



Antonin Danalet (antonin.danalet@are.admin.ch), le 25 mai 2019

# Modèle de choix des ressources de mobilité

## Description du modèle utilisé pour la génération de la population synthétique

Référence : ARE-205-8/1/16/22/6

### Table des matières

<b>1</b>	<b>Objectifs du document</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Les données utilisées : le microrecensement mobilité et transports (MRMT)</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Les ressources de mobilité considérées</b> .....	<b>3</b>
4.1	Disponibilité de la voiture.....	3
4.2	Les abonnements de transports publics.....	4
<b>5</b>	<b>Le modèle de choix des ressources de mobilité</b> .....	<b>4</b>
5.1	Les attributs influençant le choix des ressources de mobilité.....	4
5.2	Disponibilité des combinaisons de ressources de mobilité .....	5
<b>6</b>	<b>Résultats</b> .....	<b>6</b>
6.1	Résultats liés à l'âge.....	6
6.2	Résultats liés au sexe.....	8
6.3	Résultats liés au sexe et à l'âge combinés.....	9
6.4	Résultats liés au revenu .....	9
6.5	Résultats liés au lieu d'habitation (selon les grandes régions).....	10
6.6	Résultats liés à la catégorie du ménage.....	12
6.7	Résultats liés au statut d'activité .....	12
6.8	Résultats liés au niveau de formation le plus élevé.....	13
6.9	Résultats liés à la population de la commune de résidence.....	14
<b>7</b>	<b>Validation du modèle</b> .....	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>Possibilités pour développer le modèle à l'avenir</b> .....	<b>20</b>
8.1	Modéliser la disponibilité de la voiture « sur demande » séparément.....	20
8.2	Modéliser l'utilisation d'un service de car-sharing et la disponibilité d'un vélo ou d'un vélo électrique .....	20
<b>9</b>	<b>Utilisation du modèle de choix pour la génération de la population synthétique</b> .....	<b>20</b>
<b>10</b>	<b>Références</b> .....	<b>21</b>



## 1 Objectifs du document

Ce document décrit le modèle de choix discret développé à l'Office fédéral du développement territorial (ARE) pour étudier le choix des ressources de mobilité (disposition d'une voiture ou possession d'abonnements de transports publics, voir Chapitre 4) de la population résidente suisse. Ce modèle a été estimé en utilisant les données du microrecensement mobilité et transports (MRMT, voir Chapitre 3 et OFS/ARE, 2017). La structure du modèle est présentée au Chapitre 5 et les résultats de l'estimation au Chapitre 6.

Au Chapitre 7, les possibilités d'extension du modèle présenté sont discutées.

Le modèle décrit ici a été utilisé pour la génération d'une population synthétique (voir Chapitre 9).

## 2 Introduction

Les ressources de mobilité<sup>1</sup> sont un prérequis pour être mobile au quotidien : avoir un permis de conduire ou une voiture à disposition, acheter une voiture, une moto, un vélo ou un abonnement de transports publics, être membre d'un service d'autopartage (« car sharing »), installer une App pour du covoiturage ou un service de taxi à la demande, avoir une place de parc ou être suffisamment en bonne santé pour pouvoir marcher.

Nous avons développé un modèle logit où les alternatives sont une combinaison de différentes ressources de mobilité :

- avoir ou non une voiture à disposition et
- être ou non propriétaire de trois différents abonnements de transports publics.

Les 10 combinaisons possibles de ressources de mobilité définissant l'ensemble de choix sont présentées au Chapitre 4.

Le modèle logit a été estimé à l'aide du logiciel [Biogeme](#) (Bierlaire, 2003). Le fichier de spécification du modèle (fichier .mod) pour BisonBiogeme et le script python pour transformer les données du microrecensement mobilité et transports dans un format valide pour BisonBiogeme sont disponibles [sur GitHub](#).

