the time horizon. In a short term, we consider both attitudes and modal portfolio as fixed because of their time inertia. Alternatively, perceptions have no real inertia. Therefore, to model short term shock, such as public policy, we assume that only perceptions change. Precisely, these changes of perceptions are applied to some specific group(s) of individuals for specific attribute(s) related to specific mode(s). To determine which group(s) of individuals is(are) concerned, which attribute(s) is(are) impacted, and of which mode(s), existing research works can be used as regard to "known shocks", but for "new shocks", we will base our scenario on expert judgment.

Besides, in the mid-term or the long-term, we consider that attitudes and modal portfolio can change. Starting from foresighting scenarios, we know both the direction and the amplitude of the changes of attitudes and the new modal portfolio repartition. To go further, it is also be possible to model a new sociodemographic structure of individuals.

To sum up, the framework is very flexible and enables us to model changes in perceptions, in attitudes, in modal portfolio or even in sociodemographic structure. In other words, this framework is well fitted to understand the construction of preferences and decision processes within the modal choice. Finally, a foresighting modeling of mobility demand is also possible.

The next step is to collect data to answer the two main questions. Firstly, how to explain the "black-box" of modal preferences and secondly, which model predicts best modal choice for each latent class. As specified in part 4, we need specific data with a representative sample of individuals in terms of socio-demography and geography. After having analyzed these data, built clusters, used these clusters as latent classes, and introduced different "shocks", the model should indicate a theoretical change in individuals' choices. This change is only the theoretical potential of modal shift. To try to be more precise and then go from the theoretical potential to a possible real modal shift, we need to ask individuals about their financial commitment with respect to the transportation mode they use the most for each activity in order to approximate the financial commitment to change. To go even further, we will use a simplified version of the Resistance To Change (RTC) scale from Oreg (2003) to refine our approximation of the possible real modal shift. Indeed, modal preferences, choice processes, RTC scale and financial engagement will help us to see which individuals are more or less favorable to shift from one transportation mode to another.

Chapitre 3 : L'enquête et les résultats

Introduction

Après avoir construit dans le chapitre précédent le cadre d'analyse et défini la méthodologie, il nous faut maintenant récolter les données, puis les traiter. Pour ce faire, nous avons besoin d'établir un questionnaire complet et détaillé en adéquation avec notre méthodologie. Il nous faut aussi définir le périmètre de l'enquête, ainsi que la représentativité de l'échantillon afin d'obtenir des données de qualité et représentatives de la population française. Pour la réalisation de l'enquête, nous avons sélectionné un des Instituts de référence concernant les enquêtes qualitatives avec lequel nous avons travaillé pour rendre le questionnaire plus ergonomique, le tester, le valider et enfin le diffuser. Après cette récolte de données, il faut à présent les nettoyer, en imputer certaines, construire un indice de satisfaction et calibrer les parts modales. Nous pouvons alors présenter les statistiques descriptives générales et souligner les résultats marquants. En procédant ainsi, nous pouvons valider la qualité des réponses de notre enquête grâce à nos résultats intuitifs. Pour finir, nous réalisons un traitement économétrique de cette base de données à travers le modèle logistique conditionnel multinomial ou modèle de McFadden. Ce traitement nous permet d'analyser les odds-ratios et les effets marginaux des perceptions et des attitudes ainsi que leur significativité. Nous analysons donc à la fois la qualité des réponses ainsi que la pertinence de notre méthodologie et de nos typologies. Pour finir, nous testons les scores de préférence, ainsi que la prédictibilité de notre modèle pour valider la robustesse du Processus d'Analyse Hiérarchique que l'on utilise pour traiter les données de notre enquête. Les constats que l'on fait dans ce chapitre nous seront utiles pour les modélisations du chapitre 4.

1. L'enquête

Dans cette partie, nous détaillons les différentes étapes que nous avons réalisées afin de récolter les données relatives à la méthodologie que l'on veut adopter. Ceci est un des principaux apports de cette thèse, c'est-à-dire la création d'une base de données nouvelles et actuelles. En effet, cette méthodologie n'a jamais été appliquée au choix modal et les données n'existent donc nulle part.

1.1. Les données

1.1.1. Les attributs

Dans un premier temps, nous avons besoin de définir la liste des déterminants du choix modal, c'est-à-dire la liste des attributs que l'on veut quantifier à travers la méthode AHP. Comme décrit dans les deux premiers chapitres, nous avons retenu une structure à deux niveaux comportant six attributs et treize sous-attributs. Les six attributs sont le coût, la sécurité, l'efficacité, le confort, l'image et la simplicité. Le coût est décomposé en accessibilité financière et productivité temporelle. La sécurité est déclinée en accidents et agressions. L'efficacité est définie à travers les notions d'accessibilité temporelle, d'accessibilité géographique et de fiabilité et flexibilité. Le confort est divisé en confort physique et en confort psychologique. L'image est composée de l'image de soi pour soi et de l'image de soi pour les autres. Enfin, la simplicité d'usage est décrite à travers l'accessibilité physique et l'accessibilité cognitive.

1.1.2. Les modes de transports

Dans un deuxième temps, nous avons besoin de définir l'ensemble des choix possibles, c'est-à-dire les modes de transport que l'on veut prendre en compte. Dans cette enquête et pour une question de limite de durée du questionnaire, nous avons opté pour une dizaine de modes. En effet, nous avons besoin d'interroger les individus sur chacune des alternatives concernant chacun des attributs. Ce qui signifie que chaque mode de transport correspond à six notes à déclarer, une par attribut. Nous avons retenu au final douze modes de transport qui sont la Marche à pieds, le Vélo, le Vélo en Libre-Service, le Deux-Roues Motorisé, la Voiture privée, la Voiture électrique, le Covoiturage Conducteur, le Covoiturage Passager, l'Autopartage, le Taxi, les Transports en Commun et le Train.

1.1.3. Les motifs

Après avoir défini la liste des attributs et des alternatives, nous savons que les attentes dépendent du motif de déplacement. Il nous faut alors établir la liste de motifs à prendre en compte. Nous nous sommes appuyés sur la liste des motifs de l'INSEE réunis en sept postes que nous avons regroupés en quatre : les motifs Domicile-Travail (respectivement domicile-études pour les étudiants), achats/services (tâches courantes), accompagnement et loisirs. Afin d'affiner notre analyse, nous avons proposé un cinquième motif pour les questions de parts modales : le Domicile-Accompagnement-Travail. Ce motif est défini comme tous les trajets

d'accompagnement réalisés dans un trajet Domicile-Travail, il est le plus fréquent concernant le phénomène des chaines des déplacements.

1.1.4. Les parts modales

Après avoir défini les motifs, nous avons besoin d'informations réelles sur les déplacements des individus. Pour ce faire, nous les interrogeons sur la durée moyenne de leur aller-retour le plus fréquent. Nous insistons sur l'aller-retour car selon les horaires de déplacements, la durée peut varier de manière non négligeable à l'aller et au retour. Il nous faut aussi connaître les distances de déplacement pour le trajet le plus fréquent. Nous proposons ici des fourchettes afin que les individus puissent répondre. En effet, exception faite de la voiture, les distances ne sont pas facilement appréciables notamment pour le transport en commun. Nous leur proposons donc les valeurs suivantes : inférieures à 3 km, entre 3 et 10 km, entre 10 et 30 km et plus de 30 km. La dernière information essentielle est la fréquence de ces déplacements. Nous proposons ici « tous les jours ou presque », « 4 à 5 fois par semaine », « 1 à 3 fois par semaine », « 1 à 3 fois par mois », « moins souvent » et « jamais ».

1.1.5. Les attitudes

Afin d'appliquer la méthode AHP à nos données, nous devons réaliser les comparaisons par paire entre tous les attributs. De plus, nous savons que les attentes dépendent des motifs de déplacement. Il faut donc répéter ces comparaisons pour les quatre motifs. Nous avons donc six attributs à comparer entre eux, ce qui correspond à quinze comparaisons par paire. Pour les quatre motifs, cela reviendrait à demander aux individus 60 comparaisons par paire. Cet exercice est beaucoup trop répétitif pour que les réponses soient robustes. Nous verrons comment nous avons résolu ce problème avec l'Institut dans la partie 1.3.3 de ce chapitre.

1.1.6. Les perceptions

Concernant les perceptions, nous avons utilisé la méthode de quantification AHP en absolue afin de pouvoir prendre en compte un maximum d'alternatives. Nous demandons ici aux individus de noter chaque mode de transport sur chacun des attributs. Ceci correspond à douze fois six notations, c'est-à-dire 72 notes.

1.1.7. Les préférences

La partie concernant les préférences n'est pas dans le questionnaire puisque la méthode AHP nous permet de construire les scores de préférences à travers les attitudes et les

perceptions. L'intérêt de cette méthode est ici sa robustesse, en ne demandant pas directement l'ordre de préférence des alternatives, cela évite les biais de représentation.

1.1.8. Le portefeuille modal

Le portefeuille modal est une notion développée par le Groupe PSA afin de définir l'ensemble de choix possibles. Ce portefeuille modal est construit comme un portefeuille financier, c'est-à-dire avec des actifs (les biens de mobilité : voiture privé, vélo, permis de conduire et abonnements : transport en commun, parking, Vélo en Libre-Service, autopartage) et des passifs (les modes accessibles : arrêts de bus, métro ou tram, gares, station d'autopartage, station de vélos en libre-service, internet…). Les données récoltées ici nous permettent d'analyser la facilité d'activation d'un mode ou d'un autre.

1.1.9. Les choix

Afin d'obtenir une photo représentative de la réalité, nous avons besoin d'interroger les individus sur leur choix réel. Nous leur demandons donc les modes de transport qu'ils utilisent (jusqu'à trois) lors de leur trajet le plus fréquent pour chaque motif. Nous pouvons ainsi vérifier si les individus sont multimodaux ou non. Dans notre modèle, nous retenons comme choix unique le mode de transport le plus « lourd ». Cette notion est utilisée afin de définir le mode de transport principal utilisé pendant le déplacement. Par exemple, si l'individu utilise la marche à pieds pour prendre le métro puis le Vélo en Libre-Service, nous considérons que le mode de transport principal est le métro car c'est le mode qui structure le déplacement.

1.1.10. Les occupations

Ayant eu la possibilité d'interroger les individus sur leur mobilité, nous avons saisi l'opportunité pour les questionner sur leurs occupations pendant leur temps de trajet. Nous pouvons donc analyser les différentes façons d'optimiser les temps de déplacement pour chaque individu. Après avoir étudié les données existantes sur ce sujet, nous avons retenu comme liste : le travail/études, l'organisation de la journée, le repos, l'activité physique, la lecture, les jeux, la musique/radio, les vidéos, la communication à travers les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC) et la discussion avec les personnes présentent lors du trajet.

1.1.11. L'mmobilité

Nous savons si les individus ont accès à internet à domicile ou internet mobile et nous connaissons les motifs de leur déplacement. Ici, nous interrogeons les individus sur les trajets

évités grâce aux NTIC, que ce soit du télétravail pour le motif Domicile-Travail, de la livraison sur internet pour le motif tâches courantes ou des jeux en réseau pour le motif loisirs. Ces données nous permettent de connaître les pratiques concernant l'immobilité (l'e-mobilité). Le phénomène du non-déplacement est un sujet crucial pour les prochaines années car il se développe de plus en plus à travers la progression des NTIC.

1.1.12. La résistance au changement

Nous avons ici simplifié une échelle de résistance au changement (Oreg, 2003) qui comporte initialement quatre chapitres avec 17 questions au total. Nous avons sélectionné la question la plus représentative pour chaque chapitre. Le premier étant le confort des habitudes, puis la réaction émotionnelle à un changement imposé, ensuite l'irritabilité suite à un changement et pour finir l'obstination à changer d'avis. Nous avons donc posé quatre questions qui nous permettent d'approximer un score de résistance au changement basé sur une échelle déjà éprouvée.

1.1.13. L'indice de satisfaction

Le questionnaire ne comporte pas de question directe concernant la satisfaction des individus dans leur mobilité. Malgré tout, nous avons construit un indice de satisfaction en divisant le score de préférence de l'alternative choisie par le score de préférence de l'alternative préférée de l'individu. Nous avons donc un indice de satisfaction par motif pour chaque individu. Ce score de satisfaction représente la satisfaction d'un individu relative à l'offre existante. Nous nous sommes inspiré de St-Louis (2014) qui calcule aussi un score de satisfaction mais en divisant le score du mode choisit par l'individu en question non pas par le score le plus élevé des autres modes existants (comme nous le faisons) mais par le score le plus élevé de tous les autres utilisateurs de ce mode. Ce score de n'a donc pas la même signification et désigne quant à elle la satisfaction d'un individu relative à celle des autres.

1.2. L'échantillon

Après avoir décrit les données dont nous avons besoin et par conséquent, le contenu du questionnaire, il nous faut à présent définir le périmètre de notre enquête, ainsi que la représentativité de notre échantillon tant sociodémographique que géographique. Concernant le périmètre, nous avons décidé de nous limiter à la France métropolitaine et aux individus âgés de plus de 18 ans.

1.2.1. La représentativité sociodémographique

Comme dans toute enquête, il faut définir les variables sociodémographiques pour lesquelles l'échantillon sera représentatif. Nous avons choisi ici les variables usuelles qui sont le sexe, l'âge, la catégorie socioprofessionnelle et la structure du foyer.

La variable sexe contient deux modalités : les hommes et les femmes. Cette variable est importante pour la représentativité car nous pouvons imaginer que les attentes en termes de mobilité sont différentes.

Concernant l'âge, nous avons défini cinq tranches qui sont les 18-24 ans, les 25-34 ans, les 35-49 ans, les 50-64 ans et les 65 ans et plus.

La liste des catégories socioprofessionnelles retenues est la suivante : les CSP+, les Professions intermédiaires, les employés-ouvriers, les retraités, les étudiants et les inactifs.

La dernière variable sociodémographique retenue pour définir la représentativité de l'échantillon est la structure du foyer que nous avons regroupée en sept catégories : les célibataires actifs, les célibataires inactifs, les monoparentaux actifs, les monoparentaux inactifs, les couples inactifs, les couples sans enfant comportant au moins un actif et les couples avec enfant(s) comportant au moins un actif.

Ces choix ont été fixés en utilisant les enquêtes déjà effectuées par mon financeur, afin de comparer les résultats et de compléter les connaissances sur les individus en termes de mobilité.

1.2.2. La représentativité géographique

Après avoir défini la partie sociodémographique de la représentativité de notre enquête, il nous faut déterminer la partie géographique. Pour ce faire, nous avons deux variables qui sont respectivement la zone géographique et le géotype.

Dans un premier temps, nous avons utilisé la variable géotype de Patrick Poncet, construite à travers un travail de recherche effectué pour le Groupe PSA en vue d'une segmentation spatiale des populations françaises. Pour ce faire, il croise le type d'habitat et la densité d'offre de mobilité. Nous avons donc ici quatre types d'habitat : central (centre urbain) – axial (le long d'un axe de transport) – diffus (périurbain) – vide (espace rural) et quatre niveaux d'offre de mobilité : omnimétrique (grand choix dans l'offre de mobilité) – métrométrique (offre moyenne) – métromonométrique (entre métrométrique et monométrique) – monométrique (pas le choix dans l'offre de mobilité). Les dix géotypes retenus sont présentés dans le tableau ci-dessous :

		Type d'habitat			
		Central	**Axial**	**Diffus**	**Vide**
Offre de mobilité	**Omnimétrique**	1	3		
	Métrométrique	2	4	6	9
	Métromonométrique			7	
	Monométrique		5	8	10

Tableau 13 : Construction des géotypes

Une fois les dix géotypes définis, des codes postaux ont été rattachés à chaque géotype correspondant.

Nous avons ensuite divisé ces codes postaux en cinq zones géographiques qui sont le Nord-Ouest, le Nord-Est, le Sud-Ouest, le Sud-Est et l'Ile de France. Nous avons alors utilisé ces cinq zones géographiques pour diviser toutes les variables sociodémographiques, afin d'affiner la représentativité de notre échantillon.

1.2.3. La matrice de représentativité

Afin de résumer la représentativité de notre échantillon, nous présentons ci-dessous la matrice de celle fournie à l'Institut. Les valeurs correspondantes sont la propriété du Goupe PSA et ne sont donc pas présentées dans cette thèse.

Prenons malgré tout quelques exemples et commençons par la variable sexe. La matrice de représentativité ci-dessous nous indique que pour un échantillon de 1090 individus, il nous faudra interroger 492 personnes de sexe masculin dont 105 de la zone géographique Nord-Ouest et 109 de la zone Sud-Est. Il nous faudra aussi 67 femmes habitant en Ile de France et 128 de la zone géographique du Nord-Ouest.

Prenons comme deuxième exemple la variable âge. Selon la matrice de représentativité ci-dessous, l'Institut devra interroger 138 individus âgés entre 18 et 24 ans dont 15 en Ile de France et 38 dans la zone géographique Sud-Est de la France. L'échantillon devra aussi comprendre 224 individus de plus de 65 ans dont 33 dans la zone géographique Nord-Est de la France.

Comme dernier exemple, prenons la variable quota foyer. La matrice ci-dessous nous demande d'obtenir les réponses de 101 célibataires inactifs dont 14 dans la zone géographique Nord-Est et 26 dans la zone Sud-Ouest. Il nous faut aussi interroger 331 individus en couple, avec au moins un actif dans le couple et un ou plusieurs enfants.

La matrice de représentativité ci-dessous vous présente l'ensemble des variables sur lesquelles notre échantillon est représentatif. Grâce à la qualité de l'Institut et à l'importance de son panel de répondants, nous avons pu obtenir la répartition sociodémographique voulue, à

5% près. L'Institut a alors redressé l'échantillon en pondérant les individus de manière à coller parfaitement avec la représentativité voulue à priori.

	TOTAL	IdF	NE	NO	SE	SO
Homme	**492**			105		109
Femme		67		128		
18 - 24 ans	**138**	15			38	
25 - 34 ans						
35 - 49 ans						
50 - 64 ans						
Plus de 65 ans	**224**	21	33	51	67	52
Géotype 1						
Géotype 2						
Géotype 3						
Géotype 4						
Géotype 5						
Géotype 6						
Géotype 7						
Géotype 8						
Géotype 9						
Géotype 10						
CSP+						
Profession intermédiaire						
Employé-Ouvrier						
Retraités						
Etudiants						
Autres inactifs						
Célibataire actif						
Célibataire inactif	**101**		14			26
Monoparental actif						
Monoparental inactif						
Couple 0 actifs						
Couple sans enfant 1ou 2 actifs						
Couple avec enfant 1ou 2 actifs	**331**					

Tableau 14 : Matrice de représentativité

1.3. Le travail avec l'Institut

1.3.1. La sélection de l'Institut

Après avoir défini les éléments du questionnaire, ainsi que son périmètre et la représentativité de l'échantillon, nous avons émis un appel d'offre comportant un cahier des charges quant à nos attentes. Nous avons alors examiné plusieurs propositions. La difficulté de cette enquête réside dans la précision de la représentativité de l'échantillon requis. Nous avons donc sélectionné l'Institut avec un large panel de répondants.

1.3.2. L'ergonomie du questionnaire

Plusieurs réunions de travail avec l'Institut ont été essentielles à l'amélioration de l'ergonomie du questionnaire. Nous avons aussi défini le codage des réponses et le format de la base de données. Les principaux points marquants concernent la reformulation des attributs. Par conséquent, nous avons traduit l'accessibilité financière en coût, la productivité temporelle en rentabilité, l'accessibilité temporelle en rapidité, l'accessibilité géographique en distance, le confort physique en confort, le confort psychologique en tranquillité, l'image de soi pour soi en

identité, l'image de soi pour les autres en statut, l'accessibilité physique en effort physique et l'accessibilité cognitive en complexité. Nous avons aussi travaillé sur la forme du questionnaire en insistant sur le curseur des comparaisons par paire. Pour terminer, nous avons défini les réponses aberrantes pour les interdire lors du renseignement du questionnaire.

1.3.3. Le pré-test qualitatif

Le point essentiel à propos de cette enquête est la robustesse des données et donc la robustesse des réponses. Nous avons donc établi un pré-test qualitatif en salle avec une poignée d'individus afin de vérifier la bonne compréhension des questions et au besoin de les reformuler. Le retour majeur du pré-test s'est porté sur les 60 comparaisons par paire concernant les attitudes. Cet exercice est long et beaucoup trop répétitif pour que les réponses soient robustes. Nous avons donc décidé de limiter à deux motifs le questionnement. Nous avons priorisé les motifs Domicile-Travail et loisirs car ce sont respectivement le motif le plus contraint et le motif le moins contraint. Si les individus ne réalisent pas un des deux motifs ou même les deux, nous les interrogeons sur leurs deux motifs les plus fréquents. Le pré-test nous a aussi permis de peaufiner l'ordre des questions pour améliorer la fluidité des réponses. Pour finir, ce pré-test nous a incité à proposer « ne se prononce pas » pour la question relative au salaire. En effet, cette option est primordiale si l'on ne veut pas perdre une partie des répondants.

1.3.4. La validation, la diffusion et le respect des objectifs fixés

Suite aux modifications apportées au questionnaire grâce aux retours du pré-test qualitatif, nous avons validé l'ensemble du questionnaire, les dates de l'enquête et la manière de suivre l'évolution de la base de données. Plus particulièrement, nous avons veillé à ce que la matrice de représentativité soit bien respectée. L'Institut a alors lancé l'enquête sur internet en la diffusant à son panel de répondants. Après quelques semaines, nous avons récupéré 1090 répondants représentatifs de la population française de plus de 18 ans constituant une base de données solide, significative et répondant aux objectifs fixés initialement.

2. Les statistiques descriptives

Dans cette partie, nous vous présentons le travail réalisé sur notre base de données, ainsi que les statistiques descriptives. Cela nous permet de présenter des résultats en général intuitifs et donc, de nous conforter sur la qualité des réponses de notre enquête.

2.1. Traitement de la base de données

2.1.1. Le nettoyage de la base et le traitement des réponses aberrantes

Grâce au travail avec l'Institut, nous n'avons pas à traiter les réponses aberrantes. Malgré tout, il nous faut nettoyer la base de données en ré-imputant les réponses ouvertes qui correspondent aux choix déjà proposés dans le questionnaire. Ainsi, il nous a fallu ré-imputer les réponses concernant les occupations pour qu'elles correspondent aux catégories d'occupations proposées. Ce fut le cas aussi pour la question concernant les modes utilisés.

Nous avons bien sûr traité les problèmes de transitivité en utilisant la formule de Ji et Jiang (2003). Nous testons alors les valeurs du ratio de cohérence (CR, consistency ratio). Nous vous présentons les résultats après traitement dans le tableau ci-dessous (pour rappel, le ratio de cohérence doit être inférieur à 0,1 pour que la transitivité soit respectée) :

	Avant traitement (Saaty)				**Après traitement (géométrie transitive)**			
	Domicile-Travail	**Tâches courantes**	**Accompa-gnement**	**Loisirs**	**Domicile-Travail**	**Tâches courantes**	**Accompa-gnement**	**Loisirs**
Moyenne CR	0,4547	0,4455	0,5273	0,4514	0,0337	0,0363	0,0403	0,0376
% de CR >0,1	94,44%	91,50%	90,24%	93,19%	3,51%	6,07%	7,32%	6,70%

Tableau 15 : Résultats des ratios de cohérence par motif

Nous constatons à travers ces résultats que les ratios de cohérence sont bien meilleurs après le traitement de Ji et Jiang (2003) et que leur moyenne est bien inférieure à 0,1. Nous pouvons donc affirmer que les matrices des attitudes sont maintenant transitives dans leur ensemble.

2.1.2. Les imputations des Attitudes (MCMC)

Nous avons malheureusement dû restreindre les comparaisons par paire concernant les attitudes à deux motifs au lieu des quatre que l'on veut traiter. Il nous faut donc imputer ces non-réponses de manière la plus robuste possible. Pour ce faire, nous avons opté pour le modèle Markov Chain Monte Carlo (MCMC). C'est un ensemble de méthodes d'imputations multiples qui génère des pseudo-tirages aléatoires à partir des chaînes de Markov. (Une chaîne de Markov étant une séquence de variables aléatoires dont la probabilité de chaque élément dépend du précédent). Ce modèle comporte quatre étapes : « 1) Initialisation des valeurs des paramètres θ de départ avec un aléa ou par le recours à l'algorithme Expectation-Maximization (EM) 2) Utilisation des valeurs courantes des moyennes et de la matrice de variance-covariance (θ) pour estimer tous les coefficients de la régression des variables avec données manquantes sur les

variables sans données manquantes. Les valeurs prédites de toutes les données manquantes sont générées à partir des résultats de la régression en y ajoutant aléatoirement des résidus de la distribution normale du modèle. 3) Estimation des valeurs du paramètre θ à partir des données complètes. Avec ce nouveau θ, on opère un tirage aléatoire sur la distribution à posteriori des θ. 4) Retourner à l'étape 2 et ainsi de suite jusqu'à la convergence de l'algorithme.

Dans l'imputation multiple, on distingue deux niveaux d'itérations : le premier aboutit à un échantillon de données complètes à la fin de chaque cycle ; le second est relatif au nombre d'échantillons de données dont on veut disposer. La combinaison des résultats permet de calculer les variances et par voie de conséquence des intervalles de confiance « fiables » en prenant en compte les erreurs d'échantillonnage et les erreurs liées aux imputations. Le nombre d'itérations et le nombre d'imputations sont évidemment fonction du taux de données manquantes et de la puissance prédictive des variables explicatives : plus le taux de non-réponses partielles est élevé, plus le nombre d'imputations et le nombre d'itérations devront être importants, comme le montre la relation ci-après :

Efficience de l'estimateur = $(1 + \gamma / m)^{-1}$ $(1 + \gamma/m)$ -1, γ étant le taux de données manquantes et m étant le nombre d'imputations. D'où le tableau suivant :

		Taux de données manquantes								
		0,1	**0,2**	**0,3**	**0,4**	**0,5**	**0,6**	**0,7**	**0,8**	**0,9**
Nombre de pseudo-échantillons imputés	**3**	97	94	91	88	86	83	81	79	77
	5	98	96	94	93	91	89	88	86	85
	10	99	98	97	96	95	94	93	93	92
	20	100	99	99	98	98	97	97	96	96
	30	100	99	99	99	98	98	98	97	97
	40	100	100	99	99	99	99	98	98	98
	50	100	100	99	99	99	99	99	98	98

Efficience de l'imputation multiple en %

» (Source : Insee - Actes des Journées de Méthodologie Statistique 2005)

Nous avons donc opté pour 50 itérations afin d'optimiser la robustesse de l'imputation.

2.1.3. Le calibrage des parts modales : distances et fréquences

Nous rappelons ici que les données que nous avons, concernant les parts modales, sont les durées du trajet le plus fréquent par motif, les distances correspondantes mais en fourchette (« inférieure à 3 km », « entre 3 et 10 km », « entre 10 et 30 km » et « plus de 30 km »), ainsi que les fréquences correspondantes en fourchette également (« tous les jours ou presque », « 4 à 5 fois par semaine », « 1 à 3 fois par semaine », « 1 à 3 fois par mois », « moins souvent » et « jamais »). Il nous faut donc ici calibrer les valeurs de ces fourchettes afin de représenter au

plus près la réalité. Aussi, avons-nous choisi la base de données de l'Enquête Nationale Transports Déplacements de 2008 (n'ayant pas de données aussi détaillées plus récentes) en se basant sur les moyennes correspondantes à chacune des fourchettes de distance de notre enquête en fonction du mode de transport et du motif. Nous avons ainsi calibré nos distances. Concernant les fréquences, nous avons pris les valeurs les plus proches de la médiane afin de se calibrer sur les parts modales réelles des « Chiffres clés du transport – édition 2017 » qui correspondent à l'année 2016 et sur les émissions de CO2 pour rendre notre calibrage plus robuste. Concernant les émissions de CO2, nous avons pris les facteurs d'émissions de la Base Carbone de l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) qui se trouvent en Annexe 2

2.2. Les statistiques descriptives remarquables

Après avoir traité notre base de données, nous pouvons présenter ici les statistiques descriptives remarquables. Avant cela, nous tenons à signaler que nous avons réalisé une Analyse en Composante Principale sur les profils sociodémographiques en fonction de leur choix de mode de transport. Malheureusement, les résultats ne donnent aucun regroupement particulier, ni aucune signification aux composantes principales.

2.2.1. Les fréquences, durées, distances

Nous vous présentons ci-dessous les résultats globaux concernant les fréquences, durées et distances par motif. Nous détaillons ensuite certains faits marquants.

	FREQUENCES						
	Tous les jours ou presque	**4 à 5 fois par semaine**	**1 à 3 fois par semaine**	**1 à 3 fois par mois**	**Tous les 2 ou 3 mois**	**Moins souvent**	**Jamais**
Domicile-Travail	35,64%	20,42%	4,53%	1,32%	0,34%	2,72%	35,04%
Tâches courantes	10,92%	12,35%	57,87%	15,24%	1,31%	1,42%	0,87%
Accompagnement	7,38%	7,55%	15,07%	9,42%	2,97%	8,93%	48,68%
Loisirs	7,73%	12,75%	44,37%	20,45%	5,78%	6,48%	2,45%
Domicile-Accompagnement-Travail	10,19%	7,99%	7,10%	4,42%	1,96%	8,70%	59,64%

Tableau 16 : Fréquences par motif

Nous pouvons constater dans le tableau ci-dessus que la majorité des trajets Domicile-Travail sont réalisés plus de 4 fois par semaine et la majorité des trajets de tâches courantes une à trois fois par semaine. Ces résultats nous confortent sur la qualité de nos données.

	DUREES en minutes pour un trajet aller-retour
Domicile-Travail	44,08
Tâches courantes	26,84
Accompagnement	24,04
Loisirs	31,02
Domicile-Accompagnement-Travail	42,62

Tableau 17 : Durées par motif

Nous pouvons noter dans le tableau ci-dessus que ce sont les trajets Domicile-Travail et Domicile-Accompagnement-Travail qui prennent le plus de temps.

	DISTANCES en kilomètres pour un trajet aller (ou retour)			
	< 3 km	**< 10 km**	**< 30 km**	**> 30 km**
Domicile-Travail	20,18%	32,12%	32,64%	15,06%
Tâches courantes	35,26%	45,40%	17,67%	1,67%
Accompagnement	39,84%	37,94%	17,36%	4,87%
Loisirs	21,26%	45,57%	27,88%	5,30%
Domicile-Accompagnement-Travail	13,09%	35,57%	37,92%	13,42%

Tableau 18 : Distances par motif

Nous voyons bien dans le tableau ci-dessus que les trajets pour les tâches courantes et le motif accompagnement sont les plus courts, alors que les trajets Domicile-Travail et Domicile-Accompagnement-Travail sont mieux répartis en termes de distances. Grâce aux résultats de durées et de distances, nous pouvons penser que les tâches courantes et l'accompagnement sont plutôt des trajets locaux autour du lieu d'habitation, alors que le lieu de travail ou d'études est plus éloigné.

Les femmes réalisent plus de trajets par jour que les hommes (2,77 contre 2,28), surtout pour le motif accompagnement (0,36 contre 0,22) et habitent plus loin de leur lieu de travail (9,35 km contre 7,63 km). Elles passent aussi plus de temps en transports par jour (42,17 min contre 36,75 min). Nous pouvons penser que malgré l'égalité des sexes, ce sont les femmes qui s'occupent plutôt des enfants et la décision du lieu d'emménagement se fait de préférence en fonction du lieu de travail de l'homme.

Plus l'on vieillit, moins l'on passe de temps dans les transports (21,95 min pour les plus de 65 ans contre 51,82 min pour les 18-25 ans). Nous pouvons expliquer cela par le fait que la mobilité est un effort physique et prend du temps rarement rentable. Plus les individus vieillissent, moins ils ont de contraintes de déplacements et plus ils limitent leurs trajets.

Plus l'espace est rural et pauvre en offre de mobilité, plus les individus polluent. (794,67 kgeqCO2/an pour le géotype 1 contre 2579,30 kgeqCO2/an pour le géotype 10). Cela peut

s'expliquer facilement par la dépendance à la Voiture Particulière qui est un mode plus polluant que les Transports en Commun ou le Vélo et la Marche à Pieds.

Plus le revenu augmente, plus la mobilité est importante (2,24 déplacements par jour pour la tranche de revenu la plus basse contre 2,95 déplacements par jour pour la tranche la plus élevée). Cela est dû principalement au fait que plus le revenu est élevé, plus le nombre de trajet de loisirs est important. En effet, plus le revenu est élevé, plus l'individu peut réaliser des loisirs.

Les franciliens passent le plus de temps dans les transports (53,09 min pour une moyenne de 39,64), mais sont moins polluants que le reste de la population (1201,53 kgeqCO2/an pour une moyenne de 1479,67 kgeqCO2/an). Le premier constat se justifie par la congestion dans l'agglomération parisienne et le deuxième par le fait que les franciliens prennent davantage les Transports en Commun.

Les foyers monoparentaux actifs ont une mobilité bien supérieure à la moyenne (4,10 déplacements par jour pour une moyenne de 2,54), viennent ensuite les couples actifs avec enfant(s) (3,33 déplacements par jour). Cela s'explique par le fait qu'élever un ou plusieurs enfants implique un besoin de mobilité plus grand et qu'il ne peut être partagé que si l'individu est en couple.

2.2.2. Les attitudes

Nous vous présentons ci-dessous les résultats globaux concernant les attitudes. Nous détaillons ensuite certains faits marquants.

Attributs	Priorités	Sous-attributs	Sous-priorités	Priorités
Efficacité	0,195	Distance	0,328	0,064
		Rapidité	0,327	0,065
		Fiabilité	0,345	0,067
Coût	0,187	Coût financier	0,514	0,097
		Rentabilité	0,486	0,091
Sécurité	0,229	Accidents	0,512	0,118
		Agressions	0,488	0,111
Confort	0,143	Tranquillité	0,512	0,072
		Confort physique	0,488	0,071
Simplicité	0,180	Complexité	0,522	0,095
		Effort physique	0,478	0,085
Image	0,065	Statut social	0,462	0,031
		Image	0,538	0,032

Tableau 19 : Résultats des Attitudes

Nous pouvons constater dans le tableau ci-dessus que la Sécurité est l'attribut le plus important pour les individus suivi de l'Efficacité, du Coût et de la Simplicité. Viennent ensuite le Confort et loin derrière l'Image. Si nous nous arrêtons sur ce dernier attribut, nous pouvons

admettre que la Voiture Particulière était statutaire il y a quelques dizaine d'années encore et que ce phénomène tend à disparaitre aujourd'hui. Cela explique probablement la dernière place de l'attribut Image dans la hiérarchie des attitudes. Concernant les sous-attributs, la répartition de leur importance au sein de chaque attribut est plutôt homogène.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, la mobilité constitue un effort physique et donc plus l'âge avance, plus la simplicité d'usage est perçue comme importante (0,171 pour les 18-24 ans contre 0,210 pour les plus de 65 ans).

Le confort lors d'un trajet Domicile-Travail est plus important pour les franciliens que pour le reste de la France (0,157 contre environ 0,140). Ce résultat s'explique par la congestion en Ile de France, c'est-à-dire les embouteillages pour les automobilistes ou l'inconfort dû au grand nombre de personnes dans les Transports en Commun.

L'image est plutôt importante pour les plus riches comparée au reste de la population (0,080 pour une moyenne de 0,067). Nous pouvions nous attendre à ce résultat, en effet l'image est l'attribut le moins important et donc celui auquel l'individu ne voue de l'importance que si ses revenus sont suffisants.

Plus le revenu est élevé, plus l'efficacité est importante (0,186 pour la tranche de revenu la plus basse contre 0,212 pour la tranche de revenu la plus élevée). Ici encore, un haut revenu permet une plus grande exigence quant à l'efficacité de la mobilité.

Suite au traitement de la transitivité, nous avons récupéré les valeurs de « u » de Ji et Jiang (2003). Quand "u" augmente, la substituabilité des attributs diminue et si "u"= 1, alors les attributs sont parfaitement substituables. Un résultat se dégage à propos de ces valeurs : plus le revenu augmente, plus « u » diminue ou en d'autres termes, plus la substituabilité des attributs augmente. Nous expliquons cela par l'aisance financière et donc par l'importance du nombre d'alternatives. Ceci est validé par le fait, comme nous verrons ultérieurement, que plus le revenu augmente, plus le portefeuille modal est important. Les utilisateurs de l'autopartage ont la valeur de « u » la plus élevée (2,408 pour une moyenne de 2,140). C'est-à-dire que la substituabilité des attributs est faible pour ces individus. Ils sont donc plus contraints que les autres.

Nous pouvons comparer une partie de nos résultats avec Banai-Kashani (1989). En effet, dans ce papier, il utilise la méthode AHP avec quatre attributs, ainsi que trois alternatives (la Voiture Particulière, le Covoiturage et les Transports en Commun). Concernant le poids

normalisé des attributs (attitudes), les résultats sont les suivants : le temps dans le véhicule, le temps en dehors du véhicule, le coût et le confort. Nous pouvons alors comparer le positionnement relatif du coût et du confort. Pour Banai-Kashani (1989), le coût (0,3522) est plus important que le confort (0,2077). Ceci nous conforte quant à la qualité des réponses de notre enquête ainsi que leur cohérence. En effet, dans notre enquête, le coût (0,187) est aussi plus important que le confort (0,143). Les poids ne sont pas comparables à cause de la différence du nombre d'attributs pris en compte, mais la hiérarchie ordinale est quant à elle comparable.

2.2.3. Les perceptions

Nous vous présentons ci-dessous les résultats globaux concernant les perceptions des individus sur chaque attribut pour tous les modes de transport. Nous détaillons ensuite certains faits marquants.

(/1)	Coût	Sécurité	Efficacité	Confort	Image	Simplicité
Marche à Pieds	0,917	0,590	0,575	0,522	0,711	0,800
Transport en Commun	0,492	0,560	0,489	0,417	0,467	0,495
Train	0,347	0,585	0,442	0,476	0,454	0,425
Voiture Particulière	0,379	0,583	0,745	0,774	0,602	0,742
Véhicule Electrique	0,420	0,482	0,547	0,588	0,542	0,523
Autopartage	0,408	0,386	0,401	0,426	0,405	0,350
Covoiturage Conducteur	0,497	0,455	0,500	0,508	0,494	0,444
Covoiturage Passager	0,514	0,402	0,474	0,492	0,461	0,426
Vélo	0,705	0,338	0,442	0,354	0,492	0,547
Vélo en Libre-Service	0,560	0,377	0,447	0,376	0,505	0,453
Deux-Roues Motorisé	0,399	0,298	0,510	0,364	0,424	0,506
Taxi	0,252	0,493	0,493	0,559	0,434	0,448

Tableau 20 : Résultats des Perceptions

Nous pouvons constater dans le tableau ci-dessus que la Marche à Pieds est mieux notée que les autres modes de transport excepté pour l'Efficacité et le Confort où la Voiture Particulière arrive en tête. Nous pouvions supposer ce résultat car la Marche à Pieds est un mode de transport naturel (voir Chapitre 1 partie 3.2.1), gratuit, flexible et commun à tous les individus.

Les franciliens ont une meilleure perception des Transports en Commun et du Train que le reste de la France. A l'inverse, ils ont une moins bonne perception de la Voiture Particulière concernant le Confort et la Simplicité. Cela s'explique par les conditions d'utilisation de ces

alternatives : les embouteillages pour la Voiture Particulière et la densité du réseau de Transports en Commun en Ile de France.

Plus les individus sont riches, mieux ils perçoivent le Confort de la Voiture particulière et moins bien celui des Transports en Commun. Ce résultat provient du fait que plus les individus sont riches, plus ils utilisent la Voiture Particulière et ont une image erronée des Transports en Commun spécialement concernant le confort. Ils soulignent donc le fait que la présence de personnes inconnues pendant le trajet est source d'inconfort.

Il n'y a pas d'évidence d'une meilleure notation des modes connus et utilisés. En d'autres termes, la perception des modes de transport des utilisateurs et celle des non-utilisateurs ne diffèrent pas. Nous pouvons alors considérer qu'il n'existe pas de biais d'auto-validation.

Comparons maintenant une partie de nos résultats avec d'autres études dont celle de Kaufman (2010) qui étudie l'image des modes de transport à travers 19 enquêtes ménages déplacements. Dans son étude, les modes de transport pris en compte sont la voiture particulière, les transports en commun et le vélo. Les adjectifs correspondants aux attributs de notre étude sont « cher » pour l'inverse du coût, « dangereux » pour l'inverse de la sécurité et « confortable » pour le confort. Les classements des modes de transport sont présentés du mieux perçu (plus cité) au moins bien perçu (moins cité) par les utilisateurs de ces modes.

Adjectifs Kaufman (2010)	**Attributs « équivalent » à notre étude**	**Classement Kaufman (2010)**	**Classement de notre étude**
Cher	Coût	Vélo Transports en commun Voiture particulière	Vélo (0,889) Transports en commun (0,617) Voiture particulière (0,390)
Dangereux	Sécurité	Voiture particulière Transports en commun Vélo	Voiture particulière (0,607) Transports en commun (0,596) Vélo (0,396)
Confortable	Confort	Voiture particulière Transports en commun Vélo	Voiture particulière (0,811) Transports en commun (0,505) Vélo (0,497)

Tableau 21 : Comparatif des perceptions entre Kaufman (2010) et notre enquête

Nous constatons que les résultats de Kaufman (2010) concernant les trois modes de transport étudiés à travers 19 enquêtes ménages déplacement, sont en accord avec les résultats de notre enquête pour les trois attributs qui sont comparables. En effet, les hiérarchies des trois modes de transport en fonction du coût, de la sécurité et du confort sont les mêmes. Cela nous conforte donc sur la fiabilité de nos résultats.

Nous pouvons aussi comparer une partie de nos résultats avec l'étude de Hasiak (2016). Les classements des modes de transport sont présentés du mieux perçu (plus cité) au moins bien

perçu (moins cité). Nous comparons ici la région Picardie de Hasiak (2016) avec notre zone géographique Nord-Est. Concernant l'attribut « Confort et Sécurité », nous avons pris la moyenne entre la perception de l'attribut Confort et celle de l'attribut Sécurité.

Adjectifs Hasiak (2016)	Attributs « équivalent » à notre étude	Classement Hasiak (2016)	Classement de notre étude
Coût	Coût	Train Taxi	Train (0,359) Taxi (0,260)
Sensation / émotion	Confort et Sécurité	Train Taxi	Train (0,512) Taxi (0,503)
Commodité	Simplicité	Taxi Train	Taxi (0,423) Train (0,414)
Performance	Efficacité	Train Taxi	Taxi (0,466) Train (0,430)
Environnement	Image	Train Taxi	Train (0,433) Taxi (0,418)

Tableau 22 : Comparatif des perceptions entre Hasiak (2016) et notre étude

Nous constatons que les résultats de Hasiak (2016) concernant les deux modes de transport étudiés sont en accord avec les résultats de notre enquête pour quatre des cinq attributs comparables. En effet, les hiérarchies des deux modes de transport en fonction du coût, du confort / sécurité, de la simplicité et de l'image sont les mêmes. Seule la hiérarchie concernant l'efficacité diffère. Cela nous conforte malgré tout sur la fiabilité de nos résultats.

2.2.4. Les préférences

Nous vous présentons ci-dessous les résultats globaux concernant les préférences modales en fonction des motifs. Dans la suite de cette thèse nous réallouons ce motif par le motif le plus fréquent entre le Domicile-Travail et l'Accompagnement.

Nous détaillons ensuite certains faits marquants.

(/1)	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs
Marche à Pieds	0,657	0,679	0,642	0,674
Transport en Commun	0,478	0,491	0,469	0,496
Train	0,445	0,457	0,451	0,466
Voiture Particulière	0,630	0,646	0,639	0,642
Véhicule Electrique	0,509	0,515	0,511	0,514
Autopartage	0,403	0,393	0,403	0,396
Covoiturage Conducteur	0,506	0,480	0,498	0,488
Covoiturage Passager	0,480	0,458	0,470	0,461
Vélo	0,501	0,475	0,486	0,478
Vélo en Libre-Service	0,466	0,444	0,452	0,449
Deux-Roues Motorisé	0,447	0,418	0,432	0,418
Taxi	0,453	0,449	0,469	0,457

Tableau 23 : Résultats des Préférences

Le tableau ci-dessus nous permet d'affirmer que la hiérarchie des préférences modales moyennes est la suivante : 1) Marche à Pieds, 2) Voiture Particulière, 3) Véhicule Electrique,

4) Covoiturage Conducteur, 5) Vélo, 6) Transports en Commun, 7) Covoiturage Passager, 8) Vélo en Libre-Service, 9) Taxi, 10) Deux-Roues Motorisé, 11) Train, 12) Autopartage.

Nous constatons que la Marche à Pieds et la Voiture Particulière ont un score de préférence bien plus élevé que le reste des modes de transport. Nous pouvons expliquer cela par le fait que ce sont deux modes de transports qui ont structuré la mobilité depuis le début du XX^{ème} siècle et qu'ils sont particulièrement adaptés l'un pour les courts trajets, l'autre pour les plus longs.

Un des résultats marquant est que le Vélo est fortement préféré par les étudiants (0,592 pour une moyenne globale de 0,485). Cela s'explique par le fait que l'effort physique pour faire du vélo est moins important pour les plus jeunes que pour les personnes plus âgées.

Nous pouvons comparer une partie de nos résultats avec Banai-Kashani (1989). En effet, dans ce papier, il utilise la méthode AHP avec quatre attributs, ainsi que trois alternatives (la voiture, le covoiturage et les transports en commun). Dans son papier, la voiture arrive en tête (62,79) suivie du covoiturage (24,03) et des transports en commun (13,18). Ceci est en ligne avec nos résultats : la Voiture Particulière (63,92), le Covoiturage Conducteur et Passager (48,01), les Transports en Commun et le Train (46,91). Cela nous conforte une fois de plus sur la qualité des réponses et la fiabilité de notre méthodologie concernant la construction du score de préférence.

2.2.5. Le portefeuille Modal

Nous vous présentons ci-dessous les résultats globaux concernant le portefeuille modal des individus. Nous détaillons ensuite certains faits marquants.

ACTIFS abonnements	**Internet domicile**	88,53%
	Internet mobile	60,56%
	Transports en Commun	26,41%
	Vélo en Libre-Service	3,71%
	Autopartage	2,57%
	Parking automobile	11,34%
ACTIFS possession	**Permis de conduire**	91,71%
	Voiture Particulière	73,95%
	Véhicule Electrique	1,55%
	Deux-Roues Motorisé	6,73%
	Vélo	35,20%
PASSIFS accessibilité	**Arrêt de Transports en Commun**	74,97%
	Station d'Autopartage	18,78%
	Station de Vélos en Libre-Service	29,53%
	Gare	46,85%
	Parking Domicile	71,34%
	Parking Relai (P+R)	78,58%
	Parking Travail	85,59%

Tableau 24 : Résultats du Portefeuille Modal

Le tableau ci-dessus nous montre les pourcentages d'abonnement, de possession et d'accessibilité des individus.

Comme nous pouvions le supposer, plus le revenu des individus augmente, plus le portefeuille modal est important.

Un résultat nous a quelque peu surpris : les hommes ont un portefeuille modal plus important que celui des femmes. Cela pourrait s'expliquer par la plus grande appétence des hommes pour la possession d'une Voiture Particulière ou d'un Deux-Roues Motorisé.

2.2.6. Les parts modales

Nous vous présentons ci-dessous les résultats globaux concernant les choix du mode de transport principal des individus pour chaque motif de déplacement. Nous détaillons ensuite certains faits marquants.

	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
Marche à Pieds	11,86%	17,54%	18,39%	12,98%	**15,06%**
Transport en Commun	19,79%	6,86%	5,06%	12,59%	**11,15%**
Train	4,78%	0,49%	0,69%	1,23%	**1,68%**
Voiture Particulière	57,19%	70,39%	71,31%	65,88%	**66,28%**
Véhicule Electrique	0,55%	0,75%	1,55%	0,59%	**0,77%**
Autopartage	0,32%	0,29%	0,70%	0,37%	**0,38%**
Covoiturage Conducteur	1,10%	0,38%	0,28%	0,75%	**0,63%**
Covoiturage Passager	0,88%	0,52%	0,68%	0,79%	**0,70%**
Vélo	1,66%	1,68%	0,25%	3,89%	**2,13%**
Vélo en Libre-Service	0,22%	0,27%	0,40%	0,35%	**0,30%**
Deux-Roues Motorisé	1,27%	0,45%	0,16%	0,58%	**0,63%**
Taxi	0,39%	0,39%	0,52%	0,00%	**0,29%**

Tableau 25 : Résultats des Choix

Nous pouvons constater dans le tableau ci-dessus que la Voiture Particulière est le mode de transport le plus choisi. Concernant les trajets Domicile-Travail, les Transports en Commun arrivent en deuxième position suivis de la Marche à Pieds. Concernant les autres motifs, c'est l'inverse : la Marche à Pieds arrive en deuxième position devant les Transports en Commun. Ces résultats sont en ligne avec les parts modales réelles et valident une fois de plus la qualité de nos données.

Comme nous l'avions pressenti, les étudiants, les franciliens et les plus pauvres choisissent beaucoup plus la Marche à Pieds et les Transports en Commun que la moyenne des Français. Les étudiants n'ont pas forcément encore leur permis et une Voiture Particulière, les franciliens ont le réseau de Transports en Commun le plus efficace de France et les plus pauvres ne peuvent pas tous se permettre l'achat d'une Voiture Particulière.

2.2.7. Les occupations

Nous vous présentons ci-dessous les résultats globaux concernant les occupations des individus en fonction des motifs. Nous détaillons ensuite certains faits marquants.

		Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs
OCCUPATIONS	**Travail/Etudes**	6,43%	4,11%	2,52%	5,40%
	Organisation	9,57%	6,72%	3,30%	11,12%
	Repos	17,61%	16,60%	4,68%	22,22%
	Activité physique	6,78%	8,55%	4,65%	9,96%
	Lecture	11,65%	6,49%	3,01%	10,88%
	Jeux	8,67%	3,91%	2,72%	6,86%
	Musique/Radio	37,68%	47,74%	20,96%	46,71%
	Vidéos	5,91%	2,99%	2,22%	5,14%
	Communication	16,53%	11,60%	5,29%	16,61%
	Discussion	12,68%	21,78%	17,46%	27,51%

Tableau 26 : Résultats des Occupations

Le tableau ci-dessus nous montre que durant leur trajet, les individus s'occupent principalement en écoutant de la musique ou la radio. La discussion est en moyenne la deuxième occupation lors des temps de déplacements juste devant le repos.

En moyenne, les femmes s'occupent plus durant leur trajet que les hommes (15,1% en moyenne par occupation pour les femmes contre 11,3% pour les hommes). Cela peut s'expliquer en partie par le fait que les femmes s'occupent pour ne pas être dérangées lors de leur temps de déplacement, mais aussi par le fait que les femmes ont en général plus de choses à faire puisque nous savons maintenant qu'elles ont une mobilité plus importante que celle des hommes.

Plus l'âge avance, moins les individus s'occupent (29,5% en moyenne par occupation pour les 18-25 ans contre 7,4% pour les 50-64 ans et 1,1% pour les plus de 65 ans). Ce phénomène s'explique en partie par le fait de la répartition modale par âge. En effet, il est plus facile de s'occuper en Transports en Commun qu'en Voiture Particulière.

Les plus riches s'occupent plus pendant leur trajet que le reste de la population (18,2% en moyenne par occupation pour la tranche de revenu la plus élevée pour une moyenne de 13,4%). Nous pensons ici que la raison principale vient du fait que les riches ont une mobilité plus importante que le reste de la population et rentabilisent donc au maximum les temps de trajet.

Les hommes utilisant le Vélo ou le Vélo en Libre-Service lors de leurs déplacements déclarent réaliser une activité sportive (37,07%) beaucoup plus que les femmes (12,48%) quel que soit le motif, mais plus particulièrement pour le Domicile-Travail (49,18% pour les

hommes contre 18,13% pour les femmes). Ces résultats nous montrent que les hommes considèrent le Vélo comme un mode de déplacement plus sportif que le considèrent les femmes.

2.2.8. L'immobilité

Nous vous présentons ci-dessous les résultats globaux concernant les non-déplacements des individus en fonction des motifs. Nous détaillons ensuite certains faits marquants.

	Domicile-Travail	Tâches courantes	Loisirs
Motif déjà réalisée grâce à un déplacement évité	17,59%	77,96%	12,30%
Nombre d'aller-retours évités par mois	7,90	5,00	6,55

Tableau 27 : Résultats concernant l'Immobilité

Les résultats ci-dessus nous montrent que près de 80% des individus ont déjà réalisé une tâche courante via internet et près de 18% ont déjà télé-travaillé. Cela souligne le fait que le télétravail se développe de manière non négligeable (en effet, il n'existait pas il y a quelques années) et que le phénomène de livraison à domicile ou en point relais, participe à l'évitement de trajets de tâches courantes des individus.

Les motifs réalisés en étant immobile sont fonctions croissantes du revenu (16,54% de la tranche de revenu la plus basse a déjà télé-travaillé contre 34,48% pour la tranche la plus élevée. 67,40% contre 86,96% concernant les tâches courantes et 10,26% contre 22,87% concernant les loisirs). Ce constat peut s'expliquer par le fait que plus les revenus sont élevés, plus les activités sont nombreuses et plus les moyens d'éviter ces trajets sont importants.

2.2.9. La résistance au changement

Nous vous présentons ci-dessous les résultats globaux concernant la propension au changement des individus. Nous détaillons ensuite certains faits marquants.

(/5)	Résistance au changement	Frein Financier
MOYENNE	3,57	3,30

Tableau 28 : Résultats de la Propension au changement

Les résultats ci-dessus nous montrent que la résistance au changement (aspect psychologique) est un peu plus importante que le frein financier (aspect financier). En d'autres termes, les habitudes sont la raison principale du non-changement.

Les hommes ont beaucoup moins de frein financier quant à un changement de mode de transport (3,188 pour les hommes contre 3,395 pour les femmes). Nous pourrions penser que les femmes ont une perception plus globale du coût de leur mobilité que celle des hommes. Cela

signifierait que les femmes intègrent mieux les coûts fixes, c'est-à-dire les investissements initiaux (achat Voiture Particulière, achat Abonnement…) que les hommes.

Les retraités et les inactifs sont les plus résistants aux changements (respectivement 3,66 et 3,65 pour une moyenne de 3,57). Cela s'explique facilement par le fait que leurs habitudes sont beaucoup plus ancrées pour les retraités et que le portefeuille modal des inactifs est beaucoup plus contraint.