## 3 Les données utilisées : le microrecensement mobilité et transports (MRMT)

Les données utilisées pour estimer le modèle de choix des ressources de mobilité proviennent du microrecensement mobilité et transports (MRMT, OFS/ARE, 2017), une enquête sur les comportements de mobilité de la population résidente suisse âgées de 6 ans et plus. L'enquête a lieu tous les 5 ans. Elle est menée par l'[Office fédéral de la statistique \(OFS\)](#) et l'[Office fédéral du développement territorial \(ARE\)](#). Il s'agit d'une enquête téléphonique assistée par ordinateur (enquête CATI, pour *Computer-Assisted Telephone Interview* en anglais). L'édition la plus récente de l'enquête est 2015 (9<sup>e</sup> édition). Les données 2015, les plus récentes, sont utilisées pour l'estimation du modèle. L'enquête porte sur :

- Les caractéristiques socio-économiques des individus et des ménages ;
- Les ressources de mobilité ;
- La mobilité du jour de référence (ensemble des déplacements pendant un jour donné) ;
- Les voyages occasionnels (avec et sans nuitées) ;
- Les opinions sur la politique des transports.

L'échantillon comprend plus de 57'000 personnes interrogées en 2015. Un [rapport présentant les résultats](#), ainsi que le [questionnaire](#), des [tableaux avec les résultats principaux et les intervalles de confiance](#), plusieurs [analyses complémentaires](#) (sur le [lien entre densité et comportement de mobilité](#),

<sup>1</sup> Comme dans Kowald et al. (2016) et Danalet et Mathys (2018), nous n'utilisons pas l'expression « outils de mobilité » (« mobility tools » en anglais, « Mobilitätswerkzeuge » en allemand), car nous considérons dans le modèle la disponibilité d'une voiture, qui n'est pas un outil *per se*.

sur la [mobilité de loisir](#) ou sur la [mobilité dans les espaces ruraux](#), p.ex.) sont disponibles sur [www.mzmv.bfs.admin.ch](http://www.mzmv.bfs.admin.ch) et [www.are.admin.ch/mrmt](http://www.are.admin.ch/mrmt).

Les données brutes et complètes du microrecensement mobilité et transports peuvent être commandées auprès de l'OFS en [remplissant un formulaire](#).

#### 4 Les ressources de mobilité considérées

Dans ce modèle, nous considérons que chaque individu peut choisir parmi 10 combinaisons de ressources de mobilité :

1. Voiture à disposition ;
2. Voiture à disposition et abonnement général (AG) ;
3. Voiture à disposition et abonnement demi-tarif ;
4. Voiture à disposition, abonnement demi-tarif et abonnement communautaire ;
5. Voiture à disposition et abonnement communautaire ;
6. Pas de ressources de mobilité parmi les ressources considérées (pas de voiture à disposition et pas d'abonnement général, demi-tarif ou communautaire) ;
7. Abonnement général (AG) ;
8. Abonnement demi-tarif ;
9. Abonnement demi-tarif et abonnement communautaire ;
10. Abonnement communautaire.

Les quatre ressources de mobilité de base sont décrites dans les sections suivantes.

##### 4.1 Disponibilité de la voiture

Dans le microrecensement mobilité et transports 2015, la question était : « Dites-moi, s'il vous plaît, si vous disposez toujours, sur demande, ou pas du tout des moyens de transports suivants, même si vous-même ou votre ménage n'en êtes pas propriétaire, par ex. en empruntant le véhicule de quelqu'un d'autre.

- vélo/vélo électrique ?
- cyclomoteurs ?
- petite moto ?
- moto ?
- voiture ? » (voir la [version abrégée du questionnaire du microrecensement mobilité et transports 2015](#), question 4.35).

Les possibilités de réponse sont :

- Toujours
- Sur demande
- Pas du tout

Seule la question sur la voiture a été utilisée. Les réponses « Toujours » et « Sur demande » ont été regroupées sous la catégorie « Voiture à disposition ». Cette limite à deux catégories sur les trois possibles s'explique par la volonté de réduire la complexité du modèle pour son utilisation dans le modèle de transport (MNTP). La réponse « Sur demande » correspond plus à la réponse « Toujours sur demande » dans ce contexte. Par ailleurs, le processus de génération de la population synthétique (cf. Chapitre 9) détermine d'abord la disponibilité d'une voiture, puis sa propriété par un individu. Les propriétaires de voitures sont donc un sous-groupe des personnes avec une voiture à disposition (toujours ou sur demande).

76% des personnes possédant un permis de conduire ont toujours une voiture à disposition et 18% d'entre elles ont une voiture disponible « sur demande » (selon la propre estimation et définition de la

personne interrogée). Seuls 53% des 18-24 ans ont toujours une voiture à disposition, contre 40% qui en ont une sur demande (source : OFS/ARE, 2017, Chapitre 2.1.3 et [feuilles Excel sur le site de l'OFS](#)).

## 4.2 Les abonnements de transports publics

L'abonnement général (AG) permet de voyager gratuitement sur la quasi-totalité du réseau de transports publics en Suisse. Le microrecensement mobilité et transports permet aussi de savoir s'il s'agit d'un abonnement de 1<sup>e</sup> ou de 2<sup>e</sup> classe, mais cette information n'a pas été utilisée dans l'estimation du modèle de choix des ressources de mobilité.

L'abonnement demi-tarif permet de voyager à moitié prix en transports publics sur la quasi-totalité du réseau de transports publics en Suisse.

L'abonnement communautaire permet de voyager gratuitement à l'intérieur d'une zone tarifaire. En Suisse, il existe une vingtaine de communautés tarifaires.

57% de la population résidente de 16 ans et plus possède un abonnement de transports publics. L'abonnement demi-tarif est le plus courant (36%), suivi par l'abonnement communautaire (15%) et l'abonnement général (AG) (10%). Des informations supplémentaires sont disponibles dans le rapport principal de l'enquête 2015 (OFS/ARE, 2017, Chapitre 2.2 et [feuilles Excel sur le site de l'OFS](#)).

## 5 Le modèle de choix des ressources de mobilité

### 5.1 Les attributs influençant le choix des ressources de mobilité

Les attributs expliquant le choix d'une combinaison de ressources de mobilité sont :

- L'**âge** (inclus dans le modèle en utilisant une spécification linéaire par morceaux (piecewise linear) ;
- Le **sexe** ;
- Le **revenu** du ménage en trois catégories :
  - o **4000 CHF et moins** (entre 0 et 22.4 % de la distribution du revenu dans le MRMT 2015),
  - o **entre 4001 et 10'000 CHF** (entre 22.4 et 76.7 % dans la distribution du revenu) et
  - o **plus de 10'000 CHF** (entre 76.7 et 100 % dans la distribution du revenu;
- La **région** du lieu d'habitation (selon les grandes régions, équivalentes aux régions NUTS 2 d'Eurostat) :
  - o **Région lémanique** (cantons de Genève, du Valais et de Vaud),
  - o **Espace Mitteland** (cantons de Berne, de Fribourg, du Jura, de Neuchâtel et de Soleure),
  - o **Suisse du Nord-Ouest** (cantons d'Argovie, de Bâle-Campagne et de Bâle-Ville),
  - o **Zurich** (canton de Zurich),
  - o **Suisse orientale** (cantons d'Appenzell Rhodes-Extérieures, d'Appenzell Rhodes-Intérieures, de Glaris, des Grisons, de Saint-Gall, de Schaffhouse et de Thurgovie),
  - o **Suisse centrale** (cantons de Lucerne, de Nidwald, d'Obwald, de Schwytz, d'Uri et de Zoug),
  - o **Tessin** (canton du Tessin);
- La **catégorie du ménage** :
  - o Ménage d'**une personne** (personne vivant seule),
  - o Ménage formé d'un **couple sans enfant** dans le ménage,
  - o Ménage formé d'un **couple avec enfant(s)** dans le ménage,
  - o Un **parent élevant seul un ou plusieurs enfant(s)** ;
- Le **statut d'activité** :
  - o **Travail à plein temps (90 % ou plus)**,
  - o **Travail à temps partiel (moins de 90 %)**,
  - o **Etudiant**,
  - o **Inactif** ;