Les foyers monoparentaux actifs ont le frein financier le plus important (3,61 pour une moyenne de 3,57). Nous pouvons expliquer ce constat par le fait que les foyers monoparentaux actifs sont très contraints (travail, enfant(s)..) et ont probablement investi dans une Voiture Particulière afin de répondre au besoin de charge (enfant(s) pour l'accompagnement, courses pour les tâches courantes)

Plus le revenu augmente, moins la résistance aux changements et le frein financier sont importants (respectivement 3,68 et 3,33 pour la tranche de revenu la plus basse contre 3,43 et 3,01 pour la tranche de revenu la plus élevée). Cela est somme toute logique puisque le revenu permet de diminuer les contraintes de portefeuille modal. Concernant la relation entre revenu et frein financier, cela nous conforte une fois de plus sur la qualité de nos résultats.

2.2.10. L'indice de satisfaction

Nous vous présentons ci-dessous les résultats globaux concernant la satisfaction des individus en fonction des motifs. Nous détaillons ensuite certains faits marquants.

	Domicile-Travail	**Tâches courantes**	**Accompagnement**	**Loisirs**	**Moyenne**
Indice de Satisfaction	82,96%	86,82%	85,60%	84,99%	**85,25%**

Tableau 29 : Résultats de l'Indice de Satisfaction

Les résultats ci-dessus nous indiquent que pour les trajets de tâches courantes, la satisfaction est la plus élevée et pour les trajets Domicile-Travail, la satisfaction est la plus faible. Cela s'explique en partie par le fait de la récurrence des trajets Domicile-Travail et la faible distance et durée des trajets de tâches courantes.

Les femmes sont plus satisfaites de leur mode de transports quel que soit le motif de déplacement (85,63% pour les femmes contre 84,41% pour les hommes). Ce constat est dû à un nombre plus important de déplacements des femmes en Marche à Pieds (2,94) que des hommes (2,38).

Les franciliens sont les moins satisfaits de leur mode de transport pour aller travailler (79,16% pour une moyenne de 82,96%) et effectuer leurs loisirs (81,82% pour une moyenne de 84,99%), mais ce sont les plus satisfaits pour effectuer les tâches courantes (89,89% pour une moyenne de 86,82%). Ces résultats proviennent des mauvaises conditions de transports en Ile de France (congestion) et de la proximité des commerces, ce qui permet de réaliser les trajets de tâches courantes majoritairement en Marche à Pieds (mode de transport préféré).

Les individus les plus satisfaits de leur mode de transport pour le motif Domicile-Travail sont les utilisateurs de la Voiture Particulière (84,74%), suivie des utilisateurs du Deux-Roues Motorisé (84,57%). En effet, ces deux modes sont des modes individuels (pas de présence inconnue) et efficaces (motorisés) et les trajets Domicile-Travail sont les plus longs et les plus répétitifs.

La figure ci-dessous nous présente l'indice de satisfaction des individus en fonction du nombre d'alternatives.

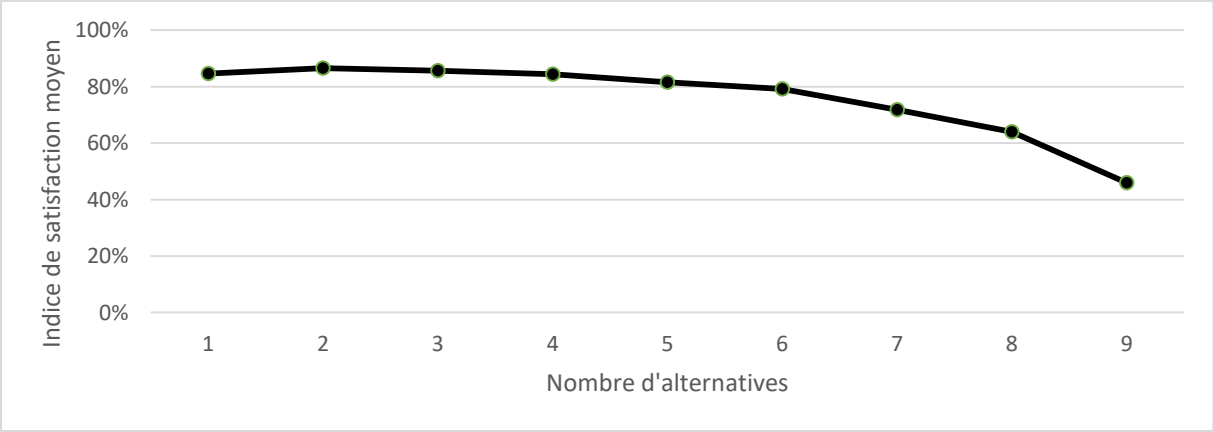


Figure 11: Indice de satisfaction moyen en fonction du nombre de modes de transport disponibles

Nous pouvons constater que la satisfaction augmente jusqu'au deuxième mode de transport disponible, puis diminue ensuite au fur et à mesure que le nombre d'alternatives augmente. Nous interprétons cela comme trop de choix possibles pour l'individu qui se rassure dans ses habitudes, sa routine. Il ne considère pas toutes les nouvelles alternatives dont certaines pourraient maximiser sa satisfaction. En effet, nous prenons en compte dans notre enquête les nouveaux modes de transport dont le Vélo en Libre-Service, l'Autopartage, le Covoiturage, ainsi que le Véhicule Electrique.

3. Les résultats économétriques

Nous avons à présent une base de données riche, comme nous avons pu le constater dans la partie précédente. La variable d'intérêt, c'est-à-dire le choix du mode de transport étant une variable qualitative (non-numérique), discrète (et non continue) et non ordonnée (on ne peut pas faire de hiérarchie des modes de transport, aucun n'est supérieur à l'autre dans l'absolu), nous devons utiliser un modèle de choix discret (voir chapitre 1 partie 2.3). Parmi ces modèles, ce sont les polytomiques non-ordonnés les plus utilisés en partie grâce à leur flexibilité.

Cette partie nous permet d'analyser la robustesse de nos résultats des attitudes et des perceptions, c'est-à-dire la robustesse de la synergie entre les réponses de l'enquête et le traitement de ces réponses par le Processus d'Analyse Hiérarchique.

3.1. Les modèles logit polytomiques non ordonnés

3.1.1. Le modèle logit multinomial

Le modèle logit multinomial est le modèle de base des modèles logit polytomiques non ordonnés. Il a été introduit par McFadden (1968) et Theil (1969). Les variables explicatives retenues sont les caractéristiques des individus qui réalisent un choix. Ce modèle a été utilisé par Schmidt et Strauss (1975) comme un outil d'analyse discriminante pour mettre en évidence les traits distinctifs de chaque catégorie professionnelle. Ce modèle s'estime par le maximum de vraisemblance. Le modèle s'écrit :

$$p_{ij} = \frac{\exp(z'_i \gamma_j)}{\sum_{l=1}^{m} \exp(z'_i \gamma_l)} \qquad \text{j=1,…,m}$$

z_i : regresseur spécifique à chaque individu et m : le nombre de caractéristiques de l'individu i

(Pour plus de détails, voir Série des Documents de Travail Méthodologie Statistique de l'INSEE N°0301)

3.1.2. Le modèle logit conditionnel

Le modèle logit conditionnel est une utilisation particulière du modèle logit multinomial de McFadden (1968). Au lieu d'utiliser les caractéristiques des individus comme variables explicatives, ce modèle utilise les caractéristiques des choix offerts aux individus, des alternatives. Ce modèle a été utilisé par Boskin (1974) comme modèle de comportement où le

choix de la profession est déterminé par les deux attributs de cette profession (coût de la formation et salaire espéré). Le modèle s'écrit :

$$p_{ij} = \frac{\exp(x'_{ij}\beta)}{\sum_{l=1}^{m}\exp(x'_{il}\beta)} \qquad j=1,\ldots,m$$

x_{ij} : regresseurs spécifiques à chaque alternative et m : le nombre de caractéristiques de l'individu i

(Pour plus de détails, voir Série des Documents de Travail Méthodologie Statistique de l'INSEE N°0301)

3.1.3. Le modèle logit multinomial/conditionnel

Le modèle multinomial/conditionnel permet de combiner les deux modèles présentés ci-dessus. En effet, les variables explicatives retenues sont les caractéristiques des individus et les caractéristiques des alternatives. Le modèle s'écrit donc :

$$p_{ij} = \frac{\exp(x'_{ij}\beta + z'_{i}\gamma_j)}{\sum_{l=1}^{m}\exp(x'_{il}\beta + z'_{i}\gamma_l)} \qquad j=1,\ldots,m$$

x_{ij} : regresseurs spécifiques à chaque alternative, z_i : regresseur spécifique à chaque individu et m : le nombre de caractéristiques de l'individu i

(Pour plus de détails, voir Série des Documents de Travail Méthodologie Statistique de l'INSEE N°0301)

3.2. Le regroupement des modes et les pré-tests

Voiture Particulière	Voiture Particulière	Deux-Roues Motorisé		
Alternative VP	Véhicule Electrique	Covoiturage Conducteur	Covoiturage Passager	Autopartage Taxi
Mode Doux	Marche à Pieds	Vélo	Vélo en Libre-Service	
Transports en Commun	Transport en Commun	Train		

Tableau 30 : Regroupement des alternatives

	Domicile-Travail	**Tâches courantes**	**Accompagnement**	**Loisirs**
Voiture Particulière	390	722	318	589
Alternative VP	19	24	17	24
Mode Doux	95	221	87	170
Transports en Commun	179	85	27	144
Total	683	1052	449	927

Tableau 31 : Evènements par motif et par mode après regroupement

Le regroupement des alternatives nous aide à obtenir un nombre d'évènements assez important pour nous permettre de réaliser un traitement économétrique.

Les alternatives sont considérées comme indépendantes. Il convient alors que le rapport des probabilités de deux choix ne dépend donc pas des autres choix offerts à l'individu non retenus dans l'arbitrage. Cette propriété est notée IIA, de l'anglais « Independence from Irrelevant Alternatives ». Elle est fondamentale dans l'utilisation des modèles polytomiques non-ordonnés.

Nous réalisons un test de multicolinéarité avec la liste exhaustive des variables de notre base de données. Pour ce faire, nous analysons les facteurs d'inflation de la variance (VIF de l'anglais Variance Inflation Factors) pour toutes nos variables. Les résultats sont présentés en annexe. La littérature nous dit qu'il y a une évidence de colinéarité si le VIF le plus grand dépasse 10 (vision stricte) ou 30 (vision conservatrice). (Chatterjee and Hadi, 2012).

Concernant le modèle logit multinomial avec pour variable d'intérêt les attitudes, les valeurs maximales des VIF sont pour les quatre motifs de déplacement respectivement 7,73 / 7,63 / 8,75 / 7,50. Nous constatons qu'aucune de ces valeurs ne dépassent 10. Nous pouvons conclure qu'il n'y a pas de problème de colinéarité.

Concernant le modèle logit multinomial/conditionnel avec pour variable d'intérêt les perceptions, les valeurs maximales des VIF sont pour les quatre motifs de déplacement respectivement 27,20 / 7,77 / 20,10 et 11,57. Nous constatons que certaines valeurs dépassent largement 10, nous enlevons donc de la régression les variables géotype, quota foyer et CSP afin d'éliminer la colinéarité. Nous obtenons à présent les résultats 2,97 / 2,75 / 3,84 / 3,03.

3.3. Les attitudes

Dans cette partie, nous nous intéressons aux variables d'attitudes, c'est-à-dire au poids accordé à chacun des attributs. Pour ce faire, nous utilisons le modèle logit multinomial simple. Les tableaux des résultats sont présentés ci-dessous avec dans la première partie les relative-risk-ratio pour chaque motif et dans la deuxième partie les effets marginaux. Nous prenons la Voiture Particulière comme alternative de référence et le coût comme attitude de référence.

Concernant les tableaux de résultats des relative-risk-ratio ci-dessous, nous nous intéressons principalement à la significativité des variables, c'est-à-dire au nombre d'étoiles situées en exposant.

3.3.1. Les relative-risk-ratios

3.3.1.1. Le motif Domicile-Travail

	Voiture Particulière	Alternative VP	Mode Doux	Transports en Commun
Poids Coût	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Poids sécurité		-3.691***	-0.0447**	-0.0386**
		(0.0811)	(0.0193)	(0.0169)
Poids efficacité		-1.542***	-0.0344	0.00106
		(0.0567)	(0.0213)	(0.0202)
Poids confort		1.043***	-0.0689***	-0.0563**
		(0.0529)	(0.0225)	(0.0258)
Poids image		1.008***	-0.00503	0.0149
		(0.0826)	(0.0291)	(0.0253)
Poids simplicité		-0.224***	-0.0380	-0.0164
		(0.0812)	(0.0239)	(0.0205)
Log pseudolikelihood	-269.37617			
Wald chi2	30610.89			
Prob > chi2	0.0000			
Pseudo R2	0.6171			
Observations	683	683	683	683

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Variables de contrôle : *Sexe, Age, Géotype, CSP, Quota foyer, Zone géographique, Revenu, Distance, Possession, Abonnements, Accessibilité*

Tableau 32 : Relative-risk-ratio des attitudes pour le motif Domicile-Travail

Les résultats ci-dessus nous montrent que pour le motif Domicile-Travail, les attitudes relatives à la sécurité, l'efficacité, le confort, l'image et à la simplicité sont significatives concernant le choix d'une Alternative VP. Seuls la sécurité et le confort sont significatifs pour le choix d'un Mode Doux ou d'un Transport en Commun. Nous pouvons donc dire que plus la sécurité est importante pour l'individu, plus cette variable va jouer négativement sur le choix d'un autre mode de transport autre que la Voiture Particulière. En effet, c'est bien la Voiture Particulière qui est perçue comme sécurisée. Le confort joue négativement sur le choix d'un Mode Doux et d'un Transport en Commun, mais positivement pour le choix d'une Alternative VP. Cela semble logique puisque le confort est mieux perçu pour la Voiture Particulière que pour les autres modes. L'image joue positivement sur le choix d'une Alternative VP. Cela s'explique par le fait que les Alternatives VP sont récentes et de plus en plus vecteurs d'identité.

3.3.1.2. Le motif tâches courantes

	Voiture Particulière	Alternative VP	Mode Doux	Transports en Commun
Poids Coût	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Poids sécurité		-0.0119	0.0188	-0.0181
		(0.0338)	(0.0160)	(0.0236)
Poids efficacité		-0.0385	0.0178	-0.0162

		(0.0536)	(0.0192)	(0.0230)
Poids confort		0.0861*	0.00169	-0.0287
		(0.0521)	(0.0198)	(0.0401)
Poids image		-0.0465	0.0539**	-0.000246
		(0.104)	(0.0232)	(0.0410)
Poids simplicité		0.0600	0.0234	-0.0330
		(0.0422)	(0.0196)	(0.0323)
Log pseudolikelihood	-564.08601			
Wald chi2	6562.76			
Prob > chi2	0.0000			
Pseudo R2	0.3626			
Observations	1052	1052	1052	1052

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Variables de contrôle : *Sexe, Age, Géotype, CSP, Quota foyer, Zone géographique, Revenu, Distance, Possession, Abonnements, Accessibilité*

Tableau 33 : Relative-risk-ratio des attitudes pour le motif tâches courantes

Pour le motif tâches courantes, le confort est significatif quant au choix d'une alternative VP. Concernant le choix d'un Mode Doux, c'est l'image qui est significative.

3.3.1.3. Le motif accompagnement

	Voiture Particulière	**Alternative VP**	**Mode Doux**	**Transports en Commun**
Poids Coût	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Poids sécurité		-0.953**	-0.103	0.663**
		(0.388)	(0.0666)	(0.307)
Poids efficacité		0.0893	-0.0118	0.386
		(0.128)	(0.0504)	(0.332)
Poids confort		1.314**	-0.143	0.369
		(0.513)	(0.0931)	(0.512)
Poids image		-2.333***	0.0889	1.089**
		(0.562)	(0.132)	(0.426)
Poids simplicité		-1.051**	0.0800	0.664*
		(0.492)	(0.0837)	(0.378)
Log pseudolikelihood	-159.37322			
Wald chi2	.			
Prob > chi2	.			
Pseudo R2	0.5902			
Observations	449	449	449	449

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Variables de contrôle : *Sexe, Age, Géotype, CSP, Quota foyer, Zone géographique, Revenu, Distance, Possession, Abonnements, Accessibilité*

Tableau 34: Relative-risk-ratio des attitudes pour le motif accompagnement

Concernant le motif accompagnement, la sécurité joue positivement sur le choix d'un Transport en Commun (à l'inverse du motif Domicile-Travail). Cela peut s'expliquer par le fait de pouvoir déléguer la responsabilité de la conduite lors d'un trajet d'accompagnement. L'individu peut alors se concentrer sur la personne accompagnée et non sur la route en Voiture Particulière par exemple. L'image et la simplicité jouent positivement sur le choix d'un

Transport en Commun et négativement sur le choix d'une Alternative VP. En effet, l'image lors d'un trajet d'accompagnement se traduit par l'image que l'on renvoie aux autres (ici, majoritairement à la personne que l'on accompagne). Les Transports en Commun sont vecteurs d'une bonne image écologique. Quant à la simplicité, les Transports en Commun permettent de diminuer l'effort cognitif lors de l'accompagnement d'une personne.

3.3.1.4. Le motif loisirs

	Voiture Particulière	Alternative VP	Mode Doux	Transports en Commun
Poids Coût	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Poids sécurité		-0.00640	0.0139	-0.000607
		(0.0261)	(0.0127)	(0.0121)
Poids efficacité		0.0420	0.0318**	0.00212
		(0.0314)	(0.0147)	(0.0184)
Poids confort		-0.0210	-0.00872	-0.0360**
		(0.0445)	(0.0143)	(0.0167)
Poids image		0.0434	0.0892***	0.0515**
		(0.0378)	(0.0203)	(0.0225)
Poids simplicité		-0.0124	0.0198	-0.0229
		(0.0310)	(0.0126)	(0.0155)
Log pseudolikelihood	-509.65541			
Wald chi2	.			
Prob > chi2	.			
Pseudo R2	0.4169			
Observations	927	927	927	927

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Variables de contrôle : *Sexe, Age, Géotype, CSP, Quota foyer, Zone géographique, Revenu, Distance, Possession, Abonnements, Accessibilité*

Tableau 35: Relative-risk-ratio des attitudes pour le motif loisirs

Les résultats ci-dessus nous montrent que l'efficacité et l'image jouent positivement sur le choix d'un Mode Doux. Cela peut s'expliquer par le fait que lors d'un trajet de Loisirs, choisir un Mode Doux est cohérent avec le motif tant sur l'image que les autres ont de nous que sur la flexibilité du Mode Doux, mieux perçue que pour les autres modes.

3.3.2. Les effets marginaux

Concernant les tableaux de résultats des effets marginaux, nous nous intéressons en premier lieu à la significativité des variables, c'est-à-dire les variables en gras. Dans un deuxième temps, nous comparons les valeurs entre elles afin de voir quels sont les effets marginaux des attitudes les plus importants.

3.3.2.1. Le motif Domicile-Travail

Voiture Particulière	Alternative VP	Mode Doux	Transports en Commun

	dy/dx	P>z	dy/dx	P>z	dy/dx	P>z	dy/dx	P>z
Poids Coût	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Poids sécurité	**.0038973**	0.004	-5.63e-07	0.556	**-.0020618**	0.075	-.0016579	0.129
Poids efficacité	.0014823	0.345	-2.28e-07	0.573	**-.0022905**	0.082	.0008825	0.512
Poids confort	**.005701**	0.001	3.57e-07	0.230	**-.0032885**	0.023	-.0024627	0.154
Poids image	-.0005249	0.806	1.77e-07	0.502	-.0006744	0.698	.0011507	0.473
Poids simplicité	.0024535	0.133	3.60e-08	0.608	-.0021392	0.136	-.0003035	0.824

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% (p<0.1)

Tableau 36 : Les effets marginaux pour le motif Domicile-Travail

Nous constatons ici que la sécurité et le confort ont un effet marginal significatif et positif quant au choix de la Voiture Particulière. Concernant le choix d'un Mode Doux, la sécurité, l'efficacité et le confort ont des effets marginaux significatifs et négatifs. En d'autres termes, plus l'individu accorde d'importance à ces trois attributs, plus sa probabilité de choisir un Mode Doux sera faible.

3.3.2.2. Le motif tâches courantes

	Voiture Particulière		Alternative VP		Mode Doux		Transports en Commun	
	dy/dx	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**
Poids Coût	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Poids sécurité	-.0009899	0.569	-.0002175	0.712	.0024668	0.143	-.0012594	0.269
Poids efficacité	-.0006446	0.752	-.0006804	0.475	.0023999	0.232	-.0010748	0.328
Poids confort	-.000367	0.872	**.0015611**	0.083	.0004983	0.820	-.0016923	0.388
Poids image	-.0040932	0.145	-.0009742	0.594	**.0060541**	0.015	-.0009867	0.625
Poids simplicité	-.0018149	0.402	.0010519	0.147	.0030469	0.142	-.0022839	0.143

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% (p<0.1)

Tableau 37 : Les effets marginaux des attitudes pour le motif tâches courantes

Concernant le motif tâches courantes, seul le confort a un effet marginal significatif et positif sur la probabilité de choisir une Alternative VP, ainsi que l'image sur celle de choisir un Mode Doux. Comme nous l'avons dit précédemment, l'image perçue d'un Mode Doux est plus importante que pour les autres modes.

3.3.2.3. Le motif accompagnement

	Voiture Particulière		Alternative VP		Mode Doux		Transports en Commun	
	dy/dx	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**
Poids Coût	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Poids sécurité	.006114	0.486	**-.0179641**	0.053	**-.0110991**	0.066	**.0229491**	0.004
Poids efficacité	-.0072426	0.233	.0005938	0.798	-.0046181	0.311	.0112669	0.195
Poids confort	-.0146086	0.217	**.0221707**	0.012	**-.016448**	0.061	.008886	0.541
Poids image	.0046871	0.739	**-.0434144**	0.001	.0014777	0.878	**.0372494**	0.000
Poids simplicité	-.0032754	0.765	**-.0200931**	0.081	.0018336	0.792	**.0215348**	0.042

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% (p<0.1)

Tableau 38 : Les effets marginaux des attitudes pour le motif accompagnement

Le tableau ci-dessus nous explique que pour le motif accompagnement, la sécurité a un effet marginal significatif et négatif quant au choix d'une Alternative VP et d'un Mode Doux, mais significatif et positif sur la probabilité de choisir les Transports en Commun. (Voir

explications plus haut dans la partie 3.3.1.3 de ce chapitre). Nous constatons aussi que le confort a des effets marginaux significatifs positifs sur la probabilité de choisir une Alternative VP, mais négatifs sur celle de choisir un Mode Doux. L'image et la simplicité, quant à elles, ont des effets marginaux significatifs et positifs pour le choix d'un Transport en Commun et négatifs pour celui d'une Alternative VP. Nous pouvons donc affirmer que plus l'individu accorde d'importance à la simplicité, à l'image et/ou à la sécurité, plus il aura de chance de choisir un Transport en Commun pour le motif accompagnement. Les valeurs des effets marginaux significatifs sont beaucoup plus élevées pour le motif accompagnement que pour les autres motifs.

3.3.2.4. Le motif loisirs

	Voiture Particulière		**Alternative VP**		**Mode Doux**		**Transports en Commun**	
	dy/dx	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**
Poids Coût	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Poids sécurité	-.0006745	0.588	-.0000991	0.867	.0013943	0.274	-.0006207	0.495
Poids efficacité	-.0024702	0.101	.0007703	0.294	**.0027747**	0.042	-.0010749	0.417
Poids confort	.0024781	0.128	.0002722	0.768	-.0002022	0.886	**-.0025481**	0.030
Poids image	**-.0088156**	0.000	.0000168	0.981	**.0074784**	0.000	.0013203	0.358
Poids simplicité	.0001517	0.905	-.0002721	0.660	**.002599**	0.038	**-.0024785**	0.029

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% (p<0.1)

Tableau 39 : Les effets marginaux des attitudes pour le motif loisirs

Concernant le motif loisirs, les effets marginaux de l'efficacité, de l'image et de la simplicité sont significatifs et positifs sur la probabilité de choisir un Mode Doux. A l'inverse, l'image a un effet marginal significatif et négatif sur le choix de la Voiture Particulière. Cela confirme notre interprétation sur l'adéquation entre le motif de déplacement et l'image véhiculée des différentes alternatives. Le confort et la simplicité ont un effet marginal significatif et négatif quant au choix d'un Transport en Commun. En effet, le confort et la simplicité perçus des Transports en Commun sont plus faibles que pour les autres modes de transport.

3.4. Les perceptions

Dans cette partie, nous nous intéressons aux variables de perceptions, c'est-à-dire au niveau perçu des attributs pour chaque alternative. Pour ce faire, nous utilisons le modèle logit multinomial/conditionnel. Les tableaux des résultats sont présentés ci-dessous avec dans la première partie les odds-ratios pour chaque motif et dans la deuxième partie les effets marginaux. Nous prenons l'Alternative VP comme mode de référence car c'est le mode le moins choisi. Cela nous permet d'avoir un nombre assez important d'évènements et d'appliquer ainsi le modèle logit multinomial/conditionnel à notre base de données.

3.4.1. Les odds-ratios

La variable « Chainage » est une variable binaire reflétant le fait que l'individu réalise des trajets Domicile-Accompagnement-Travail ou pas. En d'autres termes, l'individu réalise des trajets pour le motif accompagnement au sein d'un trajet Domicile-Travail.

Concernant les tableaux de résultats des odds-ratios, nous nous intéressons surtout à la significativité des variables, c'est-à-dire au nombre d'étoile(s) situées en exposant.

3.4.1.1. Le motif Domicile-Travail

	Alternative VP *(ref)*	**Modes Doux**	**Transports en Commun**	**Voiture Particulière**
Coût	1.472***			
	(0.542)			
Sécurité	-0.722			
	(0.493)			
Efficacité	1.604***			
	(0.539)			
Confort	0.574			
	(0.578)			
Image	0.0676			
	(0.449)			
Simplicité	1.776***			
	(0.559)			
Sexe M		-0.0521	-0.0986	-0.841
		(0.607)	(0.604)	(0.567)
Age		0.0690**	0.0514*	0.0546*
		(0.0311)	(0.0299)	(0.0304)
Chainage		-0.477	-1.926***	-0.490
		(0.708)	(0.702)	(0.654)
Constante		15.07***	14.10***	13.54***
		(2.538)	(2.460)	(2.528)
Log pseudolikelihood	-330.57052			
Wald chi2	.			
Prob > chi2	.			
Observations	2,732	2,732	2,732	2,732

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Variables de contrôle : *Sexe, Age, Revenu, Distance, Possession, Abonnements, Accessibilité*

Tableau 40 : Odds-ratios des perceptions pour le motif Domicile-Travail

Ces résultats nous permettent d'affirmer que les perceptions du coût, de l'efficacité et de la simplicité sont significatives quant au choix modal pour le motif Domicile-Travail. Un autre résultat montre que si l'individu réalise un chainage Domicile-Accompagnement-Travail, cette variable joue négativement sur le choix d'un Transport en Commun. Nous voyons enfin que l'âge joue positivement sur le fait de choisir un autre mode qu'une Alternative VP.

3.4.1.2. Le motif tâches courantes

	Alternative VP *(ref)*	Modes Doux	Transports en Commun	Voiture Particulière
Coût	0.407			
	(0.458)			
Sécurité	0.610			
	(0.377)			
Efficacité	1.251***			
	(0.442)			
Confort	0.527			
	(0.422)			
Image	-0.181			
	(0.363)			
Simplicité	1.461***			
	(0.441)			
Sexe M		-0.197	-0.487	-0.567
		(0.509)	(0.549)	(0.481)
Age		0.0397**	0.0515***	0.0448**
		(0.0182)	(0.0192)	(0.0177)
Chainage		-1.024*	-1.516**	-0.754
		(0.536)	(0.635)	(0.505)
Constante		2.506	-0.553	1.232
		(1.870)	(1.942)	(1.858)
Log pseudolikelihood	-579.32666			
Wald chi2	1812.15			
Prob > chi2	0.0000			
Observations	4,208	4,208	4,208	4,208

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Variables de contrôle : *Sexe, Age, Revenu, Distance, Possession, Abonnements, Accessibilité*

Tableau 41 : Odds-ratios des perceptions pour le motif tâches courantes

Pour le motif tâches courantes, seules les perceptions de l'efficacité et de la simplicité sont significatives quant au choix modal. Comme pour le motif Domicile-Travail, le fait de réaliser un chainage domicile-accompagnement travail joue négativement sur la probabilité de choisir un Mode Doux ou un Transport en Commun. De même, l'âge joue positivement sur le fait de choisir un autre mode qu'une Alternative VP.

3.4.1.3. Le motif accompagnement

	Alternative VP *(ref)*	Modes Doux	Transports en Commun	Voiture Particulière
Coût	-0.0914			
	(0.861)			
Sécurité	-0.144			
	(0.666)			
Efficacité	1.277			
	(0.924)			
Confort	0.298			
	(0.743)			
Image	0.596			
	(0.937)			
Simplicité	1.973*			

	(1.050)			
Sexe M		-0.598	0.0242	0.141
		(0.714)	(0.745)	(0.651)
Age		0.00973	-0.00567	0.0394*
		(0.0264)	(0.0356)	(0.0222)
Chainage		1.022	-0.734	0.905
		(0.769)	(0.831)	(0.701)
Constante		16.71***	18.17***	14.44***
		(2.003)	(2.307)	(1.902)
Log pseudolikelihood	-215.88761			
Wald chi2	.			
Prob > chi2	.			
Observations	1,796	1,796	1,796	1,796

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Variables de contrôle : *Sexe, Age, Revenu, Distance, Possession, Abonnements, Accessibilité*

Tableau 42 : Odds-ratios des perceptions pour le motif accompagnement

Pour le motif accompagnement, seule la perception de la simplicité est significative dans le choix modal des individus.

3.4.1.4. Le motif loisirs

	Alternative VP *(ref)*	**Modes Doux**	**Transports en Commun**	**Voiture Particulière**
Coût	0.603			
	(0.440)			
Sécurité	-0.226			
	(0.402)			
Efficacité	0.872**			
	(0.404)			
Confort	0.604			
	(0.415)			
Image	0.574			
	(0.359)			
Simplicité	1.648***			
	(0.405)			
Sexe M		0.614	0.474	0.415
		(0.509)	(0.527)	(0.478)
Age		0.0115	-0.00356	0.0146
		(0.0176)	(0.0186)	(0.0168)
Chainage		-0.226	-0.267	0.564
		(0.677)	(0.720)	(0.648)
Constante		4.356**	2.903	1.600
		(2.222)	(2.236)	(2.186)
Log pseudolikelihood	-544.6822			
Wald chi2	473.89			
Prob > chi2	0.0000			
Observations	3,708	3,708	3,708	3,708

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Variables de contrôle : *Sexe, Age, Revenu, Distance, Possession, Abonnements, Accessibilité*

Tableau 43 : Odds-ratios des perceptions pour le motif loisirs

Seules les perceptions de l'efficacité et de la simplicité sont significatives dans le choix d'un mode de transport pour le motif loisirs.

3.4.2. Les effets marginaux

Concernant les tableaux de résultats des effets marginaux, nous nous intéressons en premier lieu à la significativité des variables, c'est-à-dire aux variables en gras. Dans un deuxième temps, nous comparons les valeurs entre elles afin de voir quels sont les effets marginaux des perceptions les plus importants.

3.4.2.1. Le motif Domicile-Travail

		Alternative VP		**Mode Doux**		**Transports en Commun**		**Voiture Particulière**	
		dy/dx	**P>|z|**	**dy/dx**	**P>|z|**	**dy/dx**	**P>|z|**	**dy/dx**	**P>|z|**
	Probabilités	**.00002676**		**.06108629**		**.12190097**		**.81698599**	
coût	**AltVP**	.000039	0.172	-.0000087	0.121	-.000008	0.182	-.000032	0.175
	ModeDoux	-.0000024	0.188	**.082733**	0.016	**-.011302**	0.026	**-.073468**	0.022
	TC	-.0000048	0.187	**-.011505**	0.018	**.174524**	0.006	**-.146609**	0.014
	VP	-.000032	0.175	**-.071219**	0.017	**-.163213**	0.006	**.22011**	0.007
sécurité	**AltVP**	-.000019	0.270	.0000045	0.220	.0000044	0.231	.000016	0.270
	ModeDoux	.0000012	0.290	-.042773	0.137	.006249	0.132	.03604	0.176
	TC	.0000024	0.288	.005948	0.143	**-.096498**	0.090	.071919	0.164
	VP	.000016	0.270	.03682	0.138	**.090244**	0.089	-.107975	0.152
efficacité	**AltVP**	.000043	0.169	-.00001	0.116	-.0000084	0.181	-.000035	0.171
	ModeDoux	-.0000026	0.185	**.094653**	0.007	**-.011909**	0.021	**-.080064**	0.014
	TC	-.0000052	0.187	**-.013163**	0.008	**.183891**	0.004	**-.159771**	0.010
	VP	-.000035	0.171	**-.08148**	0.008	**-.171974**	0.003	**.23987**	0.004
confort	**AltVP**	.000015	0.402	-.0000036	0.361	-.0000028	0.425	-.000013	0.403
	ModeDoux	-.00000094	0.411	.033848	0.299	-.003978	0.350	-.028662	0.338
	TC	-.0000019	0.405	-.004707	0.296	.06142	0.334	-.057196	0.324
	VP	-.000013	0.403	-.029138	0.301	-.057439	0.334	.085871	0.319
image	**AltVP**	.0000018	0.881	-.00000008	0.976	-.00000018	0.937	-.0000015	0.881
	ModeDoux	-.00000011	0.880	.000759	0.976	-.000259	0.937	-.003371	0.880
	TC	-.00000022	0.881	-.000105	0.976	.003997	0.937	-.006727	0.881
	VP	-.0000015	0.881	-.000653	0.976	-.003738	0.937	.0101	0.880
simplicité	**AltVP**	.000048	0.179	-.000011	0.139	-.00001	0.180	-.000039	0.180
	ModeDoux	-.0000029	0.199	**.105516**	0.005	**-.014546**	0.013	**-.088652**	0.013
	TC	-.0000058	0.198	**-.014673**	0.007	**.224612**	0.001	**-.17691**	0.008
	VP	-.000039	0.180	**-.090831**	0.006	**-.210056**	0.001	**.265601**	0.003

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% (p<0.1)

Tableau 44 : Effets marginaux des perceptions pour le motif Domicile-Travail

La lecture de ce type de tableau est complexe. Afin de donner un exemple concret, nous pouvons dire ici qu'une augmentation de 1 point de la perception du coût du Mode Doux augmente de 0,082733 la probabilité de choisir le Mode Doux. Les effets croisés sont logiquement positifs. Ainsi, pour prendre un autre exemple, une augmentation de 1 point du coût de la Voiture Particulière entraine une diminution de 0,07219 sur la probabilité de choisir le Mode Doux.

Plus généralement, nous constatons qu'une meilleure perception du coût d'un mode (autre qu'Alternative VP) entraine une diminution significative de la probabilité de choisir un autre mode. Il en est de même concernant l'efficacité et la simplicité. Concernant les valeurs des effets marginaux les plus importants, nous pouvons affirmer qu'une amélioration de 1 point de la perception du coût, de l'efficacité et de la simplicité relative à la Voiture Particulière (respectivement aux Transports en Commun) implique une augmentation d'environ 0,2 sur la probabilité de choisir la Voiture Particulière (respectivement les Transports en Communs).

3.4.2.2. Le motif tâches courantes

		Alternative VP		**Mode Doux**		**Transports en Commun**		**Voiture Particulière**	
		dy/dx	**P>|z|**	**dy/dx**	**P>|z|**	**dy/dx**	**P>|z|**	**dy/dx**	**P>|z|**
	Probabilités	**.00296205**		**.13170981**		**.02151758**		**.84381056**	
coût	**AltVP**	.001288	0.372	-.00017	0.381	-.000029	0.376	-.001089	0.371
	ModeDoux	-.00017	0.381	.050718	0.340	-.001299	0.346	-.049249	0.340
	TC	-.000029	0.376	-.001299	0.346	.009636	0.335	-.008308	0.333
	VP	-.001089	0.371	-.049249	0.340	-.008308	0.333	.058646	0.337
sécurité	**AltVP**	.001621	0.192	-.000214	0.198	-.000036	0.215	-.00137	0.192
	ModeDoux	-.000214	0.198	.063833	0.140	-.001635	0.166	-.061984	0.140
	TC	-.000036	0.215	-.001635	0.166	.012127	0.158	-.010456	0.158
	VP	-.00137	0.192	-.061984	0.140	-.010456	0.158	.073811	0.139
efficacité	**AltVP**	**.003696**	0.057	**-.000489**	0.052	**-.000082**	0.076	**-.003125**	0.059
	ModeDoux	**-.000489**	0.052	**.145586**	0.002	**-.003728**	0.009	**-.141369**	0.003
	TC	**-.000082**	0.076	**-.003728**	0.009	**.027659**	0.011	**-.023848**	0.012
	VP	**-.003125**	0.059	**-.141369**	0.003	**-.023848**	0.012	**.168343**	0.002
confort	**AltVP**	.001527	0.211	-.000202	0.227	-.000034	0.225	-.001291	0.210
	ModeDoux	-.000202	0.227	.060147	0.224	-.00154	0.239	-.058405	0.224
	TC	-.000034	0.225	-.00154	0.239	.011427	0.224	-.009853	0.222
	VP	-.001291	0.210	-.058405	0.224	-.009853	0.222	.069549	0.220
image	**AltVP**	-.000501	0.633	.000066	0.634	.000011	0.633	.000423	0.633
	ModeDoux	.000066	0.634	-.019726	0.634	.000505	0.633	.019155	0.634
	TC	.000011	0.633	.000505	0.633	-.003748	0.633	.003231	0.633
	VP	.000423	0.633	.019155	0.634	.003231	0.633	-.02281	0.633
simplicité	**AltVP**	**.004283**	0.034	**-.000566**	0.037	**-.000096**	0.045	**-.003621**	0.035
	ModeDoux	**-.000566**	0.037	**.168701**	0.001	**-.00432**	0.004	**-.163815**	0.001
	TC	**-.000096**	0.045	**-.00432**	0.004	**.032051**	0.003	**-.027635**	0.003
	VP	**-.003621**	0.035	**-.163815**	0.001	**-.027635**	0.003	**.195071**	0.001

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% ($p<0.1$)

Tableau 45: Effets marginaux des perceptions pour le motif tâches courantes

Les résultats ci-dessus nous montrent qu'une meilleure perception de l'efficacité et/ou de la simplicité d'un mode entraine une diminution significative de la probabilité de choisir un autre mode. Plus particulièrement, concernant les valeurs des effets marginaux significatifs, nous pouvons dire qu'une augmentation de 1 point de la perception de l'efficacité et de la simplicité du Mode Doux (respectivement la Voiture Particulière) implique une augmentation de plus de 0,15 sur la probabilité de choisir le Mode Doux (respectivement la Voiture Particulière).

3.4.2.3. Le motif accompagnement

		Alternative VP		Mode Doux		Transports en Commun		Voiture Particulière	
		dy/dx	P>|z|	dy/dx	P>|z|	dy/dx	P>|z|	dy/dx	P>|z|
	Probabilités	**.0009937**		**.07269439**		**.01227153**		**.91404037**	
coût	**AltVP**	-.000223	0.818	.000018	0.818	.000004	0.818	.000201	0.818
	ModeDoux	.000018	0.818	-.013903	0.819	.00027	0.819	.013615	0.819
	TC	.000004	0.818	.00027	0.819	-.003344	0.818	.00307	0.818
	VP	.000201	0.818	.013615	0.819	.00307	0.818	-.016887	0.818
sécurité	**AltVP**	-.000019	0.980	.0000015	0.980	.00000034	0.980	.000017	0.980
	ModeDoux	.0000015	0.980	-.001167	0.980	.000023	0.980	.001143	0.980
	TC	.00000034	0.980	.000023	0.980	-.000281	0.980	.000258	0.980
	VP	.000017	0.980	.001143	0.980	.000258	0.980	-.001418	0.980
efficacité	**AltVP**	.001214	0.303	-.000096	0.314	-.000022	0.358	-.001096	0.304
	ModeDoux	-.000096	0.314	.075642	0.256	-.001471	0.326	-.074075	0.256
	TC	-.000022	0.358	-.001471	0.326	.018194	0.312	-.016702	0.312
	VP	-.001096	0.304	-.074075	0.256	-.016702	0.312	.091873	0.255
confort	**AltVP**	.000306	0.734	-.000024	0.734	-.0000055	0.746	-.000276	0.734
	ModeDoux	-.000024	0.734	.019044	0.732	-.00037	0.743	-.018649	0.731
	TC	-.0000055	0.746	-.00037	0.743	.004581	0.743	-.004205	0.744
	VP	-.000276	0.734	-.018649	0.731	-.004205	0.744	.02313	0.733
image	**AltVP**	.000746	0.483	-.000059	0.505	-.000013	0.483	-.000674	0.482
	ModeDoux	-.000059	0.505	.046504	0.497	-.000904	0.500	-.045541	0.497
	TC	-.000013	0.483	-.000904	0.500	.011186	0.476	-.010268	0.475
	VP	-.000674	0.482	-.045541	0.497	-.010268	0.475	.056482	0.489
simplicité	**AltVP**	.002062	0.214	-.000164	0.217	-.000037	0.232	-.001861	0.217
	ModeDoux	-.000164	0.217	**.128468**	0.090	-.002498	0.123	**-.125806**	0.091
	TC	-.000037	0.232	-.002498	0.123	.0309	0.114	-.028366	0.116
	VP	-.001861	0.217	**-.125806**	0.091	-.028366	0.116	**.156032**	0.078

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% (p<0.1)

Tableau 46 : Effets marginaux des perceptions pour le motif accompagnement

Concernant le motif accompagnement, une augmentation de 1 point de la perception de la simplicité du Mode Doux (respectivement de la Voiture Particulière) entraine une diminution d'environ 0,125 sur la probabilité de choisir la Voiture Particulière (respectivement le Mode Doux). L'inverse est vrai.

3.4.2.4. Le motif loisirs

		Alternative VP		Mode Doux		Transports en Commun		Voiture Particulière	
		dy/dx	P>|z|	dy/dx	P>|z|	dy/dx	P>|z|	dy/dx	P>|z|
	Probabilités	**.01142923**		**.11682943**		**.05894726**		**.81279408**	
coût	**AltVP**	.007586	0.201	-.000905	0.217	-.000453	0.214	-.006228	0.201
	ModeDoux	-.000905	0.217	.063925	0.174	-.00427	0.191	-.058749	0.174
	TC	-.000453	0.214	-.00427	0.191	.034096	0.171	-.029373	0.170
	VP	-.006228	0.201	-.058749	0.174	-.029373	0.170	.09435	0.166
sécurité	**AltVP**	-.002862	0.562	.000342	0.562	.000171	0.561	.00235	0.563
	ModeDoux	.000342	0.562	-.024117	0.561	.001611	0.560	.022165	0.562
	TC	.000171	0.561	.001611	0.560	-.012864	0.560	.011082	0.560
	VP	.00235	0.563	.022165	0.562	.011082	0.560	-.035596	0.560
efficacité	**AltVP**	**.010942**	0.100	**-.001306**	0.100	-.000653	0.108	-.008983	0.102
	ModeDoux	**-.001306**	0.100	**.09221**	0.028	**-.00616**	0.035	**-.084744**	0.028
	TC	-.000653	0.108	**-.00616**	0.035	**.049183**	0.033	**-.04237**	0.034
	VP	-.008983	0.102	**-.084744**	0.028	**-.04237**	0.034	**.136097**	0.026
confort	**AltVP**	.00762	0.165	-.00091	0.182	-.000455	0.175	-.006256	0.164
	ModeDoux	-.00091	0.182	.064214	0.154	-.00429	0.167	-.059015	0.154
	TC	-.000455	0.175	-.00429	0.167	.03425	0.146	-.029506	0.145
	VP	-.006256	0.164	-.059015	0.154	-.029506	0.145	.094777	0.143

image	**AltVP**	.007104	0.167	-.000848	0.167	-.000424	0.181	-.005833	0.168
	ModeDoux	-.000848	0.167	.059868	0.107	-.003999	0.123	-.05502	0.107
	TC	-.000424	0.181	-.003999	0.123	.031932	0.120	-.027509	0.121
	VP	-.005833	0.168	-.05502	0.107	-.027509	0.121	.088362	0.105
simplicité	**AltVP**	**.020209**	0.031	**-.002412**	0.034	**-.001206**	0.039	**-.016591**	0.032
	ModeDoux	**-.002412**	0.034	**.170296**	0.000	**-.011376**	0.001	**-.156508**	0.000
	TC	**-.001206**	0.039	**-.011376**	0.001	**.090832**	0.000	**-.07825**	0.000
	VP	**-.016591**	0.032	**-.156508**	0.000	**-.07825**	0.000	**.251349**	0.000

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% (p<0.1)

Tableau 47 : Effets marginaux des perceptions pour le motif loisirs

Pour le motif Loisirs, nous constatons qu'une meilleure perception de la simplicité d'un mode implique une diminution significative de la probabilité de choisir un autre mode. En ce qui concerne l'efficacité, une meilleure perception de celle-ci à propos de l'Alternative VP (respectivement du Mode Doux) entraine une diminution de la probabilité de choisir un Mode Doux (respectivement une Alternative VP). Si la perception de l'efficacité d'un mode s'améliore, alors la probabilité de choisir un autre mode diminue significativement. Concernant les valeurs des effets marginaux significatifs, un résultat ressort particulièrement. L'augmentation de 1 point de la perception de la simplicité du Mode Doux implique une augmentation d'environ 0,17 sur la probabilité de choisir ce mode.

3.5. Test des scores de préférence et prédictions

Cette partie a pour objectif de vérifier la robustesse de notre méthodologie et la qualité de nos données. Pour ce faire, nous testons dans un premier temps la significativité de la variable Préférences pour chaque motif afin de valider notre méthodologie de calcul des scores de préférences. Dans un deuxième temps, nous présentons les tests de sensibilité et spécificité qui nous servent à trouver les pourcentages de prévisions correctes de notre modèle.

3.5.1. Les scores de préférence

Dans cette partie, à travers les tableaux de résultats ci-dessous, nous nous intéressons à la significativité des Préférences pour chaque motif et donc au nombre d'étoiles situées en exposant.

3.5.1.1. Domicile-Travail

	Alternative VP	**Mode Doux**	**Transport en Commun**	**Voiture Particulière**
Préférences	4.116***			
	(0.738)			
Constante		13.76***	12.51***	11.88***
		(2.408)	(2.377)	(2.407)
Log pseudolikelihood	-339.11651			
Wald chi2	1440.30			
Prob > chi2	0.0000			

Observations	2,732	2,732	2,732	2,732

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Variables de contrôle: *Sexe, Age, Revenu, Distance, Accessibilité, Abonnements, Possession*

Tableau 48 : Odds-ratios des Préférences pour le motif Domicile-Travail

3.5.1.2. Tâches courantes

	Alternative VP	Mode Doux	Transport en Commun	Voiture Particulière
Préférences	3.912***			
	(0.563)			
Constante		2.511	-0.617	1.310
		(1.866)	(1.950)	(1.869)
Log pseudolikelihood	-586.37526			
Wald chi2	2510.56			
Prob > chi2	0.0000			
Observations	4,208	4,208	4,208	4,208

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Variables de contrôle: *Sexe, Age, Revenu, Distance, Accessibilité, Abonnements, Possession*

Tableau 49 : Odds-ratios des Préférences pour le motif tâches courantes

3.5.1.3. Accompagnement

	Alternative VP	Mode Doux	Transport en Commun	Voiture Particulière
Préférences	4.185***			
	(0.939)			
Constante		15.46***	17.33***	13.71***
		(2.025)	(2.261)	(1.930)
Log pseudolikelihood	-218.50011			
Wald chi2	3739.75			
Prob > chi2	0.0000			
Observations	1,796	1,796	1,796	1,796

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
Variables de contrôle: *Sexe, Age, Revenu, Distance, Accessibilité, Abonnements, Possession*

Tableau 50 : Odds-ratios des Préférences pour le motif accompagnement

3.5.1.4. Loisirs

	Alternative VP	Mode Doux	Transport en Commun	Voiture Particulière
Préférences	3.439***			
	(0.535)			
Constante		4.128*	2.506	1.503
		(2.124)	(2.151)	(2.085)
Log pseudolikelihood	-554.42935			
Wald chi2	483.17			
Prob > chi2	0.0000			
Observations	3,708	3,708	3,708	3,708

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Variables de contrôle: *Sexe, Age, Revenu, Distance, Accessibilité, Abonnements, Possession*

Tableau 51 : Odds-ratios des Préférences pour le motif loisirs

Nous constatons dans les quatre tableaux ci-dessus que les scores de préférence construits à partir de la méthodologie AHP sont tous significatifs à plus de 99% quel que soit le motif de déplacement. Il convient donc d'admettre que cette méthodologie est judicieuse quant à l'explicativité du choix modal.

3.5.2. La sensibilité, la spécificité et les prédictions

Dans un problème de choix, la sensibilité d'un test diagnostic est sa capacité à détecter toutes les prédictions correctes, tandis que la spécificité de ce test est sa capacité à ne détecter que les prédictions correctes. La sensibilité et la spécificité prennent alors la forme de deux courbes. La première est décroissante et la seconde est croissante en fonction du seuil (de 0 à 1). Il convient alors de croiser ces deux courbes afin de trouver le point d'intersection et donc le seuil optimal de probabilité à partir duquel le modèle considère que l'individu choisit l'alternative correspondante. Ce seuil nous permet alors d'obtenir le pourcentage de prédictions correctes. Le graphique ci-dessous présente ces courbes pour le motif Domicile-Travail.

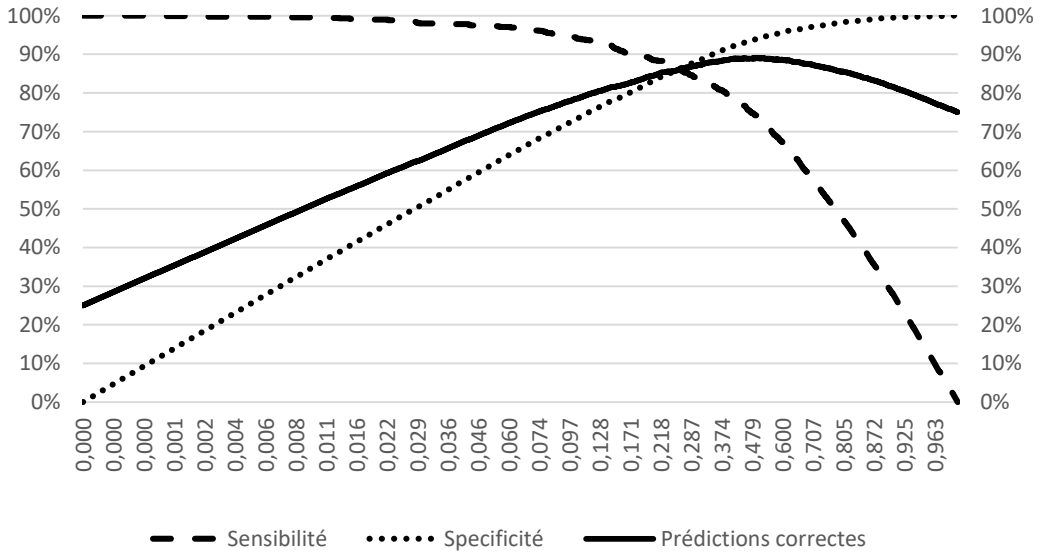


Figure 12 : Sensibilité et spécificité en fonction du seuil pour le motif Domicile-Travail

Nous présentons ci-dessous, pour chaque motif, les valeurs du seuil pour lequel la sensibilité et la spécificité se croisent, ainsi que le pourcentage de prédictions correctes.

Motif	Seuil	Sensibilité	Specificité	Prédictions correctes
Domicile-Travail	>= .2735	88.58%	88.58%	88.58%
Tâches courantes	>= .2673	86.69%	86.69%	86.69%
Accompagnement	>= .2956	89.76%	89.68%	89.70%
	>= .2975	89.53%	89.68%	89.64%
Loisirs	>= .2662	86.08%	86.05%	86.06%
	>= .2698	85.98%	86.05%	86.03%

Tableau 52 : Résultats des Seuils et pourcentage de Sensibilité, Spécificité et Prédictions correctes en fonction du motif

Maintenant que nous avons obtenu le seuil correspondant au croisement de la sensibilité et de la spécificité pour chacun des quatre motifs, nous vous présentons ci-dessous le pourcentage de prédictions correctes par alternative et par motif.

	Domicile-Travail	**Tâches courantes**	**Accompagnement**	**Loisirs**	**Moyenne**
AltVP	97,1%	97,5%	95,3%	97,5%	**97,1%**
ModeDoux	89,5%	79,7%	85,5%	80,9%	**83,0%**
TC	85,7%	90,6%	94,9%	86,7%	**89,0%**
VP	82,1%	78,9%	82,9%	79,0%	**80,2%**
Moyenne	**88,5%**	**86,6%**	**89,6%**	**86,0%**	**87,3%**

Tableau 53 : Matrice des prédictions correctes en fonction des perceptions

Nous constatons à travers ces résultats que les pourcentages de prédictions correctes sont tous supérieurs à 85%, c'est-à-dire plutôt élevés. Cela nous conforte dans la robustesse des résultats économétriques présentés dans les parties précédentes.

Pour comparer nos résultats, nous pouvons penser au papier de Hammadou & Papaix (2014) qui utilisent un modèle logit emboité avec comme attributs le coût, le temps et le motif. N'utilisant pas le même modèle, nous ne pouvons donc pas comparer nos résultats avec les leurs. Malgré tout, nous le verrons dans le chapitre 4, certains résultats peuvent être comparables concernant la modélisation d'une politique publique.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons élaboré un questionnaire pour la récolte et le traitement des données relatives à la méthode AHP. Dans un premier temps, nous avons défini exactement le type de données dont nous avons besoin dans notre modèle ainsi que le périmètre géographique et sociodémographique de l'enquête et les critères de représentativité de l'échantillon. Dans un deuxième temps nous avons sélectionné l'Institut de sondage qui répondait au mieux à notre cahier des charges pour réaliser notre enquête. Le point saillant dans notre cahier des charges est bien la fine représentativité de notre échantillon grâce à la variable géotypes. Il nous fallait donc un Institut de sondage ayant accès à un large panel web de répondants. L'Institut sélectionné nous a aidé à améliorer l'ergonomie du questionnaire en nous permettant de le tester en salle auprès d'une poignée d'individus. Nous avons ainsi pu amender le questionnaire, le peaufiner et enfin le valider. La diffusion a ensuite été réalisée par l'Institut qui quelques semaines plus tard nous a rendu une base de données

Après avoir récolté les données adéquates à notre méthodologie, nous avons nettoyé la base de données, imputé les données d'attitudes manquantes et calibré les parts modales issues de notre enquête sur les parts modales réelles. Nous avons ensuite présenté les statistiques descriptives générales concernant les fréquences, distances et durées, les attitudes, les perceptions, les préférences, le portefeuille modal, les parts modales, les occupations, l'immobilité, la propension au changement et enfin l'indice de satisfaction. Pour chacun de ces items, nous avons souligné les résultats marquants (phénomène d'âge, de revenu, de localisation, etc.). Nous avons ainsi pût vérifier la cohérence de nos résultats et ainsi valider la qualité de nos données et donc des réponses.