- Le **niveau de formation** le plus élevé provient des informations du microrecensement mobilité et transports mais les 19 niveaux de formations disponibles ont été agrégés selon les 4 niveaux suivants, utilisés pour la génération de la population synthétique :
  - o **Pas de formation post-obligatoire**,
  - o Formation **secondaire** (apprentissage, gymnase, ...),
  - o Formation **tertiaire**,
  - o Formation **universitaire** (hautes écoles spécialisées, hautes écoles pédagogiques, universités) ;
- La **population de la commune de résidence** au 1<sup>er</sup> janvier 2015, intégrée dans le modèle à la fois directement (effet linéaire) et sous forme de logarithme de la population. Cette variable est un [proxy](#) pour la densité de population et la qualité de desserte en transports publics. Elle avait déjà été utilisée pour le modèle estimé sur les données du microrecensement mobilité et transports 2010 (Kowald et al., 2016). Par ailleurs, cette information est facilement disponible lors de l'utilisation du modèle pour la génération de la population synthétique.

Les données sur la population des communes proviennent de l'Office fédéral de la statistique (STAT-TAB). L'ensemble des autres attributs proviennent du microrecensement mobilité et transports 2015.

La **typologie urbain-rural 2012** de la commune de résidence a aussi été appariée aux données et testée dans le modèle. Elle classe les communes de Suisse en fonction de critères de densité, de taille et d'accessibilité. Elle comporte trois catégories : « urbain », « rural » et « intermédiaire ». En 2015, 63 % de la population vivait dans une commune urbaine, 21 % dans une commune intermédiaire et 16 % dans une commune rurale. Pour en savoir plus sur cette typologie, voir [OFS, 2017](#). Ces trois catégories ont été testées comme variables explicatives mais n'étaient pas significatives. Elles ont donc été supprimées du modèle utilisé pour la population synthétique.

## 5.2 Disponibilité des combinaisons de ressources de mobilité

Au maximum, 10 combinaisons de ressources de mobilité sont disponibles dans le modèle de choix. Cependant, l'utilisation de certaines ressources de mobilité sont limitées par l'âge :

- La voiture est disponible seulement à partir de 18 ans (et ce par définition : la question sur la disponibilité d'une voiture n'est posée qu'à partir de 18 ans lors de l'interview, voir le [questionnaire du microrecensement mobilité et transports 2015](#), question 4.35, p.10);
- L'abonnement demi-tarif est utile seulement à partir de 16 ans.

Les disponibilités de chacune des combinaisons ont été intégrées dans le modèle.

Tableau 1 : Ensemble de choix et disponibilité de chaque combinaison dans le modèle

Combinaisons de ressources de mobilité	Disponibilité
Voiture à disposition	A partir de 18 ans
Voiture à disposition et abonnement général (AG)	A partir de 18 ans
Voiture à disposition et abonnement demi-tarif	A partir de 18 ans
Voiture à disposition, abonnement demi-tarif et abonnement communautaire	A partir de 18 ans
Voiture à disposition et abonnement communautaire	A partir de 18 ans
Pas de ressources de mobilité parmi les ressources considérées (pas de voiture à disposition et pas d'abonnement général, demi-tarif ou communautaire)	Toute la population
Abonnement général (AG)	Toute la population
Abonnement demi-tarif	A partir de 16 ans

Abonnement demi-tarif et abonnement communautaire	A partir de 16 ans
Abonnement communautaire	Toute la population