Pour compléter ce traitement des données, nous avons réalisé un traitement économétrique en utilisant le modèle logistique conditionnel multinomial ou modèle de McFadden. Ce traitement nous a permis d'analyser la significativité des odds-ratios, ainsi que l'importance des effets marginaux concernant les perceptions et les attitudes. Il en ressort que les perceptions de l'Efficacité et de la Simplicité sont significatives quant au choix modal quel que soit le motif de déplacement ; s'ajoute à cela la perception du Coût concernant le motif Domicile-Travail. Les résultats concernant les attitudes sont malheureusement plus mitigés. Pour terminer, la significativité des scores de préférences, ainsi que la prédictibilité du modèle nous ont assuré de la robustesse de nos résultats de préférences modales. Ce chapitre nous a permis de valider la pertinence de notre méthodologie et de nos typologies (motifs, modes de transports et attributs).

Les constats que l'on a faits dans ce présent chapitre nous seront utiles pour les modélisations réalisées dans le chapitre suivant. En effet, après avoir validé la qualité de nos données, la pertinence de notre méthodologie et la robustesse de nos résultats, nous allons modéliser la demande de mobilité.

Chapitre 4 : Les enseignements

Introduction

Après avoir décrit dans le chapitre précédent les données et la représentativité de notre enquête, traité notre base de données et présenté les statistiques descriptives, nous avons utilisé le modèle de McFadden (1974) pour analyser les impacts de nos variables et leur significativité. Tout ceci nous a permis de valider la qualité de notre base de données et la pertinence de notre méthodologie. Afin d'affiner l'analyse de la demande de mobilité, nous vous présentons dans ce chapitre la prédictibilité, l'explicativité et les reports modaux sans et sous contraintes à travers différents modèles compensatoires et non-compensatoires. Pour ce faire, nous testons le modèle linéaire compensatoire sans et sous contraintes, ainsi qu'avec la non-prise en compte d'un ou plusieurs attributs. Nous testons ensuite les différentes règles de décision, ainsi que les effets de seuil de perception et l'aversion pour l'incertitude. En reprenant notre modèle original auquel nous ajoutons des contraintes d'accessibilité, nous testons séparément l'effet d'une taxe carbone et d'un nouveau mode de transport, puis leurs effets combinés sur les parts modales, les émissions de CO2 et les reports modaux individuels. Enfin, nous vous présentons les extensions de notre modèle à travers la possibilité de réaliser des scénarios prospectifs en testant des changements de structure sociodémographique, d'attitudes et de portefeuilles modaux. Rappelons que nous nous situons sur un périmètre France, une population de plus de 18 ans et des trajets du quotidien.

1. Les différentes règles de décision

1.1. Les modèles compensatoires

1.1.1. Modèle linéaire standard sans contraintes

Dans le modèle linéaire sans contraintes nous considérons simplement le fait que les individus choisissent leur mode de transport préféré sans aucune contrainte d'accessibilité. Nous obtenons donc des résultats utopiques qui correspondent à une satisfaction moyenne de 100%. Cette situation est intéressante à analyser puisqu'elle permet sous l'angle des acteurs des transports, de se représenter la demande potentielle de chaque mode et ses impacts sur les émissions de CO2. Ainsi, ce modèle répond à la question « En quoi les modes de transport existants répondent-ils aux attentes des individus ? ».

1.1.1.1. Prédictibilité

Le Processus d'Analyse Hiérarchique nous a permis d'obtenir une hiérarchie des préférences relatives aux douze alternatives prises en compte. Grâce à notre enquête, nous connaissons en plus les choix réels des individus. Les tableaux de prédictibilité ci-dessous présentent les pourcentages de prédiction du choix réel par motif, en fonction du niveau hiérarchique de préférences de l'alternative choisie.

Pour lire les tableaux de prédictibilité, il faut tout d'abord aller un peu plus loin dans le type de résultats de notre méthodologie. Dans le Chapitre 2, nous vous avons expliqué que notre modèle nous permet d'obtenir des scores de préférences par alternative pour chaque individu et par motif. Nous classons ainsi ces scores pour obtenir une hiérarchie des préférences modales. Voici un exemple pour un individu choisi aléatoirement :

Choix réel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vélo	Marche à Pieds	Taxi	Train	Deux-roues motorisé	Véhicule Electrique	**Vélo**	Covoiturage conducteur	Transport en Commun	Autopartage	Vélo en Libre-Service	Voiture Particulière	Covoiturage passager

Tableau 54 : Choix réel et hiérarchie des préférences modales

Nous regardons dans cette hiérarchie à quel rang se situe le mode de transport choisi. Nous considérons alors que notre modèle prédit le choix réel de l'individu au sixième niveau hiérarchique. En calculant les prédictions moyennes, nous obtenons alors un pourcentage de prédictibilité par niveau hiérarchique et par motif. Afin d'illustrer notre propos, nous pouvons dire que concernant le motif Tâches Courantes, notre modèle prévoit 85,08% des choix réels au cinquième rang de la hiérarchie des préférences :

%	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Domicile-Travail	32,36	49,63	64,42	71,60	76,28	79,80	84,04	88,29	91,65	94,29	98,39	100
Tâches courantes	36,03	58,56	72,62	79,47	85,08	88,40	91,25	93,92	95,63	97,24	99,43	100
Accompagnement	32,74	52,34	66,82	73,94	79,96	84,19	86,86	90,87	93,54	95,77	98,22	100
Loisirs	33,01	52,64	67,10	75,84	80,91	85,76	88,67	91,91	94,71	96,33	98,71	100
Moyenne	**33,85**	**53,94**	**68,34**	**75,86**	**81,16**	**85,12**	**88,27**	**91,64**	**94,18**	**96,11**	**98,81**	**100**

Tableau 55 : Pourcentages de prédiction par motif en fonction du niveau hiérarchique de l'alternative choisie

Le tableau de résultats ci-dessus nous montre que la hiérarchie individuelle des préférences obtenue à l'aide du Processus d'Analyse Hiérarchique permet de prédire tous motifs confondus 33,85% des choix réels au premier niveau hiérarchique. Nous constatons que le pourcentage de prédiction augmente ensuite rapidement en fonction du niveau hiérarchique pour atteindre 68,34% dès le troisième niveau et 81,16% au cinquième.

Afin d'appuyer le fait qu'il est important de s'intéresser aux perceptions individuelles, nous avons comparé la prédictibilité de la hiérarchie des préférences modales calculées avec les scores de perceptions individuelles et celles calculées avec les scores de perceptions moyennes.

	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
Perceptions Individuelles	32,36%	36,03%	32,74%	33,01%	**33,85%**
Perceptions Moyennes	21,82%	24,71%	20,27%	28,37%	**24,53%**

Tableau 56 : Comparaison de la prédictibilité de la hiérarchie des préférences calculées avec perceptions individuelles et avec perceptions moyennes

Nous constatons l'écart important qui existe entre la prédictibilité de la hiérarchie des préférences calculées avec les perceptions individuelles et celles calculées avec les perceptions moyennes. Cela atteste du fait qu'il est préférable de prendre en compte les perceptions individuelles plutôt que les perceptions moyennes. C'est pourquoi, par la suite, nous ne prendrons en compte que les scores de préférences calculés à partir des perceptions individuelles, c'est-à-dire les scores de préférences issus du Processus d'Analyse Hiérarchique tel qu'il a été défini dans le chapitre 2.

1.1.1.2. Explicativité

Concernant les tableaux d'explicativité ci-dessous, nous vous présentons pour chaque motif le pourcentage d'explicativité. Pour ce faire, nous prenons la moyenne des pourcentages de prédictibilité de tous les niveaux hiérarchiques (voir Tableau 14 ci-dessus). Nous obtenons alors le graphique suivant :

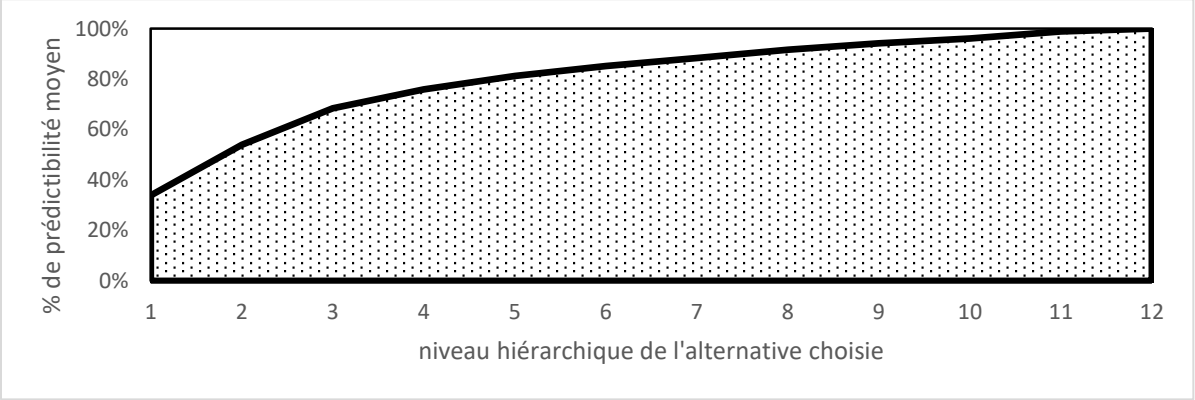


Figure 13 : Courbe de prédictibilité moyenne en fonction du niveau hiérarchique de l'alternative choisie

Afin d'obtenir le pourcentage d'explicativité de notre méthodologie, nous calculons l'aire située sous la courbe de prédictibilité et nous la rapportons à l'aire totale. Le pourcentage ainsi obtenu nous informe donc sur le nombre de choix réels expliqués par notre modèle. Le graphique ci-dessus représente la courbe de pourcentage de prédictibilité moyen pour chaque niveau hiérarchique. Dans les tableaux ci-dessous, nous présentons le pourcentage

d'explicativité pour chaque motif de déplacement, ainsi que le pourcentage d'explicativité moyen.

Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
77,56%	83,14%	79,60%	80,47%	**80,61%**

Tableau 57 : Pourcentage d'explicativité pour chaque motif

Les résultats ci-dessus nous informent que l'explicativité de notre modèle est en moyenne de 80,61%. C'est une valeur plutôt élevée qui découle du fait que la prédictibilité de notre modèle augmente très rapidement avec le niveau hiérarchique de l'alternative choisie, cela augmente ainsi l'aire située sous la courbe.

1.1.1.3. Report modal

Dans le tableau ci-dessous, le Report Modal est le pourcentage d'utilisateurs réels par mode ayant une préférence pour un autre mode. Le Report Modal Global est le pourcentage total d'utilisateurs réels ayant une préférence pour un autre mode. La Variation Modale correspond à la différence entre le nombre d'utilisateurs réels et le nombre d'utilisateurs théoriques (l'individu choisit son mode de transport préféré) rapportée à la population entière. Par exemple, si tous les individus prenaient leur mode de transport préféré sans aucune contrainte d'accessibilité, 67,17% des utilisateurs de la Voiture Particulière changeraient de mode de transport. Au global, la Voiture Particulière perdrait des utilisateurs à hauteur de 39,280% de la population totale. Nous parlons donc ici de reports modaux théoriques ou potentiels.

	Parts Modales Réelles	Report Modal	Variation Modale
Marche à Pieds	15,06%	39,92%	25,169%
Transport en Commun	11,15%	85,90%	-7,297%
Train	1,68%	88,46%	0,900%
Voiture Particulière	66,28%	67,17%	-39,280%
Véhicule Electrique	0,77%	70,37%	6,140%
Autopartage	0,38%	100,00%	-0,032%
Covoiturage conducteur	0,63%	73,68%	2,539%
Covoiturage passager	0,70%	95,24%	1,157%
Vélo	2,13%	83,33%	0,643%
Vélo en Libre-Service	0,30%	54,55%	3,279%
Deux-roues motorisé	0,63%	66,67%	2,411%
Taxi	0,29%	66,67%	4,372%
Report Modal Global		**66,15%**	

Tableau 58 : Reports modaux entre le choix réel et le mode préféré

Le tableau de résultats ci-dessus nous présente les reports modaux théoriques si tous les individus choisissaient leur mode de transport préféré sans contrainte. En d'autres termes, un individu n'ayant ni permis, ni voiture, peut choisir la Voiture Particulière ; un habitant d'une commune sans transports en commun peut choisir les Transports en Commun et un trajet de plus de 30km peut être réalisé en Marche à Pieds. Nous pouvons constater que le mode de

transport dont le nombre d'utilisateurs augmente le plus est le Taxi (+2267%) qui représente plus de 4% de variation globale. L'importance de cette variation modale est due à un nombre très faible d'utilisateurs réels. Vient ensuite le Vélo en Libre-Service (+927%) représentant plus de 3% de variation globale, puis le Véhicule Electrique (+707%) représentant plus de 6% de variation globale et enfin le Covoiturage Conducteur (+416%) et Passager (+171%) représentant plus de 3%. A l'inverse, la Voiture Particulière et les Transports en Commun perdent environ 60% d'utilisateurs. Cela représente environ 7% de diminution concernant les Transports en Commun et près de 40% de variation globale négative concernant la Voiture Particulière. Nous remarquons que cette dernière valeur est particulièrement élevée et c'est donc la Voiture Particulière qui perd le plus grand nombre d'utilisateurs. Pour le cas de la Marche à Pieds, son nombre d'utilisateurs augmente de plus de 157% et représente la variation globale la plus élevée (+25%). En résumé, théoriquement et sans contrainte, ce sont les utilisateurs de la Voiture Particulière qui se reporteraient sur un autre mode de transport et en majorité sur la Marche à Pieds. En examinant les résultats par motif (voir Annexe 6.1), nous constatons que ce phénomène concerne particulièrement le motif Tâches Courantes. Cela s'explique très probablement par ce qu'on appelle le besoin de charge, par exemple les courses à transporter. Cela représente une charge à porter, un effort physique si le mode choisi est la Marche à Pieds, mais ce n'est pas le cas en Voiture Particulière.

1.1.2. Modèle linéaire standard sous contraintes

Après avoir présenté les principaux résultats de notre modèle sans contraintes, nous introduisons ici un ensemble de contraintes d'accessibilité et vous présentons les résultats correspondants. Ce modèle répond à la question « En quoi l'offre existante répond-t-elle aux attentes des individus ? ».

1.1.2.1. Les contraintes

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble de contraintes que nous introduisons dans notre modèle afin de se rapprocher le plus possible de la réalité.

ACTIFS abonnements	**Internet domicile**	OUI	Pour Covoiturage Conducteur et Passager
	Internet mobile	OUI	Pour Covoiturage Conducteur et Passager
	Transports en Commun	OUI	Pour Transports en Commun
	Vélo en Libre-Service	OUI	Pour Vélo en Libre-Service
	Autopartage	OUI	Pour Autopartage
	Parking automobile	NON	Pour Voiture Particulière ou Véhicule Electrique

ACTIFS possession	**Permis de conduire**	OUI	Pour Voiture Particulière ou Véhicule Electrique et Covoiturage Conducteur
	Voiture Particulière	OUI	Pour tous les choix
	Véhicule Electrique	OUI	Pour Véhicule Electrique
	Deux-Roues Motorisé	OUI	Pour Deux-Roues Motorisé
	Vélo	OUI	Pour Vélo
PASSIFS accessibilité	**Arrêt Transports en Commun**	OUI	Pour Transports en Commun
	Station Autopartage	OUI	Pour Autopartage
	Station Vélo en Libre-Service	OUI	Pour Vélo en Libre-Service
	Gare	OUI	Pour Train
Distances	**Marche à Pieds**	< 3 km	Pour Marche à Pieds
	Vélo	< 3 km	Pour Vélo

Tableau 59: Les contraintes du modèle

Le tableau ci-dessus nous montre que nous obligeons les individus à posséder l'alternative (Actifs possession) ou y avoir accès (Passifs accessibilité) s'ils veulent la choisir. Nous interdisons aussi les trajets de plus de 3km aux alternatives Marche à Pieds, Vélo et Vélo en Libre-Service. Ceci afin de représenter une limite d'effort physique induit par ces modes. De plus, nous obligeons les individus à avoir accès à internet domicile et mobile pour pouvoir choisir l'alternative Covoiturage Conducteur et Passager. Il faut en effet passer par un site internet ou une application mobile pour choisir ce mode. Enfin, nous imposons un abonnement pour les alternatives Transports en Commun, Vélo en Libre-Service et Autopartage. Nous avons choisi cette contrainte car le choix réel des individus correspond au mode de transport utilisé le plus fréquemment. Un abonnement est donc imposé, puisque l'individu y a tout intérêt pour réduire ses coûts.

1.1.2.2. Prédictibilité

%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sans contraintes	***33,85***	***53,94***	***68,34***	***75,86***	***81,16***	***85,12***	***88,27***	***91,64***	***94,18***	***96,11***	***98,81***	***100***
Domicile-Travail	51,98	70,72	78,62	84,48	89,02	91,80	92,53	92,97	93,41	93,41	93,56	93,56
Tâches courantes	52,00	71,48	79,47	84,22	86,98	88,02	88,12	88,31	88,31	88,31	88,31	88,31
Accompagnement	49,44	68,15	75,06	79,06	81,96	83,07	83,07	83,52	83,74	83,74	83,74	83,74
Loisirs	47,25	67,10	76,05	82,09	85,33	85,87	86,19	86,30	86,30	86,30	86,41	86,41
Moyenne	**50,21**	**69,53**	**77,63**	**82,90**	**86,21**	**87,50**	**87,79**	**88,04**	**88,17**	**88,17**	**88,24**	**88,24**

Tableau 60 : Pourcentages de prédictibilité sous contraintes

Le tableau ci-dessus nous montre que la prédictibilité sous contrainte est bien meilleure (50,21% pour le premier niveau hiérarchique) que sans contrainte (33,85%). De fait, nos contraintes ne nous permettent pas de prédire le choix de tous les individus mais permettent d'améliorer la prédictibilité de notre modèle. En effet, les pourcentages de prédiction au dernier rang (12) ne sont pas à 100% contrairement à celui sans contraintes.

Nous voyons bien que notre modèle ne prédit pas (au premier rang) tous les choix des individus. Nous expliquons cet écart entre préférences sous contraintes et choix réels par les

biais cognitifs des individus tels que le biais de dotation, le biais de fréquence, le biais culturel, le conformisme, l'effet d'ambiguïté, l'ancrage mental, le biais de statu quo, l'effet de halo ou le biais de confirmation (Kahneman, 2001)

1.1.2.3. Explicativité

	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
Sans contraintes	***77,56%***	***83,14%***	***79,60%***	***80,47%***	***80,61%***
Sous contraintes	85,51%	82,65%	78,19%	80,13%	**81,88%**

Tableau 61 : Pourcentage d'explicativité sous contraintes

Malgré le fait de ne pouvoir expliquer le choix réel de tous les individus à cause de nos contraintes, ces dernières permettent d'améliorer le pourcentage explicatif moyen de notre modèle (80,61% sans contraintes contre 81,88% sous contraintes). Cela provient particulièrement de l'effet de ces contraintes sur le pourcentage explicatif de notre modèle pour le motif Domicile-Travail. Cela s'explique par le fait que ce sont les trajets Domicile-Travail qui sont les plus fréquents, les plus routiniers et les plus contraints.

1.1.2.4. Report modal

Dans le tableau ci-dessous, le Report Modal, le Report Modal Global ainsi que la Variation Modale de notre modèle linéaire sous contraintes.

	Parts Modales Réelles	Report Modal	Variation Modale
Marche à Pieds	15,06%	58,67%	5,207%
Transport en Commun	11,15%	69,97%	-5,657%
Train	1,68%	80,77%	4,822%
Voiture Particulière	66,28%	39,90%	-15,333%
Véhicule Electrique	0,77%	70,37%	-0,386%
Autopartage	0,38%	100,00%	-0,321%
Covoiturage conducteur	0,63%	73,68%	6,140%
Covoiturage passager	0,70%	76,19%	4,050%
Vélo	2,13%	84,85%	-1,254%
Vélo en Libre-Service	0,30%	100,00%	-0,129%
Deux-roues motorisé	0,63%	83,33%	0,964%
Taxi	0,29%	83,33%	1,896%
Report Modal Global		**49,79%**	

Tableau 62 : Reports modaux entre le choix réel et le mode préféré sous contraintes

Les résultats ci-dessus nous montrent que sous contraintes, les reports modaux sont moindres (49,79% sous contraintes contre 66,15% sans contraintes). Ce phénomène semble normal à la vue des effets des contraintes introduites qui limitent le nombre d'alternatives possibles. Concernant les variations modales, elles vont dans le même sens avec ou sans contraintes, mais sont légèrement plus faibles. Les exceptions concernent le Train qui représente près de 4,822% de variation modale globale (contre moins de 1% sans contraintes) et le Covoiturage Conducteur et Passager qui représentent à eux deux plus de 10% de variation

modale globale (contre moins de 4% sans contraintes). Si nous analysons plus en détails les matrices de report, nous constatons qu'une part non négligeable d'utilisateurs réels de la Voiture Particulière préfère prendre le Covoiturage Conducteur puis Passagers dans notre modèle sous contraintes. Les résultats par motif sont présentés en Annexe 6.2.

1.1.3. Modèle linéaire standard sous contraintes : la non-prise en compte d'un ou plusieurs attributs

Dans cette partie, nous testons différents calculs concernant les scores de préférence à travers la non-prise en compte d'un ou plusieurs attributs. Dans l'ordre, nous testons la non-prise en compte d'un attribut, la prise en compte d'un seul attribut et enfin deux combinaisons entre les attributs qui ressortent significatifs dans nos résultats économétriques. Tous les résultats qui suivent dans ce chapitre seront comparés à la *« **Référence** »* qui se trouve être le modèle linéaire standard sous contraintes présenté dans la partie précédente. En effet, ce modèle prend en compte les scores de préférences issus du Processus d'Analyse Hiérarchique. A ce modèle, nous ajoutons les contraintes de portefeuille modal pour coller au plus près à la réalité du contexte de choix modal.

1.1.3.1. Prédictibilité

Le tableau ci-dessous présente les résultats de prédictibilité de notre modèle, si on calcule les scores de préférences en ne prenant en compte que cinq attributs parmi les six. La première colonne représente l'attribut non-pris en compte.

% Moyen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Référence	***50,21***	***69,53***	***77,63***	***82,90***	***86,21***	***87,50***	***87,79***	***88,04***	***88,17***	***88,17***	***88,24***	***88,24***
Coût	**54,55**	72,29	79,62	83,86	86,34	87,46	87,98	88,24	88,33	88,36	88,43	88,43
Sécurité	**50,63**	68,92	77,95	83,41	86,60	87,69	88,04	88,17	88,33	88,40	88,43	88,43
Efficacité	**46,48**	66,38	76,57	83,29	86,34	87,69	87,98	88,24	88,40	88,43	88,43	88,43
Confort	**46,93**	67,08	77,15	82,48	86,31	87,59	88,01	88,20	88,36	88,36	88,43	88,43
Image	**50,02**	70,07	78,08	83,29	86,53	87,59	87,95	88,27	88,36	88,36	88,43	88,43
Simplicité	**46,48**	64,93	75,31	82,29	86,05	87,56	88,01	88,24	88,33	88,36	88,43	88,43

Tableau 63 : La prédictibilité de la non-prise en compte d'un attribut

Nous remarquons ici que la non-prise en compte de la Sécurité ou de l'Image n'influe presque pas sur la prédictibilité. Les non-prises en compte de l'Efficacité, du Confort ou de la Simplicité quant à elles, diminuent la prédictibilité du modèle. Un résultat remarquable est que la non-prise en compte de l'attribut Coût fait augmenter la prédictibilité (au premier niveau hiérarchique) de notre modèle de 50,21% à 54,55%. Ce résultat est intéressant puisqu'il va à l'encontre de la littérature dont les modèles de décision concernant le choix modal sont essentiellement basés sur le coût et le temps (Crozet 2005, Vleugels et al. 2005). Malgré tout,

cela conforte la thèse de Brisbois (2011) dans laquelle il défend le fait que le processus de décision modal ne dépend pas seulement de facteurs instrumentaux, mais également affectifs, émotionnels, sensoriels et symboliques. Ils contribuent à structurer l'image que les individus ont des différents modes de transport.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de prédictibilité de notre modèle, si on calcule les scores de préférences en ne prenant en compte qu'un seul attribut parmi les six. La première colonne représente l'attribut pris en compte.

% Moyen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Référence	***50,21***	***69,53***	***77,63***	***82,90***	***86,21***	***87,50***	***87,79***	***88,04***	***88,17***	***88,17***	***88,24***	***88,24***
Coût	**28,87**	42,85	59,53	73,64	84,28	87,50	88,33	88,40	88,40	88,43	88,43	88,43
Sécurité	**39,12**	64,32	77,47	82,51	85,63	87,50	88,07	88,30	88,40	88,43	88,43	88,43
Efficacité	**54,74**	72,32	79,85	83,77	85,86	87,53	87,91	88,27	88,33	88,33	88,43	88,43
Confort	**52,39**	69,75	78,08	82,67	85,82	87,56	88,04	88,20	88,33	88,40	88,40	88,43
Image	**38,77**	61,94	72,61	80,17	85,47	87,69	88,17	88,30	88,36	88,36	88,43	88,43
Simplicité	**51,01**	73,38	80,78	84,51	86,79	87,72	88,24	88,40	88,43	88,43	88,43	88,43

Tableau 64 : La prédictibilité de la prise en compte d'un seul attribut

Le premier résultat marquant est la meilleure prédictibilité de l'attribut Efficacité (54,74%). Il en va de même pour la Simplicité. Ces résultats nous confortent sur l'importance de ces deux attributs qui de plus, ressortent significatifs de nos résultats économétriques. A l'inverse, la prédictibilité de l'attribut Coût seul est la plus faible (28,87%). Cela s'ajoute à la remarque concernant le tableau précédent. Nous pouvons donc maintenant conclure que le Coût n'est pas l'attribut majeur dans le processus de décision du choix modal. Nos résultats nous montrent même que c'est l'attribut le moins prédictif.

Le tableau ci-dessous présente les résultats de prédictibilité de notre modèle, si on calcule les scores de préférences en ne prenant en compte que les attributs significatifs d'après nos modélisations économétriques. La première colonne représente les attributs pris en compte.

% Moyen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Référence	***50,21***	***69,53***	***77,63***	***82,90***	***86,21***	***87,50***	***87,79***	***88,04***	***88,17***	***88,17***	***88,24***	***88,24***
Coût-Efficacité-Simplicité	**47,19**	66,76	77,53	82,90	86,47	87,75	88,11	88,30	88,40	88,40	88,43	88,43
Efficacité-Simplicité	**56,28**	73,58	80,33	84,22	86,50	87,50	87,91	88,27	88,36	88,36	88,43	88,43

Tableau 65 : La prédictibilité de la prise en compte des attributs significatifs

Le tableau ci-dessus nous montre que la prise en compte des attributs significatifs pour le motif Domicile-Travail (Coût, Efficacité et Simplicité) est moins prédictive que la prise en compte de tous les attributs (47,19% contre 50,21%). A l'inverse, la prise en compte des attributs significatifs pour tous les motifs (Efficacité, Simplicité) a une bien meilleure prédictibilité (56,28%). Cela nous conforte encore sur la significativité et la prédictibilité de ces deux attributs.

1.1.3.2. Explicativité

Les tableaux ci-dessous sont les résultats des pourcentages d'explicativité correspondants aux tableaux de prédictibilité de la partie précédente. La première colonne présente l'attribut non-pris en compte.

Attribut(s) non pris en compte	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
Référence	***85,51%***	***82,65%***	***78,19%***	***80,13%***	***81,88%***
Coût	85,85%	83,84%	79,25%	81,18%	**82,82%**
Sécurité	85,71%	82,82%	78,64%	80,24%	**82,08%**
Efficacité	85,51%	82,00%	77,58%	79,49%	**81,39%**
Confort	85,51%	81,96%	77,80%	79,64%	**81,44%**
Image	85,90%	82,87%	78,47%	80,23%	**82,11%**
Simplicité	84,69%	81,84%	77,26%	79,26%	**81,04%**

Tableau 66 : L'explicativité de la non-prise en compte d'un attribut

Les résultats ci-dessus nous indiquent que la non-prise en compte de la Simplicité diminue l'explicativité de notre modèle pour arriver à 81,04%. Ceci confirme une fois de plus l'importance de cet attribut. Nous constatons aussi que la non-prise en compte du Coût améliore l'explicativité. Ce résultat est en accord avec celui concernant la prédictibilité de la non-prise en compte du Coût et nous conforte sur la faible importance de cet attribut.

Attribut pris en compte	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
Référence	***85,51%***	***82,65%***	***78,19%***	***80,13%***	***81,88%***
Coût	82,41%	75,32%	70,32%	73,42%	**75,59%**
Sécurité	84,35%	81,26%	76,74%	78,79%	**80,55%**
Efficacité	86,49%	83,48%	79,34%	81,03%	**82,81%**
Confort	84,31%	83,27%	78,88%	80,95%	**82,17%**
Image	84,36%	80,13%	75,50%	77,90%	**79,73%**
Simplicité	87,70%	83,13%	79,05%	80,90%	**82,88%**

Tableau 67 : L'explicativité de la prise en compte d'un seul attribut

Lorsque nous ne prenons en compte qu'un seul attribut, c'est la Simplicité qui est l'attribut le plus explicatif suivi de très près par l'Efficacité. Une fois encore, cela confirme l'intérêt de ces deux attributs. De plus, le Coût est l'attribut le moins explicatif (75,59%). Nous pouvons donc maintenant conclure que malgré sa significativité économétrique pour le motif Domicile-Travail, le Coût est l'attribut le moins explicatif et le moins prédictif.

Attributs pris en compte	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
Référence	***85,51%***	***82,65%***	***78,19%***	***80,13%***	***81,88%***
Coût-Efficacité-Simplicité	85,54%	82,11%	77,84%	79,78%	**81,55%**
Efficacité-Simplicité	86,79%	83,84%	79,70%	81,46%	**83,18%**

Tableau 68 : La prédictibilité de la prise en compte des attributs significatifs

Concernant les trajets Domicile-Travail, la prise en compte de l'Efficacité et de la Simplicité seules, est plus explicative (86,79%) qu'avec celle du Coût (85,54%) et ce, malgré sa significativité. Nous pouvons donc conclure définitivement que les deux attributs Efficacité et Simplicité sont les plus explicatifs et les plus prédictifs. Ils ressortent significativement de

nos résultats économétriques, quel que soit le motif de déplacement. A l'inverse, pour le motif Domicile-Travail, le Coût est l'attribut le moins prédictif et le moins explicatif malgré sa significativité.

Nous nous devons de comparer ces résultats à ceux de la hiérarchie des attitudes. Pour rappel, la Sécurité arrive loin devant l'Efficacité, le Coût et la Simplicité suivis du Confort, puis de l'Image. Malgré cette hiérarchie, l'attribut Sécurité ne ressort pas significatif dans nos résultats économétriques, ni prédictif ou explicatif dans notre modèle. Nous expliquons cela par le fait que psychologiquement il existe un seuil minimal d'attente concernant la Sécurité que nous pourrions résumer à « arriver à destination indemne ». Connaissant le faible pourcentage d'accidents ou de décès par rapport au nombre de kilomètres parcourus, nous pouvons supposer qu'en France, tous les modes de transports pris en compte dans notre enquête répondent à ce seuil d'attente. En effet, il n'y a peut-être que l'avion et l'idée que les individus se font de sa dangerosité qui expliquerait le fait de ne pas choisir ce mode. La Sécurité est donc primordiale, mais ne fait pas partie des variables de décision essentielles. Nous retrouvons bien l'importance de l'Efficacité (2ème position) et de la Simplicité (4ème position) à travers leur significativité, leur prédictibilité et leur explicativité. Le Coût arrive en 3ème position dans notre hiérarchie des attitudes et ressort significatif pour le motif Domicile-Travail. Malgré tout, c'est l'attribut le moins prédictif et le moins explicatif. Le Coût est donc un attribut qu'il faut absolument prendre en compte dans la problématique du choix modal, mais qui à lui seul ne suffit pas.

1.2. Les modèles non-compensatoires sous contraintes

1.2.1. Modèle lexicographique

Dans cette partie, nous vous présentons les résultats de prédictibilité, d'explicativité et les reports modaux dans le cas d'une règle de décision lexicographique. La règle de décision lexicographique consiste à choisir l'alternative la mieux notée concernant l'attribut le plus important. Dans notre étude, l'importance vis-à-vis de la sécurité arrive en moyenne loin devant celle des autres attributs. Ceci explique la faible prédictibilité de cette règle de décision.

1.2.1.1. Prédictibilité

%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Domicile-Travail	48,90	73,06	85,21	89,31	91,80	93,27	93,56	93,85	93,85	93,85	93,85	93,85
Tâches courantes	38,12	64,92	80,70	85,17	86,79	88,12	88,40	88,50	88,50	88,50	88,50	88,50
Accompagnement	35,63	62,36	75,50	80,85	82,85	83,30	83,74	83,96	83,96	83,96	83,96	83,96
Loisirs	35,60	60,95	78,10	81,66	84,36	85,65	86,41	86,41	86,52	86,52	86,52	86,52

Moyenne	**39,38**	**65,16**	**80,17**	**84,41**	**86,60**	**87,82**	**88,27**	**88,40**	**88,43**	**88,43**	**88,43**	**88,43**
Référence	***50,21***	***69,53***	***77,63***	***82,90***	***86,21***	***87,50***	***87,79***	***88,04***	***88,17***	***88,17***	***88,24***	***88,24***

Tableau 69 : La prédictibilité de la règle de décision lexicographique en fonction des motifs

Nous voyons en effet dans ce tableau que la prédictibilité de la règle de décision lexicographique est plus faible que lorsque les individus prennent en compte tous les attributs quel que soit le motif de déplacement. Ce n'est qu'au troisième rang de préférences modales que cette règle de décision est plus prédictive (80,17%) que la règle de référence (77,63%)

1.2.1.2. Explicativité

	Domicile-Travail	**Tâches courantes**	**Accompagnement**	**Loisirs**	**Moyenne**
Référence	***85,51%***	***82,65%***	***78,19%***	***80,13%***	***81,88%***
Lexicographique	87,03%	81,23%	77,00%	78,77%	**81,16%**

Tableau 70 : L'explicativité de la règle de décision lexicographique en fonction des motifs

Malgré tout, nous remarquons que même faiblement, la règle de décision lexicographique est plus explicative concernant le choix modal pour le motif Domicile-Travail (87,03% > 85,51%). Les écarts étant trop faibles, nous ne pouvons conclure ni sur l'explicativité globale, ni sur la prédictibilité de cette règle de décision.

1.2.2. Modèle disjonctif

Dans cette partie, nous vous présentons les résultats de prédictibilité et d'explicativité dans le cas d'une règle de décision disjonctive. La règle de décision disjonctive consiste à éliminer les alternatives dont tous les niveaux de perceptions se situent sous un certain seuil. Nous testons donc les différents seuils possibles. Pour rappel, les seuils testés correspondent aux neuf niveaux de perceptions proposés dans notre enquête, c'est-à-dire une note allant de 0 à 4 avec un pas de 0,5.

1.2.2.1. Prédictibilité

Seuil	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Référence	***50,21***	***69,53***	***77,63***	***82,90***	***86,21***	***87,50***	***87,79***	***88,04***	***88,17***	***88,17***	***88,24***	***88,24***
0	**50,21**	69,53	77,63	82,90	86,21	87,50	87,79	88,04	88,17	88,17	88,24	88,24
0,5	**50,21**	69,53	77,63	82,90	86,21	87,50	87,79	88,04	88,17	88,17	88,24	88,24
1	**50,21**	69,53	77,69	82,93	86,21	87,50	87,79	88,04	88,17	88,17	88,24	88,24
1,5	**50,21**	69,59	77,72	82,93	86,18	87,50	87,75	88,04	88,17	88,17	88,24	88,24
2	**50,21**	69,62	77,79	82,87	86,24	87,53	87,75	88,04	88,17	88,20	88,20	88,24
2,5	**50,24**	70,01	78,17	83,19	86,47	87,69	87,88	88,01	88,20	88,20	88,24	88,24
3	**50,40**	70,59	79,30	84,06	86,85	87,85	87,91	88,17	88,20	88,24	88,24	88,24
3,5	**48,83**	70,30	81,07	85,41	87,08	87,91	88,17	88,20	88,20	88,24	88,24	88,24

Tableau 71 : La prédictibilité de la règle de décision disjonctive en fonction des seuils

A travers ces résultats, nous pouvons remarquer que la règle de décision disjonctive n'améliore que de très peu la prédictibilité (au premier niveau hiérarchique) jusqu'au seuil de perception de 3 (50,40%). Si nous voulons interpréter ce résultat, nous pouvons dire que plus

le niveau maximal d'attente relatif à un des attributs est élevé, meilleure est la prédictibilité. Cela tendrait à montrer que les seuils d'attentes des individus se situent autour d'une notation de 3 sur 4. Malgré cela, les variations étant trop faibles, nous ne pouvons conclure sur l'amélioration de la prédictibilité de la règle disjonctive.

Les résultats de prédictibilité concernant la non-prise en compte de certains attributs nous ont permis d'attester de l'intérêt de ne prendre en compte que l'Efficacité et la Simplicité. Nous testons donc, dans le tableau ci-dessous, la règle de décision disjonctive lorsque les individus ne prennent en compte que les attributs Efficacité et Simplicité.

Seuil eff-simp	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Référence	***56,28***	***73,58***	***80,33***	***84,22***	***86,50***	***87,50***	***87,91***	***88,27***	***88,36***	***88,36***	***88,43***	***88,43***
0	**56,28**	73,58	80,33	84,22	86,50	87,50	87,91	88,27	88,36	88,36	88,43	88,43
0,5	**56,28**	73,58	80,33	84,22	86,50	87,50	87,91	88,27	88,36	88,36	88,43	88,43
1	**56,28**	73,58	80,39	84,31	86,50	87,50	87,91	88,27	88,36	88,36	88,43	88,43
1,5	**56,28**	73,64	80,46	84,35	86,47	87,53	87,91	88,30	88,36	88,36	88,43	88,43
2	**56,41**	73,58	80,49	84,35	86,47	87,53	87,95	88,30	88,36	88,40	88,40	88,43
2,5	**56,44**	73,87	80,68	84,54	86,69	87,75	88,04	88,27	88,40	88,40	88,43	88,43
3	**55,51**	73,77	81,74	85,66	87,08	87,95	88,11	88,36	88,40	88,43	88,43	88,43
3,5	**53,49**	72,71	82,61	86,21	87,34	88,11	88,36	88,40	88,40	88,43	88,43	88,43

Tableau 72 : La prédictibilité de la règle de décision disjonctive pour Efficacité et Simplicité en fonction des seuils

Nous constatons le même phénomène que précédemment, mais le seuil de perception qui maximise la prédictibilité (56,44%) est un peu plus faible (2,5 sur 4). Cependant, nous ne pouvons pas encore conclure sur l'effet de la règle disjonctive concernant sa prédictibilité.

1.2.2.2. Explicativité

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages d'explicativité par motif de la règle de décision disjonctive pour chaque seuil.

Seuil	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
Référence	***85,51%***	***82,65%***	***78,19%***	***80,13%***	***81,88%***
0	85,51%	82,65%	78,19%	80,13%	**81,88%**
0,5	85,51%	82,65%	78,19%	80,13%	**81,88%**
1	85,52%	82,66%	78,19%	80,14%	**81,89%**
1,5	85,52%	82,67%	78,19%	80,14%	**81,89%**
2	85,58%	82,68%	78,19%	80,12%	**81,91%**
2,5	85,83%	82,81%	78,21%	80,24%	**82,04%**
3	86,40%	82,95%	78,64%	80,44%	**82,34%**
3,5	87,52%	82,76%	78,53%	80,40%	**82,49%**

Tableau 73 : L'explicativité de la règle de décision disjonctive en fonction des seuils et des motifs

L'explicativité de la règle disjonctive augmente en fonction des seuils testés. Cependant, cette augmentation est trop faible pour pouvoir conclure. Malgré tout, concernant le motif Domicile-Travail, l'explicativité augmente de plus de 2% (de 85,51% à 87,52%). Cela tendrait à montrer que le niveau maximal d'attente des individus, relatif à un des attributs, est plus important pour le motif Domicile-Travail que pour les autres motifs.

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages d'explicativité par motif de la règle de décision disjonctive pour chaque seuil, lorsque les individus ne prennent en compte que l'Efficacité et la Simplicité.

Seuil eff-simp	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
Référence	***86,79%***	***83,84%***	***79,70%***	***81,46%***	***83,18%***
0	86,79%	83,84%	79,70%	81,46%	**83,18%**
0,5	86,79%	83,84%	79,70%	81,46%	**83,18%**
1	86,80%	83,86%	79,71%	81,47%	**83,19%**
1,5	86,81%	83,86%	79,75%	81,49%	**83,21%**
2	86,92%	83,85%	79,81%	81,44%	**83,22%**
2,5	87,05%	83,97%	79,75%	81,59%	**83,33%**
3	87,49%	84,01%	80,01%	81,63%	**83,49%**
3,5	88,32%	83,64%	79,73%	81,30%	**83,41%**

Tableau 74 : L'explicativité de la règle de décision disjonctive pour Efficacité et Simplicité en fonction des seuils et des motifs

En prenant en compte uniquement l'Efficacité et la Simplicité, l'explicativité de notre modèle augmente en fonction des seuils de perception testés et atteint son maximum au seuil de 3 en prenant la valeur de 87,49%.

Concernant la règle de décision disjonctive, nous pouvons supposer que les seuils d'attentes des individus se situent autour d'une notation de 3 sur 4. Tout nous laisse à penser qu'il existe au moins la présence de seuils. Cela soutient Gensch & Javalgi (1987) qui dans la théorie du comportement du consommateur expliquent qu'une alternative sera considérée seulement si la perception de ses attributs est positive ou dépasse un certain seuil d'insensibilité.

1.2.3. Modèle conjonctif

Dans cette partie, nous vous présentons les résultats de prédictibilité et d'explicativité dans le cas d'une règle de décision conjonctive. La règle de décision conjonctive consiste à éliminer les alternatives dont un des niveaux de perception se situe sous un certain seuil. Prenons par exemple un individu qui aurait des attentes minimales pour chaque attribut (coût, sécurité, efficacité…) : si l'alternative considérée ne comble pas l'une des attentes, l'individu élimine alors cette alternative. Nous testons donc les différents seuils de perceptions.

1.2.3.1. Prédictibilité

Les résultats ci-dessous correspondent à la prédictibilité de la règle de décision conjonctive en fonction des seuils testés. Rappelons que nous regardons dans la hiérarchie des préférences modales à quel rang se situe le mode de transport choisi réellement. Nous considérons alors que notre modèle prédit le choix réel de l'individu au nième rang ou niveau hiérarchique. En calculant les prédictions moyennes, nous obtenons alors un pourcentage de prédictibilité par

niveau hiérarchique et par seuil. Afin d'illustrer notre propos, nous pouvons dire que notre modèle prévoit 83,47% des choix réels au troisième rang de la hiérarchie des préférences.

Seuil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Référence	***50,21***	***69,53***	***77,63***	***82,90***	***86,21***	***87,50***	***87,79***	***88,04***	***88,17***	***88,17***	***88,24***	***88,24***
0	**47,99**	66,31	74,93	81,52	85,79	87,37	87,91	88,14	88,14	88,20	88,20	88,24
0,5	**45,97**	63,32	73,26	80,84	86,08	87,79	88,04	88,24	88,24	88,24	88,24	88,24
1	**43,39**	60,72	71,13	80,75	86,08	87,75	88,14	88,24	88,24	88,24	88,24	88,24
1,5	**39,57**	58,24	73,10	82,61	86,63	87,91	88,17	88,24	88,24	88,24	88,24	88,24
2	**37,13**	61,07	77,43	85,05	86,98	87,98	88,20	88,24	88,24	88,24	88,24	88,24
2,5	**34,84**	62,78	81,45	85,66	87,01	87,98	88,24	88,24	88,24	88,24	88,24	88,24
3	**33,17**	64,38	83,57	86,56	87,08	87,98	88,24	88,24	88,24	88,24	88,24	88,24
3,5	**32,47**	64,26	83,48	86,50	86,95	87,95	88,20	88,20	88,20	88,20	88,20	88,20

Tableau 75 : La prédictibilité de la règle de décision conjonctive en fonction des seuils

Le tableau ci-dessus nous permet de conclure que plus le seuil augmente, moins la règle de décision conjonctive est prédictive (au premier niveau hiérarchique). Nous avons aussi testé la seule prise en compte de l'Efficacité et de la Simplicité et sans surprise, les résultats vont exactement dans le même sens. Nous expliquons cela par la complexité de l'arbitrage entre les alternatives, du fait que ces dernières ne répondent pas toutes aux mêmes attentes. En d'autres termes, les niveaux de perceptions relatifs aux alternatives sont rarement tous acceptables.

1.2.3.2. Explicativité

Seuil	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
Référence	***85,51%***	***82,65%***	***78,19%***	***80,13%***	***81,88%***
0	84,87%	81,81%	77,30%	79,23%	**81,06%**
0,5	84,57%	81,19%	76,86%	78,61%	**80,54%**
1	84,55%	80,30%	75,78%	78,11%	**79,93%**
1,5	85,54%	79,70%	75,50%	77,71%	**79,78%**
2	86,66%	80,28%	75,95%	78,15%	**80,42%**
2,5	87,58%	80,35%	76,58%	78,23%	**80,76%**
3	88,06%	80,51%	76,89%	78,39%	**81,01%**
3,5	88,03%	80,43%	76,86%	78,14%	**80,90%**

Tableau 76 : L'explicativité de la règle de décision conjonctive en fonction des seuils et des motifs

Les résultats ci-dessus nous permettent de distinguer l'explicativité par motif. Cela est pertinent car les effets de seuil de la règle conjonctive sont assez différents. Si l'on s'attarde sur le motif Domicile-Travail, nous constatons que plus le seuil est élevé, plus l'explicativité augmente pour atteindre 88,06% au seuil de 3. Cela signifie que les attentes minimales pour ce motif sont plus élevées que pour les autres. Cela va dans le sens de l'importance du motif Domicile-Travail dans la mobilité des individus. Concernant les trois autres motifs, l'effet est inverse, l'explicativité diminue en fonction du seuil testé. Nous avons aussi testé logiquement la seule prise en compte de l'Efficacité et de la Simplicité et comme l'on pouvait s'y attendre, les conclusions sont les mêmes que pour la prise en compte de tous les attributs.

Nous pouvons donc conclure que pour le motif Domicile-Travail, il existe bien un phénomène de seuil de la règle de décision conjonctive. Cela soutient Gensch & Javalgi (1987) qui dans la théorie du comportement du consommateur expliquent qu'une alternative ne sera considérée que si la perception de ses attributs est positive ou dépasse un certain seuil d'insensibilité.

1.3. Les seuils de perceptions et l'aversion pour le risque

1.3.1. Les phénomènes de seuil de perceptions

Obermeyer et al. (2015) à travers des données de choix modaux déclarés, révèle l'existence d'un seuil de perception. Dans cette partie, nous testons donc différents seuils de perception sur la prédictibilité et l'explicativité de notre modèle. En d'autres termes, nous considérons la non-prise en compte de l'attribut (nous le pondérons à zéro) si la perception correspondante se situe sous un certain seuil. Nous pouvons penser par exemple que si l'individu donne une note assez faible concernant le confort du vélo, il ne prendra tout simplement pas du tout en compte l'attribut concerné. Nous testons donc les différents seuils possibles, afin de voir si cela améliore ou non la prédictibilité et l'explicativité de notre modèle.

1.3.1.1. Prédictibilité

Le tableau ci-dessous regroupe les pourcentages de prédictibilité en fonction des seuils de perceptions testés.

Seuil	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Référence	***50,21***	***69,53***	***77,63***	***82,90***	***86,21***	***87,50***	***87,79***	***88,04***	***88,17***	***88,17***	***88,24***	***88,24***
0	**50,24**	69,33	77,63	82,84	86,18	87,46	87,79	88,04	88,14	88,17	88,24	88,24
0,5	**50,18**	69,21	77,60	82,93	86,15	87,53	87,79	88,04	88,17	88,17	88,24	88,24
1	**49,79**	68,66	77,24	82,74	86,02	87,37	87,79	88,04	88,20	88,20	88,20	88,24
1,5	**49,02**	68,34	77,18	82,51	86,08	87,53	87,79	88,04	88,17	88,17	88,24	88,24
2	**48,86**	67,89	77,21	82,39	86,11	87,53	87,72	88,01	88,14	88,20	88,20	88,24
2,5	**49,37**	68,85	78,14	83,61	86,56	87,69	87,82	88,01	88,17	88,20	88,24	88,24
3	**51,14**	71,17	80,91	85,37	86,95	87,82	87,91	88,17	88,20	88,24	88,24	88,24
3,5	**49,69**	71,01	82,00	85,79	87,11	87,91	88,17	88,20	88,20	88,24	88,24	88,24

Tableau 77 : La prédictibilité en fonction des seuils de perceptions

Les résultats ci-dessous sont assez remarquables car l'on voit clairement une diminution de la prédictibilité (au premier niveau hiérarchique) en fonction des seuils, puis une augmentation jusqu'au seuil de 3 pour atteindre un maximum en 51,14%. C'est à ce seuil que la prédictibilité atteint son maximum. Nous pouvons émettre l'hypothèse que lors du processus de choix modal, les individus ne prennent en compte les attributs que si la perception correspondante est assez élevée. En dessous d'un certain seuil de perception, les individus ne considèrent donc

probablement pas l'attribut en question. Ce résultat soutient Gensch & Javalgi (1987) qui dans la théorie du comportement du consommateur expliquent qu'une alternative sera considérée seulement si la perception de ses attributs est positive ou dépasse un certain seuil d'insensibilité.

1.3.1.2. Explicativité

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages d'explicativité par motif et en moyenne, en fonction des seuils de perceptions testés.

Seuil	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
Référence	***85,51%***	***82,65%***	***78,19%***	***80,13%***	***81,88%***
0	85,49%	82,62%	78,10%	80,13%	**81,86%**
0,5	85,53%	82,65%	78,04%	80,08%	**81,85%**
1	85,25%	82,55%	77,95%	79,96%	**81,71%**
1,5	85,30%	82,45%	77,86%	79,76%	**81,61%**
2	85,27%	82,24%	77,84%	79,79%	**81,54%**
2,5	85,81%	82,65%	77,93%	80,12%	**81,91%**
3	86,59%	83,36%	78,93%	80,90%	**82,70%**
3,5	87,82%	82,98%	78,67%	80,66%	**82,73%**

Tableau 78 : L'explicativité en fonction des seuils de perceptions et par motif

Les résultats ci-dessus nous montrent une diminution de l'explicativité jusqu'au seuil de 2, puis une augmentation, jusqu'à atteindre son maximum (87,82%) au seuil de perception maximal de 3,5. Ce constat est valable quel que soit le motif de déplacement, mais il est davantage prononcé pour le motif Domicile-Travail. Nous pouvons donc affirmer que les individus ne considèrent pas les attributs si leur niveau de perception correspondant se situe en dessous d'un seuil d'environ 3 sur 4. Cela concorde avec les conclusions que nous avons eues lorsque nous avons testé la règle de décision disjonctive. Comme Obermeyer et al. (2015), mais avec une autre méthodologie, ces résultats soutiennent l'existence d'un seuil de perception.

1.3.2. Les habitudes : Risque et incertitude

Nous savons qu'il existe un phénomène important dans le choix modal qui sont les habitudes. En effet, la plupart des trajets sont effectués dans les mêmes contextes et sont répétitifs. Thogersen (2006) considère que le comportement passé est un facteur influent considérable. Nous savons par exemple qu'il existe des individus qui ne prennent que la voiture sans qu'aucune autre alternative ne soit considérée. Nous pensons alors au paradoxe d'Ellsberg qui est un phénomène connu de la théorie de la décision. Ce phénomène est le suivant : lorsque les individus ont à choisir entre deux alternatives, la majorité opte pour l'alternative dont la loi de probabilité est connue. En d'autres termes, les individus préfèrent le risque (probabilité connue) à l'incertitude (probabilité inconnue) même si l'espérance de gain du risque est supérieure à celle de l'incertitude. Nous essayons ici de faire le parallèle, en opposant les modes de transport connus dont les perceptions sont certaines aux modes de transport inconnus dont

les perceptions sont incertaines. Dans cette partie, nous testons donc différents niveaux d'incertitude sur la prédictibilité et l'explicativité de notre modèle.

Considérant les modes de transport que les individus connaissent, nous représentons l'incertitude en sous-pondérant les scores de préférences des modes non connus. Les tableaux ci-dessous vous présentent les résultats de prédictibilité et d'explicativité en fonction de différents pourcentages de sous-pondération.

1.3.2.1. Prédictibilité

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages de prédictibilité pour chaque niveau hiérarchique en fonction du pourcentage de sous-pondération des modes de transport non-connus. Prenons un exemple afin d'illustrer notre propos : 85,92% signifie qu'au quatrième niveau hiérarchique et avec une sous-pondération des scores de préférences des modes non connus de 20%, notre modèle prédit 85,92% des choix réels.

Seuil	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Référence	***50,21***	***69,53***	***77,63***	***82,90***	***86,21***	***87,50***	***87,79***	***88,04***	***88,17***	***88,17***	***88,24***	***88,24***
-5%	**52,59**	71,71	79,14	83,74	86,44	87,59	87,85	88,11	88,24	88,24	88,30	88,30
-10%	**54,64**	73,38	80,46	84,67	86,56	87,62	87,85	88,11	88,24	88,24	88,30	88,30
-20%	**56,73**	75,60	82,77	85,92	87,17	87,75	87,91	88,11	88,24	88,24	88,30	88,30
-30%	**58,41**	77,40	83,99	86,47	87,43	87,82	87,91	88,17	88,24	88,24	88,30	88,30
-40%	**59,34**	78,37	84,64	86,72	87,59	87,88	87,95	88,20	88,24	88,24	88,30	88,30
-50%	**59,88**	79,07	85,12	87,14	87,72	87,91	87,98	88,20	88,24	88,30	88,30	88,30
-60%	**60,30**	79,33	85,47	87,27	87,85	87,98	88,01	88,20	88,24	88,30	88,30	88,30
-70%	**60,43**	79,46	85,50	87,34	87,85	88,01	88,07	88,27	88,30	88,30	88,30	88,30
-80%	**60,43**	79,46	85,57	87,34	87,85	88,01	88,14	88,30	88,30	88,30	88,30	88,30
-90%	**60,56**	79,46	85,57	87,34	87,85	88,01	88,14	88,30	88,30	88,30	88,30	88,30
-100%	**60,56**	79,46	85,57	87,34	87,85	88,01	88,14	88,30	88,30	88,30	88,30	88,30

Tableau 79 : La prédictibilité en fonction du niveau d'incertitude

Les résultats ci-dessus nous permettent de constater que la prédictibilité (au premier niveau hiérarchique) est fonction croissante du pourcentage de sous-pondération. Ce phénomène est assez mécanique, puisque les modes que les individus ne connaissent pas ne peuvent pas faire partie des modes choisis. Malgré tout, nous constatons clairement que l'augmentation marginale du pourcentage de prédictibilité au premier niveau de hiérarchie est décroissante. Elle l'est d'abord fortement jusqu'à environ 30 à 40% de sous-pondération (environ 59% de prédictibilité), puis plus faiblement et enfin presque nulle (pour stagner à 60,56% de prédictibilité). Cette évolution tend à montrer qu'il existe en effet une sous-pondération (consciente ou inconsciente) des modes non connus d'environ 30 à 40%, c'est-à-dire une aversion pour l'incertitude plutôt importante.

1.3.2.2. Explicativité

Le tableau ci-dessous présente les pourcentages d'explicativité par motif et en moyenne pour les différents niveaux de sous-pondération des modes non connus.

Seuil	Domicile-Travail	Tâches courantes	Accompagnement	Loisirs	Moyenne
Référence	***85,51%***	***82,65%***	***78,19%***	***80,13%***	***81,88%***
-5%	86,37%	83,11%	78,69%	80,86%	**82,52%**
-10%	87,03%	83,59%	79,14%	81,34%	**83,03%**
-20%	88,14%	84,20%	79,75%	81,96%	**83,75%**
-30%	88,84%	84,56%	80,27%	82,35%	**84,22%**
-40%	89,18%	84,77%	80,53%	82,61%	**84,48%**
-50%	89,67%	84,87%	80,62%	82,76%	**84,68%**
-60%	89,96%	84,93%	80,68%	82,83%	**84,80%**
-70%	90,08%	84,96%	80,75%	82,84%	**84,84%**
-80%	90,13%	84,96%	80,75%	82,85%	**84,86%**
-90%	90,14%	84,97%	80,75%	82,86%	**84,87%**
-100%	90,14%	84,97%	80,75%	82,86%	**84,87%**

Tableau 80 : L'explicativité en fonction du niveau d'incertitude et par motif

Les résultats ci-dessus nous permettent de confirmer le constat établi précédemment. Quel que soit le motif, l'explicativité est fortement croissante jusqu'à 30% de sous-pondération, puis faiblement. Il n'y a qu'une augmentation de 0,65 point entre 30% (84,87%) de sous-pondération et 100% (84,22%), alors qu'elle est de 2,34 points entre la référence (81,88%) et 30% de sous-pondération. Ce constat conforte notre hypothèse d'une sous-pondération (consciente ou inconsciente) d'environ 30 à 40% des modes non connus, c'est-à-dire une aversion pour l'incertitude.

Nous avons appris dans cette partie que le modèle linéaire compensatoire était plus prédictif sous contraintes, mais aussi que les attributs Efficacité et Simplicité sont les plus significatifs, prédictifs et explicatifs. Nous n'avons pas pu déduire des conclusions concernant la règle de décision lexicographique. Les résultats concernant la règle de décision disjonctive soutiennent la présence d'un seuil d'attente plutôt élevé. Ceux de la règle de décision conjonctive nous permettent d'affirmer que les alternatives ne répondent que rarement à toutes les attentes des individus. Les résultats des tests sur les seuils de perception soutiennent l'existence de ces seuils dont leur valeur serait plutôt élevée. Pour finir, les tests de sous-pondération des modes inconnus attestent la présence d'une aversion pour l'incertitude.

2. La modélisation des chocs

Après avoir testé les effets des différentes règles de décision, les effets de seuil des perceptions et de l'aversion pour l'incertitude sur leur prédictibilité et leur explicativité, nous avons choisi le modèle linéaire standard sans et sous contraintes afin d'exploiter au maximum la richesse de nos données et de nos typologies. Nous introduisons à présent dans notre modèle

des « chocs » et analysons leurs effets. Nous définissons un choc comme un changement à court terme, c'est-à-dire un changement de perceptions. Nous émettons l'hypothèse que les attitudes, la structure démographique, ainsi que le portefeuille modal ont une inertie telle que leur changement ne peut se faire qu'à moyen ou long terme. Les chocs choisis sont l'introduction d'une taxe carbone et d'un nouveau mode de transport. Nous analysons alors leurs effets à court terme sur les parts modales et les émissions de CO2. Pour ce faire, nous définissons tout d'abord les effets d'une taxe carbone sur les perceptions, ainsi que les caractéristiques du nouveau mode de transport que nous voulons introduire. Nous présentons ensuite les effets de ces deux « chocs » sur les parts modales, les émissions de CO2 et l'indice de satisfaction.

2.1. Taxe carbone

Depuis le rapport du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) de 2007, les experts internationaux se sont progressivement accordés pour dire que les émissions de gaz à effet de serre, en grande partie attribuées à l'activité humaine, sont à l'origine du réchauffement climatique. Nous savons aussi que le réchauffement climatique est une source d'externalités négatives, c'est à dire de coûts indirects. Ces coûts sont liés par exemple à la perte de biodiversité, à l'acidification des océans, à la montée des eaux ou à l'augmentation des catastrophes naturelles. De Perthuis (2015) explique que « *Tendre vers un réchauffement de moins de 2°C implique de basculer vers des sources d'énergie non carbonées en renonçant à l'extraction d'une grande partie du charbon, du pétrole et, dans une moindre mesure, du gaz naturel. Mission impossible dans un monde où l'usage de l'atmosphère est gratuit et où abondent les subventions aux fossiles. Objectif sans doute encore atteignable avec un prix mondial du carbone qui impute les coûts du risque climatique à chaque émission de CO2 et dégrade rapidement la rentabilité relative des actifs fossiles.* ». Une taxe carbone est, comme son nom l'indique, une taxe sur les émissions de carbone. C'est une taxe pigouvienne, c'est à dire qu'elle est destinée à internaliser le coût social des activités économiques, notamment en ce qui concerne la pollution et vise à intégrer au marché les externalités négatives. Plus largement, elle couvre théoriquement toutes les émissions de gaz à effet de serre traduit en équivalent carbone. Cette taxe a logiquement comme impact une augmentation du prix des énergies fossiles qui sont fortement émettrices de carbone. Nous savons aussi que la plupart des modes de transports utilisent des carburants fossiles. Ces modes sont dits « carbonés ». En plus des gaz à effet de serre, ces modes émettent des pollutions locales telles que les particules fines ou les oxydes d'azote et les oxydes de soufre qui sont directement néfastes pour la santé des individus. L'objectif de la taxe carbone est donc d'internaliser ces coûts directs et indirects dans

le choix des individus de telle sorte qu'à long terme, cette taxe ne se justifie plus. La taxe carbone est une taxe tutélaire « dans la mesure où la valeur monétaire recommandée ne découle pas directement de l'observation des prix de marché mais relève d'une décision de l'État, sur la base d'une évaluation concertée de l'engagement français et européen dans la lutte contre le changement climatique. » (Quinet, 2009)

Nous faisons ici l'hypothèse que la taxe carbone n'est pas progressive et que les perceptions des individus concernant le Coût des alternatives carbonées se dégradent suite à l'introduction d'une taxe carbone.

2.1.1. Les impacts sur les perceptions

Nous ne pouvons malheureusement pas connaitre les impacts exacts de cette taxe sur les perceptions. En effet, il existe trois types de chocs. Le premier est du type « campagne d'information », c'est-à-dire que le niveau réel de l'attribut ne change pas, mais que celui perçu par les individus change. Par exemple une campagne d'information sur la prévention routière peut influencer les perceptions de la Sécurité des modes routiers sans que rien n'ait changé concrètement. Le deuxième type de choc est du type « choc trop faible ». C'est-à-dire que suite à un changement réel et concret, les perceptions des individus ne changent pas car le choc est trop faible pour être perçu. Le troisième et dernier type de choc est celui dont le niveau réel de l'attribut change les perceptions des individus. C'est ce type de choc que nous modélisons dans nos trois scénarios. Notre modèle étant très flexible, nous pouvons sélectionner les individus concernés par le choc, l'attribut concerné ainsi que le mode concerné et même le motif concerné. Nous impactons ici tous les individus quel que soit le motif. Le tableau ci-dessous résume les impacts de ces trois scénarios sur les perceptions des individus.

	Perceptions du Coût		
	Taxe carbone faible	**Taxe carbone moyenne**	**Taxe carbone élevée**
Marche à Pieds	=	=	=
Transport en Commun	=	=	=
Train	=	=	=
Voiture Particulière	-10%	-20%	-30%
Véhicule Electrique	=	=	=
Autopartage	=	=	=
Covoiturage Conducteur	-5%	-10%	-15%
Covoiturage Passager	-5%	-10%	-15%
Vélo	=	=	=
Vélo en Libre-Service	=	=	=
Deux-Roues Motorisé	-10%	-20%	-30%
Taxi	-10%	-20%	-30%

Tableau 81 : Les trois niveaux d'impacts de la taxe carbone sur les perceptions

Comme vous pouvez le constater, nous considérons que les impacts de la taxe carbone se portent sur la perception du coût des modes carbonés et principalement sur la Voiture Particulière, le Deux-Roues Motorisés et le Taxi. En effet, nous définissons ici la taxe carbone non par sa valeur, mais par son impact sur les perceptions. A cause du partage des coûts, nous impactons dans une moindre mesure la perception du coût du Covoiturage Conducteur et Passager. Concernant les Transports en Commun, à la vue du nombre de personnes qu'ils transportent, nous considérons que la taxe carbone n'impactera pas la perception de leur coût. De plus, les individus considèrent en général les Transports en Commun comme des modes dits « propres ». Nous faisons l'hypothèse d'une motorisation majoritairement électrique pour l'Autopartage et dans le cas contraire, un partage des coûts tel que cela n'impactera pas les perceptions des individus. Malgré tout, nous ne captons pas les impacts à l'intérieur de chaque mode comme par exemple les effets sur la vitesse de conduite ou le changement de motorisation.

Afin d'aller un peu plus loin, nous pouvons calculer l'équivalence en valeur de la dégradation de la perception du Coût de 10%. En d'autres termes, si la perception du Coût pour la Voiture Particulière se dégrade de 10%, cela pourrait correspondre à une augmentation de 10% du Coût en valeur. Nous savons que les individus ne perçoivent en majorité que le coût de carburant, sans prendre en compte les autres coûts, c'est-à-dire l'achat, l'assurance, l'entretien ou la réparation (Shiftan & Bekhor, 2002, Maleki, 1978). Sachant que les prix des carburants en 2017 sont en moyenne de 1,20€ pour un litre de gazole et de 1,40€ pour un litre d'essence, une augmentation du coût des carburants de 10% (taxe carbone « faible ») correspondrait donc à 12 centimes pour le gazole et 14 centimes pour l'essence. Afin d'atteindre cet objectif, après calcul, la taxe carbone devrait donc s'élever à environ 45€/tonne éqCO2 si cette hausse est totalement répercutée sur le prix payé par le consommateur. Si l'on considère la taxe carbone « moyenne », 20% d'augmentation du coût correspond à une taxe carbone d'environ 90€/t éqCO2. Concernant la taxe carbone « élevée », 30% d'augmentation du coût du carburant correspond à une taxe carbone d'environ 130€/t éqCO2. Nous nous basons sur un facteur d'émission de 2,71 kg CO_2/litre d'essence et 3,07 kg CO_2/litre de gazole (Base Carbone de l'ADEME). Cette valeur de 45€/tonne éqCO2 pour une taxe carbone « faible » est supérieure au montant de la taxe carbone actuellement pratiquée en France en 2017 qui est de 36,6€/tonne éqCO2 (TVA incluse). Suite au rapport Quinet (2009), la loi relative à la transition énergétique a été votée et prévoit une trajectoire d'évolution précise avec une valeur de 67€/tonne éqCO2

(TVA incluse) pour 2020 et de 120€/tonne éqCO2 (TVA incluse) pour 2030. Pour résumer, nous vous présentons le tableau suivant :

	2017	Taxe carbone « faible »	2020	Taxe carbone « moyenne »	2030	Taxe carbone « élevée »
Augmentation du coût des carburants - Dégradation des perceptions du coût des modes carbonés	~8%	10%	~15%	20%	~27%	30%
Equivalent taxe carbone par tonne éqCO2 (TVA incluse)		~45€		~90€		~130€
Trajectoire taxe carbone en France par tonne éqCO2 (TVA incluse)	36,6€		~67€		~120€	

Tableau 82 : Equivalences chronologiques des impacts sur les perceptions dans notre modèle et de la trajectoire de la taxe carbone en France

En faisant l'hypothèse que la trajectoire de la taxe carbone en France n'est pas remise en cause et que son impact sur les prix des carburants est traduit par le même impact sur les perceptions individuelles du coût des modes carbonés, nous pouvons conclure que notre scénario de taxe carbone « faible » correspond à la période 2017-2020 en France. Notre scénario de taxe carbone « moyenne » se situe dans la période 2020-2030 et notre scénario taxe carbone « élevée » correspond à la période après 2030.

2.1.2. Les reports modaux

Dans cette thèse, nous choisissons d'exprimer les parts modales en pourcentage d'utilisateurs par alternative. Nous vous présentons ici les résultats des modélisations sans et sous contraintes. Nous modélisons sans contraintes, afin de représenter une situation utopique dans laquelle toutes les alternatives seraient disponibles. La situation sous contraintes représente quant à elle des résultats beaucoup plus proches de la réalité et dont les effets peuvent se révéler à court terme. Malgré tout, il ne faut pas oublier l'importance des habitudes. Ces résultats restent donc des reports modaux théoriques. En aucun cas nous affirmons que les individus changeront de mode de transport. Ce serait une conclusion beaucoup trop simple quant à la complexité des facteurs de changement de pratiques modales. D'après Rocci (2007), ces facteurs peuvent être regroupés en cinq dimensions que sont les normes sociales, le vécu et image des modes, les contraintes, le « capital mobilité » et les effets de rupture. De plus, chaque dimension contient au minimum sept facteurs. Les parts modales réelles sont issues des choix modaux déclarés dans note enquête. Celles sous et sans contraintes sont issues de notre modèle.

Le tableau suivant présente les reports modaux selon chaque niveau d'impact de la taxe.

		Reports modaux							
	Parts Modales Réelles	sous contraintes				sans contraintes			
		Parts Modales	Taxe faible	Taxe moyenne	Taxe élevée	Parts Modales	Taxe faible	Taxe moyenne	Taxe élevée
Marche à Pieds	3,40%	9,30%	***+0,34***	***+0,42***	***+0,54***	34,33%	***+0,86***	***+1,14***	***+1,33***
Transport en Commun	12,16%	5,70%	***+0,08***	***+0,13***	***+0,19***	5,21%	***+0,08***	***+0,10***	***+0,20***
Train	6,55%	7,25%	***+1,14***	***+1,86***	***+2,41***	3,96%	***+0,19***	***+0,32***	***+0,47***
Voiture Particulière	72,63%	58,34%	***-1,69***	***-2,53***	***-3,05***	29,08%	***-3,60***	***-4,17***	***-4,91***
Véhicule Electrique	0,58%	0,17%	***+0,49***	***+0,49***	***+0,49***	5,33%	***+2,69***	***+2,90***	***+3,20***
Autopartage	0,22%	0,00%	***0,00***	***+0,02***	***+0,02***	0,17%	***+0,01***	***+0,01***	***+0,13***
Covoiturage Conducteur	0,80%	7,97%	***+0,26***	***+0,41***	***+0,29***	3,38%	***+0,01***	***-0,03***	***-0,14***
Covoiturage Passager	1,32%	4,37%	***-0,17***	***-0,28***	***-0,37***	1,65%	***-0,29***	***-0,31***	***-0,35***
Vélo	0,89%	0,48%	***+0,02***	***+0,02***	***+0,02***	3,72%	***+0,01***	***+0,02***	***+0,02***
Vélo en Libre-Service	0,42%	0,06%	***0,00***	***0,00***	***0,00***	3,34%	***+0,27***	***+0,39***	***+0,78***
Deux-Roues Motorisé	0,76%	2,02%	***-0,28***	***-0,36***	***-0,37***	3,82%	***-0,23***	***-0,31***	***-0,56***
Taxi	0,24%	4,35%	***-0,17***	***-0,17***	***-0,17***	6,01%	***0,00***	***-0,08***	***-0,18***

Tableau 83 : Impacts d'une taxe carbone sur les parts modales en fonction de son impact sur les perceptions

Nous remarquons que les parts modales réelles et sous contraintes sont à peu près en ligne. Malgré tout, des différences existent entre les alternatives. Une partie des explications réside dans le fait que les utilisateurs réels de la Voiture Particulière se répartissent avec le Covoiturage Conducteur et Passager dans notre modèle sous contraintes. Nous surestimons aussi les utilisateurs du Taxi puisque nous ne mettons pas de contraintes sur l'utilisation de ce dernier. La Marche à Pieds, qui arrive en tête de la hiérarchie des préférences, est obligatoirement surestimée. Pour finir, nous sous-estimons le nombre d'utilisateurs des Transports en Commun puisque nous contraignons son utilisation à la possession d'un abonnement. Malgré tout, nous n'oublions pas que notre modèle sous contraintes nous permet d'analyser les reports modaux possibles à court-terme si les individus maximisent leur satisfaction.

Regardons à présent les effets de la taxe carbone. Nous constatons que plus la taxe a un impact fort sur les perceptions du coût des alternatives carbonées, plus la Marche à Pieds, les Transports en Commun et le Train gagnent des parts modales. A l'inverse, la Voiture Particulière et le Deux-Roues Motorisé perdent des parts modales. Ces phénomènes semblent logiques. Toutefois, nous ne pouvons conclure sur les effets de la taxe sur le Vélo, le Vélo en Libre-Service, l'Autopartage et même le Véhicule Electrique sous contraintes. Le modèle sans contraintes par contre, nous permet de constater une évolution positive des parts modales de ces modes en fonction du niveau de la taxe. Concernant le Covoiturage Conducteur et Passager, les effets ne sont pas évidents. Globalement, les reports modaux se font en majorité des modes

de transport carbonés aux modes de transport plus propres. Ceci signifie que la taxe carbone remplit son objectif. Elle oriente les préférences des individus vers des modes plus propres. Sachant que la taxe carbone est une taxe progressive dans les faits, les individus ne perçoivent pas le « choc » ou de manière négligeable. Une partie de la littérature nous dit donc que la taxe carbone n'a pas d'impact sur les comportements de mobilité ou alors de manière négligeable. Notre modèle quant à lui introduit une taxe comme un « choc » de perceptions, c'est-à-dire une prise de conscience (perception) de l'augmentation du coût des modes de transports dits « carbonés ». Notre modèle nous indique alors qu'une taxe carbone suffisamment élevée et introduite en tant que « choc » implique des impacts non négligeables.

Afin d'aller plus loin dans l'analyse, les matrices des reports modaux pour chacun des scénarios sont présentés en annexe 6.3.

2.1.3. Les émissions de CO2

Le tableau ci-dessous présente les variations d'émissions de CO2 par an en milliers de tonnes pour les trois niveaux de taxe carbone. Les émissions réelles sont calculées à partir des données calibrées des fréquences et des distances issues de notre enquête. Nous obtenons donc le nombre de kilomètres parcourus par an en fonction du mode de transport utilisé. A cela, nous appliquons les facteurs d'émissions de CO2 issus de la Base Carbone® de l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) et correspondants à chaque alternative considérée dans notre enquête. Nous arrivons finalement à des émissions totales réelles de CO2 en tonnes éqCO2/an basées sur les choix modaux issus de notre enquête. Le tableau ci-dessous présente ces résultats d'émissions de CO2 issus de notre modèle sans et de notre modèle sous contraintes. Les variations sont ici présentées en pourcentage.

	Total en milliers de tonnes éqC02 / an								
	Emissions Réelles	sous contraintes				sans contraintes			
		Emissions	**Taxe faible**	**Taxe moyenne**	**Taxe élevée**	**Emissions**	**Taxe faible**	**Taxe moyenne**	**Taxe élevée**
Marche à Pieds	0,0	0,00	=	=	=	0,0	=	=	=
Transport en Commun	10598,7	5481,12	***+1,41%***	***+2,54%***	***+3,71%***	4778,4	***+1,66%***	***+2,24%***	***+4,32%***
Train	213,4	236,01	***+15,72%***	***+25,67%***	***+33,29%***	129,0	***+4,70%***	***+8,19%***	***+11,89%***
Voiture Particulière	82340,0	66929,73	***-2,91%***	***-4,53%***	***-5,38%***	33116,8	***-12,68%***	***-14,57%***	***-17,13%***
Véhicule Electrique	24,4	7,51	***+269,46%***	***+269,46%***	***+269,46%***	228,1	***+50,29%***	***+54,16%***	***+60,49%***
Autopartage	250,7	3,41	***0,00%***	***+817,46%***	***+817,46%***	205,9	***+4,83%***	***+4,83%***	***+81,20%***
Covoiturage Conducteur	409,1	4053,37	***+3,22%***	***+5,11%***	***+3,61%***	1720,8	***+0,30%***	***-0,96%***	***-4,09%***
Covoiturage Passager	670,4	2223,13	***-4,00%***	***-6,42%***	***-8,53%***	837,5	***-17,51%***	***-18,65%***	***-21,27%***

Vélo	0,0	0,00	=	=	=	0,0	=	=	=
Vélo en Libre-Service	0,0	0,00	=	=	=	0,0	=	=	=
Deux-Roues Motorisé	934,4	2490,17	***-14,00%***	***-17,96%***	***-18,12%***	4714,6	***-5,92%***	***-8,13%***	***-14,54%***
Taxi	737,6	13277,81	***-4,00%***	***-4,00%***	***-4,00%***	18346,8	***+0,03%***	***-1,30%***	***-3,03%***
TOTAL	**96178,8**	**94702,3**	***-2,80%***	***-3,90%***	***-4,54%***	**64077,8**	***-6,88%***	***-8,38%***	***-10,36%***

Tableau 84 : Impacts d'une taxe carbone sur les émissions de CO2 en fonction de son impact sur les perceptions

Comparons tout d'abord les résultats de base réels, sans et sous contraintes. Nous remarquons que sans contraintes, les individus émettraient près de 30% de moins de CO2. En d'autres termes, si tous les individus prenaient leur mode de transport préféré sans contrainte d'accessibilité, nous baisserions nos émissions de près de 30%. Sous contraintes, notre calibrage nous donne des émissions totales proches des émissions réelles.

Lorsque nous regardons les effets de la taxe, les résultats ci-dessus sont en ligne avec les reports modaux. En effet, les parts modales des modes « propres » augmentent en fonction du niveau de la taxe carbone introduite. Nous constatons donc que sous contraintes, la taxe carbone permet de réduire d'environ 3 à 5 % les émissions de CO2 totales et d'environ 7 à 10% sans contraintes. Ces résultats sont en ligne avec Andersson (2017) qui trouve que la taxe carbone en Suède implique une réduction de 6% des émissions de CO2. Plus précisément, nos résultats nous montrent que la Voiture Particulière possède la plus grande part modale de base. Malgré sa faible réduction des émissions de CO2 d'environ 3 à 5%, c'est elle qui représente la grande majorité des réductions d'émissions de CO2. Le reste de cette réduction est expliqué principalement par la baisse de la part modale du Deux-Roues Motorisé et du Taxi.

2.1.4. L'indice de satisfaction

Concernant l'indice de satisfaction, nous ne présentons que les résultats sous contraintes sachant que les résultats sans contraintes sont forcément de 100% puisque dans notre modèle, les individus choisissent leur mode de transport préféré. Le tableau ci-dessous présente les variations de satisfaction selon les trois niveaux de taxe carbone.

	Indice de satisfaction				
	Satisfaction Réelle	**Sous contraintes**	**Taxe faible**	**Taxe moyenne**	**Taxe élevée**
Marche à Pieds	84,92%	98,68%	***-0,05***	***-0,02***	***-0,06***
Transport en Commun	80,38%	87,92%	***-0,03***	***-0,11***	***-0,09***
Train	80,68%	85,78%	***+0,18***	***+0,50***	***+0,50***
Voiture Particulière	85,97%	95,31%	***-0,26***	***-0,53***	***-0,77***
Véhicule Electrique	75,15%	92,76%	***+1,58***	***+1,61***	***+1,64***
Autopartage	53,75%	79,22%	***0,00***	***2,78***	***0,00***
Covoiturage Conducteur	87,73%	88,18%	***-0,31***	***-0,29***	***-0,82***

Covoiturage Passager	74,42%	85,23%	***-0,45***	***-0,98***	***-1,48***
Vélo	81,62%	95,54%	***+0,03***	***+0,04***	***+0,29***
Vélo en Libre-Service	81,25%	98,55%	***+0,16***	***+0,33***	***+0,49***
Deux-Roues Motorisé	86,88%	90,91%	***-0,73***	***-1,14***	***-1,60***
Taxi	76,55%	94,06%	***-0,10***	***-0,36***	***-0,62***
Moyenne	**84,70%**	**93,72%**	***-0,18***	***-0,38***	***-0,58***

Tableau 85 : Impacts d'une taxe carbone sur l'indice de satisfaction en fonction de son impact sur les perceptions

Nous constatons tout de suite que les écarts sont importants entre la satisfaction des utilisateurs réels et celle des utilisateurs de base sous contraintes. Ces écarts sont dus à notre méthodologie qui retient le mode de transport préféré sous contraintes d'accessibilité comme le choix de base. Les utilisateurs de la Marche à Pieds et du Vélo en Libre-Service sont les plus satisfaits. De manière générale, les pourcentages de satisfaction sont tous plus élevés dans notre modèle de base sous contraintes que dans la réalité. Cet écart correspond à l'augmentation de satisfaction possible à travers un changement de mode de transport dans les conditions d'accessibilité réelles. Cela signifie que ces reports modaux sont réalisables à court terme : les individus qui changent pour la Marche à Pieds, le Vélo ou le Vélo en Libre-Service le font pour des trajets de moins de 3km. Les individus qui changent pour les Transports en Commun ont déjà un abonnement et ceux qui changent pour le Véhicule Electrique en possèdent déjà un. Nous pouvons théoriquement améliorer la satisfaction de plus de 10% pour passer de 84,7% de satisfaction à 93,72%.

Regardons plus en détails les effets des différents niveaux de taxe carbone. La satisfaction des utilisateurs du Train, du Véhicule Electrique, du Vélo et du Vélo en Libre-Service augmente en fonction du niveau de la taxe. A l'inverse, la satisfaction baisse pour les utilisateurs de la Voiture Particulière, du Covoiturage Conducteur et Passager, du Deux-Roues Motorisé et du Taxi. Ces constats proviennent d'une baisse du score de préférence pour les modes de transports carbonés et donc d'une hausse relative des modes de transports plus propres. Malgré tout, les utilisateurs du Covoiturage Passager sont beaucoup plus sensibles à une dégradation des perceptions du coût des modes carbonés que les utilisateurs des autres modes. Concernant les utilisateurs de la Marche à Pieds, nous pouvons faire l'hypothèse qu'à la vue de l'indice de satisfaction avoisinant les 99%, la baisse de la satisfaction est tellement faible qu'elle peut être considérée comme négligeable. Si nous nous attardons sur les utilisateurs des Transports en Commun, nous constatons que leur satisfaction est plutôt à la baisse. Malgré tout, nous ne pouvons conclure en l'état sur l'évolution de la satisfaction de ces utilisateurs puisque la baisse de la satisfaction n'est pas monotone en fonction du niveau de la taxe. Nous avons donc testé d'autres niveaux de taxe et nous pouvons à présent affirmer que la satisfaction se stabilise autour

de la valeur correspondante à l'introduction d'une taxe carbone moyenne, c'est-à-dire une baisse de 0,11 point de pourcentage.

2.2. Nouveau mode de transport

2.2.1. La description du nouveau mode

Actuellement, deux phénomènes tendent à se rencontrer. Le premier est une tendance à l'augmentation des performances du Vélo grâce principalement à l'électrification. Ceci engendre un moindre effort physique et permet donc une distance potentielle plus grande, un gain de rapidité et une plus grande simplicité pour monter les côtes. On appelle ce phénomène le « upsizing » en anglais. Le vélo dit électrique a donc un poids plus important, mais une puissance encore plus importante. Le deuxième phénomène est à l'inverse ce qu'on appelle en anglais le « downsizing » c'est-à-dire l'allègement du mode de transport. Partant de la Voiture Particulière, son électrification a permis cet allègement. Nous nous situons donc ici à la rencontre de ces deux phénomènes. Nous imaginons un nouveau mode de transport entre le Vélo et le Véhicule Electrique que nous appelons « MTP1 ». Plusieurs études existent déjà concernant le Vélo Electrique aux Pays-Bas par exemple (Kroesen, 2017, Plazier & al., 2017) ou en Australie pour les personnes âgées (Johnson & Rose, 2015). Nous caractérisons ce nouveau mode de transport ainsi car il existe un vide d'offre entre le Vélo et le Véhicule Electrique (mise à part le vélo électrique ou la Twizy de Renault). De plus, les constructeurs automobile investissent de plus en plus dans ce type de véhicule car il répond à différentes attentes dont la volonté des individus d'avoir un mode peu polluant, pratique, agile, de petite dimension et plutôt urbain. Nous savons que notre modèle nous permet d'introduire un ou plusieurs modes de transports dont nous pouvons définir les caractéristiques.

Le graphique ci-dessous présente alors le positionnement du Vélo, du Vélo Electrique, du Scooter, de la Twizy, du MTP1 et du Véhicule Electrique en fonction de leur poids et de leur puissance. Cette analyse est fortement inspirée de celle du Shift Project (2017).

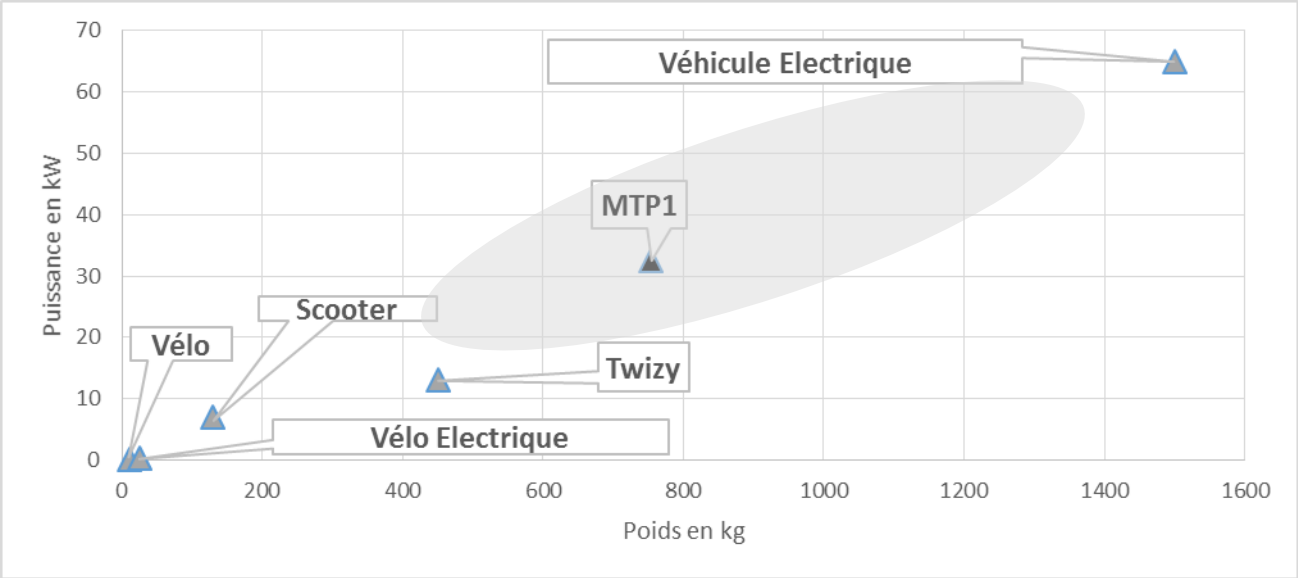


Figure 14 : Positionnement du Vélo, du MTP1 et du Véhicule Electrique

Nous considérons ici que le poids du MTP1 est la moyenne des poids du Vélo et du Véhicule Electrique. Il en est de même pour sa puissance.

Le tableau ci-dessous présente les scores de perceptions pour les trois modes. Rappelons que plus la note s'approche de 1 mieux l'attribut est perçu et que plus elle s'approche de 0 moins bien il est perçu.

	Perceptions					
	Coût	**Sécurité**	**Efficacité**	**Confort**	**Image**	**Simplicité**
Vélo	0,705	0,338	0,442	0,354	0,492	0,547
Véhicule électrique	0,420	0,482	0,547	0,588	0,542	0,523
MTP1	**0,563**	**0,410**	**0,494**	**0,471**	**0,517**	**0,535**

Tableau 86 : Perceptions du nouveau mode de transport (MTP1)

Comme on peut le remarquer, afin de rester cohérent, nous faisons l'hypothèse que les scores de perceptions du MTP1 correspondent à la moyenne des scores de perception du Vélo et du Véhicule Electrique.

2.2.2. Les reports modaux

Rappelons que nous exprimons les parts modales en pourcentage d'utilisateurs par alternative. Le tableau suivant présente les reports modaux suite à l'introduction d'un nouveau mode de transport. Les parts modales réelles sont issues des choix modaux déclarés dans notre enquête. Celles sous et sans contraintes sont issues de notre modèle.

	Reports modaux						
Parts Modales Réelles	sous contraintes				sans contraintes		
	Parts Modales	**Avec MTP1**	**Variation**		**Parts Modales**	**Avec MTP1**	**Variation**

Marche à Pieds	3,40%	9,30%	8,38%	***-0,92***	34,33%	33,84%	***-0,50***
Transport en Commun	12,16%	5,70%	4,85%	***-0,85***	5,21%	4,92%	***-0,29***
Train	6,55%	7,25%	5,84%	***-1,41***	3,96%	3,95%	***-0,01***
Voiture Particulière	72,63%	58,34%	55,78%	***-2,56***	29,08%	28,34%	***-0,74***
Véhicule Electrique	0,58%	0,17%	0,13%	***-0,04***	5,33%	5,28%	***-0,05***
Autopartage	0,22%	0,00%	0,00%	***0,00***	0,17%	0,17%	***0,00***
Covoiturage Conducteur	0,80%	7,97%	6,84%	***-1,13***	3,38%	3,25%	***-0,14***
Covoiturage Passager	1,32%	4,37%	2,76%	***-1,61***	1,65%	1,45%	***-0,19***
Vélo	0,89%	0,48%	0,47%	***-0,01***	3,72%	3,07%	***-0,65***
Vélo en Libre-Service	0,42%	0,06%	0,06%	***0,00***	3,34%	2,85%	***-0,50***
Deux-Roues Motorisé	0,76%	2,02%	1,88%	***-0,14***	3,82%	3,66%	***-0,16***
Taxi	0,24%	4,35%	2,96%	***-1,39***	6,01%	5,82%	***-0,19***
MTP1	0,00%	0,00%	10,04%	***+10,04***	0,00%	3,41%	***+3,41***

Tableau 87 : Impacts de l'introduction du nouveau mode de transport sur les parts modales

Tout d'abord, nous constatons que le MTP1 représente 3,41% des parts modales sans contraintes. Cela signifie que ce nouveau mode de transport que nous avons décrit plus haut est le mode préféré pour 3,41% de la population française. La préférence pour ce mode est loin d'être négligeable. Dans notre modèle sous contraintes, ce résultat est de 10,04%. Nous devons préciser ici que nous ne mettons pas de contraintes d'accessibilité du MTP1. Pour approfondir notre analyse, nous voyons que tous les autres modes de transport perdent des parts modales au profit du MTP1. Ceci vient du fait que nous introduisons une nouvelle alternative qui répond mieux aux attentes d'une partie des individus que le mode de transport qu'ils choisissent à la base. Malgré tout, les résultats diffèrent par mode. Ceux subissant les plus grandes variations du nombre d'utilisateurs sont la Voiture Particulière (plus de 2,5% sous contraintes) suivie du Covoiturage Passager et Conducteur, du Train et du Taxi. Concernant les autres modes, la variation est de moins de 1% sous contraintes. Comme nous pouvions le supposer, les constats que nous faisons dans notre modèle sous contraintes sont les mêmes que dans notre modèle sans contraintes, mais avec une amplitude moindre.

2.2.3. Les émissions de CO2

Sachant que nous avons pris les moyennes des perceptions du Vélo et du Véhicule Electrique pour définir le MTP1, afin de rester cohérent, nous prenons la moyenne des facteurs d'émissions pour définir les émissions de CO2 du MTP1. Ceci nous conduit au tableau suivant :

	g éqCO2/km
Vélo	0
Véhicule électrique	8
MTP1	**4**

Tableau 88 : Facteur d'émission pour le nouveau mode de transport (MTP1)

Le tableau ci-dessous présente les variations d'émissions de CO2 par an en milliers de tonnes suite à l'introduction du nouveau mode de transport. Ces résultats d'émissions de CO2

sont issus de notre modèle sans et de notre modèle sous contraintes. Les variations sont ici présentées en pourcentage.

	Total en milliers de tonnes éqC02 / an						
	Emissions réelles	sous contraintes			sans contraintes		
		Emissions	Avec MTP1	Variation	Emissions	Avec MTP1	Variation
Marche à Pieds	0,0	0,00	0,0	=	0,0	0,0	=
Transport en Commun	10598,7	5481,12	4891,7	**-10,75%**	4778,4	4635,3	**-2,99%**
Train	213,4	236,01	189,6	**-19,67%**	129,0	128,7	**-0,26%**
Voiture Particulière	82340,0	66929,73	63739,9	**-4,77%**	33116,8	32246,7	**-2,63%**
Véhicule Electrique	24,4	7,51	6,1	**-18,67%**	228,1	226,4	**-0,76%**
Autopartage	250,7	3,41	3,4	**0,00%**	205,9	205,9	**0,00%**
Covoiturage Conducteur	409,1	4053,37	3468,5	**-14,43%**	1720,8	1651,3	**-4,04%**
Covoiturage Passager	670,4	2223,13	1398,2	**-37,11%**	837,5	738,9	**-11,77%**
Vélo	0,0	0,00	0,0	=	0,0	0,0	=
Vélo en Libre-Service	0,0	0,00	0,0	=	0,0	0,0	=
Deux-Roues Motorisé	934,4	2490,17	2314,9	**-7,04%**	4714,6	4516,6	**-4,20%**
Taxi	737,6	13277,81	9020,4	**-32,06%**	18346,8	17776,0	**-3,11%**
MTP1	0,0	0,0	241,5	**100%**	0,0	82,2	**100%**
TOTAL	**96178,8**	**94702,3**	**85274,2**	**-9,96%**	**64077,8**	**62207,9**	**-2,92%**

Tableau 89 : Impacts de l'introduction du nouveau mode de transport sur les émissions de CO2

Rappelons que le MTP1 fait partie des modes dits « propres », c'est-à-dire que ses émissions de CO2 sont très faibles, voire nulles. Le tableau de résultats ci-dessus nous indique qu'au total, sans contraintes, les émissions baissent d'un peu moins de 3% suite à l'introduction d'un nouveau mode de transport dans l'ensemble des choix possibles. Cette diminution est de presque 10% sous contraintes. Si nous analysons un petit peu plus en détails, nous constatons que sous contraintes, c'est le Taxi et la Voiture Particulière qui sont les causes principales de cette diminution des émissions de CO2 en volume. Vient ensuite le Covoiturage Conducteur et Passager, puis les Transports en Commun. Pour résumer, la diminution des émissions de CO2 sous contraintes, suite à l'introduction du MTP1, provient principalement des reports modaux de la Voiture Particulière et du Taxi sur ce nouveau mode de transport.

2.2.4. L'indice de satisfaction

Concernant l'indice de satisfaction, nous ne présentons que les résultats sous contraintes, sachant que les résultats sans contraintes sont forcément de 100% puisque les individus choisissent leur mode de transport préféré. Le tableau ci-dessous présente les variations de satisfaction par utilisateur suite à l'introduction du nouveau mode de transport.

		Indice de satisfaction		
	Satisfaction Réelle	Sous contraintes	Avec MTP1	Variation
Marche à Pieds	84,92%	98,68%	99,20%	***+0,52***
Transport en Commun	80,38%	87,92%	91,42%	***+3,50***
Train	80,68%	85,78%	91,53%	***+5,74***

Voiture Particulière	85,97%	95,31%	96,12%	***+0,82***
Véhicule Electrique	75,15%	92,76%	100,00%	***+7,24***
Autopartage	53,75%	79,22%	79,22%	***0,00***
Covoiturage Conducteur	87,73%	88,18%	92,09%	***+3,91***
Covoiturage Passager	74,42%	85,23%	88,74%	***+3,52***
Vélo	81,62%	95,54%	97,66%	***+2,11***
Vélo en Libre-Service	81,25%	98,55%	98,55%	***0,00***
Deux-Roues Motorisé	86,88%	90,91%	90,29%	***-0,62***
Taxi	76,55%	94,06%	95,93%	***+1,87***
MTP1			81,42%	***+81,42***
Moyenne	**84,70%**	**93,72%**	**94,46%**	***+0,74***

Tableau 90 : Impacts de l'introduction du nouveau mode de transport sur l'indice de satisfaction

Les résultats ci-dessus nous montrent que l'introduction du MTP1 augmente la satisfaction moyenne de 0,74 point de pourcentage. Cela découle naturellement de l'augmentation du nombre d'alternatives, les individus ont un choix plus large. Lorsque nous regardons les variations par mode utilisé, des différences existent. Le résultat marquant est que seuls les utilisateurs du Deux-Roues Motorisé subissent une variation négative de leur satisfaction. Cela provient du transfert modal des utilisateurs du Deux-Roues Motorisé vers le MTP1. Les utilisateurs du Véhicule Electrique quant à eux augmentent leur satisfaction de 7,24 points de pourcentage. Cela signifie que les reports modaux du Véhicule Electrique vers le MTP1 ont permis aux individus concernés d'augmenter leur satisfaction. En d'autres termes, le MTP1 répond particulièrement aux attentes des utilisateurs du Véhicule Electrique. Viennent ensuite les utilisateurs du Train avec une augmentation de leur satisfaction de 5,74 points de pourcentage. Suivent derrière les utilisateurs du Covoiturage Conducteur et Passager, puis ceux des Transports en Commun. Arrivent enfin les utilisateurs du Vélo. Les utilisateurs des autres modes connaissent une variation de satisfaction négligeable. En résumé, ce sont les utilisateurs des alternatives à la Voiture Particulière qui gagnent le plus en satisfaction. Ces conséquences découlent des reports modaux présentés plus haut.

2.3. Interaction entre taxe carbone et le nouveau mode de transport sous l'angle stratégique du constructeur

Nous nous intéressons ici aux effets de l'interaction entre la taxe carbone et le nouveau mode de transport introduits plus haut sur les reports modaux, les émissions de CO2 et la satisfaction des individus. Nous introduisons donc parallèlement dans notre modèle le MTP1 et une taxe carbone. La valeur que nous avons choisie ici pour la taxe carbone est la valeur moyenne testée dans la partie 2.1 de ce chapitre.

2.3.1. Les reports modaux

Le tableau suivant présente la synthèse des résultats des reports modaux sans et sous contraintes suite à l'introduction d'une taxe carbone, du MTP1 et des deux combinés. Rappelons que nous exprimons les parts modales en pourcentage d'utilisateurs par alternative, que les parts modales réelles sont issues des choix modaux déclarés dans notre enquête et celles sous et sans contraintes sont issues de notre modèle.

	Reports modaux								
	Parts Modales Réelles	sous contraintes				sans contraintes			
		Parts Modales	**Taxe Carbone**	**Avec MTP1**	**Taxe + MTP1**	**Parts Modales**	**Taxe Carbone**	**Avec MTP1**	**Taxe + MTP1**
Marche à Pieds	3,40%	9,30%	*+0,42*	*-0,92*	***-0,56***	34,33%	*+1,14*	*-0,50*	***+0,54***
Transport en Commun	12,16%	5,70%	*+0,13*	*-0,85*	***-0,71***	5,21%	*+0,10*	*-0,29*	***-0,19***
Train	6,55%	7,25%	*+1,86*	*-1,41*	***-0,04***	3,96%	*+0,32*	*-0,01*	***+0,31***
Voiture Particulière	72,63%	58,34%	*-2,53*	*-2,56*	***-5,19***	29,08%	*-4,17*	*-0,74*	***-4,79***
Véhicule Electrique	0,58%	0,17%	*+0,49*	*-0,04*	***+0,45***	5,33%	*+2,90*	*-0,05*	***+2,74***
Autopartage	0,22%	0,00%	*+0,02*	*0,00*	***+0,02***	0,17%	*+0,01*	*0,00*	***0,00***
Covoiturage Conducteur	0,80%	7,97%	*+0,41*	*-1,13*	***-0,52***	3,38%	*-0,03*	*-0,14*	***-0,13***
Covoiturage Passager	1,32%	4,37%	*-0,28*	*-1,61*	***-1,99***	1,65%	*-0,31*	*-0,19*	***-0,31***
Vélo	0,89%	0,48%	*+0,02*	*-0,01*	***0,00***	3,72%	*+0,02*	*-0,65*	***-0,62***
Vélo en Libre-Service	0,42%	0,06%	*0,00*	*0,00*	***0,00***	3,34%	*+0,39*	*-0,50*	***-0,40***
Deux-Roues Motorisé	0,76%	2,02%	*-0,36*	*-0,14*	***-0,50***	3,82%	*-0,31*	*-0,16*	***-0,38***
Taxi	0,24%	4,35%	*-0,17*	*-1,39*	***-1,59***	6,01%	*-0,08*	*-0,19*	***-0,20***
MTP1	0,00%	0,00%	=	*+10,04*	***+10,62***	0,00%	=	*+3,41*	***+3,43***

Tableau 91 : Impacts de la taxe carbone et du nouveau mode de transport sur les parts modales

Nous constatons que l'introduction du MTP1 a pour conséquence un report modal des autres modes vers lui-même pour atteindre un peu plus de 10% de part modale sous contraintes, ce qui fait de lui le troisième mode de transport préféré sous contraintes. L'introduction de la taxe carbone quant à elle, permet d'accentuer cet effet pour les modes carbonés, c'est-à-dire de baisser les parts modales. Nous assistons donc à la baisse de la part modale de la Voiture Particulière, du Deux-Roues Motorisé, du Covoiturage Conducteur et Passager et du Taxi. La taxe carbone permet la hausse des parts modales des modes propres, mais ne permet pas de compenser la baisse due à l'introduction du MTP1. Seuls l'Autopartage et le Véhicule Electrique subissent une augmentation de leur part modale. Malgré l'effet de la taxe carbone, c'est-à-dire un transfert de parts modales des modes carbonés vers les modes propres, l'introduction du MTP1 sous contraintes attire plus de 10% des individus et gagne près de 0,6 point de pourcentage lorsqu'il est combiné à la taxe carbone.

Lorsque nous regardons les résultats sans contraintes, c'est le Véhicule Electrique qui gagne le plus grand nombre d'utilisateurs (+2,74 points de pourcentage) et le MTP1 ne représente que 3,43%. La Marche à Pieds et le Train gagnent quelques utilisateurs, mais le reste des modes de transport en perd, principalement la Voiture Particulière (-4,79 points de pourcentage). Au global, nous constatons qu'il existe une demande non négligeable pour le Véhicule Electrique et le MTP1. C'est une question de contraintes d'accessibilité. N'oublions pas que l'utilisation du Véhicule Electrique est contrainte à sa possession, alors que celle du MTP1 ne l'est pas. De plus, le MTP1 a des caractéristiques proches du Véhicule Electrique. Nous pouvons donc à présent affirmer qu'à eux deux, ils représentent un peu plus de 11% des parts modales dans notre modèle. C'est-à-dire que ces deux modes représentent 11% des attentes des individus, mais moins de 1% des parts modales réelles. Reste à résoudre la problématique de l'accessibilité à ces deux modes pour combler cet écart. En d'autres termes, il n'existe pas actuellement d'offre accessible pour répondre à cette demande identifiée dans notre modèle.

Afin d'approfondir notre analyse, nous regardons l'effet du niveau de la taxe sur les reports modaux vers le MTP1. Nous avons créé une taxe « très élevée » correspondant au double de la taxe moyenne. Le tableau ci-dessous présente les parts modales sans et sous contraintes en fonction de l'impact de la taxe carbone.

	Parts modales				
	Part Modale	**Taxe Faible**	**Taxe Moyenne**	**Taxe Elevée**	**Taxe Très Elevée**
MTP1 Sous contraintes	**10,04**	*+0,03*	*+0,58*	*+0,97*	*+1,38*
MTP1 Sans contraintes	**3,41**	=	*+0,02*	*+0,02*	*+0,25*

Tableau 92 : Les parts modales du MTP1 en fonction du niveau de la taxe

Nous constatons clairement que plus la taxe carbone a un impact négatif sur les perceptions des modes carbonés, plus les parts modales du MTP1 augmentent avec ou sans contraintes. Nous vous avons déjà expliqué la raison de la différence entre 10,04% sous contraintes d'accessibilité et 3,41% sans contraintes. Rappelons que dans notre modèle sous contraintes, nous ne mettons pas de contraintes sur l'accessibilité du MTP1. Le résultat marquant est ici dans notre modèle sans contraintes. En effet, nous constatons une augmentation non négligeable des parts modales de +0,02 point de pourcentage avec une taxe carbone élevée à +0,25 avec une taxe carbone très élevée (soit 3,66% de part modale).

2.3.2. Les émissions de CO2

Le tableau suivant présente les résultats des émissions de CO2. Ces résultats sont l'implication des reports modaux présentés précédemment. Ils sont issus de notre modèle sans et de notre modèle sous contraintes. Les variations sont ici présentées en pourcentage.

	Total en milliers de tonnes éqC02 / an								
	Emissions Réelles	sous contraintes				sans contraintes			
		Emissions	**Taxe Carbone**	**Avec MTP1**	**Taxe + MTP1**	**Emissions**	**Taxe Carbone**	**Avec MTP1**	**Taxe + MTP1**
Marche à Pieds	0,0	0,00	=	=	=	0,0	=	=	=
Transport en Commun	10598,7	5481,1	*+2,54%*	*-10,75%*	***-8,25%***	4778,4	*+2,24%*	*-2,99%*	***-0,82%***
Train	213,4	236,0	*+25,67%*	*-19,67%*	***-0,86%***	129,0	*+8,19%*	*-0,26%*	***+7,94%***
Voiture Particulière	82340,0	66929,7	*-4,53%*	*-4,77%*	***-9,41%***	33116,8	*-14,57%*	*-2,63%*	***-16,76%***
Véhicule Electrique	24,4	7,5	*+269,46%*	*-18,67%*	***+250,79%***	228,1	*+54,16%*	*-0,76%*	***+51,09%***
Autopartage	250,7	3,4	*+817,46%*	*0,00%*	***+817,46%***	205,9	*4,83%*	*0,00%*	***0,00%***
Covoiturage Conducteur	409,1	4053,4	*5,11%*	*-14,43%*	***-6,87%***	1720,8	*-0,96%*	*-4,04%*	***-3,99%***
Covoiturage Passager	670,4	2223,1	*-6,42%*	*-37,11%*	***-45,81%***	837,5	*-18,65%*	*-11,77%*	***-18,65%***
Vélo	0,0	0,00	=	=	=	0,0	=	=	=
Vélo en Libre-Service	0,0	0,00	=	=	=	0,0	=	=	=
Deux-Roues Motorisé	934,4	2490,2	*-17,96%*	*-7,04%*	***-25,00%***	4714,6	*-8,13%*	*-4,20%*	***-9,97%***
Taxi	737,6	13277,8	*-4,00%*	*-32,06%*	***-36,69%***	18346,8	*-1,30%*	*-3,11%*	***-3,34%***
MTP1	0,0	0,0	=	*100%*		0,0	=	*100%*	
TOTAL	**96178,8**	**94702,3**	***-3,90%***	***-9,96%***	***-13,98%***	**64077,8**	***-8,38%***	***-2,92%***	***-10,44%***

Tableau 93 : Impacts de la taxe carbone moyenne et du nouveau mode de transport sur les émissions de CO2

Nous pouvons faire le même constat que pour les reports modaux analysés précédemment. C'est-à-dire que sous contraintes, la réduction d'émissions est expliquée pour deux tiers par l'introduction du nouveau mode de transport et pour un tiers par la taxe carbone. Cela s'explique par le fait que nous n'ayons pas mis de contraintes d'accessibilité au MTP1 dans notre modèle sous contraintes puisque ce mode n'existe pas encore. Ce mode est donc une alternative disponible pour tous les individus ce qui augmente mécaniquement son impact sur la réduction des émissions de CO2. Par conséquent, dans notre modèle sans contraintes, où toutes les alternatives sont disponibles, c'est le phénomène inverse qui se produit. La réduction d'émissions est expliquée pour un tiers par l'introduction du nouveau mode de transport et pour deux tiers par la taxe carbone. Nous pouvons donc conclure que d'une part, l'introduction du MTP1 permet des reports modaux sans contraintes qui impliquent près de 2,92% de réduction d'émissions de CO2 et que d'autre part, ce phénomène s'amplifie lorsque nous introduisons les contraintes d'accessibilité (excepté pour le MTP1) pour atteindre 9,96% de réduction totale. La

taxe carbone quant à elle, implique des reports modaux sans contraintes qui permettent de réduire de plus de 8% les émissions de CO2. Ce phénomène s'atténue lorsque l'on ajoute les contraintes d'accessibilité, pour atteindre un peu moins de 4% de réduction d'émissions de CO2. Malgré ces deux phénomènes opposés, le pourcentage total de réduction des émissions de CO2 sous contraintes est supérieur à celui du modèle sans contraintes.