## 6 Résultats

Le modèle logit final intègre 247 paramètres au total, y compris les constantes (*alternative specific constants* en anglais). Parmi les 57'090 participants au microrecensement mobilité et transports 2015, 56'915 observations avec les informations nécessaires sur les ressources de mobilité ont été utilisées pour l'estimation du modèle. Les résultats sont décomposés en plusieurs tables pour améliorer la lisibilité. Dans les tableaux, les abréviations suivantes ont été utilisées :

- HT : abonnement demi-tarif (en allemand « Halbtax ») ;
- Verbund : abonnement communautaire (en allemand « Verbundabonnement ») ;
- GA : abonnement général (en allemand « Generalabonnement (GA) ») ;
- CarAvail : voiture à disposition.

### 6.1 Résultats liés à l'âge

L'âge est intégré dans le modèle sous la forme d'une fonction linéaire par morceaux continue : pour chaque catégorie d'âge, un paramètre définit une fonction linéaire et la continuité entre les catégories d'âge est garantie. La pente de la fonction d'utilité peut varier entre les intervalles. Plutôt que d'avoir un seul paramètre, comme c'est le cas avec une fonction linéaire, le nombre de paramètres estimés correspond au nombre d'intervalles considérés.

Plus spécifiquement, la spécification de l'utilité peut être simplement linéaire. Dans ce cas, la fonction d'utilité dans le modèle logit à la forme :

$$V_i = \beta_{\text{âge}} \cdot \text{âge} + \dots$$

où  $V_i$  est la fonction d'utilité,  $\beta_{\text{âge}}$  est le paramètre lié à l'âge et  $\text{âge}$  est l'âge de la personne. Dans le cas d'une spécification linéaire par morceau continue, un paramètre est estimé par catégorie d'âge :

$$V_i = \beta_{6-16} \cdot \text{âge}_{6-16} + \beta_{16-18} \cdot \text{âge}_{16-18} + \beta_{18-20} \cdot \text{âge}_{18-20} + \beta_{20-45} \cdot \text{âge}_{20-45} + \beta_{45-65} \cdot \text{âge}_{45-65} + \beta_{65+} \cdot \text{âge}_{65+} + \dots$$

où les  $\beta_{6-16}, \dots, \beta_{65+}$  correspondent à la pente de la fonction d'utilité pour chaque intervalle et les  $\text{âge}_{6-16}, \dots, \text{âge}_{65+}$  sont définis de la manière suivante :

$$\text{âge}_{x-y} = \begin{cases} 0 & \text{si } \text{âge} < x \\ \text{âge} - x & \text{si } x \leq \text{âge} < y \\ y - x & \text{si } y \leq \text{âge} \end{cases}$$

Cette approche est décrite dans Bierlaire, 2016.