La taxe carbone, comme nous l'avons définie dans ce chapitre, a donc un effet théorique non négligeable sur les émissions de CO2, mais limité par les contraintes d'accessibilité. Sachant que l'objectif de la taxe carbone est de diminuer les émissions de CO2, nous trouvons judicieux de comparer les effets de la taxe carbone sur les émissions de CO2 en fonction de son impact sur les perceptions. Le tableau suivant présente les résultats des émissions globales de CO2 en fonction du niveau de la taxe introduite.

	sous contraintes				sans contraintes			
Niveau de la Taxe	**Emissions de CO2**	**Taxe Carbone**	**Avec MTP1**	**Taxe + MTP1**	**Emissions de CO2**	**Taxe Carbone**	**Avec MTP1**	**Taxe + MTP1**
FAIBLE	94702,3	*-2,80%*	*-9,96%*	*-12,45%*	*64077,8*	*-6,88%*	*-2,92%*	*-9,34%*
Si additif				*-12,76%*				*-9,80%*
Différence				***-0,31***				***-0,46***
MOYEN		*-3,90%*	*-9,96%*	*-13,98%*		*-8,38%*	*-2,92%*	*-10,44%*
Si additif				*-13,86%*				*-11,30%*
Différence				***+0,12***				***-0,86***
ELEVE		*-4,54%*	*-9,96%*	*-15,22%*		*-10,36%*	*-2,92%*	*-12,36%*
Si additif				*-14,50%*				*-13,28%*
Différence				***0,72***				***-0,92***

Tableau 94 : Impacts de la taxe carbone et du nouveau mode de transport sur les émissions de CO2

Nous voyons clairement que la somme des effets séparés de la taxe carbone et du MTP1 n'est pas égale à leurs effets combinés quel que soit le niveau de la taxe. Malgré tout, nous pouvons séparer le phénomène sous contraintes et celui sans contraintes. Dans le dernier, plus l'impact de la taxe carbone est élevé, plus la synergie des effets est négative. Sans contraintes, la taxe carbone, selon son niveau, permet d'éviter deux à trois fois plus d'émissions de CO2 que l'introduction du MTP1. Sous contraintes, c'est le phénomène inverse qui se produit. L'introduction du MTP1 permet d'éviter deux à trois fois plus d'émissions de CO2 que l'introduction d'une taxe carbone.

Le résultat intéressant sous contraintes est la synergie de la taxe carbone et du MTP1, c'est-à-dire leurs effets combinés comparés à leurs effets séparés. En effet, si le niveau de la taxe est trop faible, la synergie est négative (-0,31 point de pourcentage). Plus le niveau de la taxe augmente, meilleure est la synergie. Elle est proche de 0, mais positive pour un niveau moyen

(0,12 point de pourcentage). La synergie devient non négligeable et positive avec un niveau de taxe élevé (0,72 point de pourcentage).

Nous pouvons comparer nos résultats avec ceux de Hammadou & Papaix (2014). Dans leur papier, ils calculent les émissions de CO2 du transport de la ville de Lille en France, puis introduisent différentes politiques publiques. Ils comparent alors les résultats et constatent que les effets combinés des politiques publiques sont supérieurs à leurs effets séparés. Les effets ne sont donc pas additifs, mais synergiques. Nous pouvons dire qu'il en va de même avec l'introduction d'un nouveau mode de transport (comme décrit dans ce chapitre, situé entre le Vélo et le Véhicule Electrique) et l'introduction d'une taxe carbone élevée (comme décrite dans ce chapitre).

2.3.3. L'indice de satisfaction

Le tableau ci-dessous présente les variations de satisfaction par utilisateur suite à l'introduction du MTP1 et de la taxe carbone de niveau moyen. Une fois de plus, nous ne présentons pas les résultats sans contraintes puisque notre modèle nous donnerait logiquement 100% de satisfaction.

	Satisfaction Réelle	Sous contraintes	Avec Taxe Carbone	Avec MTP1	Taxe + MTP1
Marche à Pieds	84,92%	98,68%	***-0,02***	***+0,52***	***+0,46***
Transport en Commun	80,38%	87,92%	***-0,11***	***+3,50***	***+3,39***
Train	80,68%	85,78%	***+0,50***	***+5,74***	***+5,76***
Voiture Particulière	85,97%	95,31%	***-0,53***	***+0,82***	***+0,41***
Véhicule Electrique	75,15%	92,76%	***+1,61***	***+7,24***	***+7,24***
Autopartage	53,75%	79,22%	***+2,78***	***0,00***	***0,00***
Covoiturage Conducteur	87,73%	88,18%	***-0,29***	***+3,91***	***+3,48***
Covoiturage Passager	74,42%	85,23%	***-0,98***	***+3,52***	***+3,20***
Vélo	81,62%	95,54%	***+0,04***	***+2,11***	***+2,12***
Vélo en Libre-Service	81,25%	98,55%	***+0,33***	***0,00***	***+0,33***
Deux-Roues Motorisé	86,88%	90,91%	***-1,14***	***-0,62***	***-2,00***
Taxi	76,55%	94,06%	***-0,36***	***+1,87***	***+1,83***
MTP1				***+81,42***	***+81,35***
Moyenne	**84,70%**	**93,72%**	***-0,38***	***+0,74***	***+0,44***

Tableau 95 : Impacts de la taxe carbone et du nouveau mode de transport sur l'indice de satisfaction

Le tableau ci-dessus nous montre clairement l'effet négatif de la taxe carbone sur la satisfaction moyenne (-0,38 point de pourcentage) et l'effet positif de l'introduction d'un nouveau mode de transport (0,74 point de pourcentage). Au global, le MTP1 augmente davantage la satisfaction moyenne que la taxe carbone ne la diminue. L'effet global est une augmentation de 0,44 point de pourcentage. Si l'effet avait été additif, la satisfaction moyenne n'aurait augmenté que de 0,36 point de pourcentage. Les effets de la taxe carbone et du MTP1

sont donc synergiques et positifs concernant la satisfaction moyenne des individus. Si l'on approfondit notre analyse, nous constatons d'abord la faible satisfaction des utilisateurs du MTP1 à 81,42% sans taxe carbone. Cela est dû au fait que le mode de transport qu'ils utilisaient avant ces deux chocs était encore moins satisfaisant. Les effets combinés de ces deux chocs permettent à tous les utilisateurs d'augmenter leur satisfaction, sauf pour les utilisateurs de Deux-Roues Motorisé qui perdent 2 points de satisfaction. L'augmentation de satisfaction des utilisateurs du Vélo en Libre-Service et de la Voiture Particulière est négligeable. Ce sont les utilisateurs du Véhicule Electrique qui subissent la plus forte augmentation de satisfaction (+7,24 points de pourcentage). Viennent ensuite les utilisateurs du Train et des Transports en Commun, puis ceux du Covoiturage Conducteur et Passager et enfin les utilisateurs du Vélo. Nous constatons à travers la liste de ces modes de transports que ce sont tous des modes alternatifs à la Voiture Particulière.

La combinaison d'une taxe carbone qui impacte moyennement les perceptions et d'un nouveau mode de transport ayant les caractéristiques du MTP1 permet d'augmenter de manière non négligeable la satisfaction moyenne des individus. Malgré les effets moyens négatifs de la taxe carbone, celle-ci permet de rééquilibrer en partie les pourcentages de satisfaction entre les utilisateurs des modes carbonés et ceux des modes propres. Quant au MTP1, il répond aux attentes de certains individus et permet donc une allocation des parts modales qui augmente la satisfaction moyenne des individus.

Si nous voulons résumer les effets de l'introduction d'une taxe carbone et du MTP1, nous pouvons dire que la combinaison de ces deux chocs permet d'orienter les préférences des individus vers des alternatives à la Voiture Particulière. A cause de la taxe carbone, les reports modaux se portent principalement vers les modes propres. De plus, le MTP1 est un nouveau choix possible et il représente plus de 3,4% de parts modales théoriques sans contraintes. Pris avec le Véhicule Electrique, ils représentent à eux deux entre 8 et 11% des parts modales selon les contraintes d'accessibilité. Les individus ont donc, d'une part, plus de choix et d'autre part, une incitation à modifier leurs préférences modales vers des modes propres. Il en résulte donc une nouvelle répartition modale qui répond à un double objectif. Le premier est l'augmentation de la satisfaction moyenne des individus et le deuxième est la réduction des émissions totales de CO_2.

Afin d'être plus précis, nous pouvons dire que si les individus choisissent leur mode de transport préféré (maximisent leur satisfaction) sous contraintes d'accessibilité, l'introduction en parallèle d'une taxe carbone moyenne (telle que définie dans ce chapitre) et d'un nouveau

mode de transport (avec les caractéristiques du MTP1 et sans contraintes d'accessibilité) permet à court terme et dans les conditions d'accessibilité réelles, d'améliorer la satisfaction moyenne des individus de plus de 2% et de réduire les émissions de près de 14%.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par présenter les résultats de prédictibilité, d'explicativité et de reports modaux de notre modèle sans contraintes. L'intérêt de ce dernier réside dans la possibilité de comparer les choix réels aux choix si les individus utilisaient leur mode de transport préféré sans contrainte d'accessibilité. Dans un deuxième temps, nous avons ajouté un ensemble de contraintes à notre modèle afin de représenter les reports modaux possibles sous contraintes d'accessibilité (en situation réelle). De plus, nous avons ensuite testé la non prise en compte d'un ou de plusieurs attributs. Nous avons ensuite testé les différentes règles de décision des modèles non-compensatoires (lexicographique, disjonctif et conjonctif). Nous avons ainsi pu valider l'importance des attributs Efficacité et Simplicité dans le processus de choix modal à l'inverse du Coût dont les résultats sont plus ambigus. Nous enfin testé la présence d'effets de seuils de perceptions ainsi que celle d'une aversion pour l'incertitude. Il ressort qu'il existe bien un phénomène de seuil de perceptions ainsi qu'une certaine aversion pour l'incertitude.

Nous avons ensuite introduit deux types de chocs dans notre modèle sous et sans contraintes pour analyser leurs effets séparés et combinés sur les parts modales, les émissions de CO2 et la satisfaction des individus. Le premier type de choc est une taxe carbone dont nous avons testé trois niveaux d'impacts différents. Nous avons conclu que les reports modaux se faisaient effectivement vers les modes les moins polluants et engendraient donc une réduction des émissions de CO2. La satisfaction des individus quant à elle baisse un peu. L'ampleur de ces effets dépend de la valeur de la taxe carbone. Le deuxième choc est l'introduction d'un nouveau mode de transport positionné entre le Vélo et le Véhicule Electrique. Ce nouveau mode a pour conséquence d'attirer plus de 3% des parts modales sans contraintes d'accessibilité et plus de 10% sous contraintes. Il existe donc un potentiel non négligeable du MTP1. De plus, la satisfaction moyenne des individus augmente. Les effets combinés de ces deux chocs permettent au global un report modal des modes les plus carbonés vers les modes les plus propres et donc une baisse des émissions de CO2 non négligeable, ainsi qu'une augmentation moyenne de la satisfaction des individus. Nous constatons surtout que plus la taxe carbone a un impact négatif sur les perceptions des modes carbonés, plus les parts modales du MTP1

augmentent avec ou sans contraintes. En effet, nous constatons dans notre modèle sans contraintes une augmentation non négligeable des parts modales entre une situation avec une taxe carbone élevée et une situation avec une taxe carbone très élevée. En d'autres termes, sans taxe carbone, le MTP1 est le mode de transport préféré de 3,41% de la population française de plus de 18 ans. Le résultat marquant est que si la taxe carbone est trop faible, elle n'a presque aucun impact sur les parts modales du MTP1. En d'autres termes, lorsque l'on introduit une taxe carbone suffisamment élevée, le pourcentage d'individus dont le MTP1 est le mode de transport préféré augmente de manière non négligeable.

Enfin, nous avons présenté les extensions de notre modèle à travers la possibilité de modéliser des scénarios prospectifs en faisant varier les perceptions, les portefeuilles modaux, les attitudes et même les structures sociodémographique et géographique. Nous avons ainsi pu montrer la richesse des analyses possibles. Pour ce faire, nous avons pris pour exemples des phénomènes comportementaux ou structurels divers et variés qui sont possibles à modéliser tels l'intérêt croissant pour l'écologie, l'urbanisation ou le vieillissement de la population. La prise en compte de ces phénomènes est essentielle dans la construction de scénarios prospectifs riches et complexes. Afin de confirmer l'intérêt de notre modèle pour les décideurs publics, mais aussi pour les constructeurs et plus généralement les acteurs du secteur de la mobilité, nous avons montré que notre modèle n'était pas simplement prospectif, puisque nous pouvons aussi fixer des objectifs de parts modales, d'émissions de CO2 ou de satisfaction afin d'analyser les situations possibles qui permettent d'atteindre ces objectifs.

Conclusion générale

Nous rappelons ici les conclusions de nos différents chapitres à travers les résultats les plus intéressants puis nous ouvrons sur les pistes de recherche nouvelles de notre thèse.

Nous avons donc commencé par justifier l'intérêt du sujet des transports en développant leurs liens avec l'environnement, l'économie, la mobilité et enfin avec le choix modal. Nous avons conclu que la réponse à la question du choix modal réside dans une analyse plus fine de la demande sociétale à travers un outil économique adapté et à l'aune de la problématique environnementale. Après une brève revue de la littérature, nous avons finalement choisi de retenir le cadre d'analyse de Ben-Akiva & Boccara (1987) en utilisant le Processus d'Analyse Hiérarchique de Saaty (1977). Ce choix vient du fait de la flexibilité de cette méthodologie et de son degré de finesse d'analyse concernant la construction des préférences modales. Il est en effet judicieux d'utiliser un modèle flexible pour répondre à la complexité de la question du choix modal. Pour souligner cette complexité, nous avons présenté la typologie des motifs de déplacement que nous avons retenus dans cette thèse, puis celle des attributs et sous-attributs et enfin celle des modes de transports.

Dans le Chapitre 2 nous avons essayé d'expliquer au mieux le processus décisionnel du choix modal en utilisant la méthode AHP développée par Saaty (1977) dans le cadre comportemental développé par Ben-Akiva & Boccara (1987). En ce qui concerne la méthode AHP, nous avons utilisé la mesure relative pour quantifier les attitudes à l'égard du choix modal et la mesure absolue pour quantifier les perceptions des modes de transport. Il en résulte une hiérarchie des préférences que nous avons utilisées pour tester différents processus de choix modal, afin d'améliorer l'analyse de la structure de la demande de mobilité. L'objectif de ce cadre d'analyse est de modéliser des « chocs ». Différents types de chocs peuvent être étudiés en fonction de l'horizon temporel. Nous avons donc construit un cadre d'analyse très flexible qui nous permet de modéliser des changements de perceptions, d'attitudes, de portefeuille modal et même de structure sociodémographique.

Après avoir présenté notre méthodologie, nous avons élaboré un questionnaire afin de récolter les données adéquates. Dans un premier temps, nous avons défini exactement le type de données dont nous avions besoin dans notre modèle, ainsi que le périmètre géographique et sociodémographique de l'enquête et les critères de représentativité de l'échantillon. Dans un deuxième temps, nous avons sélectionné l'Institut de sondage qui nous a aidé à améliorer

l'ergonomie du questionnaire en nous permettant de le tester en condition réelle. Nous avons ensuite présenté les statistiques descriptives générales pour chacun des items puis nous avons souligné les résultats marquants (phénomène d'âge, de revenu, de localisation, etc.). Nous avons alors pu vérifier la cohérence de nos résultats, puis valider la qualité de nos données et par conséquent celle des réponses. Pour compléter ce traitement des données, nous avons réalisé un traitement économétrique qui nous a permis d'analyser la significativité des odds-ratios, ainsi que l'importance des effets marginaux concernant les perceptions et les attitudes. Il en ressort que les perceptions de l'Efficacité et de la Simplicité sont significatives quant au choix modal quel que soit le motif de déplacement ; s'ajoute à cela la perception du Coût concernant le motif Domicile-Travail. Pour terminer, la significativité des scores de préférences, ainsi que la prédictibilité du modèle nous ont assuré de la robustesse de nos résultats de préférences modales. Nous avons donc pu valider la pertinence de notre méthodologie et de nos typologies. De plus, nous avons récolté des données concernant la résistance au changement et l'engagement financier qui nous ont aidé à savoir quels les individus sont les plus susceptibles de changer de mode de transport.

Les constats faits précédemment nous ont été utiles pour modéliser la demande de mobilité. Nous avons donc commencé par présenter les résultats de prédictibilité, d'explicativité et de reports modaux de notre modèle sans contraintes. L'intérêt réside ici dans la possibilité de comparer les choix réels aux choix « utopiques », c'est-à-dire lorsque les individus utilisent leur mode de transport préféré sans contrainte d'accessibilité. Nous avons ensuite ajouté un ensemble de contraintes à notre modèle, afin de représenter les reports modaux possibles en situation « réelle » (sous contraintes d'accessibilité). Nous avons enfin testé la non prise en compte d'un ou plusieurs attributs, puis les différentes règles de décision des modèles non-compensatoires (lexicographique, disjonctif et conjonctif). Nous avons ainsi pu valider l'importance des attributs Efficacité et Simplicité dans le processus de choix modal, à l'inverse du Coût dont les résultats sont plus ambigus. Nous avons enfin testé la présence d'effets de seuils de perceptions, ainsi que celle d'une aversion pour l'incertitude. Il en ressort l'existence effective d'un phénomène de seuil de perceptions, ainsi qu'une certaine aversion pour l'incertitude.

Nous avons ensuite introduit deux types de chocs dans notre modèle sous et sans contraintes, afin d'analyser leurs effets séparés et combinés sur les parts modales, sur les émissions de CO2 et sur la satisfaction des individus. Le premier type de choc est une taxe carbone dont nous avons testé trois niveaux d'impacts différents sur les perceptions du Coût

des modes carbonés. Nous en avons conclu que les reports modaux se faisaient bien vers les modes les moins polluants et engendraient ainsi une réduction des émissions de CO2, mais que la satisfaction des individus baissait un peu. L'ampleur de ces effets dépend évidemment de l'ampleur des impacts sur les perceptions et donc du niveau de la taxe carbone. Il faut introduire une taxe carbone suffisamment élevée pour impacter significativement et positivement sur la baisse des émissions de gaz à effet de serre. Le deuxième choc est l'introduction d'un nouveau mode de transport positionné entre le Vélo et le Véhicule Electrique. Il se trouve être le mode de transport préféré de plus de 3% des individus sans contraintes et de plus de 10% des individus sous contraintes d'accessibilité. Cette nouvelle alternative de transport, telle que définie dans notre thèse, a donc un potentiel de parts modales non négligeable. De plus, son introduction permet d'augmenter la satisfaction moyenne des individus. Ensemble, l'introduction de la Taxe carbone et du nouveau mode de transport permettent au global un report modal des modes les plus carbonés vers les modes les plus propres et donc une baisse des émissions de CO2 non négligeable, ainsi qu'une augmentation moyenne de la satisfaction des individus. Nous constatons surtout que plus la Taxe carbone est élevée, plus les parts modales du nouveau mode de transport augmentent théoriquement avec et sans contraintes. En effet, nous constatons dans notre modèle sans contraintes une augmentation non négligeable des parts modales entre une situation avec une Taxe carbone élevée et une situation avec une Taxe carbone très élevée. Le pendant de ce résultat est que si la Taxe carbone est trop faible, elle n'a presque aucun impact. En résumé, lorsque l'on introduit une Taxe carbone suffisamment élevée, le pourcentage d'individus dont le nouveau mode de transport est le mode de transport préféré, augmente de manière non négligeable. L'effet additif du MTP1 et de la taxe carbone est alors supérieur à leurs effets séparés. Pour conclure, si l'objectif est et de réduire les émissions de CO2 dues au transport tout en maximisant la satisfaction des individus, notre modèle nous dit qu'une taxe carbone assez élevée incite à l'innovation et permet donc de faire émerger de nouveaux moyens de transports plus propres et mieux adaptés aux différentes attentes des individus. La question qui nous vient alors à l'esprit est : Existe-t-il alors une taxe carbone qui permet de déclencher une innovation majeure ? Et si oui, à quel niveau faut-il fixer cette taxe ?

Nous savons déjà que nous pouvons introduire un nouveau mode de transport dans notre modèle et analyser ses conséquences sur les reports modaux, les émissions de CO2 et la satisfaction des individus. Nous pouvons aussi introduire une taxe carbone dans notre modèle à travers un changement de perceptions. Plus généralement, nous pouvons modéliser des scénarios prospectifs. Un scénario prospectif est une trajectoire que l'on projette dans le futur.

Cette trajectoire est définie par un ensemble d'hypothèses cohérentes entre elles. Plusieurs ensembles d'hypothèses sont donc initialement définis. La prospective ne consiste pas à prévoir l'avenir, mais à balayer l'ensemble des futurs possibles et même impossibles. Notre modèle nous permet en effet de définir des ensembles d'hypothèses à travers la possibilité de faire varier les perceptions, les attitudes, les portefeuilles modaux, ainsi que la structure sociodémographique et géographique. De plus, la représentativité de notre échantillon, la flexibilité de notre modèle et la richesse de nos données nous permettent de cibler les individus qui subissent ces variations, c'est-à-dire selon leurs caractéristiques géographiques et sociodémographiques. Nous présentons donc dans cette partie des exemples de modélisations possibles sous l'angle du décideur public mais aussi sous l'angle d'un constructeur automobile. Le premier a pour objectifs principaux la réduction des émissions de CO2 et l'augmentation de la satisfaction des individus, le deuxième quant à lui vise surtout l'augmentation des parts modales.

Dans le chapitre 4, nous avons simulé un changement de perceptions découlant de l'introduction d'une taxe carbone. Sachant que tous les changements de perceptions sont possibles, nous pourrions penser à d'autres politiques publiques telles qu'une augmentation du nombre de pistes cyclables ou d'une réduction des vitesses dans les zones urbaines. Pour ce faire, nous pouvons changer les perceptions de l'Efficacité du Vélo ou de la Voiture Particulière des individus concernés. Nous pourrions aussi simuler un changement de perceptions du Confort des Transports en Commun dans une ville en particulier suite à un renouvellement du parc (nouveaux bus ou nouvelles rames de tramway plus confortables). Mettons-nous à présent sous l'angle du constructeur. Nous savons qu'il existe un phénomène d'automatisation et d'aide à la conduite des Voitures Particulières. Nous pouvons alors penser à moyen terme à une amélioration des perceptions de la Simplicité de la Voiture Particulière. Nous pouvons aussi prendre l'exemple d'une augmentation des performances des batteries du Véhicule Electrique ayant pour conséquence une amélioration des perceptions de l'Efficacité du Véhicule Electrique. Concernant ces deux exemples, notre modèle nous permet d'analyser leurs conséquences théoriques sur les parts modales et plus généralement sur la hiérarchie des préférences.

Grâce à notre enquête, nous connaissons le portefeuille modal des individus. De plus, les contraintes de notre modèle se portent sur l'accessibilité aux alternatives, c'est-à-dire au portefeuille modal. Nous pouvons donc simuler un changement de portefeuille modal afin d'analyser son effet sur les reports modaux théoriques. Pour simuler par exemple un nouveau

réseau ou une nouvelle ligne de Transports en Commun, il faut cibler les individus concernés, ajouter l'accessibilité aux Transports en Commun dans leur portefeuille modal et analyser les reports modaux théoriques sous contraintes. Ces résultats peuvent être intéressants en tant qu'outils d'aide à la décision. En effet, notre modèle permet ici de faire varier les contraintes d'accessibilité. Sous l'angle des constructeurs, nous pouvons penser à un phénomène de démotorisation, soit moins d'individus possédant une Voiture Particulière. Nous pouvons alors simuler la dépossession d'une Voiture Particulière pour une partie de la population (par exemple celle possédant d'autres choix possibles que la Voiture Particulière) et analyser les conséquences sur les reports modaux théoriques sous contraintes d'accessibilité. Cela pourrait permettre d'anticiper ce phénomène en analysant les alternatives sur lesquelles les individus se reporteront (selon notre modèle). Une deuxième application pourrait être l'analyse de la contrainte du permis de conduire. Notre modèle nous permet alors de connaître quels les individus choisiraient la Voiture Particulière s'ils avaient le permis de conduire.

Nous parlons ici de faire varier l'importance des attributs. Ce type de phénomène est plutôt lent. Nous nous situons donc dans des scénarios prospectifs de long terme. Arrêtons-nous sur l'attribut Image. Nous pouvons admettre que la Voiture Particulière était statutaire il y a quelques dizaines d'années encore et que ce phénomène tend à disparaître aujourd'hui. Cela explique probablement la dernière place de cet attribut dans la hiérarchie des attitudes. Malgré tout, sous un angle prospectif, les signaux faibles sont importants. Nous pensons par exemple au phénomène de prise de conscience écologique d'une certaine partie des individus qui donnent à l'attribut Image un autre sens, mais aussi de plus en plus d'importance. Que l'on se place sous l'angle du décideur public ou bien sous celui du constructeur, il n'en demeure pas moins intéressant de pouvoir prendre en compte un tel phénomène dans la construction de scénarios prospectifs.

Note modèle nous offre la possibilité de faire varier les attitudes. Celle-ci est fortement liée à cette partie puisque les attitudes dépendent principalement des caractéristiques sociodémographiques et géographiques des individus. Cette partie concerne la prospective de plus long terme. En effet, un changement de structure sociodémographique ou géographique est un phénomène très lent et progressif. Malgré tout, ce type de modélisation peut être intéressant tant sous l'angle du décideur public que sous celui du constructeur. Nous pensons principalement ici au phénomène de vieillissement de la population française. Afin de modéliser ce phénomène, nous pouvons par exemple changer les caractéristiques des individus les plus jeunes par celles des individus les plus âgés. Le constat pourrait être par exemple une

augmentation de l'importance de la Simplicité puisque c'est un attribut dont l'importance augmente avec l'âge. De plus, nos résultats attestent de sa significativité, sa prédictibilité et son explicativité. Il est donc dans l'intérêt des décideurs publics comme des constructeurs d'anticiper ce phénomène et ainsi d'insister sur le niveau perçu de la Simplicité du mode de transport qui leur incombe. Pour résumer, si nous acceptons le phénomène de vieillissement de la population, la perception que les individus ont de la Simplicité des modes de transport est essentielle afin d'anticiper à long terme les variations de préférences et donc de parts modales, d'émissions de CO2 et de satisfaction.

Nous pouvons aussi penser à modéliser des changements de structure géographique tel que le phénomène d'urbanisation. Dans ce cas, nous pouvons changer les caractéristiques des péri-urbains par celles des urbains. Nous intégrons alors la meilleure accessibilité des couronnes périurbaines aux différents services de transport, ainsi que le phénomène de démotorisation des urbains. Ainsi, nous pouvons anticiper sur les changements des préférences modales (dus aux changements d'attitudes) et de portefeuille modal (démotorisation) des périurbains. Notre modèle nous permet aussi d'analyser leurs reports modaux sous contraintes si les zones périurbaines concernées se transforment effectivement en zones urbaines.

Si l'on réfléchit à plus long terme, il n'est pas aberrant de faire l'hypothèse que les parts modales de l'Autopartage augmenteront grâce au phénomène « de la possession à l'usage ». En effet, les individus veulent de moins en moins payer pour posséder leur mode de transport, mais plutôt pour le service rendu par l'usage de ce mode. Nous savons que notre modèle nous permet de modéliser des scénarios prospectifs, mais nous avons besoin ici de réaliser une modélisation à rebours. Au lieu de modifier les hypothèses initiales et d'analyser leurs effets sur les parts modales, les émissions de CO2 ou la satisfaction, la modélisation à rebours consiste à définir des objectifs de parts modales, d'émissions de CO2 ou de satisfaction et à analyser les hypothèses qui permettent d'atteindre ces objectifs. Sachant que notre modèle nous permet de faire varier les perceptions des attributs de l'Autopartage, si nous nous mettons à la place d'un décideur public, nous pouvons savoir quelles devraient être les caractéristiques perçues de l'offre d'Autopartage pour que les reports modaux vers celui-ci permettent de réduire de X% les émissions de CO2 ou d'augmenter la satisfaction de X%. Côté constructeur, nous pouvons faire de même pour que le score de préférence de l'Autopartage soit supérieur à celui de la Voiture Particulière et ainsi capter un marché potentiel avant ses concurrents. Le constructeur pourra alors proposer une offre d'Autopartage en connaissant les niveaux de perceptions à atteindre en fonction de ses objectifs de parts modales. Plus généralement, que l'on se place

sous l'angle du décideur public ou du constructeur, notre modèle nous donne le choix entre trois objectifs possibles : augmenter les parts modales d'un mode en particulier, diminuer les émissions de CO2 ou augmenter la satisfaction des individus. De plus, notre modèle permet d'introduire un ou plusieurs modes de transport en choisissant leurs caractéristiques à priori. De ce fait, nous pouvons tester l'introduction de différents modes de transport combinés à différents changements de perceptions, d'attitudes, de portefeuilles modaux, de structure sociodémographique ciblés en fonction des différentes caractéristiques sociodémographiques et géographiques des individus afin d'atteindre l'objectif défini parmi les trois possibles.

Malgré le fait que notre modèle ne capte pas tout, nous soulignons ici la richesse des modélisations possibles à travers plusieurs exemples tels que l'intérêt croissant pour l'écologie, l'urbanisation ou le vieillissement de la population. La prise en compte de ces phénomènes comportementaux ou structurels est essentielle dans la construction de scénarios prospectifs de qualité. Afin de confirmer l'intérêt de notre modèle pour les décideurs publics, mais aussi pour les constructeurs et plus généralement les acteurs du secteur de la mobilité, nous avons montré que notre modèle n'était pas simplement prospectif, puisque nous pouvons aussi fixer des objectifs de parts modales, d'émissions de CO2 ou de satisfaction, ceci afin d'analyser les situations possibles qui permettent d'atteindre ces objectifs. Pour aller plus loin, il serait aussi intéressant d'appliquer notre modèle à la mobilité exceptionnelle, la mobilité longue distance, ainsi que la mobilité professionnelle. Nous pouvons aussi penser à diffuser l'enquête dans différents pays afin d'analyser les différences d'attitudes et de perceptions de l'offre existante. En effet, l'apport principal de notre modèle est de capter l'écart qui existe entre les attentes individuelles et l'offre existante avec et sans contraintes d'accessibilité.

Bibliographie

Anable, J, Gatersleben, B. (2005) "*all work and no play? the role of instrumental and affective factors in work and leisure journeys by different travel modes*." Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 39, Issues 2-3: 163-181.

Afsa Essafi, C. "*Les modèles logit polytomiques non ordonnés: théorie et applications"*, Série des Documents de Travail Méthodologie Statistique de l'INSEE N°0301

Ajzen, Icek. (1991) "*The Theory of Planned Behavior."* Organizational Behavior and Human Decision Processes, Theories of Cognitive Self-Regulation, 50, no. 2 : 179–211. doi:10.1016/0749-5978(91)90020-T.

Andersson, Julius (2017), "*Cars, carbon taxes and CO2 emissions*" GRI Working Papers 212, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.

Arentze, Theo A., and Eric J. E. Molin. (2013) "*Travelers' Preferences in Multimodal Networks: Design and Results of a Comprehensive Series of Choice Experiments*." Transportation Research Part A: Policy and Practice 58 : 15–28. doi:10.1016/j.tra.2013.10.005.

Banai-Kashani, Reza. (1989) "*Discrete Mode-Choice Analysis of Urban Travel Demand by the Analytic Hierarchy Process*." Transportation 16, no. 1: 81–96. doi:10.1007/BF00223047.

Bekhor, Shlomo, and Yoram Shiftan. (2010) "*Specification and Estimation of Mode Choice Model Capturing Similarity between Mixed Auto and Transit Alternatives*." Journal of Choice Modelling 3, no. 2 : 29–49. doi:10.1016/S1755-5345(13)70034-4.

Ben-Akiva, Moshe E., and Steven R. Lerman. (1985) "*Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*." MIT Press.

Ben-Akiva, M. and B. Boccara. (1987) "*Integrated Framework for Travel Behavior Analysis"*. IATBR Conference, Aix-en-Provence, France.

Ben-Akiva, Moshe, and Bruno Boccara. (1995) "*Discrete Choice Models with Latent Choice Sets.*" International Journal of Research in Marketing, Consideration sets, 12, no. 1 : 9–24. doi:10.1016/0167-8116(95)00002-J.

Ben-Akiva, Moshe, Joan Walker, Adriana T. Bernardino, Dinesh A. Gopinath, Taka Morikawa, and Amalia Polydoropoulou. (1999) "*Integration of Choice and Latent Variable Models*." ResearchGate. doi:10.1016/B978-008044044-6/50022-X.

Bliemer, Michiel C. J., John M. Rose, and David A. Hensher. (2009) "*Efficient Stated Choice Experiments for Estimating Nested Logit Models.*" Transportation Research Part B: Methodological 43, no. 1 : 19–35. doi:10.1016/j.trb.2008.05.008.

Bois, Hugo (2016) « *A new behavioral framework to analyze preference construction and decision processes within the modal c*hoice", Climate Economic Chair Working Papers series, no. 2016-08.

Bonnel, Patrick, (1995). "*Urban car policy in Europe*" Transport Policy, Elsevier, vol. 2(2), pages 83-95, April.

Marcel Boiteux, and Luc Baumstark. (2001) « *Transports: choix des investissements et coût des nuisances*. » La Documentation Française.

Boskin M.J. (1974) « *A Conditional Logit Model of Occupational Choice*», Journal of Political Economy, Vol. 82, Issue 2, Part 1, March-April.

Bowman, J. L, and M. E Ben-Akiva. (2001) "*Activity-Based Disaggregate Travel Demand Model System with Activity Schedules.*" Transportation Research Part A: Policy and Practice 35, no. 1 : 1–28.

Braun Kohlova, Marketa. (2009) "*Everyday Travel Mode Choice and Its Determinants: Trip Attributes versus Lifestyle*" Benátky edition.

Brisbois, Xavier. (2011) "*Le processus de décision dans le choix modal : importance des déterminants individuels, symboliques* et cognitifs." Phd thesis, Université Pierre Mendès-France - Grenoble II.

Broberg, Anna, and Satu Sarjala. (2015) "*School Travel Mode Choice and the Characteristics of the Urban Built Environment: The Case of Helsinki, Finland.*" Transport Policy 37 : 1–10. doi:10.1016/j.tranpol.2014.10.011.

CEMT, 1963, « *Résolution n°14 sur le bruit de la circulation urbaine* », novembre, Paris.

Cervero, Robert, Aaron Golub, and Brendan Nee. (2007) "*City CarShare: Longer-Term Travel Demand and Car Ownership Impacts.*" Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, no. 1992.

Chatterjee, S., & Hadi, A. S. (2012). *Regression analysis by example* (5th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Chee, Wei Loon, and Jacqueline Liza Fernandez. (2013) "Factors That Influence the Choice of Mode of Transport in Penang: A Preliminary Analysis." Procedia - Social and Behavioral Sciences, PSU-USM International Conference on Humanities and Social Sciences, 91 : 120–27.

Cohen de Lara, D. Dron, (1995) « *Pour une politique soutenable des transports* », Rapport au ministre de l'environnement, La Documentation Française, rapports officiels.

Commins, Nicola, and Anne Nolan. (2011) "*The Determinants of Mode of Transport to Work in the Greater Dublin Area*." Transport Policy 18, no. 1 : 259–68. doi:10.1016/j.tranpol.2010.08.009.

Crozet, Y. (2005) "*Le temps et les transports de voyageurs"*, European Conference of Ministers of transport, round table 127 on transport economics, OECD/ECMT, CEMT. Belgium.

Crozet, Yves, and Lopez-Ruiz Hector G (2013) "*Macromotives and Microbehaviors: Climate Change Constraints and Passenger Mobility Scenarios for France*." Transport Policy 29: 294–302. doi:10.1016/j.tranpol.2012.07.002.

Crozet, Yves (2016) "*Hyper-mobilité et politiques publiques. Changer d'époque ? »*, Economica, 2016

Danaf, Mazen, Maya Abou-Zeid, and Isam Kaysi. (2014) "*Modeling Travel Choices of Students at a Private, Urban University: Insights and Policy Implications.*" Case Studies on Transport Policy 2, no. 3: 142–52. doi:10.1016/j.cstp.2014.08.006.

Daziano, Ricardo A., and Luis Ignacio Rizzi. (2015) "*Analyzing the Impact of a Fatality Index on a Discrete, Interurban Mode Choice Model with Latent Safety, Security, and Comfort*." Safety Science 78: 11–19. doi:10.1016/j.ssci.2015.04.008.

De Perthuis, C « *Négociation climatique: cesser la course d'escargots grâce au prix du Carbone »*, online publication, December 2015

Diana, Marco. (2010) "*From Mode Choice to Modal Diversion: A New Behavioural Paradigm and an Application to the Study of the Demand for Innovative Transport Services.*" Technological Forecasting and Social Change 77, no. 3 : 429–41.

Bavoux Jean-Jacques, Francis Beaucire, Laurent Chapelon, Pierre Zembri (2005), « *Géographie Des Transports* », Paris, Éd. Armand Colin.

Domencich, T. A., and D. McFadden. (1975) "*Urban travel demand - A behavioral analysis*"

Dupuy C., Burmeister A. (2004), « *Entreprises et territoires. Les nouveaux enjeux de la proximité*. » In: Annales de Géographie, t. 113, n°640, 2004. p. 654.

Efthymiou, Dimitrios, Constantinos Antoniou, and Paul Waddell. (2013) "*Factors Affecting the Adoption of Vehicle Sharing Systems by Young Drivers.*" Transport Policy 29 : 64–73. doi:10.1016/j.tranpol.2013.04.009.

Espino, Raquel, Juan de Dios Ortúzar, and Concepción Román. (2007) "*Understanding Suburban Travel Demand: Flexible Modelling with Revealed and Stated Choice Data."* Transportation Research Part A: Policy and Practice 41, no. 10: 899–912. doi:10.1016/j.tra.2007.03.002.

Easterly, W. and Rebelo, S. (1993) « *Fiscal Policy and Economic Growth: An Empirical Investigation.* » Journal of Monetary Economics, 32, 417-458. http://dx.doi.org/10.1016/0304-3932(93)90025-B

Farag, Sendy, and Glenn Lyons. (2012) "*To Use or Not to Use? An Empirical Study of Pre-Trip Public Transport Information for Business and Leisure Trips and Comparison with Car Travel.*" Transport Policy, URBAN TRANSPORT INITIATIVES, 20 : 82–92. doi:10.1016/j.tranpol.2011.03.007.

Foerster, James F. (1979) "*Mode Choice Decision Process Models: A Comparison of Compensatory and Non-Compensatory Structures*." Transportation Research Part A: General 13, no. 1: 17–28. doi:10.1016/0191-2607(79)90083-9.

Forward, S. (1998) "*Behavioural factors affecting modal choice*" ADONIS. Swedish National Road and Transport Research Institute, Sweden

Franek, Jiří, et Aleš Kresta. (2014) "*Judgment Scales and Consistency Measure in AHP*." Procedia Economics and Finance, 17th International Conference Enterprise and Competitive Environment 2014, 12: 164–73. doi:10.1016/S2212-5671(14)00332-3.

Garling, T., Eek, D., Loukopoulos, P., Fujii, S., Johansson-Stenman, O., Kitamura, R., Pendyala, R., Vilhelmson, B., (2002). « *A conceptual analysis of the impact of travel demand management on private car use.* » Transport Policy 9, 59–70.

Gensch, D. H., and R. G. Javalgi. (1987) "*The Role of Sequential Processing Models in Marketing Research*." Mathematical Modelling 9, no. 12: 869–82. doi:10.1016/0270-0255(87)90005-4.

Georgescu-Roegen, N. (1936) "*The Pure Theory of Consumers Behavior*." The Quarterly Journal of Economics 50, no. 4: 545–93. doi:10.2307/1891094.

Georgescu-Roegen, Nicholas. (1958) "*Threshold in Choice and the Theory of Demand*." Econometrica 26, no. 1: 157–68. doi:10.2307/1907389.

Gilbert, Gorman, and James F. Foerster. (1977) "*The Importance of Attitudes in the Decision to Use Mass Transit*." Transportation 6, no. 4: 321–32. doi:10.1007/BF00148797.

Gilbride, Timothy J., and Greg M. Allenby. (2004) "*A Choice Model with Conjunctive, Disjunctive, and Compensatory Screening Rules*." Marketing Science 23, no. 3: 391–406. doi:10.1287/mksc.1030.0032.

Grange, Louis de, Enrique Fernández, and Joaquín de Cea. "*A Consolidated Model of Trip Distribution.*" Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review 46, no. 1 (January 1, 2010): 61–75. doi:10.1016/j.tre.2009.06.001.

Hammadou, Hakim, and Papaix, Claire. (2015) "*Policy Packages for Modal Shift and CO2 Reduction in Lille, France*." Transportation Research Part D: Transport and Environment 38: 105–16. doi:10.1016/j.trd.2015.04.008.

Hasiak, Sophie, Fabrice Hasiak, and Aymeric Egea. (2016) "*Coach and Train: Differences in Individuals Perception of These Modes*." Transportation Research Procedia, Transport Research Arena TRA2016, 14: 1706–15. doi:10.1016/j.trpro.2016.05.136.

Hauser, John R., Min Ding, and Steven Gaskin. (2009) "*Non-Compensatory (and Compensatory) Models of Consideration-Set Decisions*," Sawtooth Software Conference Spring.

Heinen, Eva, Bert van Wee, and Kees Maat. (2009) "*Commuting by Bicycle: An Overview of the Literature*." Transport Reviews. doi:10.1080/01441640903187001.

Hennessy, D. A., & Wiesenthal, D. L. (1999). "*Traffic congestion, driver stress, and driver aggression*." Aggressive Behavior, 25, 409-423.

Hennessy, D. A., & Wiesenthal, D. L. (1997). "*The relationship between traffic congestion, driver stress, and direct versus indirect coping behaviour*." Ergonomics, 40, 348-361.

Hensher, David A., Peter Stopher, and Philip Bullock. (2003) "*Service Quality—developing a Service Quality Index in the Provision of Commercial Bus Contracts.*" Transportation Research Part A: Policy and Practice 37, no. 6 : 499–517. doi:10.1016/S0965-8564(02)00075-7.

Héran, F. (2001) "*La reduction de la dépendance automobile*." Cahiers Lillois de Sociologie, n°37.

Hole, Arne Risa. (2011) "*A Discrete Choice Model with Endogenous Attribute Attendance."* Economics Letters 110, no. 3: 203–5. doi:10.1016/j.econlet.2010.11.033.

Ianoco, Michael, Kevin Krizek, and Ahmed M El-Geneidy. (2008) "*Access to Destinations: How Close Is Close Enough? Estimating Accurate Distance Decay Functions for Multiple Modes and Different Purposes,*".

Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (2005) - *Actes des Journées de Méthodologie Statistique 2005*

Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (2008) – *Enquête National Transports Déplacements 2007-2008*

Ji, P., and R. Jiang. (2003) "*Scale Transitivity in the AHP."* The Journal of the Operational Research Society 54, no. 8: 896–905.

Johnson, Marilyn, and Geoff Rose. (2015) "*Extending Life on the Bike: Electric Bike Use by Older Australians.*" Journal of Transport & Health 2, no. 2: 276–83. doi:10.1016/j.jth.2015.03.001.

Joignaux, Guy, and Jérôme Verny. (2012) "*Le découplage entre transport de marchandises et croissance : organisations productives, localisations et demande de transport*" Revue d'Économie Régionale & Urbaine décembre, no. 5: 779–91.

Jou, Rong-Chang, and Tzu-Ying Chen. (2014) "*Factors Affecting Public Transportation, Car, and Motorcycle Usage*." Transportation Research Part A: Policy and Practice 61: 186–98. doi:10.1016/j.tra.2014.02.011.

Kahneman, Daniel. (2011) « *Thinking, Fast and Slow*. » New York: Farrar, Straus and Giroux.

Katzev, R. (2003) « *Car Sharing: A New Approach to Urban Transportation Problems.* » Analyses of Social Issues and Public Policy, 3(1): 65–86.

Keho Yaya. (2005). « *Efficacité macroéconomique du crédit bancaire en Côte d'Ivoire* », Document de travail n°118, CAPEC, Côte d'Ivoire.

Koppelman, Frank S., and Chandra Bhat. (2006) "*A Self Instructing Course in Mode Choice Modeling: Multinomial and Nested Logit Models.*".

Kroes, E.P. and Sheldon, R.J. (1988) "*Stated preference methods: an introduction*", Journal of Transport Economics and Policy, 22 (1) 11-25.

Kroesen, Maarten. (2017) "*To What Extent Do E-Bikes Substitute Travel by Other Modes? Evidence from the Netherlands.*" Transportation Research Part D: Transport and Environment 53 : 377–87. doi:10.1016/j.trd.2017.04.036.

Lagarde, Mylene. (2013) "*Investigating Attribute Non-Attendance and Its Consequences in Choice Experiments with Latent Class Models*." Health Economics 22, no. 5: 554–67. doi:10.1002/hec.2824.

Lancaster, Kelvin J. (1966) "*A New Approach to Consumer Theory."* Journal of Political Economy 74.

Malecki, Andrew M. (1978) "*Perceived and Actual Costs of Operating Cars*." Transportation 7, no. 4 : 403–15. doi:10.1007/BF00168039.

Marcel Hunecke, Haustein, Sonja, Sylvie Grischkat, and Susanne Böhler. (2010) "*Attitude-Based Target Groups to Reduce the Ecological Impact of Daily Mobility Behavior*." Journal of Environmental Psychology 42, no. 1. doi:10.1177/0013916508319587.

McFadden D. (1968) « *The Revealed Preferences of a Government Bureauc racy* », Economic Growth Project, Technical Report n° 17, Berkeley (1968)

Mokhtarian Patricia L. (2005) "*Travel as a Desired End, not Just a Means* » Guest editorial, special issue on the Positive Utility of Travel, Transportation Research A 39A (2&3), 93-96.

Morikawa, Taka, Ben-Akiva, Moshe and McFadden, Daniel. (2002) "*Discrete Choice Models Incorporating Revealed Preferences and Psychometric Data*." In Advances in Econometrics, 16:29–55. Emerald Group Publishing Limited. doi:10.1016/S0731-9053(02)16003-8.

Nayum, Alim, and Christian A. Klöckner. (2014) "*A Comprehensive Socio-Psychological Approach to Car Type Choice."* Journal of Environmental Psychology 40 : 401–11. doi:10.1016/j.jenvp.2014.10.001.

Obermeyer, Andy, Martin Treiber, and Christos Evangelinos. (2015) "*On the Identification of Thresholds in Travel Choice Modelling.*" Journal of Choice Modelling 17: 1–9. doi:10.1016/j.jocm.2015.12.001.

Oreg, S. (2003) "*Resistance to change: Developing an individual differences measure."* Journal of Applied Psychology, 88(4): 680-693. doi: 10.1037/0021-9010.88.4.680

Ory, David T., and Patricia L. Mokhtarian. (2005) "*When Is Getting There Half the Fun? Modeling the Liking for Travel.*" Transportation Research Part A: Policy and Practice, Positive Utility of Travel Positive Utility of Travel, 39, no. 2–3: 97–123. doi:10.1016/j.tra.2004.09.006.

Paulley, Neil, Richard Balcombe, Roger Mackett, Helena Titheridge, John Preston, Mark Wardman, Jeremy Shires, and Peter White. (2006) "*The Demand for Public Transport: The Effects of Fares, Quality of Service, Income and Car Ownership."* Transport Policy, Innovation and Integration in Urban Transport Policy, 13, no. 4: 295–306. doi:10.1016/j.tranpol.2005.12.004.

Plazier, Paul A., Gerd Weitkamp, and Agnes E. van den Berg. (2017) "*The Potential for E-Biking among the Younger Population: A Study of Dutch Students.*" Travel Behaviour and Society 8 : 37–45. doi:10.1016/j.tbs.2017.04.007.

Politis, Ioannis, Panagiotis Papaioannou, and Socrates Basbas. (2012) "*Integrated Choice and Latent Variable Models for Evaluating Flexible Transport Mode Choice."* Research in Transportation Business & Management, Flexible Transport Services, 3: 24–38.

Prillwitz, Jan, and Stewart Barr. (2011) "*Moving towards Sustainability? Mobility Styles, Attitudes and Individual Travel Behaviour."* Journal of Transport Geography, Special section on Alternative Travel futures, 19, no. 6 : 1590–1600. doi:10.1016/j.jtrangeo.2011.06.011.

Quinet, Alain (2009) "*La valeur tutélaire du carbone*", la Documentation Française rapport n°16.

Raux, Charles, and Stéphanie Souche. (2001) *"L'acceptabilité Des Changements Tarifaires Dans Le Secteur Des Transports : Comment Concilier Efficacité et Équité ?"* Post-Print. HAL.

Recker, Wilfred W., and Thomas F. Golob. (1979) "*A Non-Compensatory Model of Transportation Behavior Based on Sequential Consideration of Attributes*." Transportation Research Part B: Methodological 13, no. 4: 269–80. doi:10.1016/0191-2615(79)90019-5.

Redman, Lauren, Margareta Friman, Tommy Gärling, and Terry Hartig. (2013) "*Quality Attributes of Public Transport That Attract Car Users: A Research Review*." Transport Policy 25: 119–27. doi:10.1016/j.tranpol.2012.11.005.

Rocci, Anais. (2007) "*De l'automobilité à la multimodalité ? Analyse sociologique des freins et leviers au changement de comportements vers une réduction de l'usage de la voiture le cas de la région parisienne et perspective internationale*." Université de Paris 5 – René Descartes

Rubens, L., P. Gosling, and A. Moch. (2011) "*Favoriser Le Report Modal : Connaître Les Raisons Liées Au Choix D'un Mode de Déplacement Pour Le Changer*." Pratiques Psychologiques, Psychologie environnementale, 17, no. 1: 19–29. doi:10.1016/j.prps.2009.12.002.

Saaty, Thomas L. (1977) "*A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures.*" Journal of Mathematical Psychology 15, no. 3: 234–81. doi:10.1016/0022-2496(77)90033-5.

Saaty, Thomas L. (1986) "*Absolute and Relative Measurement with the AHP. The Most Livable Cities in the United States*." Socio-Economic Planning Sciences, Special Issue The Analytic Hierarchy Process, 20, no. 6: 327–31. doi:10.1016/0038-0121(86)90043-1.

Saaty, R. W. (1987) "*The Analytic Hierarchy Process—what It Is and How It Is Used.*" Mathematical Modelling 9, no. 3–5: 161–76. doi:10.1016/0270-0255(87)90473-8.

Saaty, T. L., and M. S. Ozdemir. (2003) "*Why the Magic Number Seven plus or Minus Two*." Mathematical and Computer Modelling 38, no. 3–4: 233–44. doi:10.1016/S0895-7177(03)90083-5.

Saaty, Thomas L. (2003) "*Decision-Making with the AHP: Why Is the Principal Eigenvector Necessary*." European Journal of Operational Research 145, no. 1: 85–91. doi:10.1016/S0377-2217(02)00227-8.

Saaty, Thomas L. (2008) "*Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*." International Journal of Services Sciences 1, no. 1: 83–98. doi:10.1504/IJSSci.2008.01759.

Schmidt P., Strauss R.P. (1975) « *The Prediction of Occupation Using Multiple Logit Models* », International Economic Review, Vol.16, n° 2.

Service de l'observation et des statistiques (SOeS) « *Chiffres clés du transport* » – édition 2017.

Shaheen, Susan A., Nelson D. Chan, and Teresa Gaynor. (2016) "*Casual Carpooling in the San Francisco Bay Area: Understanding User Characteristics, Behaviors, and Motivations.*" Transport Policy, Transit Investment and Land Development. Edited by Xinyu (Jason) Cao and Qisheng Pan &Shared Use Mobility Innovations. Edited by Susan Shaheen, 51 : 165–73. doi:10.1016/j.tranpol.2016.01.003.

Shiftan, Y., and S. Bekhor (2002) « *Investigating individual's perception of auto travel cost*. » International Journal of Transport Economics 29, no. 2. https://trid.trb.org/view/723181.

Singleton, Patrick. "*A Theory of Travel Decision-Making with Applications for Modeling Active Travel Demand*." Dissertations and Theses, December 4, 2013. doi:10.15760/etd.1493.

Soltanzadeh, Hamid, and Houshmand E. Masoumi. (2014) "*The Determinants of Transportation Mode Choice in the Middle Eastern Cities: The Kerman Case, Iran.*" Tema. Journal of Land Use, Mobility and Environment 7, no. 2: 199–222.

Souche, Stéphanie. (2010) "*Measuring the Structural Determinants of Urban Travel Demand.*" Transport Policy 17, no. 3: 127–34. doi:10.1016/j.tranpol.2009.12.003.

Srdjevic, Bojan, Zorica Srdjevic, and Bosko Blagojevic. (2014) "*First-Level Transitivity Rule Method for Filling in Incomplete Pair-Wise Comparison Matrices in the Analytic Hierarchy Process.*" Department of Water Management, Faculty of Agriculture, University of Novi Sad, no. 2: 459–67. doi:http://dx.doi.org/10.12785/amis/080202.

St-Louis, Evelyne, Kevin Manaugh, Dea van Lierop, and Ahmed El-Geneidy. (2014) "*The Happy Commuter: A Comparison of Commuter Satisfaction across Modes*." Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 26, Part A: 160–70. doi:10.1016/j.trf.2014.07.004.

Susilo, Yusak O., and Oded Cats. (2014) "*Exploring Key Determinants of Travel Satisfaction for Multi-Modal Trips by Different Traveler Groups.*" Transportation Research Part A: Policy and Practice 67: 366–80. doi:10.1016/j.tra.2014.08.002.

Swait, Joffre. (2001) "*A Non-Compensatory Choice Model Incorporating Attribute Cutoffs*." Transportation Research Part B: Methodological 35, no. 10: 903–28. doi:10.1016/S0191-2615(00)00030-8.

Swait, Joffre, and Moshe Ben-Akiva. (1987) "*Empirical Test of a Constrained Choice Discrete Model: Mode Choice in São Paulo, Brazil.*" Transportation Research Part B: Methodological 21, no. 2: 103–15. doi:10.1016/0191-2615(87)90010-5.

Swait, Joffre, and Moshe Ben-Akiva. (1987) "*Incorporating Random Constraints in Discrete Models of Choice Set Generation*." Transportation Research Part B: Methodological 21, no. 2: 91–102.

Tabaka, Kamila, Vincent Kaufmann, Jean-Marie Guidez, and Nicolas Louvet. (2010) "*Et si les Français n'avaient plus seulement une voiture dans la tête ?*"

Temme, Dirk, Marcel Paulssen, and Till Dannewald. (2008) "*Incorporating Latent Variables into Discrete Choice Models - A Simultaneous Estimation Approach Using SEM Software.*" BuR - Business Research 1, no. 2.

The Shift Project, (2017) « *Moins de Carbone, plus de lien : DéCarboner la mobilité dans les zones de moyenne densité* »

Theil H., (1969) «*A Multinomial Extension of the Linear Logit Model*», International Economic Review, Vol. 10, Issue 3.

Thøgersen, J. and Ölander, F. (2006) *« The Dynamic Interaction of Personal Norms and Environment-Friendly Buying Behavior: A Panel Study »*. Journal of Applied Social Psychology, 36: 1758–1780. doi:10.1111/j.0021-9029.2006.00080.x

Tversky, Amos, and Eldar Shafir. (2004) "*Preference, Belief, and Similarity: Selected Writings*". MIT Press.

Tybout, Alice M., John R. Hauser, and Frank S. Koppelman. (1978) "*Consumer Oriented Transportation Planning: An Integrated Methodology For Modeling Consumer Perceptions, Preference and Behavior."*

Urry, John. (2004) "*The 'System' of Automobility."* Theory, Culture & Society 21, no. 4–5: 25–39.

Van, Hong Tan, Kasem Choocharukul, and Satoshi Fujii. (2014) "*The Effect of Attitudes toward Cars and Public Transportation on Behavioral Intention in Commuting Mode choice—A Comparison across Six Asian Countries.*" Transportation Research Part A: Policy and Practice 69: 36–44. doi:10.1016/j.tra.2014.08.008.

Van Ittersum, Koert, Joost M. E. Pennings, Brian Wansink, and Hans C. M. van Trijp. (2007) "*The Validity of Attribute-Importance Measurement: A Review*." Journal of Business Research 60, no. 11: 1177–90. doi:10.1016/j.jbusres.2007.04.001.

Vleugels, I., Steenbergen, T., Vande Walle, S., Cornélis, E. (2005) *"Déterminants des choix modaux dans les chaînes de déplacements",* plan d'appui scientifique à une politique de développement durable, Suisse

Walsh, Michael P. (1993). "*Highway Vehicle Activity Trends and Their Implications for Global Warming: The United States in an International Context*,". In Transportation and Global Climate Change, Edited by American Council for an Energy-Efficient Economy.

Wardman, Mark. (2004) "*Public Transport Values of Time*." Transport Policy 11, no. 4: 363–77.

Young, W. (1986) "*The role of thresholds in transport choice*." Behavioural Research for Transport Policy, 153–170.

Liste des figures

Figure 1 : La logique modale schématisée (Rocci, 2007) 19
Figure 2 : Typologie et structure des attributs 30
Figure 3: Conceptual framework 49
Figure 4: Behavioral framework for choice models with latent variables 50
Figure 5: Global conceptual framework for choice mode with AHP method 53
Figure 6 : Structure of attributes 56
Figure 7: AHP scales in absolute measurement 63
Figure 8: Conjunctive rule 66
Figure 9: Disjunctive rule 67
Figure 10: Lexicographic rule 68
Figure 11: Indice de satisfaction moyen en fonction du nombre de modes de transport disponibles 95
Figure 12 : Sensibilité et spécificité en fonction du seuil pour le motif Domicile-Travail 112
Figure 13 : Courbe de prédictibilité moyenne en fonction du niveau hiérarchique de l'alternative choisie 117
Figure 14 : Positionnement du Vélo, du MTP1 et du Véhicule Electrique 143

Liste des tableaux

Tableau 1 : Comparaisons entre les attributs Hasiak (2016) et notre enquête 29
Table 2 : Typologie of activities 54
Table 3 : Typology of transportation modes 54
Table 4 : Typology of attributes 55
Table 5 : Saaty's AHP scale (Saaty, 1977) 57
Table 6 : Matrix of attitudes 58
Table 7 : Saaty's matrix with priority vector 58
Table 8 : Scales' correspondence 60
Table 9 : Absolute measurement correspondence between verbal an arithmetic scales 61
Table 10 : Perfectly consistent and transitive matrix for absolute measurement on a 1-9 scale 62
Table 11 : Matrix of perception 63
Table 12 : Preferences' construction 63
Tableau 13 : Construction des géotypes 77
Tableau 14 : Matrice de représentativité 79
Tableau 15 : Résultats des ratios de cohérence par motif 81
Tableau 16 : Fréquences par motif 83
Tableau 17 : Durées par motif 84
Tableau 18 : Distances par motif 84
Tableau 19 : Résultats des Attitudes 85
Tableau 20 : Résultats des Perceptions 87
Tableau 21 : Comparatif des perceptions entre Kaufman (2010) et notre enquête 88
Tableau 22 : Comparatif des perceptions entre Hasiak (2016) et notre étude 89
Tableau 23 : Résultats des Préférences 89
Tableau 24 : Résultats du Portefeuille Modal 90
Tableau 25 : Résultats des Choix 91
Tableau 26 : Résultats des Occupations 92
Tableau 27 : Résultats concernant l'Immobilité 93
Tableau 28 : Résultats de la Propension au changement 93
Tableau 29 : Résultats de l'Indice de Satisfaction 94
Tableau 30 : Regroupement des alternatives 97

Tableau 31 : Evènements par motif et par mode après regroupement 97
Tableau 32 : Relative-risk-ratio des attitudes pour le motif Domicile-Travail 99
Tableau 33 : Relative-risk-ratio des attitudes pour le motif tâches courantes..... 100
Tableau 34: Relative-risk-ratio des attitudes pour le motif accompagnement 100
Tableau 35: Relative-risk-ratio des attitudes pour le motif loisirs 101
Tableau 36 : Les effets marginaux pour le motif Domicile-Travail..... 102
Tableau 37 : Les effets marginaux des attitudes pour le motif tâches courantes 102
Tableau 38 : Les effets marginaux des attitudes pour le motif accompagnement 102
Tableau 39 : Les effets marginaux des attitudes pour le motif loisirs..... 103
Tableau 40 : Odds-ratios des perceptions pour le motif Domicile-Travail 104
Tableau 41 : Odds-ratios des perceptions pour le motif tâches courantes 105
Tableau 42 : Odds-ratios des perceptions pour le motif accompagnement..... 106
Tableau 43 : Odds-ratios des perceptions pour le motif loisirs..... 106
Tableau 44 : Effets marginaux des perceptions pour le motif Domicile-Travail..... 107
Tableau 45: Effets marginaux des perceptions pour le motif tâches courantes 108
Tableau 46 : Effets marginaux des perceptions pour le motif accompagnement..... 109
Tableau 47 : Effets marginaux des perceptions pour le motif loisirs..... 110
Tableau 48 : Odds-ratios des Préférences pour le motif Domicile-Travail..... 111
Tableau 49 : Odds-ratios des Préférences pour le motif tâches courantes 111
Tableau 50 : Odds-ratios des Préférences pour le motif accompagnement 111
Tableau 51 : Odds-ratios des Préférences pour le motif loisirs..... 112
Tableau 52 : Résultats des Seuils et pourcentage de Sensibilité, Spécificité et Prédictions correctes en fonction du motif..... 113
Tableau 53 : Matrice des prédictions correctes en fonction des perceptions 113
Tableau 54 : Choix réel et hiérarchie des préférences modales 116
Tableau 55 : Pourcentages de prédiction par motif en fonction du niveau hiérarchique de l'alternative choisie 116
Tableau 56 : Comparaison de la prédictibilité de la hiérarchie des préférences calculées avec perceptions individuelles et avec perceptions moyennes 117
Tableau 57 : Pourcentage d'explicativité pour chaque motif 118
Tableau 58 : Reports modaux entre le choix réel et le mode préféré..... 118
Tableau 59: Les contraintes du modèle..... 120
Tableau 60 : Pourcentages de prédictibilité sous contraintes..... 120
Tableau 61 : Pourcentage d'explicativité sous contraintes 121

Tableau 62 : Reports modaux entre le choix réel et le mode préféré sous contraintes 121
Tableau 63 : La prédictibilité de la non-prise en compte d'un attribut..... 122
Tableau 64 : La prédictibilité de la prise en compte d'un seul attribut..... 123
Tableau 65 : La prédictibilité de la prise en compte des attributs significatifs..... 123
Tableau 66 : L'explicativité de la non-prise en compte d'un attribut 124
Tableau 67 : L'explicativité de la prise en compte d'un seul attribut..... 124
Tableau 68 : La prédictibilité de la prise en compte des attributs significatifs..... 124
Tableau 69 : La prédictibilité de la règle de décision lexicographique en fonction des motifs 126
Tableau 70 : L'explicativité de la règle de décision lexicographique en fonction des motifs 126
Tableau 71 : La prédictibilité de la règle de décision disjonctive en fonction des seuils 126
Tableau 72 : La prédictibilité de la règle de décision disjonctive pour Efficacité et Simplicité en fonction des seuils 127
Tableau 73 : L'explicativité de la règle de décision disjonctive en fonction des seuils et des motifs..... 127
Tableau 74 : L'explicativité de la règle de décision disjonctive pour Efficacité et Simplicité en fonction des seuils et des motifs..... 128
Tableau 75 : La prédictibilité de la règle de décision conjonctive en fonction des seuils 129
Tableau 76 : L'explicativité de la règle de décision conjonctive en fonction des seuils et des motifs..... 129
Tableau 77 : La prédictibilité en fonction des seuils de perceptions..... 130
Tableau 78 : L'explicativité en fonction des seuils de perceptions et par motif..... 131
Tableau 79 : La prédictibilité en fonction du niveau d'incertitude 132
Tableau 80 : L'explicativité en fonction du niveau d'incertitude et par motif 133
Tableau 81 : Les trois niveaux d'impacts de la taxe carbone sur les perceptions..... 135
Tableau 82 : Equivalences chronologiques des impacts sur les perceptions dans notre modèle et de la trajectoire de la taxe carbone en France..... 137
Tableau 83 : Impacts d'une taxe carbone sur les parts modales en fonction de son impact sur les perceptions 138
Tableau 84 : Impacts d'une taxe carbone sur les émissions de CO2 en fonction de son impact sur les perceptions 140
Tableau 85 : Impacts d'une taxe carbone sur l'indice de satisfaction en fonction de son impact sur les perceptions 141
Tableau 86 : Perceptions du nouveau mode de transport (MTP1) 143

Tableau 87 : Impacts de l'introduction du nouveau mode de transport sur les parts modales 144
Tableau 88 : Facteur d'émission pour le nouveau mode de transport (MTP1) 144
Tableau 89 : Impacts de l'introduction du nouveau mode de transport sur les émissions de CO2 145
Tableau 90 : Impacts de l'introduction du nouveau mode de transport sur l'indice de satisfaction 146
Tableau 91 : Impacts de la taxe carbone et du nouveau mode de transport sur les parts modales 147
Tableau 92 : Les parts modales du MTP1 en fonction du niveau de la taxe..... 148
Tableau 93 : Impacts de la taxe carbone moyenne et du nouveau mode de transport sur les émissions de CO2..... 149
Tableau 94 : Impacts de la taxe carbone et du nouveau mode de transport sur les émissions de CO2 150
Tableau 95 : Impacts de la taxe carbone et du nouveau mode de transport sur l'indice de satisfaction..... 151

Annexes

Annexe 1 : La typologie des motifs de l'Enquête Nationale Transports et Déplacements (2008) de l'INSEE

1 à 8	**MOTIFS PRIVÉS**
1.1	Aller au domicile
1.2	Retour à la résidence occasionnelle
1.3	Retour au domicile de parents (hors ménage) ou d'amis
1.11	Etudier (école, lycée, université)
1.12	Faire garder un enfant en bas âge (nourrice, crèche, famille)
2	ACHATS
2.20	Se rendre dans une grande surface ou un centre commercial (y compris boutiques et services)
2.21	Se rendre dans un commerce de proximité, petit commerce, supérette, boutique, services (banque, cordonnier...) (hors centre commercial)
3	SOINS
3.31	Soins médicaux ou personnels (médecin, coiffeur...)
4	Démarches
4.41	Démarche administrative, recherche d'informations
5	VISITES
5.51	Visite à des parents
5.52	Visite à des amis
6	ACCOMPAGNER OU ALLER CHERCHER
6.61	Accompagner quelqu'un à la gare, à l'aéroport, à une station de métro, de bus, de car
6.62	Accompagner quelqu'un à un autre endroit
6.63	Aller chercher quelqu'un à la gare, à l'aéroport, à une station de métro, de bus, de car
6.64	Aller chercher quelqu'un à un autre endroit
7	LOISIRS
7.71	Activité associative, cérémonie religieuse, réunion
7.72	Aller dans un centre de loisirs, parc d'attraction, foire
7.73	Manger ou boire à l'extérieur du domicile
7.74	Visiter un monument ou un site historique
7.75	Voir un spectacle culturel ou sportif (cinéma, théâtre, concert, cirque, match)
7.76	Faire du sport
7.77	Se promener sans destination précise
7.78	Se rendre sur un lieu de promenade
8	VACANCES, CHANGER DE RÉSIDENCE ET " AUTRES MOTIFS PRIVÉS "
8.80	Vacances hors résidence secondaire
8.81	Se rendre dans une résidence secondaire
8.82	Se rendre dans une résidence occasionnelle
8.89	Autres motifs personnels
9	**MOTIFS PROFESSIONNELS**
9.91	Travailler dans son lieu fixe et habituel
9.92	Travailler en dehors d'un lieu fixe et habituel, sauf tournée (chantier, contacts professionnels, réunions, visite à des clients ou fournisseurs, repas d'affaires...)
9.94	Stage, conférence, congrès, formations, exposition
9.95	Tournées professionnelles (VRP) ou visites de patients
9.96	Autres motifs professionnels

Annexe 2 : Le questionnaire

Vous-êtes :

Un homme	
Une femme	

Veuillez nous indiquer votre âge :

Veuillez indiquer le code postal de votre résidence principale :

Quelle est votre profession actuelle ?

Agriculteur exploitant	
Artisan, commerçant et chef d'entreprise	
Profession libérale et assimilé	
Cadre d'entreprise, cadre de la fonction publique, profession intellectuelle et artistique	
Profession intermédiaire de l'enseignement, de la santé, de la fonction publique et assimilée	
Profession intermédiaire administrative et commerciale des entreprises	
Technicien, contremaître, agent de maîtrise	
Employé de la fonction publique	
Employé de commerce ou d'entreprise	
Ouvrier	
Retraité	
Etudiant	
Autre Inactif	

Quelle est votre situation familiale ?

Seul(e)	
En couple	

Si en couple, votre conjoint exerce-t-il/elle une activité professionnelle ?

Oui	
Non	

Avez-vous un ou plusieurs enfant(s) à charge dans votre foyer ?

Oui	
Non	

Quel est le revenu mensuel net de votre foyer ?

si seul : moins de 1200 € si en couple : moins de 2 400 €	

si seul : de 1 201 à 1 500 € si en couple : de 2 401 à 3 000 €	
si seul : de 1 501 à 1 800 € si en couple : de 3 001 à 3 600 €	
si seul : de 1 801 à 2 500 € si en couple : de 3 601 à 4 600 €	
si seul : de 2 501 à 3 500 € si en couple : de 4 601 à 7 000 €	
si seul : plus de 3 500 € si en couple : plus de 7 000 €	
Je ne sais pas / Je ne souhaite pas répondre	

Dans quelle mesure êtes-vous d'accord ou non avec les affirmations suivantes concernant votre personnalité ?

	Tout à fait d'accord	D'accord	Plutôt d'accord	Plutôt pas d'accord	Pas d'accord	Pas du tout d'accord
Généralement je considère les changements comme quelque chose de négatif						
Quand les choses ne se déroulent pas comme prévu, cela me stresse						
Je vis les changements de programme de façon très pénible						
Je change souvent d'avis						

Parmi les <u>abonnements</u> suivants, lesquels possédez-vous pour votre usage personnel ?

Transports en commun (Bus, Tram, Métro, RER...)	
Vélo en Libre-Service	
Service d'Autopartage (location en libre-service pour une courte durée)	
Parking automobile (voiture / moto)	
Accès à internet à domicile	
Accès à l'internet mobile (sur smartphone)	
Je ne possède aucun de ces abonnements	

Parmi les activités suivantes réalisées <u>en ligne</u>, lesquelles avez-vous déjà effectuées ?

Travail à domicile (télétravail) et apprentissage à distance (e-learning)	
Achats (e-commerce), livraison de colis ou services administratifs en ligne	
Sport et loisirs en ligne (sport chez soi / coach en ligne...)	
Aucune de ces activités	

Les activités en ligne permettent le plus souvent d'éviter de se déplacer. Selon vous, combien de déplacements aller-retour avez-vous évités au cours du dernier mois en réalisant ces activités en ligne ?

Travail à domicile (télétravail) et apprentissage à distance (e-learning)	
Achats (e-commerce), livraison de colis ou services administratifs en ligne	
Sport et loisirs en ligne (sport chez soi / coach en ligne...)	

Détenez-vous le permis de conduire (hors permis moto) ?

Oui	
Non	

Disposez-vous des moyens de transport suivants pour vos déplacements ?

	Oui, j'en suis l'utilisateur principal	Oui, j'en suis un utilisateur secondaire (partagé dans le foyer)	Non
Voiture personnelle non électrique			
Voiture personnelle électrique			
Voiture de fonction			
Moto, scooter, mobylette...			
Vélo, trottinette, rollers, skateboard...			

Pouvez-vous accéder facilement de chez vous à… ?

	Oui, très facilement	Oui, assez facilement	Non	Je ne sais pas
Un arrêt de bus, Métro, Tram, RER				
Une station d'Autopartage (location en libre-service pour une courte durée)				
Une station de Vélo en Libre-Service				
Un loueur de véhicule (Avis, Hertz, Europcar...)				
Une gare				
Des places de stationnement gratuites ou payantes (voiture / moto)				
Un parking relais P+R (permettant de déposer son véhicule à proximité des transports en commun)				

Quels sont tous les moyens de déplacement que vous êtes amené(e) à utiliser pour vos déplacements (hors vacances) ?

Marche à pieds	
Transports en commun (Bus, Tram, Métro, RER...)	

Train (TER, Corail, TGV...)	
Voiture privée* (hors voiture électrique)	
Voiture privée* électrique	
Voiture en Autopartage	
Covoiturage en tant que conducteur	
Covoiturage en tant que passager	
Vélo, trottinette, rollers, skateboard...	
Vélo en Libre-Service	
Moto, scooter, mobylette...	
Taxi, VTC (Uber)	
Un autre mode de déplacement, préciser :	

Si vous ne pouviez plus utiliser votre mode de déplacement privilégié pour vos déplacements quotidiens, diriez-vous que le <u>coût financier lié à cette perte</u> serait... ?

Extrêmement important	
Très important	
Assez important	
Peu important	
Pas du tout important	

Concernant la <u>notion de coût</u>, que privilégiez-vous à… ?

Le coût financier	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	La rentabilité du temps de trajet

Concernant la <u>notion de sécurité</u>, que privilégiez-vous à… ?

La prévention des accidents	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	La prévention des agressions

Concernant la <u>notion d'efficacité</u>, que privilégiez-vous à… ?

La distance qu'il est possible de parcourir	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	La rapidité de déplacement
La distance qu'il est possible de parcourir	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	La fiabilité
La rapidité de déplacement	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	La fiabilité

Concernant la <u>notion de confort</u>, que privilégiez-vous à… ?

La tranquillité	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	Le confort

Concernant la <u>notion d'image de soi</u>, que privilégiez-vous à… ?

L'image que les autres me renvoient	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	L'image que j'ai de moi-même

Concernant la <u>notion de simplicité d'usage</u>, que privilégiez-vous à… ?

La complexité d'usage	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	L'effort physique nécessaire à l'utilisation du mode de déplacement

Que vous l'utilisiez ou non, comment évaluez-vous chacun des modes de déplacements quotidiens suivants concernant le <u>coût</u> ? (A répéter pour les cinq autres attributs)

	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
Marche à pieds									
Transports en commun (Bus, Tram, Métro, RER...)									
Train (TER, Corail, TGV...)									
Voiture privée (hors voiture électrique)									
Voiture privée électrique									
Voiture en Autopartage									
Covoiturage en tant que conducteur									
Covoiturage en tant que passager									
Vélo, trottinette, rollers, skateboard...									
Vélo en Libre-Service									
Moto, scooter, mobylette...									
Taxi, VTC (Uber)									

<u>Toutes les questions qui suivent sont répétées pour chacun des quatre motifs :</u>

Vous rendre sur votre lieu de travail ou d'études
Vous rendre sur des lieux de loisirs
Faire des tâches courantes
Accompagner des enfants ou des personnes à charge

A quelle fréquence vous déplacez-vous pour <u>vos déplacements pour vous rendre sur votre lieu de travail ou d'études</u> ?

Tous les jours ou presque	
4 à 5 fois par semaine	

1 à 3 fois par semaine	
1 à 3 fois par mois	
Tous les 2 ou 3 mois	
Moins souvent	
Jamais	

A quelle distance de votre domicile se trouve votre lieu de travail ou d'études ?

Moins de 3km	
Entre 3 et moins de 10km	
Entre 10 et moins de 30km	
30km et plus	

Que vous l'utilisiez ou non, avez-vous à disposition une place de stationnement (voiture / moto) sur votre lieu de travail ou d'études ? (question spécifique au motif Domicile-Travail)

Oui, une **place gratuite** sur mon lieu de travail ou d'études	
Oui, une **place payante** sur mon lieu de travail ou d'études	
Oui, une **place gratuite** à proximité de mon lieu de travail ou d'études	
Oui, une **place payante** à proximité de mon lieu de travail ou d'études	
Non **je ne dispose d'aucune place de stationnement** sur ou à proximité de mon lieu de travail ou d'études	
Je ne sais pas s'il en existe ou non sur ou à proximité de mon lieu de travail ou d'études	

Le(s)quel(s) de ces moyens de transport utilisez-vous le plus fréquemment pour vous rendre sur votre lieu de travail ou d'études ? (3 réponses maximum)

Marche à pieds	
Transports en commun (Bus, Tram, Métro, RER...)	
Train (TER, Corail, TGV...)	
Voiture privée* (hors voiture électrique)	
Voiture privée* électrique	
Voiture en Autopartage	
Covoiturage en tant que conducteur	
Covoiturage en tant que passager	
Vélo, trottinette, rollers, skateboard...	
Vélo en Libre-Service	
Moto, scooter, mobylette...	
Taxi, VTC (Uber)	
Un autre mode de déplacement, préciser :	

Comment occupez-vous votre temps de transport pour vous rendre sur votre lieu de travail ou d'études ?

	Régulièrement	Rarement	Jamais / Non concerné
Je travaille / j'étudie			
J'organise ma journée, mes activités, mon agenda			
Je me repose, je me détends			
Je fais de l'activité physique			
Je lis			
Je joue à des jeux			
J'écoute de la musique			
Je regarde des vidéos			
Je communique par téléphone, sms, mail, internet, je surf sur les réseaux sociaux			
Je discute avec d'autres personnes présentes lors de mon trajet			
Je fais autre chose (Préciser)			

Combien de <u>temps (aller + retour)</u> mettez-vous pour vous rendre sur votre lieu de travail ou d'études lors de <u>votre trajet le plus fréquent</u> ?

|____| minutes

Pour vous rendre sur votre lieu de travail ou d'études, privilégiez-vous… ?

	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	
La simplicité																		Le confort
Le coût																		La sécurité
L'efficacité																		Le confort
L'image de soi																		La simplicité
Le coût																		L'efficacité
La sécurité																		L'efficacité
La simplicité																		Le coût
L'image de soi																		La sécurité
La sécurité																		Le confort
L'image de soi																		L'efficacité
Le coût																		Le confort
La simplicité																		L'efficacité
Le coût																		L'image de soi
La simplicité																		La sécurité
Le confort																		L'image de soi

Annexe 3 : Les facteurs d'émissions de CO2

MàP : Marche à Pieds / TC : Transports en Commun / VP : Voiture Particulière / VE : Véhicule Electrique / Autopart : Autopartage / Covcond : Covoiturage Conducteur / Covpass : Covoiturage Passager / VLS : Vélo en Libre-Service / 2RM : Deux-Roues Motorisé

	Facteurs d'émissions en gCO2/km							
	France				**Paris**			
	Domicile-Travail	**Tâches courantes**	**Accompagnement**	**Loisirs**	**Domicile-Travail**	**Tâches courantes**	**Accompagnement**	**Loisirs**
MàP	0	0	0	0	0	0	0	0
TC	170	170	170	170	80	80	80	80
Train	5	5	5	5	5	5	5	5
VP	220	195	169	149	220	195	169	149
VE	8	9	6	5	8	9	6	5
Autopart	220	195	169	148,82	220	195	169	148,82
Covcond	84	84	84	84	84	84	84	84
Covpass	84	84	84	84	84	84	84	84
Vélo	0	0	0	0	0	0	0	0
VLS	0	0	0	0	0	0	0	0
2RM	204	205	206	204	204	205	206	204
MTP1	4	4	4	4	4	4	4	4
Taxi	506	506	506	506	506	506	506	506

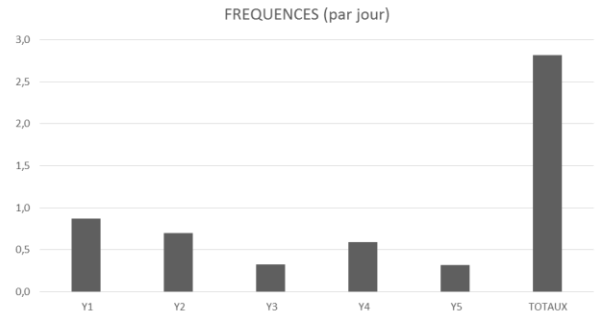
	Taux d'occupation pour la Voiture Particulière			
	Domicile-Travail	**Tâches courantes**	**Accompagnement**	**Loisirs**
Voiture Particulière et Autopartage	**1,15**	**1,3**	**1,5**	**1,7**
Covoiturage Conducteur et Passager	**3**	**3**	**3**	**3**
Taxi	**0,5**	**0,5**	**0,5**	**0,5**
Autres	**Les facteurs d'émissions de la Base Carbone sont donnés par personne**			

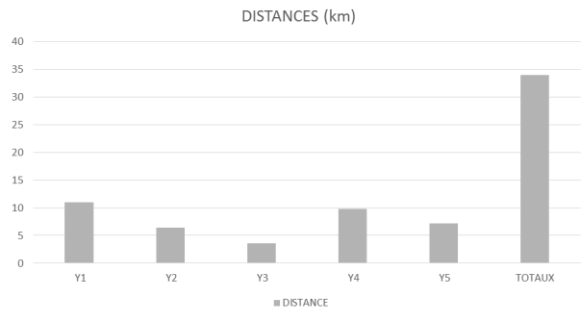
Annexe 4 : Les statistiques descriptives détaillées

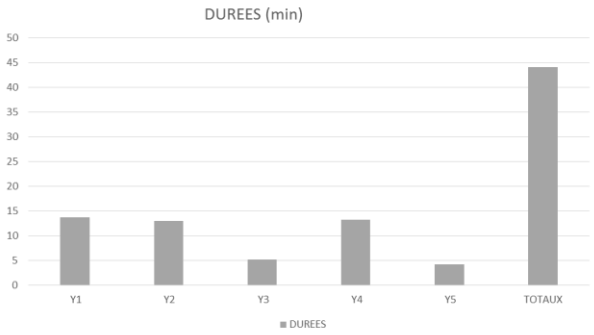
Y1 : Domicile-Travail / Y2 : Tâches courantes / Y3 : Accompagnement / Y4 : Loisirs