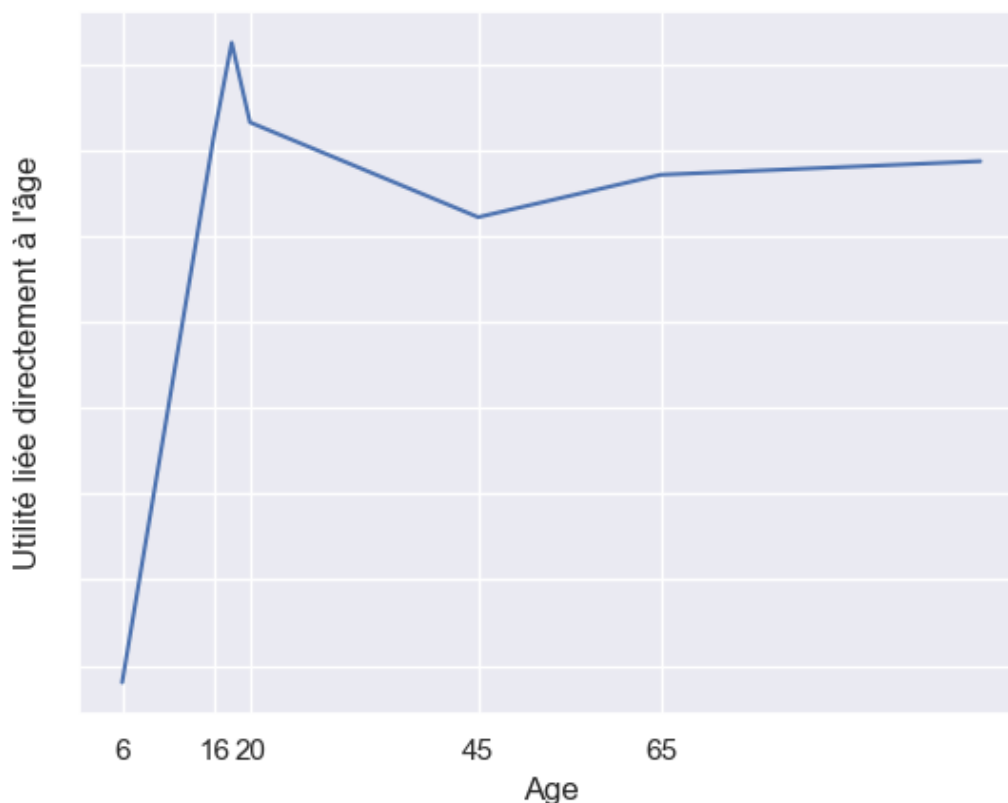


Figure 1 : Effet direct de l'âge sur l'utilité d'un abonnement général (sans autre ressource de mobilité)

La possession d'un abonnement général (AG) présente un pic vers 18 ans et se stabilise à partir de 65 ans (Figure 1, Tableau 2). Le pic vers 18 ans peut s'expliquer par le taux de mobilité plus élevé de cette catégorie d'âge. En effet, les 18-24 ans sont les plus mobiles parmi les différents groupes d'âge avec 48 kilomètres par jour en moyenne, en comparaison à 37 kilomètres en moyenne pour l'ensemble de la population (voir OFS/ARE, 2017, figure G 3.2.1.1. & 3.2.1.3). Les 18-24 ans utilisent par ailleurs plus souvent les transports publics que la moyenne : 40% de leurs distances journalières sont effectuées en transports publics (voir OFS/ARE, 2017, figure G 3.3.1.8, p.27). Le premier pic peut aussi s'expliquer par les rabais disponibles pour les étudiants et pour les ménages possédant plusieurs abonnements généraux. Le plateau à partir de 65 ans est probablement lié à la retraite et à un budget « temps » plus élevé pour les loisirs. Les 65-79 ans présentent la plus grande augmentation de la distance parcourue moyenne entre 1994 et 2015 parmi toutes les catégories d'âge (voir OFS/ARE, 2017, chapitre 3.2.1). Les 65 ans et plus peuvent par ailleurs profiter de rabais et utilisent plus le train que les 25-64 ans : 25% des distances journalière sont parcourues en train pour les 65 ans et plus, contre 18% pour les 25-64 ans (voir OFS/ARE, 2017, figure G 3.3.1.8, p.27).

La disponibilité d'une voiture augmente entre 18 et 65 ans, puis diminue à partir de 65 ans.

L'ensemble des résultats liés à l'âge est disponible dans le Tableau 2. Le paramètre pour les personnes sans ressources de mobilité est fixé à zéro et fait donc office de référence.