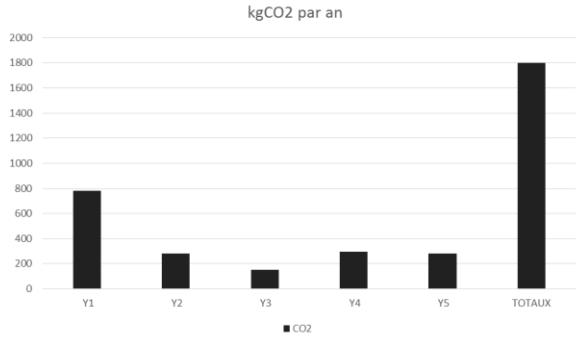
1. Fréquences, Distances, Durées et CO2

1.1. Par motif

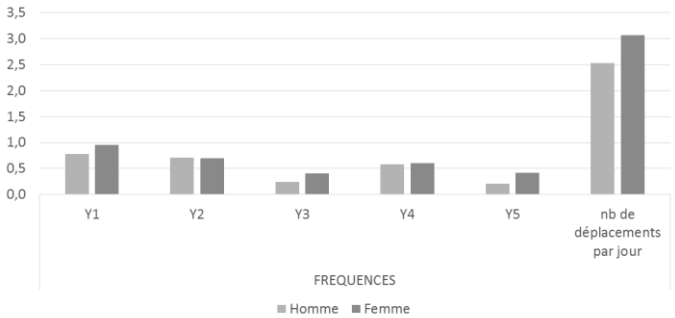


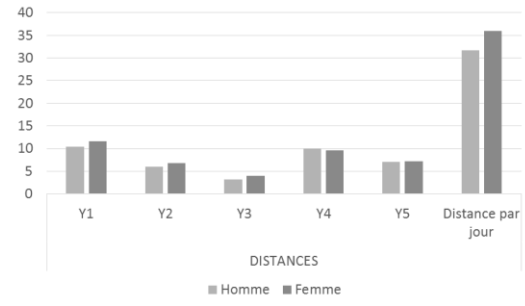


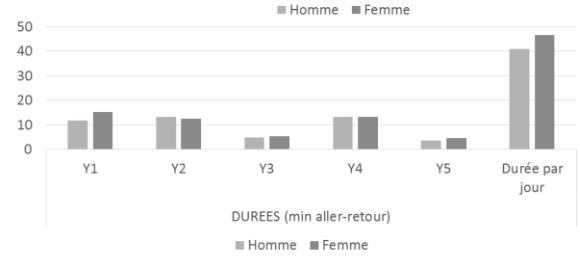


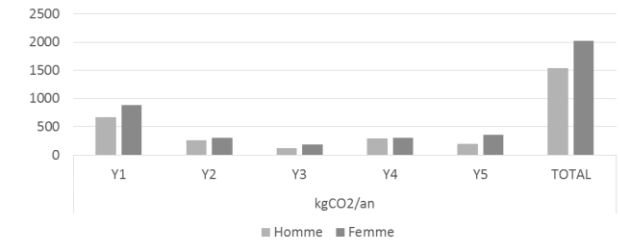


1.2. Par sexe

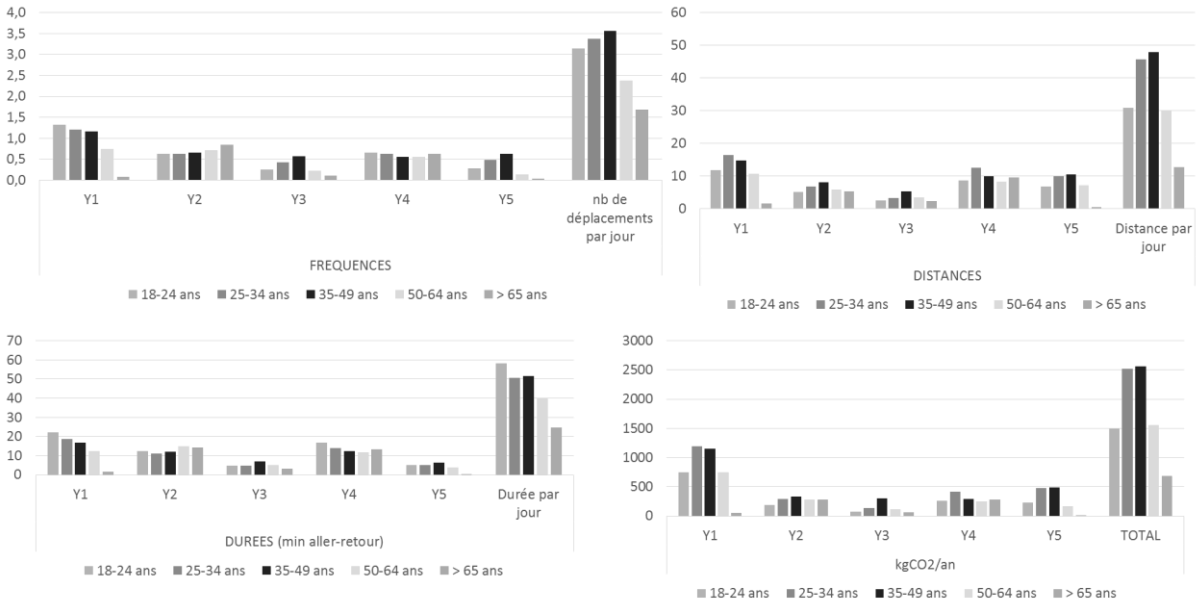




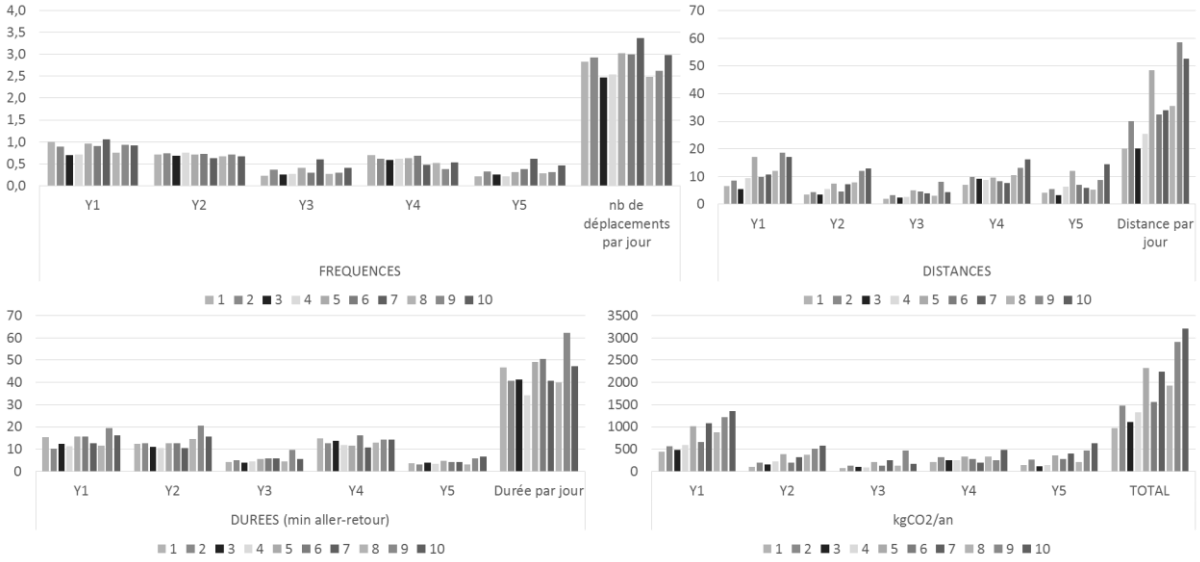




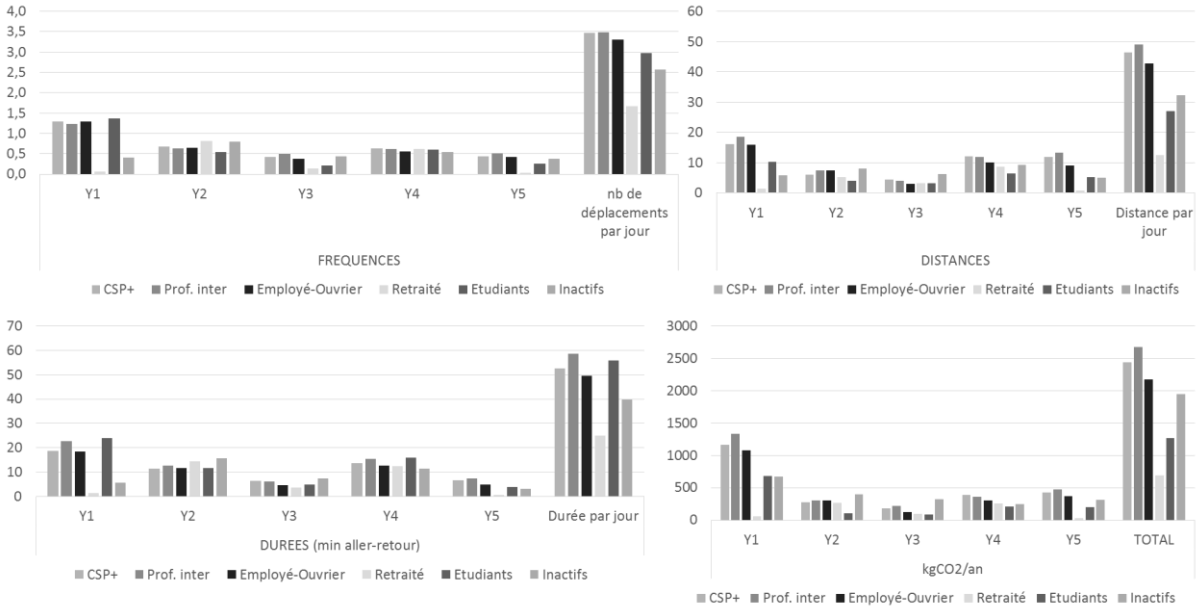
1.3. Par tranche d’âge



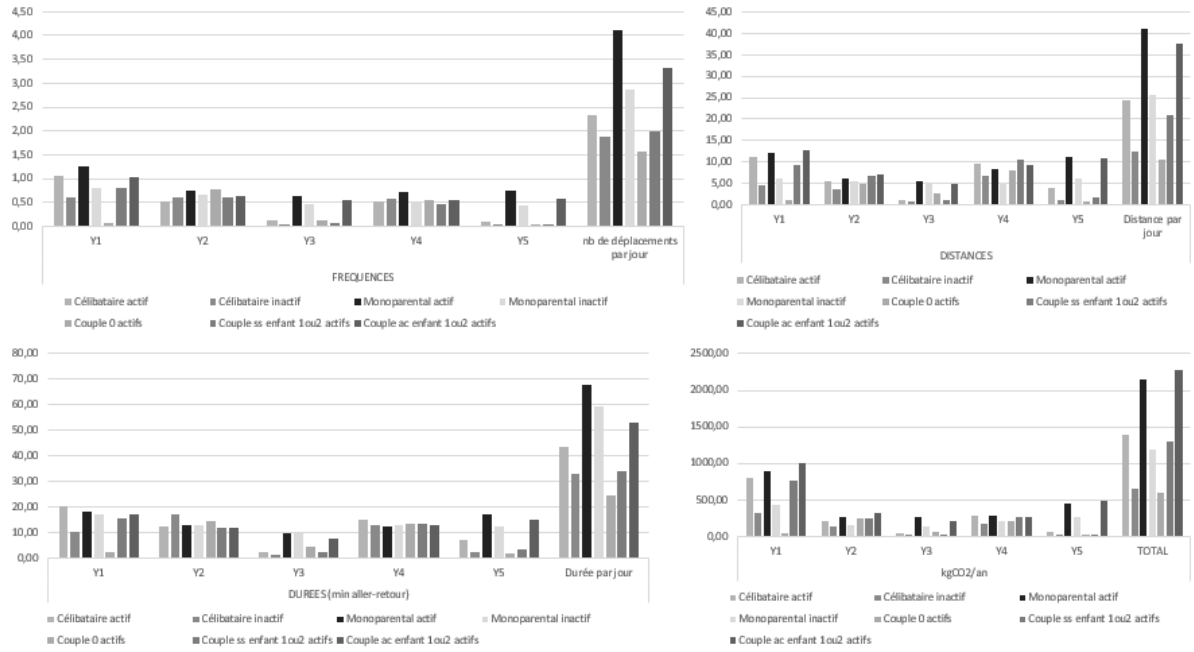
1.4. Par géotype



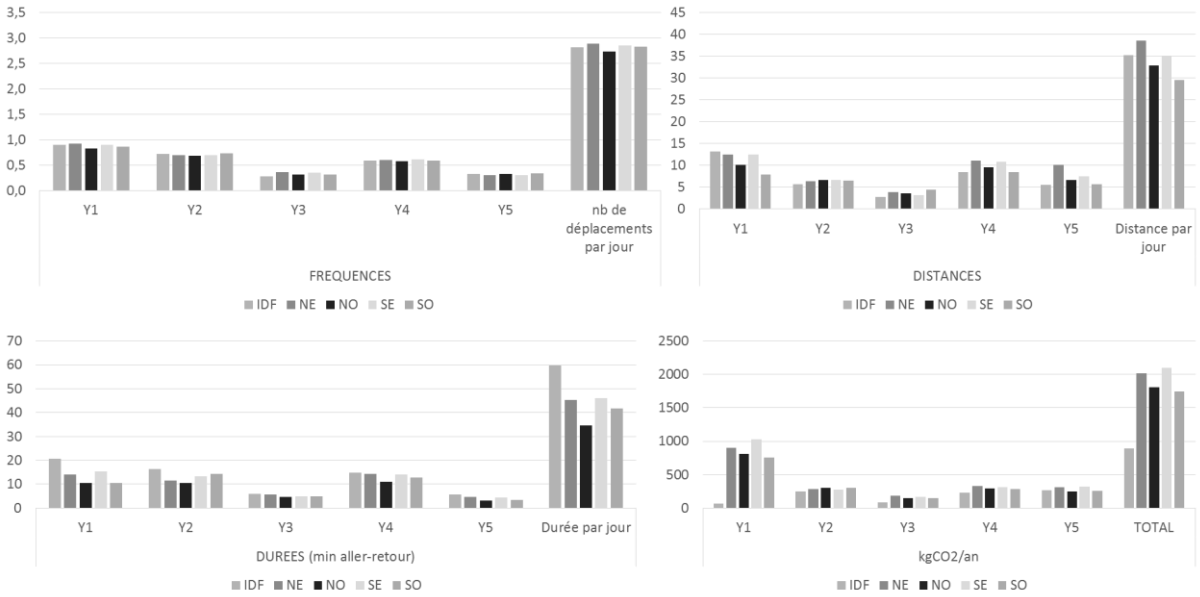
1.5. Par CSP



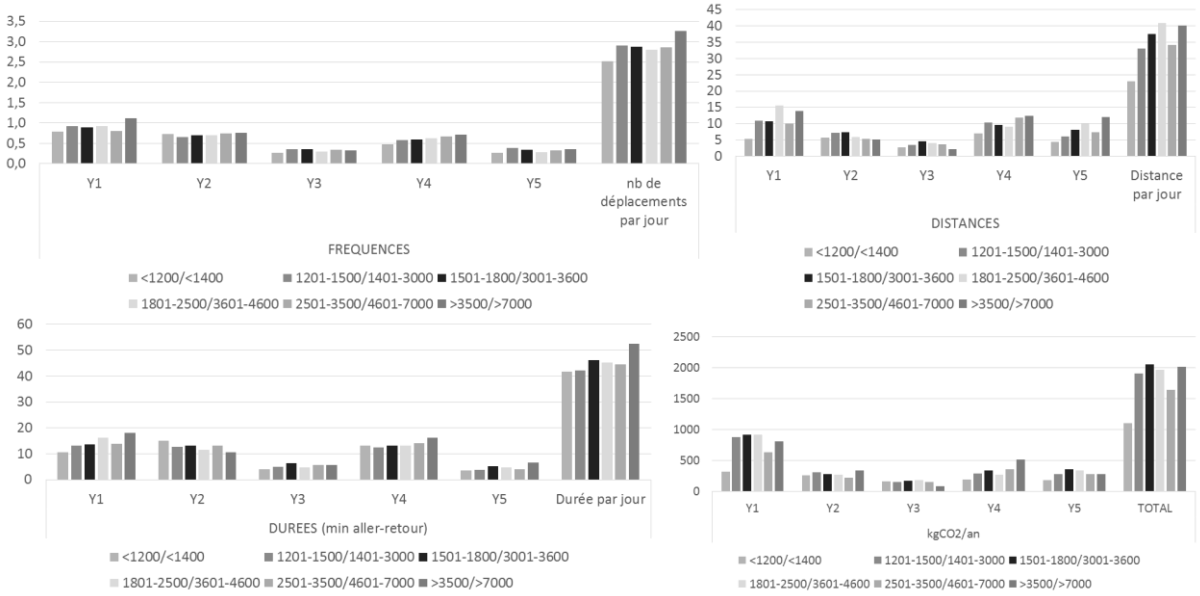
1.6. Par type de foyer



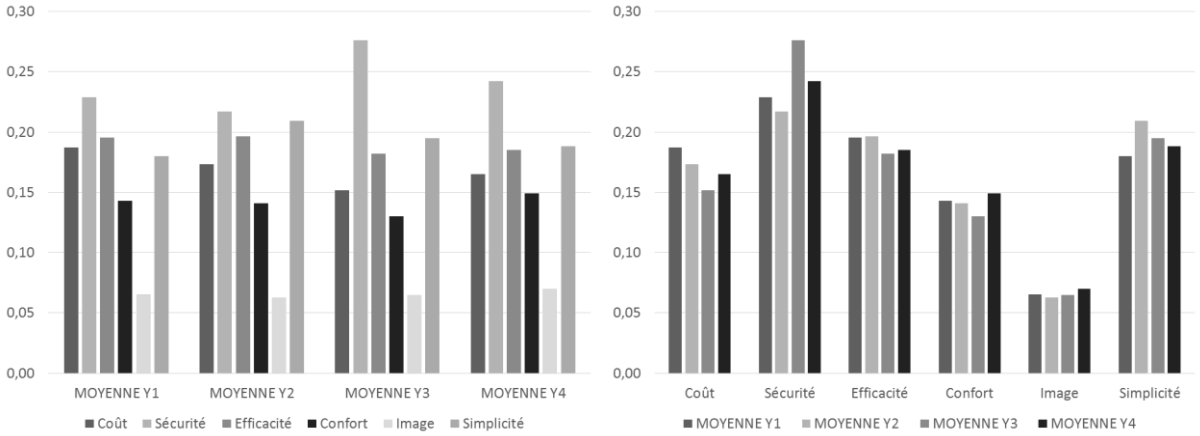
1.7. Par zone géographique



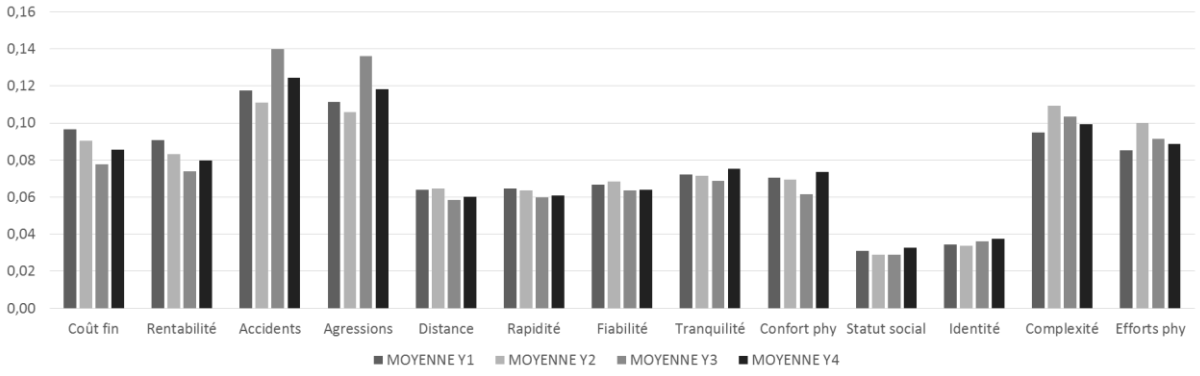
1.8. Par tranche de revenu



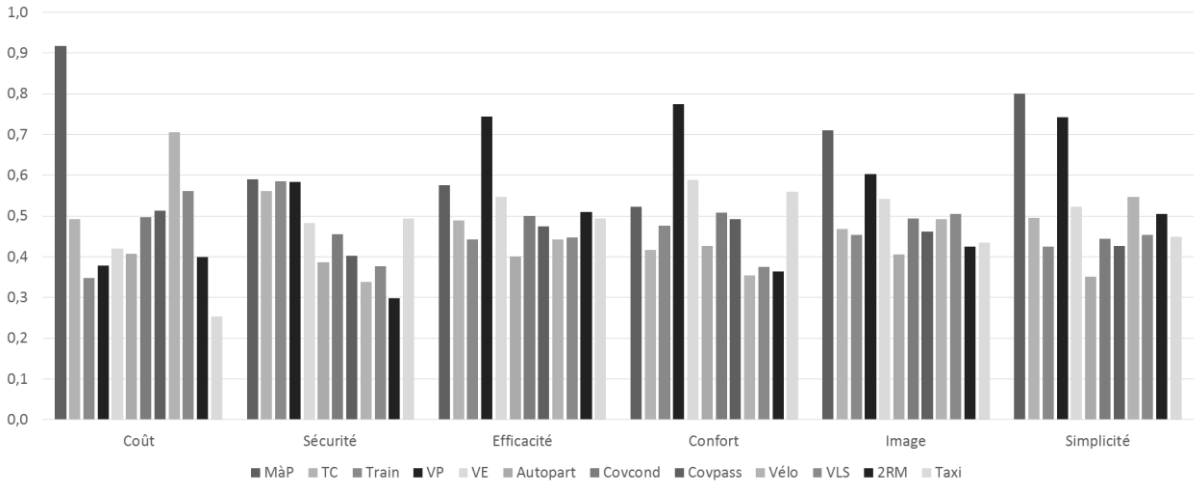
2. Les attitudes



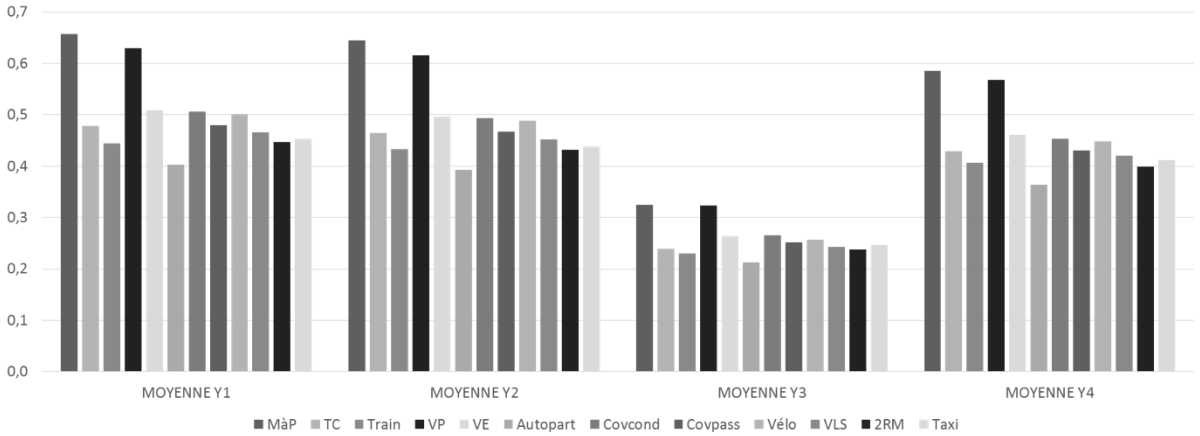
3. Les sous-attitudes



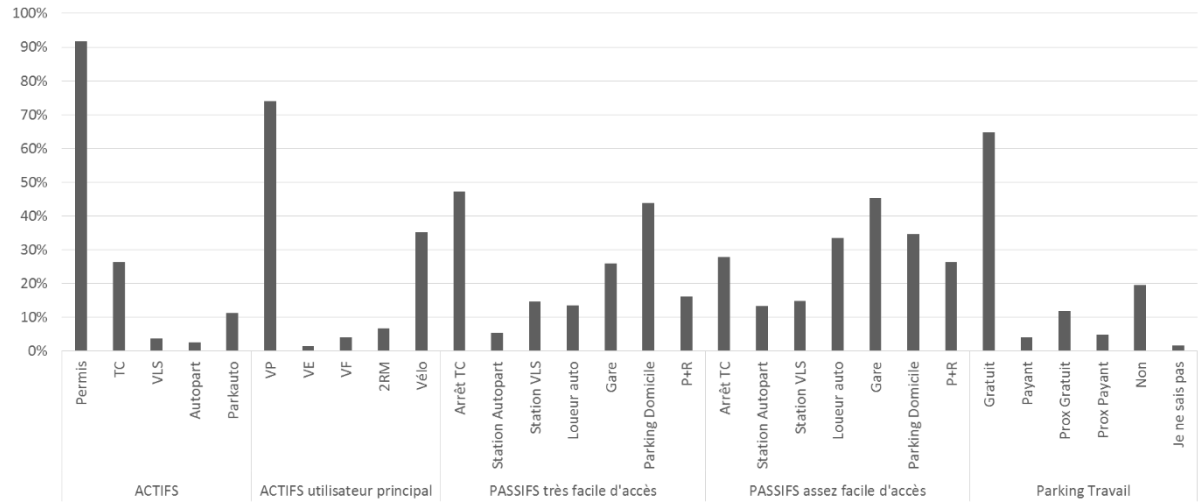
4. Les perceptions



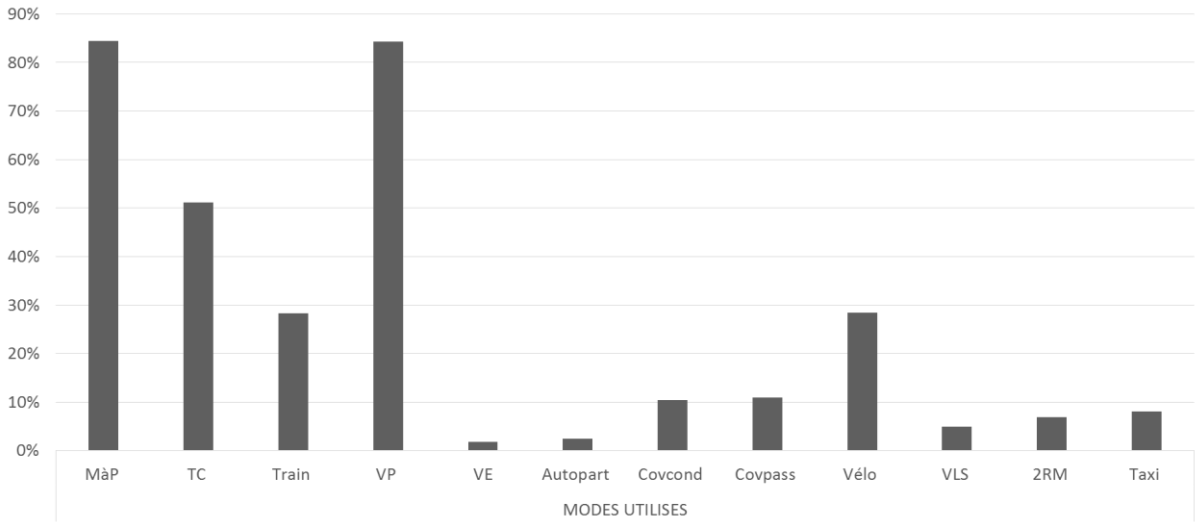
5. Les préférences



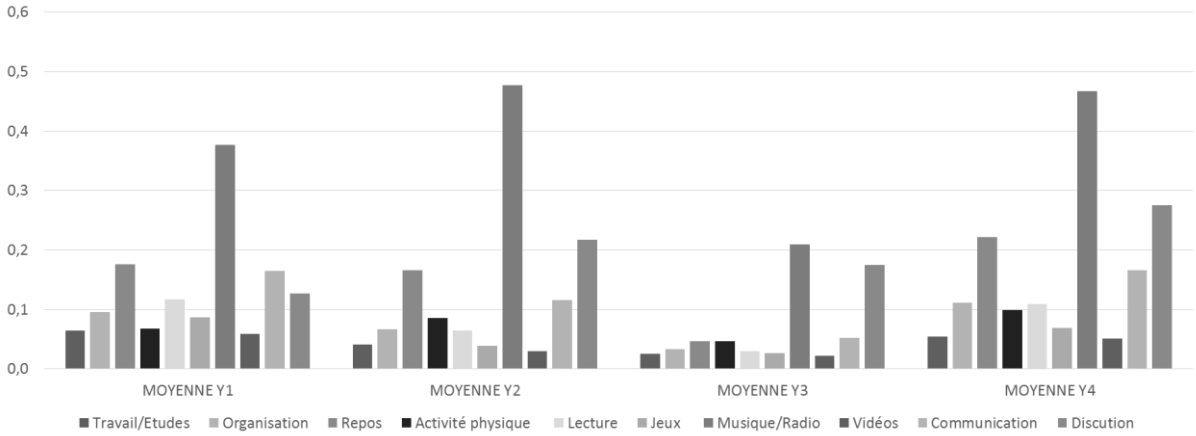
6. Le portefeuille modal



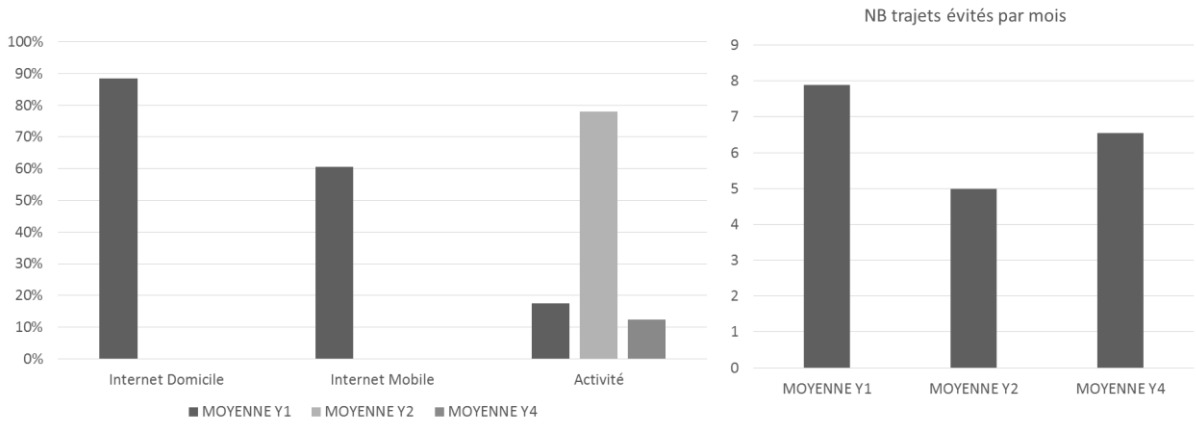
7. Les modes utilisés



8. Les occupations

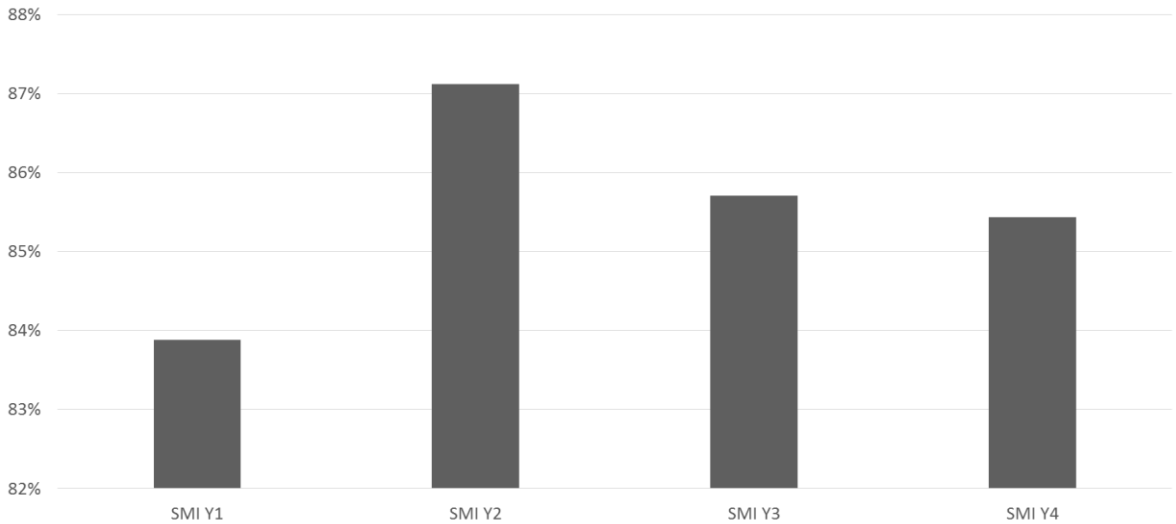


9. L'immobilité

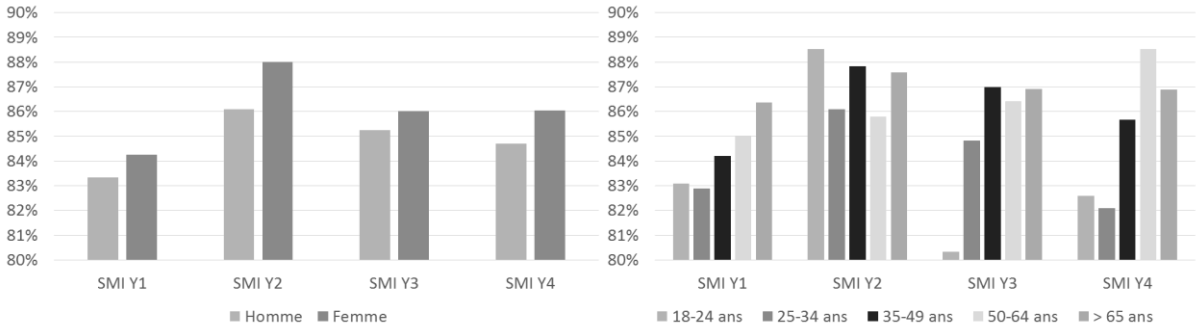


10. L'indice de satisfaction (SMI)

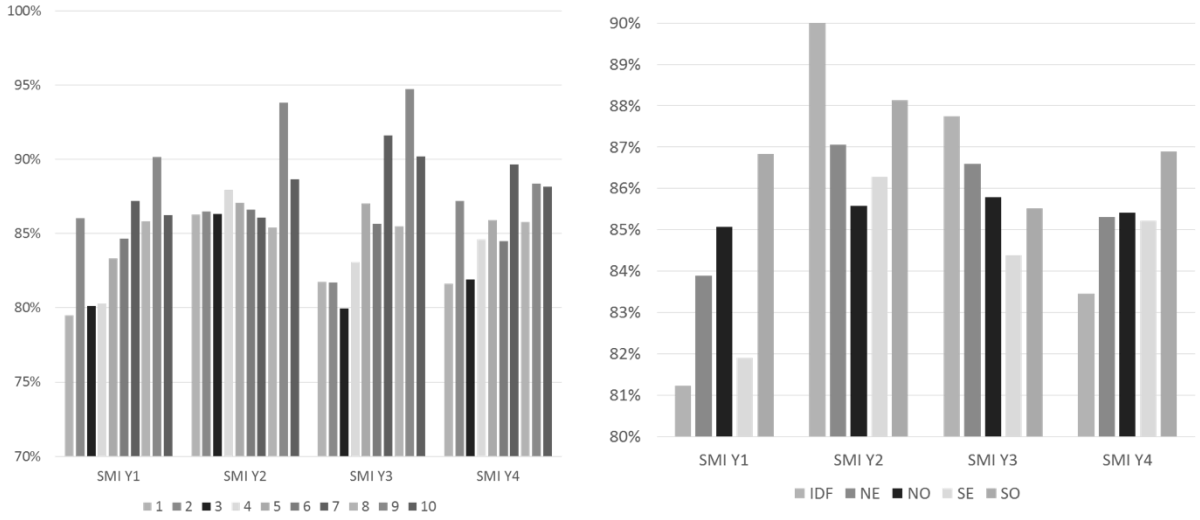
10.1. Par motif



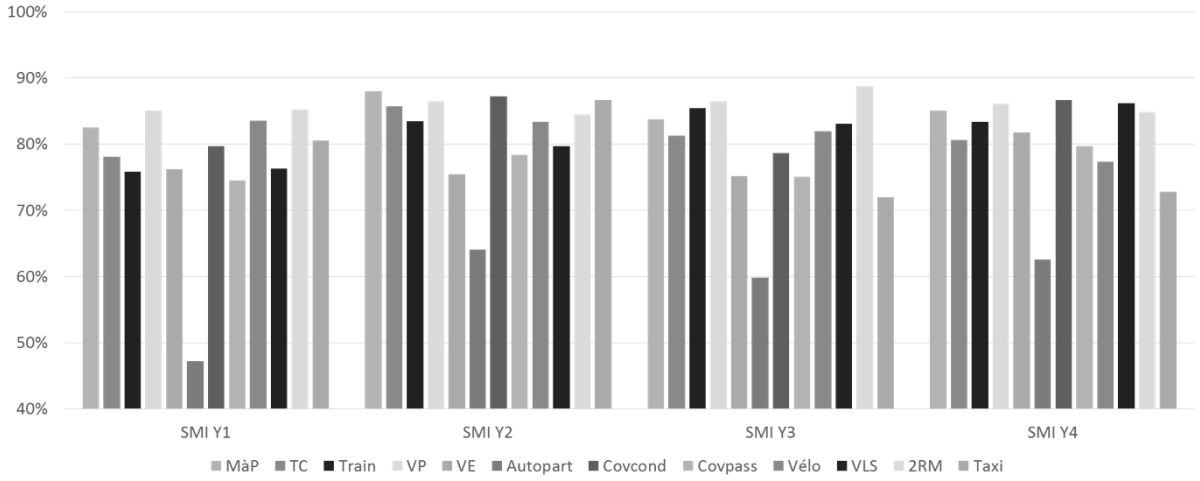
10.2. Par sexe et par tranche d'âge



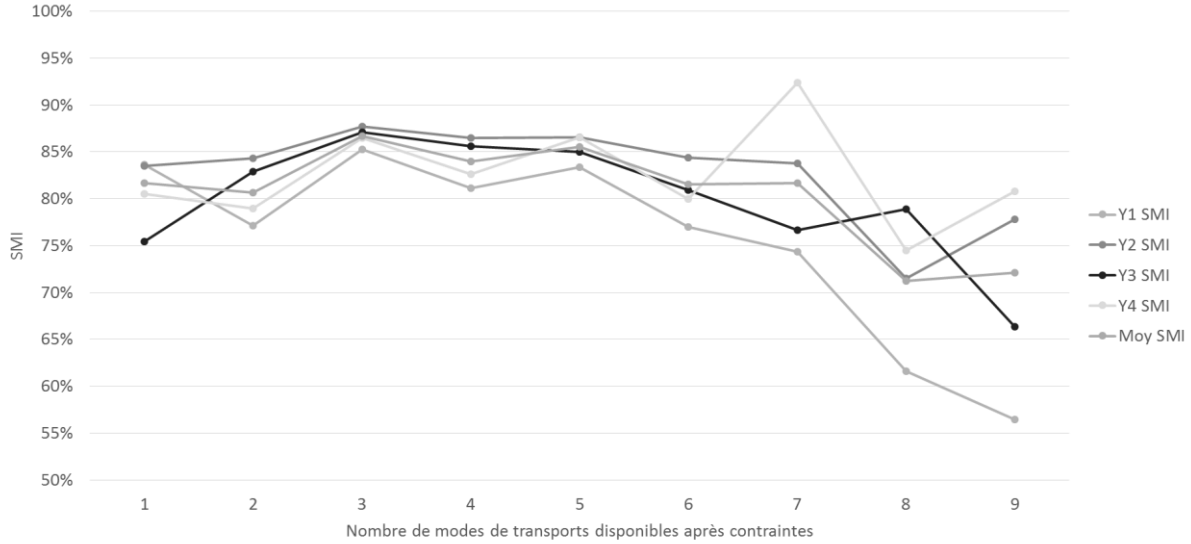
10.3. Par géotype et par zone géographique



10.4. Par utilisateur



10.5. Par nombre d’alternatives après contraintes



Annexe 5 : Tableau de valeurs de l'Indice aléatoire de cohérence (Franek et Kresta, 2014)

Table 7. Measures of random index (RI) for judgment scales used in AHP

RI (average CI) 500 000 simulations								
n	Linear	Power	Root square	Geometric	Inverse linear	Asymptotical	Balanced	Logarithmic
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	−1.058	0.000	0.000
3	0.525	3.609	0.114	4.592	0.205	−0.388	0.267	0.153
4	0.882	6.987	0.179	9.299	0.333	−0.111	0.440	0.241
5	1.110	9.464	0.218	13.322	0.417	0.056	0.550	0.295
6	1.250	11.049	0.243	16.500	0.475	0.158	0.625	0.328
7	1.341	12.071	0.260	18.897	0.517	0.229	0.676	0.351
8	1.404	12.748	0.273	20.714	0.547	0.279	0.715	0.368
9	1.451	13.221	0.282	22.089	0.572	0.318	0.743	0.380
10	1.486	13.567	0.290	23.152	0.590	0.348	0.765	0.390
11	1.514	13.833	0.296	23.958	0.605	0.373	0.783	0.398
12	1.536	14.039	0.301	24.607	0.617	0.392	0.797	0.405

Annexe 6 : Les résultats économétriques détaillés des attitudes

Quota foyer 1	**Célibataire actif**
Quota foyer 2	**Célibataire inactif**
Quota foyer 3	**Monoparental actif**
Quota foyer 4	**Monoparental inactif**
Quota foyer 5	**Couple 0 actifs**
Quota foyer 6	**Couple sans enfant 1ou 2 actifs**
Quota foyer 7	**Couple avec enfant 1ou 2 actifs**

	€ nets / mois
Revenu 1	**< 1200**
Revenu 2	**<1500**
Revenu 3	**<1800**
Revenu 4	**<2500**
Revenu 5	**<3500**
Revenu 6	**>3500**

1. Les relative-risk-ratio

1.1. Le motif Domicile-Travail

Domicile-Travail VARIABLES	**Voiture Particulière**	**Alternative VP**	**Mode Doux**	**Transports en Commun**
Poids Coût				
Poids sécurité		-3.691***	-0.0447**	-0.0386**
		(0.0811)	(0.0193)	(0.0169)
Poids efficacité		-1.542***	-0.0344	0.00106
		(0.0567)	(0.0213)	(0.0202)
Poids confort		1.043***	-0.0689***	-0.0563**
		(0.0529)	(0.0225)	(0.0258)
Poids image		1.008***	-0.00503	0.0149
		(0.0826)	(0.0291)	(0.0253)
Poids simplicité		-0.224***	-0.0380	-0.0164
		(0.0812)	(0.0239)	(0.0205)
Sexe M		-2.794**	0.481	0.996***
		(1.139)	(0.364)	(0.373)
Age		0.860***	0.0273	-0.00113
		(0.0733)	(0.0194)	(0.0186)
Géotype 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Géotype 2		2.159	0.636	-0.495
		(1.942)	(0.679)	(0.623)
Géotype 3		-132.5***	0.0340	0.875
		(5.111)	(0.764)	(0.739)
Géotype 4		68.96***	0.110	0.649
		(1.437)	(0.898)	(0.724)
Géotype 5		19.88***	0.00443	0.257
		(2.497)	(0.816)	(0.618)
Géotype 6		12.89***	-0.159	0.861
		(1.970)	(0.710)	(0.651)
Géotype 7		62.91***	0.663	1.094
		(2.258)	(0.804)	(0.843)
Géotype 8		-55.30***	-0.183	0.115
		(2.444)	(0.805)	(0.856)
Géotype 9		85.69***	-0.231	0.635
		(4.180)	(1.169)	(1.226)
Géotype 10		81.96***	0.00836	-0.850
		(2.153)	(0.821)	(1.046)
CSP+	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
CSP Profession Intermédiaire		73.66***	-0.656	1.005*
		(1.551)	(0.560)	(0.533)
CSP Employé-Ouvrier		64.08***	-0.660	0.859*
		(1.547)	(0.563)	(0.497)
CSP Retraités		99.99***	-5.129*	-2.093
		(3.369)	(2.653)	(1.381)
CSP Etudiants		-11.09	0.440	0.984
		(7.953)	(1.213)	(1.123)

CSP Inactifs		63.49***	-3.064***	0.365
		(4.671)	(1.113)	(0.999)
Quota foyer 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Quota foyer 2		59.22***	-0.549	0.0309
		(5.363)	(1.377)	(1.130)
Quota foyer 3		14.46***	0.324	0.964
		(1.768)	(0.917)	(0.703)
Quota foyer 4		-70.59***	-0.440	0.504
		(6.964)	(1.609)	(1.240)
Quota foyer 5		-68.44***	3.091	4.650***
		(5.767)	(2.108)	(1.395)
Quota foyer 6		0.873	0.0224	0.862
		(1.958)	(0.593)	(0.590)
Quota foyer 7		-37.35***	-0.384	0.601
		(1.222)	(0.683)	(0.529)
Ile de France	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Zone géographique Nord-Est		68.22***	-0.919	-1.409**
		(4.527)	(0.623)	(0.682)
Zone géographique Nord-Ouest		46.00***	-1.044*	-1.180*
		(4.563)	(0.581)	(0.670)
Zone géographique Sud-Est		68.50***	-1.097*	-1.107
		(4.445)	(0.587)	(0.676)
Zone géographique Sud-Ouest		-2.327	-2.088***	-1.749**
		(5.229)	(0.735)	(0.680)
Revenu 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Revenu 2		38.45***	-0.247	0.0549
		(1.286)	(0.685)	(0.721)
Revenu 3		67.29***	-0.486	0.454
		(1.774)	(0.771)	(0.790)
Revenu 4		32.25***	-0.716	0.408
		(1.616)	(0.770)	(0.773)
Revenu 5		62.61***	-2.312**	1.356*
		(1.343)	(0.987)	(0.792)
Revenu 6		114.2***	0.121	1.765*
		(2.228)	(0.915)	(0.928)
Revenu Ne se prononce pas		12.93***	0.291	0.927
		(3.467)	(0.856)	(0.838)
Distance <3km	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Distance <10km		104.4***	-2.485***	0.741
		(1.937)	(0.436)	(0.472)
Distance <30km		134.9***	-3.602***	0.701
		(2.237)	(0.604)	(0.495)
Distance >30km		98.07***	-3.059***	1.154*
		(2.701)	(0.621)	(0.625)
Chainage travail-accompagnement		21.37***	0.381	-1.588***
		(1.305)	(0.511)	(0.457)
Permis		-41.18***	-2.269**	-3.198***
		(1.588)	(1.157)	(0.955)
Voiture Particulière		-54.29***	-1.317**	-1.573***
		(1.579)	(0.586)	(0.449)
Véhicule Electrique		105.1***	-29.98***	1.343
		(1.664)	(1.978)	(0.911)
Véhicule de fonction		0.615	-1.370	-0.615
		(1.892)	(1.003)	(0.670)
Deux-Roues Motorisé		-40.31***	-0.671	-0.891*
		(1.308)	(0.647)	(0.521)
Vélo		1.726	0.652*	-0.171
		(1.465)	(0.359)	(0.384)
Abonnement Transport en Commun		-0.358	1.180**	4.042***
		(1.214)	(0.509)	(0.441)
Abonnement Vélo en Libre-Service		-249.2***	1.230*	0.890
		(3.661)	(0.732)	(0.690)
Abonnement Autopartage		25.31***	0.0384	0.844

		(1.610)	(1.016)	(0.800)
Abonnement Parking		-46.15***	-0.854	-0.972*
		(1.644)	(0.672)	(0.523)
Internet Domicile		-4.023***	-1.473**	-0.110
		(1.274)	(0.598)	(0.573)
Internet Mobile		-15.06***	0.888*	0.304
		(0.912)	(0.500)	(0.389)
Arrêt Transports en Commun		-55.77***	0.295	0.966*
		(1.444)	(0.596)	(0.538)
Station d'Autopartage		16.18***	0.00646	0.408
		(0.933)	(0.563)	(0.450)
Station Vélo en Libre-Service		100.8***	0.404	1.366***
		(1.423)	(0.430)	(0.382)
Parking Domicile		-1.941*	0.792	0.193
		(1.046)	(0.591)	(0.420)
Gare		-32.82***	0.0496	-0.718*
		(1.718)	(0.480)	(0.416)
Parking Relai (P+R)		60.30***	-0.221	0.239
		(1.232)	(0.401)	(0.388)
Parking travail gratuit		15.35***	-1.266***	-2.017***
		(1.287)	(0.435)	(0.422)
Park travail payant		-6.693***	0.258	-0.320
		(2.120)	(0.650)	(0.678)
Constante		-252.1***	7.872***	2.076
		(6.257)	(2.393)	(2.013)
Log pseudolikelihood	-269.37617			
Wald chi2(183)	30610.89			
Prob > chi2	0.0000			
Pseudo R2	0.6171			
Observations	683	683	683	683

Erreurs standards robustes entre parenthèses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

1.2. Le motif tâches courantes

Tâches courantes **VARIABLES**	**Voiture Particulière**	**Alternative VP**	**Mode Doux**	**Transports en Commun**
Poids Coût				
Poids sécurité		-0.0119	0.0188	-0.0181
		(0.0338)	(0.0160)	(0.0236)
Poids efficacité		-0.0385	0.0178	-0.0162
		(0.0536)	(0.0192)	(0.0230)
Poids confort		0.0861*	0.00169	-0.0287
		(0.0521)	(0.0198)	(0.0401)
Poids image		-0.0465	0.0539**	-0.000246
		(0.104)	(0.0232)	(0.0410)
Poids simplicité		0.0600	0.0234	-0.0330
		(0.0422)	(0.0196)	(0.0323)
Sexe M		0.558	0.265	-0.0367
		(0.570)	(0.236)	(0.341)
Age		-0.0676*	0.00857	0.0319**
		(0.0386)	(0.0111)	(0.0155)
Géotype 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Géotype 2		1.073	-0.616	-0.146
		(0.935)	(0.381)	(0.504)
Géotype 3		-0.986	-0.824**	-0.265
		(2.202)	(0.390)	(0.532)
Géotype 4		1.006	-0.962**	-0.700
		(1.104)	(0.398)	(0.624)
Géotype 5		1.084	-0.586	-0.535
		(1.288)	(0.482)	(0.838)
Géotype 6		0.169	-1.213***	-0.907
		(1.080)	(0.403)	(0.563)
Géotype 7		-12.77***	-0.579	-0.438

		(1.281)	(0.531)	(0.760)
Géotype 8		0.997	-1.273***	-0.117
		(1.181)	(0.467)	(0.645)
Géotype 9		-14.09***	-0.561	-0.116
		(1.582)	(0.716)	(0.751)
Géotype 10		-1.755	-1.959***	-16.22***
		(1.622)	(0.668)	(0.608)
CSP+	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
CSP Profession Intermédiaire		-1.507	-0.223	0.0749
		(1.556)	(0.415)	(0.569)
CSP Employé-Ouvrier		0.729	-0.0538	-0.299
		(0.731)	(0.393)	(0.510)
CSP Retraités		2.010	0.211	-0.0937
		(1.804)	(0.675)	(1.192)
CSP Etudiants		-1.772	0.262	0.00879
		(1.657)	(0.786)	(1.063)
CSP Inactifs		-15.68***	0.601	-0.347
		(1.276)	(0.622)	(0.917)
Quota foyer 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Quota foyer 2		-0.539	-0.199	-0.400
		(1.656)	(0.653)	(1.031)
Quota foyer 3		0.0874	-0.425	-0.311
		(0.964)	(0.512)	(0.597)
Quota foyer 4		0.834	0.405	0.0750
		(1.800)	(0.884)	(1.031)
Quota foyer 5		-2.977*	-0.929	-0.943
		(1.626)	(0.624)	(1.156)
Quota foyer 6		-1.031	-0.545	-1.123*
		(1.207)	(0.396)	(0.587)
Quota foyer 7		-0.646	-0.666*	-0.601
		(0.856)	(0.402)	(0.489)
Ile de France	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Zone géographique Nord-Est		1.053	-0.532	-0.704
		(1.080)	(0.380)	(0.514)
Zone géographique Nord-Ouest		0.221	-1.369***	-1.459***
		(0.924)	(0.390)	(0.548)
Zone géographique Sud-Est		-0.467	-0.870**	-1.059**
		(0.887)	(0.360)	(0.483)
Zone géographique Sud-Ouest		0.0376	-0.889**	-1.104**
		(1.004)	(0.395)	(0.511)
Revenu 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Revenu 2		-0.455	-0.192	-0.762
		(1.060)	(0.389)	(0.481)
Revenu 3		-0.488	-0.458	-1.170*
		(1.119)	(0.423)	(0.617)
Revenu 4		0.0260	-0.666	-0.973*
		(0.826)	(0.409)	(0.517)
Revenu 5		1.205	-0.742	-1.034*
		(1.024)	(0.490)	(0.609)
Revenu 6		3.024***	-0.711	-1.641*
		(1.046)	(0.667)	(0.930)
Revenu		-14.51***	0.223	0.254
Ne se prononce pas				
		(1.597)	(0.425)	(0.543)
Distance <3km	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Distance <10km		1.106	-1.761***	0.467
		(0.746)	(0.246)	(0.347)
Distance <30km		1.965**	-2.373***	0.817*
		(0.930)	(0.454)	(0.452)
Distance >30km		2.665	-2.171	2.457**
		(1.830)	(1.337)	(0.989)
Chainage travail-accompagnement		1.321	-0.0507	-1.056**
		(0.828)	(0.323)	(0.486)
Permis		-0.947	-0.617	-1.384**
		(1.286)	(0.445)	(0.540)
Voiture Particulière		-1.911***	-0.786***	-1.184***
		(0.550)	(0.280)	(0.351)

Véhicule Electrique		2.345*	-0.0527	0.605
		(1.297)	(1.121)	(0.826)
Véhicule de fonction		0.808	-0.175	1.154
		(0.933)	(0.607)	(0.703)
Deux-Roues Motorisé		0.0741	0.132	0.235
		(1.189)	(0.524)	(0.558)
Vélo		-0.111	0.343	-0.00113
		(0.607)	(0.214)	(0.329)
Abonnement Transport en Commun		0.468	0.578**	2.262***
		(0.653)	(0.256)	(0.382)
Abonnement Vélo en Libre-Service		0.709	-0.260	0.836
		(1.303)	(0.505)	(0.652)
Abonnement Autopartage		0.00899	1.072	1.422*
		(1.106)	(0.837)	(0.731)
Abonnement Parking		-0.652	0.104	-0.282
		(0.786)	(0.328)	(0.522)
Internet Domicile		-2.066**	-0.629	-1.225***
		(0.827)	(0.407)	(0.448)
Internet Mobile		1.256**	0.00226	0.0559
		(0.624)	(0.242)	(0.338)
Arrêt Transports en Commun		0.178	0.233	1.749***
		(0.761)	(0.370)	(0.626)
Station d'Autopartage		0.737	0.0226	0.420
		(0.603)	(0.266)	(0.387)
Station Vélo en Libre-Service		-0.869	0.642**	0.763*
		(0.633)	(0.258)	(0.406)
Parking Domicile		0.159	-0.285	-0.936**
		(0.697)	(0.290)	(0.398)
Gare		-0.894	0.173	0.160
		(0.852)	(0.315)	(0.425)
Parking Relai (P+R)		1.345*	-0.243	-0.229
		(0.805)	(0.230)	(0.354)
Parking travail gratuit		-1.876***	-0.112	0.243
		(0.724)	(0.259)	(0.370)
Park travail payant		-0.0439	0.440	1.210**
		(1.084)	(0.508)	(0.552)
Constante		-0.843	1.003	1.066
		(3.791)	(1.475)	(1.891)
Log pseudolikelihood	-564.08601			
Wald chi2(183)	6562.76			
Prob > chi2	0.0000			
Pseudo R2	0.3626			
Observations	1052	1052	1052	1052

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

1.3. Le motif accompagnement

Accompagnement VARIABLES	**Voiture Particulière**	**Alternative VP**	**Mode Doux**	**Transports en Commun**
Poids Coût				
Poids sécurité		-0.953**	-0.103	0.663**
		(0.388)	(0.0666)	(0.307)
Poids efficacité		0.0893	-0.0118	0.386
		(0.128)	(0.0504)	(0.332)
Poids confort		1.314**	-0.143	0.369
		(0.513)	(0.0931)	(0.512)
Poids image		-2.333***	0.0889	1.089**
		(0.562)	(0.132)	(0.426)
Poids simplicité		-1.051**	0.0800	0.664*
		(0.492)	(0.0837)	(0.378)
Sexe M		3.268**	-0.980*	1.033
		(1.664)	(0.518)	(1.082)

Age		-0.590***	-0.0508*	-0.0550
		(0.133)	(0.0264)	(0.0682)
Géotype 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Géotype 2		-4.573**	-0.459	-17.92***
		(1.868)	(0.844)	(1.819)
Géotype 3		-28.02***	1.468	3.481*
		(5.382)	(1.044)	(1.874)
Géotype 4		4.134**	0.414	3.471
		(1.841)	(0.850)	(2.243)
Géotype 5		0.967	-1.692*	2.837
		(2.706)	(0.934)	(2.414)
Géotype 6		-1.865	0.0143	3.402
		(2.931)	(0.734)	(2.134)
Géotype 7		-11.68***	-0.977	5.922*
		(2.867)	(1.049)	(3.480)
Géotype 8		-47.38***	-1.134	0.655
		(6.819)	(0.805)	(3.938)
Géotype 9		-9.358	-0.881	4.779
		(7.986)	(2.004)	(8.143)
Géotype 10		2.026	-1.857*	-23.00***
		(2.378)	(1.123)	(6.419)
CSP+	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
CSP Profession Intermédiaire		-5.017**	-0.639	-0.304
		(2.056)	(0.759)	(2.147)
CSP Employé-Ouvrier		1.596	-0.475	-0.00327
		(1.682)	(0.698)	(1.489)
CSP Retraités		-6.830*	-1.677	-29.66***
		(3.652)	(1.422)	(5.834)
CSP Etudiants		-46.39***	-2.614*	-9.909***
		(6.860)	(1.559)	(3.695)
CSP Inactifs		-44.78***	0.120	-0.353
		(8.353)	(1.079)	(3.291)
Quota foyer 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Quota foyer 2		44.21***	3.809*	16.36***
		(6.560)	(2.217)	(5.213)
Quota foyer 3		3.357	-0.515	5.239*
		(2.397)	(1.093)	(2.827)
Quota foyer 4		42.29***	3.189	13.33***
		(5.902)	(2.094)	(4.164)
Quota foyer 5		28.63***	1.976	14.20***
		(5.386)	(2.043)	(5.178)
Quota foyer 6		-28.85***	2.917**	4.551*
		(10.08)	(1.401)	(2.325)
Quota foyer 7		1.547	-0.00405	3.307
		(2.739)	(0.962)	(2.345)
Ile de France	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Zone géographique Nord-Est		10.21***	-0.362	-1.270
		(2.920)	(0.896)	(1.236)
Zone géographique Nord-Ouest		10.49***	-1.387*	-3.018**
		(3.321)	(0.766)	(1.496)
Zone géographique Sud-Est		8.523***	-0.600	-0.295
		(3.188)	(0.901)	(1.287)
Zone géographique Sud-Ouest		3.385	-1.527*	-1.458
		(2.386)	(0.864)	(1.216)
Revenu 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Revenu 2		28.91***	-0.0756	3.829**
		(5.381)	(0.670)	(1.918)
Revenu 3		32.29***	-1.471	6.808***
		(5.674)	(1.058)	(2.541)
Revenu 4		31.36***	-2.226***	5.510**
		(5.172)	(0.816)	(2.541)
Revenu 5		33.47***	-2.582**	0.195
		(6.094)	(1.240)	(2.225)
Revenu 6		39.74***	-1.837	2.472
		(5.364)	(1.408)	(2.937)
Revenu		2.913	-1.841*	7.383**
Ne se prononce pas				

		(7.149)	(1.081)	(3.012)
Distance <3km	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Distance <10km		7.501***	-3.405***	0.775
		(2.384)	(0.729)	(1.154)
Distance <30km		4.327**	-3.945***	0.108
		(2.027)	(1.285)	(1.393)
Distance >30km		4.198	-3.853	-1.700
		(2.561)	(2.983)	(3.952)
Chainage travail-accompagnement		1.402	0.783	-3.008***
		(1.416)	(0.623)	(0.966)
Permis		-3.317	0.0465	-9.165***
		(4.391)	(1.025)	(3.481)
Voiture Particulière		-9.044***	0.805	3.830**
		(2.462)	(0.689)	(1.764)
Véhicule Electrique		-5.174***	0.512	3.457**
		(1.906)	(1.329)	(1.752)
Véhicule de fonction		-3.640**	0.909	-1.801
		(1.614)	(0.780)	(1.451)
Deux-Roues Motorisé		3.764**	0.303	-1.037
		(1.860)	(1.037)	(1.265)
Vélo		-1.149	-0.0339	-1.030
		(1.480)	(0.490)	(1.013)
Abonnement Transport en Commun		-0.284	2.670***	4.664***
		(1.172)	(0.675)	(1.767)
Abonnement Vélo en Libre-Service		-4.446*	-0.513	-0.265
		(2.678)	(1.073)	(1.042)
Abonnement Autopartage		7.109**	-0.628	4.503**
		(3.323)	(1.077)	(1.911)
Abonnement Parking		-1.944	-1.080	-1.297
		(2.276)	(0.761)	(1.491)
Internet Domicile		-0.631	-1.407*	-3.006**
		(2.682)	(0.782)	(1.273)
Internet Mobile		0.573	-0.0546	2.204*
		(2.340)	(0.771)	(1.274)
Arrêt Transports en Commun		-0.0898	0.258	0.556
		(2.884)	(0.737)	(1.551)
Station d'Autopartage		1.018	0.743	0.771
		(2.450)	(0.599)	(1.630)
Station Vélo en Libre-Service		2.071	0.174	2.802**
		(2.891)	(0.491)	(1.167)
Parking Domicile		0.345	-0.0864	-0.808
		(2.636)	(0.777)	(1.138)
Gare		1.915	0.413	-1.609
		(2.019)	(0.625)	(1.358)
Parking Relai (P+R)		5.788***	-1.028**	-0.868
		(1.704)	(0.504)	(1.091)
Parking travail gratuit		-1.146	-0.468	4.797*
		(1.464)	(0.509)	(2.540)
Park travail payant		2.011	2.168***	2.360**
		(3.617)	(0.688)	(0.987)
Constante		6.748	6.636	-58.34**
		(23.88)	(4.606)	(28.95)
Log pseudolikelihood	-159.37322			
Wald chi2(172)	.			
Prob > chi2	.			
Pseudo R2	0.5902			
Observations	449	449	449	449

Erreurs standards robustes entre parenthèses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

1.4. Le motif loisirs

Loisirs VARIABLES	Voiture Particulière	Alternative VP	Mode Doux	Transports en Commun
Poids Coût	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Poids sécurité		-0.953**	-0.103	0.663**
		(0.388)	(0.0666)	(0.307)
Poids efficacité		0.0893	-0.0118	0.386
		(0.128)	(0.0504)	(0.332)
Poids confort		1.314**	-0.143	0.369
		(0.513)	(0.0931)	(0.512)
Poids image		-2.333***	0.0889	1.089**
		(0.562)	(0.132)	(0.426)
Poids simplicité		-1.051**	0.0800	0.664*
		(0.492)	(0.0837)	(0.378)
Sexe M		3.268**	-0.980*	1.033
		(1.664)	(0.518)	(1.082)
Age		-0.590***	-0.0508*	-0.0550
		(0.133)	(0.0264)	(0.0682)
Géotype 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Géotype 2		-4.573**	-0.459	-17.92***
		(1.868)	(0.844)	(1.819)
Géotype 3		-28.02***	1.468	3.481*
		(5.382)	(1.044)	(1.874)
Géotype 4		4.134**	0.414	3.471
		(1.841)	(0.850)	(2.243)
Géotype 5		0.967	-1.692*	2.837
		(2.706)	(0.934)	(2.414)
Géotype 6		-1.865	0.0143	3.402
		(2.931)	(0.734)	(2.134)
Géotype 7		-11.68***	-0.977	5.922*
		(2.867)	(1.049)	(3.480)
Géotype 8		-47.38***	-1.134	0.655
		(6.819)	(0.805)	(3.938)
Géotype 9		-9.358	-0.881	4.779
		(7.986)	(2.004)	(8.143)
Géotype 10		2.026	-1.857*	-23.00***
		(2.378)	(1.123)	(6.419)
CSP+	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
CSP Profession Intermédiaire		-5.017**	-0.639	-0.304
		(2.056)	(0.759)	(2.147)
CSP Employé-Ouvrier		1.596	-0.475	-0.00327
		(1.682)	(0.698)	(1.489)
CSP Retraités		-6.830*	-1.677	-29.66***
		(3.652)	(1.422)	(5.834)
CSP Etudiants		-46.39***	-2.614*	-9.909***
		(6.860)	(1.559)	(3.695)
CSP Inactifs		-44.78***	0.120	-0.353
		(8.353)	(1.079)	(3.291)
Quota foyer 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Quota foyer 2		44.21***	3.809*	16.36***
		(6.560)	(2.217)	(5.213)
Quota foyer 3		3.357	-0.515	5.239*
		(2.397)	(1.093)	(2.827)
Quota foyer 4		42.29***	3.189	13.33***
		(5.902)	(2.094)	(4.164)
Quota foyer 5		28.63***	1.976	14.20***
		(5.386)	(2.043)	(5.178)
Quota foyer 6		-28.85***	2.917**	4.551*
		(10.08)	(1.401)	(2.325)
Quota foyer 7		1.547	-0.00405	3.307
		(2.739)	(0.962)	(2.345)
Ile de France	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Zone géographique Nord-Est		10.21***	-0.362	-1.270
		(2.920)	(0.896)	(1.236)
Zone géographique Nord-Ouest		10.49***	-1.387*	-3.018**

		(3.321)	(0.766)	(1.496)
Zone géographique Sud-Est		8.523***	-0.600	-0.295
		(3.188)	(0.901)	(1.287)
Zone géographique Sud-Ouest		3.385	-1.527*	-1.458
		(2.386)	(0.864)	(1.216)
Revenu 1	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Revenu 2		28.91***	-0.0756	3.829**
		(5.381)	(0.670)	(1.918)
Revenu 3		32.29***	-1.471	6.808***
		(5.674)	(1.058)	(2.541)
Revenu 4		31.36***	-2.226***	5.510**
		(5.172)	(0.816)	(2.541)
Revenu 5		33.47***	-2.582**	0.195
		(6.094)	(1.240)	(2.225)
Revenu 6		39.74***	-1.837	2.472
		(5.364)	(1.408)	(2.937)
Revenu Ne se prononce pas		2.913	-1.841*	7.383**
		(7.149)	(1.081)	(3.012)
Distance <3km	*ref*	*ref*	*ref*	*ref*
Distance <10km		7.501***	-3.405***	0.775
		(2.384)	(0.729)	(1.154)
Distance <30km		4.327**	-3.945***	0.108
		(2.027)	(1.285)	(1.393)
Distance >30km		4.198	-3.853	-1.700
		(2.561)	(2.983)	(3.952)
Chainage travail-accompagnement		1.402	0.783	-3.008***
		(1.416)	(0.623)	(0.966)
Permis		-3.317	0.0465	-9.165***
		(4.391)	(1.025)	(3.481)
Voiture Particulière		-9.044***	0.805	3.830**
		(2.462)	(0.689)	(1.764)
Véhicule Electrique		-5.174***	0.512	3.457**
		(1.906)	(1.329)	(1.752)
Véhicule de fonction		-3.640**	0.909	-1.801
		(1.614)	(0.780)	(1.451)
Deux-Roues Motorisé		3.764**	0.303	-1.037
		(1.860)	(1.037)	(1.265)
Vélo		-1.149	-0.0339	-1.030
		(1.480)	(0.490)	(1.013)
Abonnement Transport en Commun		-0.284	2.670***	4.664***
		(1.172)	(0.675)	(1.767)
Abonnement Vélo en Libre-Service		-4.446*	-0.513	-0.265
		(2.678)	(1.073)	(1.042)
Abonnement Autopartage		7.109**	-0.628	4.503**
		(3.323)	(1.077)	(1.911)
Abonnement Parking		-1.944	-1.080	-1.297
		(2.276)	(0.761)	(1.491)
Internet Domicile		-0.631	-1.407*	-3.006**
		(2.682)	(0.782)	(1.273)
Internet Mobile		0.573	-0.0546	2.204*
		(2.340)	(0.771)	(1.274)
Arrêt Transports en Commun		-0.0898	0.258	0.556
		(2.884)	(0.737)	(1.551)
Station d'Autopartage		1.018	0.743	0.771
		(2.450)	(0.599)	(1.630)
Station Vélo en Libre-Service		2.071	0.174	2.802**
		(2.891)	(0.491)	(1.167)
Parking Domicile		0.345	-0.0864	-0.808
		(2.636)	(0.777)	(1.138)
Gare		1.915	0.413	-1.609
		(2.019)	(0.625)	(1.358)
Parking Relai (P+R)		5.788***	-1.028**	-0.868
		(1.704)	(0.504)	(1.091)
Parking travail gratuit		-1.146	-0.468	4.797*
		(1.464)	(0.509)	(2.540)

Park travail payant		2.011	2.168***	2.360**
		(3.617)	(0.688)	(0.987)
Constante		6.748	6.636	-58.34**
		(23.88)	(4.606)	(28.95)
Log pseudolikelihood	-509.65541			
Wald chi2(182)	.			
Prob > chi2	.			
Pseudo R2	0.4169			
Observations	927	927	927	927

Erreurs standards robustes entre parenthèses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

2. Les effets marginaux

2.1. Le motif Domicile-Travail

Domicile-Travail	**Voiture Particulière**		**Alternative VP**		**Mode Doux**		**Transports en Commun**	
VARIABLES	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**
Poids Coût	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Poids sécurité	**.0038973**	0.004	-5.63e-07	0.556	**-.0020618**	0.075	-.0016579	0.129
Poids efficacité	.0014823	0.345	-2.28e-07	0.573	**-.0022905**	0.082	.0008825	0.512
Poids confort	**.005701**	0.001	3.57e-07	0.230	**-.0032885**	0.023	-.0024627	0.154
Poids image	-.0005249	0.806	1.77e-07	0.502	-.0006744	0.698	.0011507	0.473
Poids simplicité	.0024535	0.133	3.60e-08	0.608	-.0021392	0.136	-.0003035	0.824
Sexe M	**-.0690549**	0.010	**-2.30e-06**	0.052	.0092992	0.684	**.0598902**	0.017
Age	-.001151	0.422	1.15e-07	0.621	.0018217	0.124	-.0007121	0.561
Géotype 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Géotype 2	-.0119848	0.807	.000813	0.598	.0594456	0.216	-.0482738	0.222
Géotype 3	-.0340836	0.559	-.0242348	1.000	-.0157269	0.717	.0740452	0.140
Géotype 4	-.0859624	0.133	**.0962917**	0.000	-.0121275	0.809	.0017982	0.967
Géotype 5	-.0203738	0.693	**.013698**	0.094	-.0060609	0.903	.0127367	0.755
Géotype 6	-.0393607	0.424	**.0041541**	0.000	-.028351	0.473	.0635576	0.128
Géotype 7	**-.1243965**	0.028	**.0873792**	0.000	.013437	0.786	.0235803	0.661
Géotype 8	.0134239	0.828	**-.0181303**	0.000	-.0131222	0.784	.0178286	0.755
Géotype 9	-.0917951	0.231	**.1289445**	0.000	-.0334774	0.583	-.0036721	0.960
Géotype 10	-.0390195	0.493	**.1173974**	0.000	.0107566	0.841	-.0891345	0.115
CSP+	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
CSP Profession Inter	-.0384792	0.375	**.0485474**	0.000	**-.0800128**	0.053	**.0699446**	0.055
CSP Employé-Ouvrier	-.0300144	0.483	**.0460332**	0.000	**-.076823**	0.064	**.0608042**	0.058
CSP Retraités	**.1143678**	0.057	**.1438748**	0.000	**-.1883357**	0.000	-.0699069	0.229
CSP Etudiants	-.0686838	0.529	-.0001909	0.858	.0106152	0.919	.0582596	0.447
CSP Inactifs	.0592199	0.390	**.0459384**	0.000	**-.1682361**	0.000	.0630778	0.291
Quota foyer 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Quota foyer 2	-.071347	0.366	**.1384624**	0.000	-.0453526	0.511	-.0217628	0.676
Quota foyer 3	-.0644434	0.279	**.0156613**	0.000	-.0003517	0.995	.0491339	0.248
Quota foyer 4	.0403854	0.712	**-.0636716**	0.000	-.0360895	0.688	.0593757	0.429
Quota foyer 5	**-.3575624**	0.009	**-.0635964**	0.000	.1142683	0.588	**.3068905**	0.055
Quota foyer 6	-.0367032	0.385	.0002567	0.846	-.017702	0.648	.0541486	0.129
Quota foyer 7	.0233506	0.600	**-.0492318**	0.000	-.0350724	0.408	.0609537	0.045
Ile de France	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Nord-Est	.0727116	0.209	**.0748364**	0.000	-.0414835	0.365	**-.1060645**	0.036
Nord-Ouest	**.1007318**	0.076	**.0265724**	0.000	-.0523885	0.217	-.0749157	0.134
Sud-Est	.0673398	0.240	**.0752564**	0.000	-.0601531	0.152	**-.0824431**	0.100
Sud-Ouest	**.1889732**	0.001	-9.52e-10	1.000	**-.1015855**	0.031	**-.0873877**	0.089

Revenu 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Revenu 2	-.0058446	0.923	**.0294326**	0.000	-.0238839	0.623	.0002959	0.994
Revenu 3	-.0476468	0.468	**.0860255**	0.000	-.0527299	0.313	.0143512	0.746
Revenu 4	.0006016	0.993	**.0276796**	0.000	-.0636675	0.229	.0353862	0.442
Revenu 5	-.0384284	0.548	**.081898**	0.000	**-.1456849**	0.003	**.1022153**	0.025
Revenu 6	**-.189896**	0.010	**.1951702**	0.000	-.0542433	0.334	.0489691	0.327
Ne se prononce pas	-.0594232	0.406	.0027602	0.511	-.0012907	0.984	.0579538	0.287
Distance <3km	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Distance <10km	**.1636672**	0.000	**.0315594**	0.000	**-.3274649**	0.000	**.1322383**	0.000
Distance <30km	**.1550065**	0.000	**.1015619**	0.000	**-.379712**	0.000	**.1231436**	0.000
Distance >30km	**.1608141**	0.002	**.0308758**	0.000	**-.3638061**	0.000	**.1721162**	0.000
Chainage travail-accompagnement	**.059816**	0.092	4.94e-06	0.363	**.060846**	0.075	**-.1216904**	0.000
Permis	**.2544152**	0.004	-6.32e-07	0.948	-.0775425	0.196	**-.1748906**	0.000
Voiture Particulière	**.1346507**	0.000	-6.21e-06	0.659	-.0512452	0.148	**-.0807923**	0.005
Véhicule Electrique	**1.237317**	0.000	**.0000651**	0.052	**-2.011684**	0.000	**.7693088**	0.000
Véhicule de fonction	.089396	0.135	2.91e-06	0.125	-.0766622	0.220	-.0127634	0.785
Deux-Roues Motorisé	**.073196**	0.088	-5.38e-06	0.599	-.0239821	0.561	-.0472737	0.185
Vélo	-.0201143	0.470	-5.36e-07	0.580	**.0469109**	0.037	-.0268797	0.303
Abonnement Transport en Commun	**-.2469785**	0.000	**-6.11e-06**	0.000	-.0131771	0.625	**.2601729**	0.000
Abonnement Vélo en Libre-Service	**-.0910128**	0.088	-.0000484	0.462	.0626551	0.153	.040354	0.367
Abonnement Autopartage	-.0430711	0.538	3.69e-06	0.616	-.0166433	0.787	.0584963	0.248
Abonnement Parking	**.0852463**	0.044	-6.07e-06	0.611	-.0342295	0.428	-.0487956	0.173
Internet Domicile	.069475	0.133	1.70e-06	0.315	**-.0947989**	0.008	.0255176	0.483
Internet Mobile	**-.0530161**	0.099	-4.46e-06	0.250	**.0519425**	0.090	.0017983	0.946
Arrêt Transports en Commun	-.0583681	0.143	-.0000116	0.433	-.0019465	0.960	**.0629988**	0.090
Station d'Autopartage	-.0203953	0.592	2.52e-06	0.497	-.0088734	0.797	.0284901	0.340
Station Vélo en Libre-Service	**-.0859449**	0.004	.0000164	0.534	-.0047342	0.855	**.0858256**	0.000
Parking Domicile	-.0437985	0.238	-1.80e-06	0.151	.0479996	0.176	-.0041076	0.883
Gare	.0333168	0.281	-5.33e-06	0.536	.0196605	0.524	**-.0513978**	0.085
Parking Relai (P+R)	-.0033188	0.913	.0000111	0.487	-.0203524	0.421	.0207687	0.424
Parking travail gratuit	**.1523465**	0.000	**6.88e-06**	0.096	-.0382286	0.101	**-.1148566**	0.000
Park travail payant	.0044087	0.932	-1.30e-06	0.585	.0243424	0.532	-.028429	0.516

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% (p<0.1)

2.2. Le motif tâches courantes

Tâches courantes	**Voiture Particulière**		**Alternative VP**		**Mode Doux**		**Transports en Commun**	
VARIABLES	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**
Poids Coût	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Poids sécurité	-.0009899	0.569	-.0002175	0.712	.0024668	0.143	-.0012594	0.269
Poids efficacité	-.0006446	0.752	-.0006804	0.475	.0023999	0.232	-.0010748	0.328
Poids confort	-.000367	0.872	**.0015611**	0.083	.0004983	0.820	-.0016923	0.388
Poids image	-.0040932	0.145	-.0009742	0.594	**.0060541**	0.015	-.0009867	0.625
Poids simplicité	-.0018149	0.402	.0010519	0.147	.0030469	0.142	-.0022839	0.143
Sexe M	-.0282879	0.277	.0089501	0.367	.0279893	0.260	-.0086518	0.595
Age	-.0008192	0.514	**-.0012808**	0.065	.000502	0.666	**.0015981**	0.033
Géotype 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Géotype 2	.0556722	0.272	.0225363	0.163	**-.0817247**	0.092	.0035162	0.898
Géotype 3	**.0992176**	0.050	-.0071693	0.680	**-.0982575**	0.034	.0062092	0.829
Géotype 4	**.1037815**	0.041	.0242867	0.287	**-.1099169**	0.024	-.0181513	0.556
Géotype 5	.0636118	0.306	.0240852	0.319	-.0702863	0.265	-.0174107	0.670
Géotype 6	**.1429975**	0.003	.0075676	0.614	**-.129397**	0.005	-.0211681	0.414
Géotype 7	.0860562	0.200	-.0149955	0.140	-.0641454	0.345	-.0069153	0.861
Géotype 8	**.1089158**	0.049	.0229445	0.359	**-.1510723**	0.005	.019212	0.629
Géotype 9	.0737323	0.374	-.0149956	0.140	-.0692996	0.443	.0105629	0.814

Géotype 10	**.25684**	0.000	-.0083281	0.559	**-.1666308**	0.005	**-.0818812**	0.000
CSP+	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
CSP Profession Inter	.0253714	0.557	-.0165958	0.216	-.0209318	0.615	.0121563	0.696
CSP Employé-Ouvrier	.0028966	0.944	.0162728	0.267	-.0031862	0.936	-.0159832	0.515
CSP Retraités	-.0516879	0.534	.0555333	0.398	.0126444	0.858	-.0164898	0.767
CSP Etudiants	-.0125965	0.889	-.018754	0.198	.0333935	0.685	-.002043	0.968
CSP Inactifs	-.0348106	0.629	**-.0252779**	0.021	.0846952	0.239	-.0246068	0.544
Quota foyer 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Quota foyer 2	.0395051	0.645	-.0097921	0.779	-.0131678	0.862	-.0165452	0.764
Quota foyer 3	.0474247	0.425	.0052748	0.833	-.0443162	0.450	-.0083833	0.807
Quota foyer 4	-.060199	0.611	.0224697	0.700	.0473351	0.677	-.0096059	0.863
Quota foyer 5	**.1370796**	0.068	-.0306623	0.168	-.0798888	0.237	-.0265285	0.654
Quota foyer 6	**.0967328**	0.048	-.0157197	0.524	-.0388432	0.415	-.0421698	0.194
Quota foyer 7	**.0892635**	0.057	-.0099346	0.621	-.0622208	0.182	-.0171082	0.534
Ile de France	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Nord-Est	.0615967	0.224	.0252013	0.261	-.054575	0.249	-.032223	0.269
Nord-Ouest	**.1641062**	0.000	.0116639	0.410	**-.1255405**	0.005	**-.0502296**	0.083
Sud-Est	**.1208946**	0.008	-.0011664	0.917	**-.0807732**	0.069	-.0389551	0.148
Sud-Ouest	**.119044**	0.014	.0060876	0.674	**-.0832685**	0.085	-.041863	0.146
Revenu 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Revenu 2	.0452186	0.330	-.0036014	0.799	-.0040114	0.928	-.0376059	0.159
Revenu 3	.0797458	0.107	-.0025225	0.866	-.0264927	0.570	**-.0507305**	0.090
Revenu 4	**.0872219**	0.065	.0052379	0.696	-.0523443	0.235	-.0401155	0.142
Revenu 5	.0746183	0.188	.0333667	0.178	-.0626884	0.199	-.0452966	0.126
Revenu 6	.0197288	0.794	**.1168189**	0.009	-.0641571	0.295	**-.0723906**	0.022
Ne se prononce pas	-.0205111	0.703	**-.0197864**	0.047	.0241837	0.623	.0161138	0.643
Distance <3km	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Distance <10km	**.1671337**	0.000	**.0189253**	0.023	**-.2469205**	0.000	**.0608615**	0.000
Distance <30km	**.1646046**	0.000	**.0400835**	0.022	**-.2927886**	0.000	**.0881006**	0.001
Distance >30km	.0380899	0.657	.0490651	0.454	**-.3054374**	0.000	**.2182823**	0.031
Chainage travail-accompagnement	.0177168	0.627	**.0257825**	0.087	.0117586	0.726	**-.0552583**	0.017
Permis	**.1017966**	0.050	-.0109246	0.624	-.0364997	0.403	**-.0543715**	0.023
Voiture Particulière	**.1221315**	0.000	**-.0276203**	0.006	**-.0561111**	0.055	**-.0383989**	0.019
Véhicule Electrique	-.0392076	0.729	**.0392665**	0.071	-.0253568	0.826	.0252966	0.501
Véhicule de fonction	-.0257402	0.684	.0115863	0.473	-.0450841	0.473	**.0592374**	0.078
Deux-Roues Motorisé	-.0186196	0.734	.0002659	0.990	.0094425	0.863	.0089111	0.734
Vélo	-.0281819	0.243	-.0029946	0.774	**.0379041**	0.092	-.0067275	0.671
Abonnement Transport en Commun	**-.1167654**	0.000	.00047	0.967	.015957	0.540	**.1003378**	0.000
Abonnement Vélo en Libre-Service	-.0085882	0.883	.0109542	0.622	-.0476815	0.350	.0453149	0.128
Abonnement Autopartage	-.1310467	0.131	-.0068569	0.711	.0884682	0.297	.0494351	0.105
Abonnement Parking	.0062828	0.862	-.010909	0.436	.0191629	0.581	-.0145362	0.560
Internet Domicile	**.1115427**	0.010	**-.030699**	0.030	-.0375718	0.361	**-.0432707**	0.028
Internet Mobile	-.0163344	0.545	**.0216229**	0.048	-.0048036	0.850	-.0004856	0.976
Arrêt Transports en Commun	**-.0697014**	0.071	-.0021598	0.868	-.0105292	0.802	**.0823901**	0.011
Station d'Autopartage	-.0219538	0.466	.011632	0.266	-.0083529	0.758	.0186743	0.300
Station Vélo en Libre-Service	**-.0658666**	0.023	**-.019036**	0.100	**.0574611**	0.033	.0274419	0.159
Parking Domicile	.0481393	0.127	.0060688	0.614	-.0126985	0.676	**-.0415096**	0.030
Gare	-.0088569	0.788	-.0164548	0.274	.0185245	0.591	.0067877	0.751
Parking Relai (P+R)	.0115256	0.667	**.0246685**	0.076	-.026203	0.277	-.0099917	0.557
Parking travail gratuit	.0248778	0.386	**-.0328034**	0.011	-.0113676	0.673	.0192941	0.279
Park travail payant	-.070279	0.191	-.0052569	0.772	.0237319	0.652	**.0518038**	0.046

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% ($p<0.1$)

2.3. Le motif accompagnement

Tâches courantes	Voiture Particulière		Alternative VP		Mode Doux		Transports en Commun	
VARIABLES	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**
Poids Coût	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Poids sécurité	.006114	0.486	**-.0179641**	0.053	**-.0110991**	0.066	**.0229491**	0.004
Poids efficacité	-.0072426	0.233	.0005938	0.798	-.0046181	0.311	.0112669	0.195
Poids confort	-.0146086	0.217	**.0221707**	0.012	**-.016448**	0.061	.008886	0.541
Poids image	.0046871	0.739	**-.0434144**	0.001	.0014777	0.878	**.0372494**	0.000
Poids simplicité	-.0032754	0.765	**-.0200931**	0.081	.0018336	0.792	**.0215348**	0.042
Sexe M	-.0021984	0.961	**.0562835**	0.054	**-.0853694**	0.011	.0312844	0.271
Age	**.0112715**	0.002	**-.0099724**	0.005	-.0016499	0.369	.0003508	0.851
Géotype 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Géotype 2	.0748678	0.263	**-.0363605**	0.067	-.015416	0.812	**-.0230914**	0.022
Géotype 3	-.116403	0.197	**-.0645225**	0.000	.1110072	0.220	**.0699183**	0.079
Géotype 4	**-.1139972**	0.094	**.0628464**	0.032	-.0047821	0.941	**.0559329**	0.090
Géotype 5	.0547177	0.382	.0082941	0.800	**-.1298947**	0.015	**.0668829**	0.066
Géotype 6	-.0312226	0.610	-.0228169	0.184	-.0234729	0.681	**.0775125**	0.051
Géotype 7	-.0335456	0.706	**-.0615142**	0.000	-.1125204	0.106	**.2075801**	0.016
Géotype 8	.1191318	0.190	**-.0658358**	0.000	-.0765826	0.193	.0232866	0.764
Géotype 9	.0021768	0.993	**-.0581514**	0.005	-.0959666	0.471	.1519412	0.596
Géotype 10	.0978745	0.158	.0372132	0.281	**-.1119963**	0.069	**-.0230914**	0.022
CSP+	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
CSP Profession Inter	.0783926	0.221	**-.0528515**	0.020	-.0333784	0.540	.0078373	0.916
CSP Employé-Ouvrier	.0087588	0.869	.0282785	0.313	-.033698	0.483	-.0033393	0.950
CSP Retraités	**.2098899**	0.014	**-.0538914**	0.090	-.069806	0.367	-.0861925	0.152
CSP Etudiants	**.2707784**	0.000	**-.101384**	0.000	-.0945788	0.131	-.0748156	0.211
CSP Inactifs	.0470889	0.653	**-.1043714**	0.000	.0305949	0.712	.0266877	0.805
Quota foyer 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Quota foyer 2	**-.6668822**	0.000	**.5649475**	0.000	-.0743404	0.338	**.1762751**	0.041
Quota foyer 3	-.0671312	0.396	.0321439	0.293	-.0565043	0.359	**.0914916**	0.011
Quota foyer 4	**-.6339159**	0.000	**.5589263**	0.000	-.0597478	0.464	.1347374	0.110
Quota foyer 5	**-.5391475**	0.000	**.3442521**	0.000	-.0634507	0.495	.2583462	0.106
Quota foyer 6	**-.2386689**	0.024	-.0187038	0.267	**.2107032**	0.034	.0466694	0.549
Quota foyer 7	-.0350183	0.586	.0114742	0.625	-.0135619	0.822	**.0371059**	0.021
Ile de France	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Nord-Est	.0042684	0.952	**.0718444**	0.002	-.0254955	0.717	-.0506173	0.210
Nord-Ouest	.0784002	0.224	**.0813754**	0.006	-.0848001	0.160	**-.0749756**	0.059
Sud-Est	.0187409	0.796	**.0452539**	0.013	-.0477184	0.497	-.0162763	0.735
Sud-Ouest	.1217015	0.065	**.0088511**	0.061	-.0942709	0.155	-.0362816	0.387
Revenu 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Revenu 2	-.0349928	0.525	**.024795**	0.001	-.0343888	0.531	**.0445866**	0.005
Revenu 3	-.0395451	0.537	**.0637374**	0.000	**-.1577557**	0.014	**.1335633**	0.000
Revenu 4	.0351289	0.540	**.0534751**	0.017	**-.1852693**	0.000	**.0966653**	0.000
Revenu 5	.0749704	0.361	**.1020972**	0.088	**-.1835225**	0.005	.0064549	0.603
Revenu 6	-.0730028	0.384	**.2205151**	0.000	**-.1649122**	0.028	.0173999	0.426
Ne se prononce pas	.0021019	0.979	2.38e-09	0.895	**-.1746398**	0.006	**.1725379**	0.001
Distance <3km	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Distance <10km	**.145107**	0.000	**.0878352**	0.001	**-.274371**	0.000	**.0414288**	0.062
Distance <30km	**.2174273**	0.000	**.0348926**	0.007	**-.2856351**	0.000	.0333153	0.431
Distance >30km	**.2433747**	0.026	.0363449	0.195	**-.273956**	0.008	-.0057636	0.919
Chainage travail-accompagnement	-.0097301	0.823	.0301401	0.222	**.0792121**	0.063	**-.099622**	0.000
Permis	**.2006123**	0.049	-.0342704	0.631	.0961621	0.177	**-.2625043**	0.001
Voiture Particulière	-.0016319	0.983	**-.1683647**	0.012	.0414339	0.367	**.1285622**	0.007
Véhicule Electrique	-.0262814	0.787	**-.0996615**	0.018	.0155121	0.866	**.1104305**	0.027
Véhicule de fonction	.024487	0.699	**-.0606214**	0.053	.0884726	0.087	-.0523384	0.182

Deux-Roues Motorisé	-.0461459	0.545	**.0671649**	0.078	.0219804	0.763	-.0429992	0.275
Vélo	.0344768	0.391	-.0172102	0.463	.009887	0.774	-.0271537	0.340
Abonnement Transport en Commun	**-.2336474**	0.000	-.0229932	0.304	**.1430877**	0.000	**.1135529**	0.016
Abonnement Vélo en Libre-Service	.0898466	0.227	**-.0751997**	0.071	-.0229214	0.760	.0082743	0.783
Abonnement Autopartage	-.1317484	0.102	**.1132087**	0.033	-.1021144	0.188	**.1206545**	0.013
Abonnement Parking	**.1097121**	0.061	-.0278847	0.477	-.0585411	0.255	-.0232864	0.596
Internet Domicile	**.1425471**	0.022	-.0000166	1.000	-.0685092	0.188	**-.0740214**	0.020
Internet Mobile	-.042914	0.458	.0044462	0.911	-.0256222	0.632	**.06409**	0.079
Arrêt Transports en Commun	-.0236786	0.695	-.0035712	0.944	.0130133	0.807	.0142365	0.768
Station d'Autopartage	-.0693685	0.243	.0139639	0.730	.0421325	0.286	.0132721	0.775
Station Vélo en Libre-Service	-.0854256	0.131	.0283502	0.596	-.0187466	0.596	**.0758221**	0.023
Parking Domicile	.0149847	0.817	.0082277	0.857	.0007021	0.990	-.0239145	0.487
Gare	-.0193993	0.730	.0363183	0.305	.0392839	0.377	-.0562029	0.124
Parking Relai (P+R)	.0027663	0.953	**.1049156**	0.002	**-.0768953**	0.023	-.0307863	0.346
Parking travail gratuit	-.0433841	0.432	-.0309809	0.262	**-.0744876**	0.050	**.1488526**	0.022
Park travail payant	**-.1924073**	0.003	.0238167	0.695	**.124199**	0.009	.0443916	0.195

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% (p<0.1)

2.4. Le motif loisirs

Loisirs	**Voiture Particulière**		**Alternative VP**		**Mode Doux**		**Transports en Commun**	
VARIABLES	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**	**dy/dx**	**P>z**
Poids Coût	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Poids sécurité	-.0006745	0.588	-.0000991	0.867	.0013943	0.274	-.0006207	0.495
Poids efficacité	-.0024702	0.101	.0007703	0.294	**.0027747**	0.042	-.0010749	0.417
Poids confort	.0024781	0.128	.0002722	0.768	-.0002022	0.886	**-.0025481**	0.030
Poids image	**-.0088156**	0.000	.0000168	0.981	**.0074784**	0.000	.0013203	0.358
Poids simplicité	.0001517	0.905	-.0002721	0.660	**.002599**	0.038	**-.0024785**	0.029
Sexe M	-.0065138	0.808	**-.0181587**	0.085	.0229494	0.336	.0017231	0.933
Age	-.0001702	0.900	-.0008303	0.155	.001576	0.199	-.0005755	0.569
Géotype 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Géotype 2	-.0040418	0.936	-.0012982	0.929	.0063116	0.891	-.0009716	0.978
Géotype 3	.030614	0.608	-.0056448	0.648	-.0234374	0.632	-.0015318	0.970
Géotype 4	.0684952	0.165	.0274582	0.105	**-.0900063**	0.044	-.0059471	0.872
Géotype 5	**.1356966**	0.016	.0353604	0.330	**-.1123895**	0.027	-.0586675	0.160
Géotype 6	.0541797	0.259	.0081835	0.456	**-.0791297**	0.089	.0167665	0.647
Géotype 7	-.0204835	0.750	**-.0167687**	0.017	.0211646	0.775	.0160876	0.809
Géotype 8	.0500747	0.390	.0324668	0.180	-.0597049	0.309	-.0228367	0.590
Géotype 9	.0759804	0.322	**-.0167687**	0.017	-.0990327	0.128	.039821	0.634
Géotype 10	**.259432**	0.000	.0065066	0.746	**-.1156882**	0.080	**-.1502504**	0.000
CSP+	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
CSP Profession Inter	.0005566	0.991	.0174467	0.299	-.0590095	0.199	.0410062	0.323
CSP Employé-Ouvrier	.0068879	0.879	**.0231675**	0.066	-.0235128	0.610	-.0065426	0.839
CSP Retraités	.0403161	0.619	.0696925	0.351	-.1045346	0.104	-.005474	0.923
CSP Etudiants	.005798	0.947	.0051718	0.768	-.0053659	0.950	-.0056038	0.917
CSP Inactifs	-.0132711	0.864	**-.0093851**	0.077	-.0241244	0.730	.0467805	0.437
Quota foyer 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Quota foyer 2	-.1011811	0.212	.0237842	0.660	.0352399	0.635	.0421571	0.468
Quota foyer 3	-.0479213	0.389	-.0032462	0.886	.0057157	0.912	.0454517	0.321
Quota foyer 4	.0572224	0.475	-.021388	0.437	-.0159557	0.826	-.0198787	0.675
Quota foyer 5	-.0584926	0.402	-.0178141	0.516	-.0078397	0.904	.0841464	0.176
Quota foyer 6	-.0173722	0.697	-.0048853	0.825	-.0089117	0.821	.0311693	0.351
Quota foyer 7	-.0009794	0.982	-.0078045	0.639	.0269049	0.510	-.0181211	0.585
Ile de France	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Nord-Est	**.1110305**	0.030	**.0328204**	0.015	.00687	0.886	**-.1507209**	0.000
Nord-Ouest	**.1134754**	0.022	**.014059**	0.087	-.0457347	0.315	**-.0817997**	0.041

Sud-Est	.0793465	0.116	**.025746**	0.033	-.0262866	0.567	**-.0788059**	0.057
Sud-Ouest	.0422838	0.396	**.0417887**	0.000	.0159198	0.755	**-.0999924**	0.017
Revenu 1	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Revenu 2	-.0301304	0.544	.0134578	0.269	-.0121067	0.773	.0287793	0.382
Revenu 3	-.0625048	0.227	.0092181	0.566	.0531284	0.265	.0001582	0.997
Revenu 4	-.0160828	0.749	**.0344847**	0.037	.0218015	0.619	-.0402035	0.215
Revenu 5	.016096	0.776	.0171563	0.353	-.0322306	0.524	-.0010218	0.980
Revenu 6	-.029573	0.710	.0605887	0.264	-.0562942	0.249	.0252785	0.669
Ne se prononce pas	-.0359918	0.540	-.0003599	0.978	-.011252	0.821	.0476037	0.226
Distance <3km	*ref*		*ref*		*ref*		*ref*	
Distance <10km	**.2142004**	0.000	-.0128251	0.451	**-.235792**	0.000	.0344167	0.131
Distance <30km	**.3099241**	0.000	-.003174	0.874	**-.3333387**	0.000	.0265886	0.353
Distance >30km	**.3169282**	0.000	.083833	0.111	**-.3249112**	0.000	**-.07585**	0.012
Chainage travail-accompagnement	**.1069266**	0.003	.0116298	0.407	**-.0672001**	0.043	-.0513563	0.114
Permis	**.124976**	0.047	-.0110119	0.679	-.0317497	0.497	**-.0822144**	0.012
Voiture Particulière	**.1072346**	0.000	-.0012308	0.934	**-.0708336**	0.007	**-.0351702**	0.088
Véhicule Electrique	**.2742852**	0.043	**.0593275**	0.033	**-.2706336**	0.070	-.0629791	0.576
Véhicule de fonction	-.0327253	0.605	.0193403	0.344	-.0275031	0.618	.040888	0.426
Deux-Roues Motorisé	.0687125	0.158	**-.0541909**	0.098	.0181668	0.666	-.0326884	0.372
Vélo	**-.0826514**	0.001	.011147	0.393	**.0890703**	0.000	-.0175659	0.391
Abonnement Transport en Commun	**-.1827016**	0.000	.0043131	0.675	**.0499232**	0.048	**.1284653**	0.000
Abonnement Vélo en Libre-Service	-.0139	0.802	-.0314497	0.142	.0141823	0.800	.0311674	0.398
Abonnement Autopartage	**-.1354447**	0.072	.0216086	0.347	.0623969	0.368	.0514392	0.302
Abonnement Parking	.0295822	0.441	.0041758	0.686	.0486957	0.155	**-.0824537**	0.015
Internet Domicile	**.2197056**	0.000	**-.0476664**	0.002	**-.1232796**	0.002	**-.0487595**	0.061
Internet Mobile	-.0114872	0.672	.010714	0.374	.0233121	0.349	-.0225388	0.268
Arrêt Transports en Commun	-.0142172	0.690	-.0123049	0.450	-.0456933	0.271	**.0722154**	0.060
Station d'Autopartage	.0092491	0.760	**.0233351**	0.059	-.0297929	0.266	-.0027913	0.906
Station Vélo en Libre-Service	**-.0991493**	0.001	-.0010411	0.921	.0168656	0.544	**.0833248**	0.001
Parking Domicile	.0394694	0.216	.0047839	0.711	-.0367948	0.244	-.0074586	0.783
Gare	-.0046305	0.889	-.0071432	0.625	.0153599	0.625	-.0035862	0.908
Parking Relai (P+R)	.0018396	0.943	**.0246831**	0.043	-.0088407	0.705	-.0176819	0.400
Parking travail gratuit	.033884	0.257	-.0072915	0.521	**-.0551679**	0.047	.0285754	0.239
Park travail payant	.0118055	0.820	.0162973	0.327	-.0671533	0.153	.0390505	0.286

En **gras**, les effets marginaux significatifs à au moins 90% ($p<0.1$)

Annexe 7 : Les tests de multicolinéarité

1. Attitudes

1.1. Domicile-Travail

Variable	VIF	1/VIF
Poids coût	2.60	0.384469
Poids sécurité	2.48	0.403296
Poids efficacité	2.27	0.439703
Poids confort	1.89	0.530295
Poids image	1.72	0.580822
Sexe M	1.20	0.831756
Age	2.07	0.482527
Géotype		
2	1.89	0.529555
3	1.49	0.670801
4	1.80	0.556285
5	2.16	0.462834
6	1.78	0.562327
7	1.75	0.570490
8	1.93	0.517152
9	1.46	0.685873
10	1.94	0.514993
CSP		
2	1.93	0.519267
3	2.42	0.413321
4	3.56	0.281135
5	7.73	0.129293
6	1.63	0.614146
Quota foyer		
2	5.30	0.188798
3	1.70	0.586714
4	3.88	0.257724
5	3.36	0.297509
6	1.90	0.526087
7	2.76	0.362785
Revenu		
2	3.45	0.289650
3	2.64	0.378920
4	3.10	0.322807
5	2.26	0.443368
6	1.72	0.581571
99	1.77	0.564872
Chainage	1.67	0.599896
Distance		
2	1.93	0.519351
3	2.07	0.482293
4	1.64	0.608915
Arrêt de Transport en Commun	1.61	0.619533
Station Autopartage	1.48	0.673701
Station Vélo en Libre-Service	1.75	0.571612
Gare	1.36	0.737039
Parking domicile	1.27	0.789841
Parking travail gratuit	1.36	0.734911
Parking travail payant	1.25	0.798089
Parking proximité	1.40	0.712963
Internet mobile	1.23	0.812687
Internet domicile	1.22	0.817602
Abonnement Parking	1.31	0.765195
Autopartage	1.51	0.662538
Vélo en Libre-Service	1.41	0.711212
Transport en Commun	1.66	0.601874

Vélo	1.22	0.821028
Deux-Roues Motorisé	1.32	0.759837
Permis	1.60	0.625455
Voiture Particulière	1.69	0.592016
Véhicule Electrique	1.30	0.767284
Véhicule de fonction	1.21	0.825942
Moyenne VIF	**2.05**	

1.2. Tâches courantes

Variable	**VIF**	**1/VIF**
Poids coût	2.05	0.488199
Poids sécurité	1.74	0.575356
Poids efficacité	1.78	0.560978
Poids confort	1.46	0.685658
Poids image	1.42	0.704582
Sexe M	1.28	0.780806
Age	3.56	0.280808
Géotype		
2	1.97	0.506336
3	1.60	0.625887
4	1.97	0.506588
5	2.12	0.471787
6	1.79	0.558032
7	1.63	0.611628
8	2.02	0.493914
9	1.40	0.713704
10	1.96	0.509663
CSP		
2	1.99	0.503717
3	2.66	0.375491
4	7.63	0.131041
5	3.30	0.303022
6	2.13	0.470314
Quota foyer		
2	3.53	0.283076
3	1.65	0.605062
4	2.20	0.455108
5	6.02	0.166183
6	2.30	0.434133
7	3.11	0.321221
Revenu		
2	3.03	0.329830
3	2.41	0.415671
4	2.78	0.359535
5	2.14	0.468129
6	1.52	0.656375
99	1.78	0.561619
Chainage	1.64	0.610093
Distance		
2	1.42	0.706234
3	1.54	0.649835
4	1.15	0.868965
Arrêt de Transport en Commun	1.54	0.650973
Station Autopartage	1.40	0.712340
Station Vélo en Libre-Service	1.77	0.565215
Gare	1.34	0.743800
Parking domicile	1.22	0.820358
Parking travail gratuit	1.85	0.539253
Parking travail payant	1.20	0.835892
Parking proximité	1.35	0.740765
Internet mobile	1.25	0.798573
Internet domicile	1.18	0.845099
Abonnement Parking	1.24	0.806521
Autopartage	1.43	0.698039
Vélo en Libre-Service	1.34	0.746013

Transport en Commun	1.48	0.677926
Vélo	1.16	0.858740
Deux-Roues Motorisé	1.23	0.814776
Permis	1.58	0.631629
Voiture Particulière	1.57	0.638280
Véhicule Electrique	1.23	0.810704
Véhicule de fonction	1.20	0.836708
Moyenne VIF	**1.99**	

1.3. Accompagnement

Variable	**VIF**	**1/VIF**
Poids coût	2.03	0.491761
Poids sécurité	1.73	0.576807
Poids efficacité	1.77	0.566433
Poids confort	1.60	0.624484
Poids image	1.51	0.663606
Sexe M	1.38	0.725997
Age	3.36	0.297771
Géotype		
2	2.20	0.455347
3	1.68	0.596796
4	2.08	0.479971
5	2.40	0.416078
6	2.08	0.481548
7	1.99	0.502511
8	2.08	0.480927
9	1.48	0.674656
10	2.30	0.434361
CSP		
2	2.02	0.493919
3	2.43	0.411339
4	7.81	0.128048
5	3.42	0.292317
6	2.31	0.433280
Quota foyer		
2	2.73	0.366114
3	3.52	0.284360
4	3.99	0.250473
5	8.75	0.114296
6	2.56	0.390479
7	6.46	0.154840
Revenu		
2	4.36	0.229462
3	3.27	0.306016
4	3.63	0.275462
5	2.75	0.363770
6	1.94	0.514946
99	2.15	0.464959
Chainage	1.39	0.717725
Distance		
2	1.44	0.693183
3	1.40	0.716729
4	1.28	0.783563
Arrêt de Transport en Commun	1.65	0.605373
Station Autopartage	1.65	0.605306
Station Vélo en Libre-Service	1.88	0.532605
Gare	1.41	0.709550
Parking domicile	1.35	0.741713
Parking travail gratuit	1.81	0.552083
Parking travail payant	1.36	0.734713
Parking proximité	1.49	0.671937
Internet mobile	1.33	0.754590
Internet domicile	1.41	0.707800

Abonnement Parking	1.43	0.697304
Autopartage	1.74	0.573888
Vélo en Libre-Service	1.64	0.609389
Transport en Commun	1.63	0.612580
Vélo	1.28	0.780141
Deux-Roues Motorisé	1.42	0.705007
Permis	1.74	0.573333
Voiture Particulière	1.71	0.583472
Véhicule Electrique	1.49	0.669759
Véhicule de fonction	1.33	0.753150
Moyenne VIF	**2.32**	

1.4. Loisirs

Variable	**VIF**	**1/VIF**
Poids coût	2.06	0.484705
Poids sécurité	2.07	0.482126
Poids efficacité	1.96	0.509005
Poids confort	1.68	0.595979
Poids image	1.60	0.626356
Sexe M	1.30	0.768722
Age	3.74	0.267478
Géotype		
2	1.92	0.521495
3	1.52	0.658606
4	1.96	0.510692
5	2.10	0.475327
6	1.78	0.562708
7	1.59	0.627323
8	1.91	0.523032
9	1.36	0.735113
10	1.92	0.520719
CSP		
2	2.01	0.498678
3	2.65	0.377774
4	7.50	0.133346
5	3.68	0.271891
6	2.04	0.489210
Quota foyer		
2	3.58	0.279121
3	1.69	0.592520
4	2.37	0.421571
5	5.98	0.167099
6	2.32	0.431010
7	3.16	0.316484
Revenu		
2	3.30	0.302872
3	2.53	0.395037
4	3.09	0.323369
5	2.36	0.423330
6	1.64	0.608517
99	1.86	0.536905
Chainage	1.70	0.587311
Distance		
2	1.76	0.566938
3	1.90	0.527182
4	1.30	0.770397
Arrêt de Transport en Commun	1.55	0.645454
Station Autopartage	1.40	0.714855
Station Vélo en Libre-Service	1.77	0.565065
Gare	1.35	0.739557
Parking domicile	1.18	0.844030
Parking travail gratuit	1.85	0.540379
Parking travail payant	1.20	0.833553

Parking proximité	1.36	0.736460
Internet mobile	1.22	0.818889
Internet domicile	1.19	0.843016
Abonnement Parking	1.29	0.775205
Autopartage	1.49	0.672591
Vélo en Libre-Service	1.37	0.731466
Transport en Commun	1.53	0.652389
Vélo	1.16	0.861153
Deux-Roues Motorisé	1.23	0.815236
Permis	1.55	0.646412
Voiture Particulière	1.62	0.616496
Véhicule Electrique	1.24	0.805335
Véhicule de fonction	1.19	0.843277
Moyenne VIF	**2.05**	

2. Perceptions

2.1. Domicile-Travail

Variable	**VIF**	**1/VIF**
csp_emp_ouv	27.20	0.036769
quotafo~cenf	22.73	0.043986
csp_prof_int	19.10	0.052344
csp_plus	18.29	0.054673
quotafo~senf	14.55	0.068720
quot~bactifs	13.91	0.071880
quot~oactifs	9.01	0.110957
csp_etudia~s	8.90	0.112396
geotype1	7.19	0.138988
geotype2	4.83	0.207217
geotype6	4.55	0.219785
geotype5	4.51	0.221948
geotype4	4.17	0.239763
geotype8	4.11	0.243091
rev_120~1500	3.45	0.289437
geotype3	3.40	0.294104
csp_inactifs	3.32	0.301510
geotype10	3.30	0.302829
geotype7	3.23	0.309432
rev_180~2500	3.09	0.323974
qu~binactifs	2.96	0.337299
qu~einactifs	2.70	0.370862
rev_150~1800	2.63	0.380784
rev_250~3500	2.25	0.443679
distance_~30	2.07	0.482746
efficacite	2.04	0.489005
age	2.03	0.492045
simplicite	1.95	0.512296
distance_~10	1.92	0.520243
confort	1.83	0.545098
rev_nsp	1.76	0.566861
station_vls	1.74	0.575404
rev_3501_p~s	1.73	0.578769
vp	1.69	0.592783
image	1.68	0.596530
y5_bcp	1.64	0.611533
tc	1.62	0.615793
distance_3~s	1.60	0.623734
permis	1.60	0.625599
arret_tc	1.57	0.636191
autopart	1.50	0.665409
station_au~t	1.46	0.683325

vls	1.40	0.712351
park_pr	1.40	0.714962
gare	1.36	0.736849
park_trav~it	1.35	0.740022
cout	1.35	0.742614
securite	1.31	0.762551
parkauto	1.30	0.768580
ve	1.30	0.770861
deux_rm	1.28	0.783611
park_dom	1.26	0.795139
park_trav~nt	1.24	0.804587
internet_mob	1.23	0.815939
velo	1.22	0.819534
internet_dom	1.21	0.825109
vf	1.21	0.826622
sexe_m	1.19	0.838455
Moyenne VIF	**4.23**	

Variable	**VIF**	**1/VIF**
rev_120~1500	2.97	0.336250
rev_180~2500	2.79	0.357873
rev_150~1800	2.36	0.423422
efficacite	2.00	0.498815
rev_250~3500	1.95	0.512634
simplicite	1.90	0.525339
distance_~30	1.88	0.532605
distance_~10	1.83	0.547231
confort	1.82	0.549541
rev_nsp	1.68	0.594887
image	1.65	0.607392
vp	1.62	0.616453
station_vls	1.55	0.643811
distance_3~s	1.53	0.654388
rev_3501_p~s	1.52	0.657217
permis	1.51	0.660367
autopart	1.47	0.678830
tc	1.46	0.686153
station_au~t	1.42	0.705387
vls	1.38	0.724522
arret_tc	1.38	0.725307
park_pr	1.34	0.747606
cout	1.34	0.747746
securite	1.30	0.769413
age	1.30	0.770377
gare	1.29	0.774230
park_trav~it	1.29	0.775600
ve	1.26	0.791511
parkauto	1.25	0.802514
deux_rm	1.24	0.808249
park_dom	1.22	0.817035
park_trav~nt	1.19	0.840891
internet_dom	1.17	0.851588
internet_mob	1.17	0.853524
vf	1.16	0.860272
y5_bcp	1.16	0.862286
velo	1.16	0.864525
sexe_m	1.13	0.881455
Moyenne VIF	**1.54**	

2.2. Tâches courantes

Variable	**VIF**	**1/VIF**
csp_emp_ouv	7.77	0.128783
qu~einactifs	7.33	0.136471

csp_prof_int	4.97	0.201310
csp_plus	4.74	0.210944
qu~binactifs	4.28	0.233492
geotype1	4.27	0.234028
quotafo~cenf	4.24	0.235678
quotafo~senf	3.77	0.265099
age	3.55	0.281570
csp_etudia~s	3.32	0.300793
geotype2	3.23	0.309477
geotype4	3.02	0.330920
rev_120~1500	3.01	0.332193
geotype6	2.94	0.340642
quot~bactifs	2.87	0.348708
geotype8	2.86	0.349425
geotype5	2.80	0.357473
rev_180~2500	2.75	0.363765
geotype3	2.60	0.384125
csp_inactifs	2.43	0.411214
qu~oinactifs	2.42	0.412870
rev_150~1800	2.38	0.419450
geotype10	2.31	0.432158
rev_250~3500	2.11	0.474744
efficacite	2.11	0.474844
simplicite	1.97	0.507533
park_trav~it	1.85	0.539776
confort	1.81	0.551408
rev_nsp	1.76	0.567218
station_vls	1.76	0.567277
image	1.68	0.593937
y5_bcp	1.64	0.609997
permis	1.57	0.637090
vp	1.56	0.640714
geotype9	1.55	0.647015
distance_~30	1.53	0.652099
arret_tc	1.53	0.654040
rev_3501_p~s	1.52	0.659802
tc	1.47	0.678482
autopart	1.44	0.694759
distance_~10	1.41	0.708131
station_au~t	1.39	0.717140
cout	1.35	0.743134
park_pr	1.34	0.744270
gare	1.34	0.744416
vls	1.34	0.746043
securite	1.30	0.767935
sexe_m	1.27	0.784801
internet_mob	1.24	0.805323
parkauto	1.24	0.806947
ve	1.23	0.811077
deux_rm	1.23	0.814767
park_dom	1.22	0.817216
park_trav~nt	1.20	0.835061
vf	1.19	0.837733
internet_dom	1.19	0.842392
velo	1.17	0.858037
distance_3~s	1.15	0.867934
Moyenne VIF	**2.34**	

Variable	**VIF**	**1/VIF**
rev_120~1500	2.75	0.363122
rev_180~2500	2.58	0.388243
rev_150~1800	2.22	0.450607
efficacite	2.08	0.481056
rev_250~3500	1.95	0.511702

simplicite	1.94	0.514364
age	1.86	0.538681
confort	1.80	0.554392
rev_nsp	1.71	0.583949
image	1.67	0.598453
station_vls	1.56	0.642174
vp	1.51	0.660335
permis	1.51	0.664058
park_trav~it	1.48	0.676968
distance_~30	1.43	0.700899
autopart	1.41	0.707535
rev_3501_p~s	1.40	0.713978
tc	1.38	0.726446
arret_tc	1.37	0.727470
distance_~10	1.36	0.735805
station_au~t	1.36	0.736311
cout	1.34	0.746840
vls	1.33	0.752983
park_pr	1.30	0.771671
securite	1.29	0.773495
gare	1.29	0.776454
y5_bcp	1.23	0.811520
internet_mob	1.21	0.826374
ve	1.21	0.827393
sexe_m	1.20	0.832794
deux_rm	1.20	0.835892
parkauto	1.19	0.837880
park_dom	1.19	0.838503
vf	1.16	0.862206
internet_dom	1.15	0.871205
park_trav~nt	1.15	0.873177
velo	1.13	0.882323
distance_3~s	1.11	0.901749
Moyenne VIF	**1.50**	

2.3. Accompagnement

Variable	**VIF**	**1/VIF**
quotafo~cenf	20.10	0.049742
csp_emp_ouv	15.60	0.064102
csp_prof_int	12.04	0.083054
csp_plus	11.24	0.088930
csp_retraite	10.07	0.099349
quot~oactifs	9.88	0.101186
geotype1	7.12	0.140412
qu~einactifs	6.79	0.147236
geotype2	6.29	0.158988
geotype5	6.26	0.159733
geotype6	6.23	0.160409
geotype4	6.08	0.164577
geotype8	5.66	0.176766
quot~bactifs	5.26	0.190112
csp_inactifs	5.08	0.196871
geotype10	5.01	0.199598
geotype7	4.56	0.219204
geotype3	4.42	0.226094
quotafo~senf	4.37	0.228666
rev_120~1500	4.32	0.231312
rev_180~2500	3.60	0.278118
qu~oinactifs	3.40	0.294271
age	3.33	0.300686
rev_150~1800	3.25	0.307861
rev_250~3500	2.73	0.366710
efficacite	2.14	0.467793

rev_nsp	2.11	0.474535
rev_3501_p~s	1.93	0.516943
simplicite	1.89	0.529261
station_vls	1.89	0.530297
confort	1.82	0.549439
park_trav~it	1.81	0.553995
autopart	1.75	0.572742
image	1.74	0.574921
permis	1.73	0.577290
vp	1.71	0.585423
station_au~t	1.66	0.602437
arret_tc	1.65	0.607542
tc	1.63	0.612807
vls	1.62	0.615974
ve	1.49	0.669777
park_pr	1.46	0.684287
parkauto	1.43	0.698763
distance_~10	1.43	0.701563
internet_dom	1.42	0.704329
deux_rm	1.42	0.704937
y5_bcp	1.39	0.718769
gare	1.39	0.720532
distance_~30	1.38	0.723163
park_trav~nt	1.36	0.734832
cout	1.36	0.737126
sexe_m	1.35	0.739900
park_dom	1.33	0.750610
vf	1.33	0.752374
internet_mob	1.32	0.756249
securite	1.31	0.761041
velo	1.28	0.784149
distance_3~s	1.27	0.786125
Moyenne VIF	**3.87**	

Variable	**VIF**	**1/VIF**
rev_120~1500	3.84	0.260586
rev_180~2500	3.23	0.309725
rev_150~1800	2.90	0.344250
rev_250~3500	2.37	0.422363
efficacite	2.09	0.479549
rev_nsp	1.98	0.504384
simplicite	1.85	0.541525
confort	1.81	0.553722
rev_3501_p~s	1.73	0.578481
image	1.68	0.594560
autopart	1.67	0.599665
station_vls	1.64	0.609579
permis	1.64	0.610369
age	1.62	0.616682
vp	1.62	0.617351
vls	1.57	0.637638
station_au~t	1.53	0.655631
park_pr	1.42	0.706362
ve	1.41	0.707509
tc	1.39	0.720256
park_trav~it	1.39	0.721774
arret_tc	1.38	0.723118
parkauto	1.37	0.730732
deux_rm	1.36	0.737225
cout	1.34	0.744371
gare	1.32	0.757720
distance_~30	1.31	0.760977
distance_~10	1.31	0.762139
internet_dom	1.30	0.768232
securite	1.30	0.770059

park_dom	1.28	0.782679
vf	1.27	0.790352
park_trav~nt	1.25	0.797160
y5_bcp	1.24	0.803952
internet_mob	1.24	0.808425
sexe_m	1.23	0.811789
velo	1.20	0.830712
distance_3~s	1.15	0.869838
Moyenne VIF	**1.64**	

2.4. Loisirs

Variable	**VIF**	**1/VIF**
quotafo~cenf	11.57	0.086431
csp_emp_ouv	7.79	0.128419
quotafo~senf	7.47	0.133919
qu~einactifs	7.27	0.137549
quot~bactifs	6.56	0.152354
csp_prof_int	5.17	0.193525
csp_plus	4.90	0.204002
geotype1	4.55	0.219746
quot~oactifs	4.30	0.232608
csp_etudia~s	3.79	0.264192
age	3.69	0.271074
qu~binactifs	3.45	0.289756
rev_120~1500	3.29	0.304253
geotype2	3.29	0.304377
geotype4	3.19	0.313569
geotype6	3.08	0.325197
rev_180~2500	3.04	0.328978
geotype5	2.91	0.343570
geotype8	2.86	0.349312
rev_150~1800	2.52	0.396517
geotype3	2.52	0.396579
csp_inactifs	2.34	0.428155
rev_250~3500	2.32	0.431899
geotype10	2.30	0.434162
efficacite	2.07	0.484204
simplicite	1.91	0.522506
distance_~30	1.86	0.538543
rev_nsp	1.85	0.539403
park_trav~it	1.85	0.540165
confort	1.83	0.545933
station_vls	1.75	0.571011
distance_~10	1.74	0.573180
image	1.68	0.593651
y5_bcp	1.68	0.594078
vp	1.62	0.615959
rev_3501_p~s	1.62	0.616814
permis	1.54	0.648189
arret_tc	1.54	0.650416
tc	1.52	0.658142
geotype9	1.51	0.662757
autopart	1.49	0.673179
station_au~t	1.39	0.719389
vls	1.37	0.732084
cout	1.35	0.741576
gare	1.35	0.742605
park_pr	1.35	0.743388
securite	1.29	0.772368
sexe_m	1.29	0.776431
parkauto	1.28	0.780721
distance_3~s	1.28	0.782494
ve	1.23	0.812809

deux_rm	1.22	0.819588
internet_mob	1.22	0.821820
park_trav~nt	1.20	0.835099
park_dom	1.19	0.838456
vf	1.19	0.842451
internet_dom	1.18	0.850598
velo	1.16	0.860718
Moyenne VIF	**2.67**	

Variable	**VIF**	**1/VIF**
rev_120~1500	3.03	0.329530
rev_180~2500	2.86	0.349283
rev_150~1800	2.36	0.423265
rev_250~3500	2.14	0.466693
efficacite	2.03	0.492193
simplicite	1.89	0.529868
age	1.86	0.537864
confort	1.82	0.549698
rev_nsp	1.80	0.554941
distance_~30	1.78	0.563279
distance_~10	1.71	0.583513
image	1.67	0.599067
vp	1.57	0.636113
station_vls	1.53	0.654359
permis	1.49	0.670009
rev_3501_p~s	1.49	0.670730
park_trav~it	1.49	0.671938
autopart	1.46	0.683343
tc	1.40	0.712648
arret_tc	1.35	0.738737
vls	1.35	0.739500
station_au~t	1.35	0.739707
cout	1.34	0.745109
park_pr	1.29	0.774180
securite	1.28	0.779328
gare	1.27	0.784841
y5_bcp	1.25	0.799884
distance_3~s	1.24	0.807102
parkauto	1.23	0.811492
ve	1.21	0.826536
sexe_m	1.20	0.836803
internet_mob	1.19	0.839936
deux_rm	1.19	0.840418
park_dom	1.16	0.859128
park_trav~nt	1.15	0.872042
vf	1.14	0.873474
internet_dom	1.14	0.876044
velo	1.13	0.881940
Moyenne VIF	**1.55**	

Annexe 8 : Les tableaux détaillés des reports modaux

1. Sans contraintes

Pour tous les tableaux de reports modaux, nous utiliserons les abréviations suivantes :
MàP : Marche à Pieds / TC : Transports en Commun / VP : Voiture Particulière / VE : Véhicule Electrique / Autopart : Autopartage / Covcond : Covoiturage Conducteur / Covpass : Covoiturage Passager / VLS : Vélo en Libre-Service / 2RM : Deux-Roues Motorisé

Domicile - Travail	MàP	TC	Train	VP	VE	Autopart	Covcond	Covpass	Vélo	VLS	2RM	Taxi	Variation modale
MàP	50	65	15	135	0	0	2	0	3	1	0	0	**18,45%**
TC	2	20	3	10	0	0	0	0	0	0	0	0	**57,14%**
Train	2	4	5	8	0	0	0	0	0	0	1	0	**25,00%**
VP	7	18	3	132	0	0	2	0	2	0	0	0	**80,49%**
VE	6	5	0	23	1	0	0	1	2	0	0	0	**2,63%**
Autopart	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
Covcond	4	5	1	18	0	0	2	0	0	0	1	0	**6,45%**
Covpass	0	2	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	**12,50%**
Vélo	1	6	4	11	0	0	0	0	4	0	0	0	**15,38%**
VLS	3	8	0	13	0	0	1	0	0	1	2	0	**3,57%**
2RM	2	3	0	12	1	2	0	2	0	0	4	0	**15,38%**
Taxi	4	9	2	12	2	0	0	1	1	0	1	1	**3,03%**
Report modal	62%	14%	15%	35%	25%	0%	29%	20%	33%	50%	44%	100 %	

Tâches courantes	MàP	TC	Train	VP	VE	Autopart	Covcond	Covpass	Vélo	VLS	2RM	Taxi	Variation modale
MàP	127	33	2	276	2	0	1	0	9	0	1	0	**28,16%**
TC	8	13	0	29	0	0	0	0	1	0	0	0	**25,49%**
Train	2	3	0	19	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
VP	25	7	0	228	1	0	1	0	4	0	1	0	**85,39%**
VE	5	5	0	65	3	0	0	1	1	0	0	0	**3,75%**
Autopart	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
Covcond	6	1	1	17	0	0	1	0	0	0	1	0	**3,70%**
Covpass	3	4	0	15	0	1	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
Vélo	7	3	0	14	0	0	0	0	2	0	0	0	**7,69%**
VLS	7	2	0	18	0	1	0	0	0	2	1	1	**6,25%**
2RM	4	1	1	12	1	1	1	2	0	0	2	1	**7,69%**
Taxi	5	8	1	22	2	0	0	2	0	1	0	1	**2,38%**
Report modal	63%	16%	0%	32%	33%	0%	25%	0%	12%	67%	33%	33%	

Accompagnement	MàP	TC	Train	VP	VE	Autopart	Covcond	Covpass	Vélo	VLS	2RM	Taxi	Variation modale
MàP	40	6	1	115	2	0	0	0	1	0	0	1	**24,10%**
TC	2	4	1	13	0	0	0	0	0	0	0	0	**20,00%**
Train	0	1	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
VP	12	1	0	99	0	0	0	0	0	0	0	0	**88,39%**
VE	8	1	0	25	2	0	0	0	0	0	0	0	**5,56%**
Autopart	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0%**
Covcond	3	2	0	10	0	0	1	0	0	0	0	0	**6,25%**
Covpass	3	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
Vélo	2	1	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
VLS	6	3	0	9	0	1	0	1	0	1	1	0	**4,55%**
2RM	1	1	1	10	2	1	0	0	0	1	0	1	**0,00%**
Taxi	7	3	0	13	2	0	0	2	0	0	0	0	**0,00%**
Report modal	48%	17%	0%	31%	25%	0%	100 %	0%	0%	50%	0%	0%	

Loisirs	MàP	TC	Train	VP	VE	Autopart	Covcond	Covpass	Vélo	VLS	2RM	Taxi	Variation modale
MàP	81	66	6	215	1	0	3	1	16	1	1	0	**20,72%**
TC	4	17	1	26	0	0	0	1	1	0	0	0	**34,00%**
Train	1	4	1	14	0	0	1	0	3	0	0	0	**4,17%**
VP	14	12	0	196	0	0	2	0	5	0	1	0	**85,22%**
VE	5	7	0	45	2	0	0	1	4	0	0	0	**3,13%**
Autopart	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
Covcond	4	1	1	15	0	0	1	0	0	1	1	0	**4,17%**
Covpass	2	3	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
Vélo	2	5	0	11	0	0	0	0	5	0	0	0	**21,74%**
VLS	6	6	1	13	0	0	0	1	1	1	2	0	**3,23%**
2RM	4	3	1	12	1	3	0	2	0	1	2	0	**6,90%**
Taxi	6	9	0	19	2	0	0	2	1	0	1	0	**0,00%**
Report modal	62%	13%	9%	34%	33%	0%	14%	0%	14%	25%	25%	62%	

TOTAL	MàP	TC	Train	VP	VE	Autopart	Covcond	Covpass	Vélo	VLS	2RM	Taxi	Variation modale	*Variation modale globale*
MàP	298	170	24	741	5	0	6	1	29	2	2	1	**157,9%**	***25,169%***
TC	16	54	5	78	0	0	0	1	2	0	0	0	**-59,27%**	***-7,297%***
Train	5	12	6	52	0	0	1	0	3	0	1	0	**53,85%**	***0,900%***
VP	58	38	3	655	1	0	5	0	11	0	2	0	**-61,25%**	***-39,280%***
VE	24	18	0	158	8	0	0	3	7	0	0	0	**707,4%**	***6,140%***
Autopart	3	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	**-9,09%**	***-0,032%***
Covcond	17	9	3	60	0	0	5	0	0	1	3	0	**415,8%**	***2,539%***
Covpass	8	10	0	37	0	1	0	1	0	0	0	0	**171,4%**	***1,157%***
Vélo	12	15	4	43	0	1	0	0	11	0	0	0	**30,30%**	***0,643%***
VLS	22	19	1	53	0	2	1	2	1	5	6	1	**927,3%**	***3,279%***
2RM	11	8	3	46	5	7	1	6	0	2	8	2	**312,5%**	***2,411%***
Taxi	22	29	3	66	8	0	0	7	2	1	2	2	**2266%**	***4,372%***
Report modal	40%	86%	88%	67%	70%	100 %	73%	95%	83%	54%	66%	66%		
Report modal global			**66,15%**											

2. Sous contraintes

Domicile-Travail	MàP	TC	Train	VP	VE	Autopart	Covcond	Covpass	Vélo	VLS	2RM	Taxi	Variation modale
MàP	38	15	0	14	0	0	0	0	1	0	0	0	**55,88%**
TC	1	50	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	**79,37%**
Train	5	6	6	26	0	0	0	0	0	0	0	0	**13,95%**
VP	20	46	11	252	2	0	3	0	4	1	3	0	**73,68%**
VE	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	**50,00%**
Autopart	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0%**
Covcond	4	5	4	34	0	0	2	1	2	0	3	0	**3,64%**
Covpass	1	6	2	18	0	0	1	1	1	0	0	0	**3,33%**
Vélo	1	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	**50,00%**
VLS	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
2RM	1	2	0	4	0	1	0	0	0	1	2	0	**18,18%**
Taxi	9	16	3	27	1	1	1	3	1	0	1	1	**1,56%**
Report modal	47%	34%	18%	66%	25%	0%	29%	20%	17%	0%	22%	100 %	

Tâches courantes	MàP	TC	Train	VP	VE	Autopart	Covcond	Covpass	Vélo	VLS	2RM	Taxi	Variation modale
MàP	97	16	2	155	1	0	0	0	8	0	2	1	**34,40%**
TC	19	25	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	**39,06%**
Train	9	4	0	42	1	0	1	1	1	0	0	0	**0,00%**
VP	54	18	1	416	3	1	1	2	5	2	1	1	**82,38%**
VE	0	1	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	**60,00%**
Autopart	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0%**
Covcond	5	4	0	42	0	1	1	1	0	0	2	0	**1,79%**
Covpass	13	8	0	30	0	0	0	1	0	0	0	1	**1,89%**
Vélo	2	1	0	5	0	0	0	0	3	0	0	0	**27,27%**
VLS	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
2RM	1	2	2	5	1	1	1	0	0	1	1	0	**6,67%**
Taxi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**34,40%**
Report modal	48%	31%	0%	58%	33%	0%	25%	20%	18%	0%	17%	0%	

Accompagnement	MàP	TC	Train	VP	VE	Autopart	Covcond	Covpass	Vélo	VLS	2RM	Taxi	Variation modale
MàP	19	4	1	52	1	0	0	0	0	0	0	1	**24,36%**
TC	6	4	0	6	0	0	0	0	0	0	1	0	**23,53%**
Train	5	0	1	29	1	0	0	0	1	0	0	0	**2,70%**
VP	37	9	1	194	3	0	0	1	0	1	0	0	**78,86%**
VE	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	**66,67%**
Autopart	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0%**
Covcond	4	4	0	21	0	1	1	1	0	0	0	0	**3,13%**
Covpass	10	1	0	8	0	1	0	1	0	0	0	1	**4,55%**
Vélo	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
VLS	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
2RM	2	2	0	3	1	1	0	0	0	1	0	0	**0,00%**
Taxi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**24,36%**
Report modal	23%	17%	33%	61%	25%	0%	100 %	33%	0%	0%	0%	0%	

Loisirs	MàP	TC	Train	VP	VE	Autopart	Covcond	Covpass	Vélo	VLS	2RM	Taxi	Variation modale
MàP	51	43	4	117	0	0	1	0	12	1	1	0	**22,17%**
TC	11	36	1	13	0	0	0	1	1	0	0	0	**57,14%**
Train	11	10	3	32	0	0	1	2	4	0	0	0	**4,76%**
VP	36	26	2	337	3	1	4	3	9	1	3	0	**79,29%**
VE	0	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	**40,00%**
Autopart	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
Covcond	10	6	0	44	0	1	1	0	2	1	2	0	**1,49%**
Covpass	5	7	0	26	0	0	0	2	1	0	1	0	**4,76%**
Vélo	1	1	0	3	0	0	0	0	5	0	0	0	**50,00%**
VLS	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
2RM	3	3	1	7	1	1	0	0	0	1	1	0	**5,56%**
Taxi	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**0,00%**
Report modal	39%	27%	27%	58%	33%	0%	14%	25%	14%	0%	13%	0%	

TOTAL	MàP	TC	Train	VP	VE	Autopart	Covcond	Covpass	Vélo	VLS	2RM	Taxi	Variation modale	*Variation modale globale*
MàP	205	78	7	338	2	0	1	0	21	1	3	2	**32,66%**	***5,207%***
TC	37	115	8	44	0	0	0	1	1	0	1	0	**-45,95%**	***-5,657%***
Train	30	20	10	129	2	0	2	3	6	0	0	0	**288,46%**	***4,822%***
VP	147	99	15	1199	11	2	8	6	18	5	7	1	**-23,91%**	***-15,333%***
VE	0	1	0	3	8	0	0	0	3	0	0	0	**-44,44%**	***-0,386%***
Autopart	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**-90,91%**	***-0,321%***
Covcond	23	19	4	141	0	3	5	3	4	1	7	0	**1005,26%**	***6,140%***
Covpass	29	22	2	82	0	1	1	5	2	0	1	2	**600,00%**	***4,050%***
Vélo	4	2	0	11	0	0	0	0	10	0	0	0	**-59,09%**	***-1,254%***
VLS	5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	**-36,36%**	***-0,129%***
2RM	7	9	3	19	3	4	1	0	0	4	4	0	**125,00%**	***0,964%***
Taxi	9	16	3	28	1	1	1	3	1	0	1	1	**983,33%**	***1,896%***
Report modal	59%	70%	81%	40%	70%	100%	74%	76%	85%	100%	83%	83%		
Report modal global				**49,79%**										

3. Avec Taxe carbone sous contraintes

Nous prenons comme référence le modèle sous contraintes.

3.1. Taxe faible

	Report Modal	Variation Modale	Variation Modale Globale
Marche à Pieds	0,00%	2,13%	0,45%
Transport en Commun	0,00%	1,45%	0,10%
Train	0,00%	5,45%	0,35%
Voiture Particulière	2,04%	-1,78%	-0,87%
Véhicule Electrique	0,00%	26,67%	0,13%
Autopartage	0,00%	0,00%	0,00%
Covoiturage Conducteur	2,86%	1,90%	0,13%
Covoiturage Passager	2,72%	-2,72%	-0,13%
Vélo	0,00%	3,70%	0,03%
Vélo en Libre-Service	0,00%	0,00%	0,00%
Deux-Roues Motorisé	5,56%	-5,56%	-0,10%
Taxi	4,62%	-4,62%	-0,10%
Report Modal Global	**1,51%**		

3.2. Taxe moyenne

	Report Modal	Variation Modale	Variation Modale Globale
Marche à Pieds	0,00%	2,58%	0,55%
Transport en Commun	0,00%	3,86%	0,26%
Train	0,00%	14,36%	0,93%
Voiture Particulière	3,43%	-3,03%	-1,48%
Véhicule Electrique	0,00%	26,67%	0,13%
Autopartage	0,00%	100,00%	0,03%
Covoiturage Conducteur	6,19%	0,48%	0,03%
Covoiturage Passager	4,76%	-4,76%	-0,23%
Vélo	0,00%	3,70%	0,03%
Vélo en Libre-Service	0,00%	0,00%	0,00%
Deux-Roues Motorisé	9,26%	-9,26%	-0,16%
Taxi	4,62%	-4,62%	-0,10%
Report Modal Global	**2,57%**		

3.3. Taxe élevée

Taxe élevée	Report Modal	Variation Modale	Variation Modale Globale
Marche à Pieds	0,00%	3,50%	0,74%
Transport en Commun	0,00%	4,35%	0,29%
Train	0,00%	19,80%	1,29%
Voiture Particulière	4,15%	-3,75%	-1,83%
Véhicule Electrique	0,00%	26,67%	0,13%
Autopartage	0,00%	100,00%	0,03%
Covoiturage Conducteur	8,10%	-0,95%	-0,06%
Covoiturage Passager	7,48%	-7,48%	-0,35%
Vélo	0,00%	7,41%	0,06%
Vélo en Libre-Service	0,00%	0,00%	0,00%
Deux-Roues Motorisé	11,11%	-11,11%	-0,19%
Taxi	4,62%	-4,62%	-0,10%
Report Modal Global	**3,21%**		