Tableau 2 : Résultats liés à l'âge

Nom du paramètre	Estimation du paramètre	Erreur type robuste	Test de Student robuste	Valeur p
B_age_6_16_GA	0.6340	0.0378	16.77	0.00

B_age_16_18_GA	0.5570	0.0863	6.46	0.00
B_age_18_20_GA	-0.4640	0.0828	-5.61	0.00
B_age_20_45_GA	-0.0442	0.0060	-7.33	0.00
B_age_45_65_GA	0.0247	0.0073	3.39	0.00
B_age_65_and_more_GA	0.0045	0.0064	0.70	0.48
B_age_6_16_Verbund	0.4450	0.0158	28.06	0.00
B_age_16_18_Verbund	0.4590	0.0719	6.38	0.00
B_age_18_20_Verbund	-0.5750	0.0851	-6.76	0.00
B_age_20_25_Verbund	-0.1490	0.0369	-4.05	0.00
B_age_25_45_Verbund	0.0036	0.0073	0.50	0.62
B_age_45_65_Verbund	-0.0197	0.0073	-2.69	0.01
B_age_65_and_more_Verbund	-0.0147	0.0079	-1.87	0.06
B_age_16_18_HT	0.4360	0.0885	4.93	0.00
B_age_18_20_HT	-0.6890	0.0985	-7.00	0.00
B_age_20_25_HT	0.0215	0.0378	0.57	0.57
B_age_25_65_HT	0.0110	0.0034	3.24	0.00
B_age_65_and_more_HT	-0.0197	0.0052	-3.78	0.00
B_age_16_18_HT_Verbund	0.4600	0.0944	4.87	0.00
B_age_18_20_HT_Verbund	-0.6870	0.1070	-6.43	0.00
B_age_20_25_HT_Verbund	-0.1480	0.0455	-3.25	0.00
B_age_25_45_HT_Verbund	0.0127	0.0088	1.44	0.15
B_age_45_65_HT_Verbund	0.0070	0.0082	0.86	0.39
B_age_65_and_more_HT_Verbund	-0.0006	0.0073	-0.09	0.93
B_age_18_20_CarAvail_GA	0.5230	0.0889	5.88	0.00
B_age_20_25_CarAvail_GA	-0.0195	0.0271	-0.72	0.47
B_age_25_65_CarAvail_GA	0.0127	0.0030	4.30	0.00
B_age_65_and_more_CarAvail_GA	-0.0775	0.0074	-10.52	0.00
B_age_18_20_CarAvail_HT	-0.2340	0.0798	-2.93	0.00
B_age_20_25_CarAvail_HT	0.1570	0.0253	6.21	0.00
B_age_25_65_CarAvail_HT	0.0289	0.0025	11.78	0.00
B_age_65_and_more_CarAvail_HT	-0.0775	0.0044	-17.63	0.00
B_age_18_25_CarAvail	0.1670	0.0186	8.97	0.00
B_age_25_65_CarAvail	0.0077	0.0023	3.32	0.00
B_age_65_and_more_CarAvail	-0.0854	0.0043	-19.81	0.00
B_age_18_25_CarAvail_HT_Verbund	0.0000	0.0277	0.00	1.00
B_age_25_65_CarAvail_HT_Verbund	0.0111	0.0034	3.25	0.00
B_age_65_and_more_CarAvail_HT_Verbund	-0.0602	0.0083	-7.21	0.00
B_age_18_25_CarAvail_Verbund	-0.0542	0.0246	-2.20	0.03
B_age_25_65_CarAvail_Verbund	-0.0116	0.0036	-3.27	0.00
B_age_65_and_more_CarAvail_Verbund	-0.0749	0.0098	-7.65	0.00

## 6.2 Résultats liés au sexe

Les hommes ont tendance à choisir plus souvent la combinaison « voiture à disposition et abonnement général » que les femmes (paramètre « B\_MALE\_CarAvail\_GA » positif dans le Tableau 3).

Les autres résultats sont visibles dans le Tableau 3. Les paramètres pour les femmes font office de valeurs de référence et sont fixés à zéro.



Tableau 3 : Résultats liés au sexe

Nom du paramètre	Estimation du paramètre	Erreur type robuste	Test de Student robuste	Valeur p
B_MALE_CarAvail	0.2960	0.0898	3.30	0.00
B_MALE_CarAvail_GA	0.5740	0.0567	10.13	0.00
B_MALE_CarAvail_HT	0.0454	0.1000	0.45	0.65
B_MALE_CarAvail_HT_Verbund	-0.0481	0.1510	-0.32	0.75
B_MALE_CarAvail_Verbund	-0.3770	0.1470	-2.56	0.01
B_MALE_GA	-0.1500	0.1000	-1.50	0.13
B_MALE_HT	0.1140	0.1220	0.94	0.35
B_MALE_HT_Verbund	-0.2750	0.1430	-1.92	0.06
B_MALE_Verbund	-0.1070	0.0790	-1.35	0.18

### 6.3 Résultats liés au sexe et à l'âge combinés

Indépendamment d'être simplement un homme (qui est associé à une disponibilité plus fréquente de la voiture, voir Tableau 2) ou d'être simplement plus âgé (qui est associé à une disponibilité plus fréquente de la voiture jusqu'à 65 ans, puis moins fréquente à partir de 65 ans, voir Tableau 3), la combinaison d'être un homme et d'être plus âgé tend à augmenter le choix d'avoir une voiture à disposition (paramètre « B\_AGE\_TIME\_MALE\_CarAvail » positif dans le Tableau 4) ou une combinaison de voiture à disposition et d'abonnement demi-tarif (paramètre « B\_AGE\_TIME\_MALE\_CarAvail\_HT » positif) ou une combinaison de voiture à disposition et d'abonnement communautaire (paramètre « B\_AGE\_TIME\_MALE\_CarAvail\_Verbund » positif).

L'ensemble des résultats liés au sexe et à l'âge combinés est disponible dans le Tableau 4. Les paramètres pour les femmes font office de valeurs de référence et sont fixés à zéro.

Tableau 4 : Résultats liés au sexe et à l'âge combinés

Nom du paramètre	Estimation du paramètre	Erreur type robuste	Test de Student robuste	Valeur p
B_AGE_TIME_MALE_CarAvail	0.0815	0.0158	5.16	0.00
B_AGE_TIME_MALE_CarAvail_HT	0.0569	0.0173	3.29	0.00
B_AGE_TIME_MALE_CarAvail_HT_Verbund	0.0476	0.0297	1.61	0.11
B_AGE_TIME_MALE_CarAvail_Verbund	0.1610	0.0313	5.15	0.00
B_AGE_TIME_MALE_GA	0.0445	0.0207	2.15	0.03
B_AGE_TIME_MALE_HT	-0.0614	0.0219	-2.80	0.01
B_AGE_TIME_MALE_HT_Verbund	-0.0163	0.0283	-0.57	0.57
B_AGE_TIME_MALE_Verbund	0.0017	0.0214	0.08	0.94

### 6.4 Résultats liés au revenu

De manière générale, les personnes vivant dans des ménages dont le revenu est le plus élevé (plus de 10'000 CHF) choisissent plus souvent des combinaisons de ressources de mobilité que les personnes qui vivent dans des ménages dont le revenu est bas (4000 CHF et moins). Ceci est vrai pour toutes les combinaisons, sauf pour les possesseurs d'un abonnement communautaire, pour qui le revenu n'a pas d'impact sur leur choix.

Le même effet est observé entre les personnes vivant dans des ménages dont le revenu est intermédiaire (entre 4001 et 10'000 CHF) : ils choisissent plus souvent les combinaisons de ressources de mobilité que les personnes qui vivent dans des ménages dont le revenu est bas. Cependant, les

paramètres estimés pour les personnes vivant dans des ménages dont le revenu est intermédiaire sont plus bas pour chaque combinaison de ressources de mobilité en comparaison avec les paramètres estimés pour les personnes vivant dans des ménages dont le revenu est élevé.

L'ensemble des résultats liés au revenu est disponible dans le Tableau 5. Les paramètres pour les ménages dont le revenu est bas font office de valeurs de référence et sont fixés à zéro. Des paramètres ont aussi été estimés pour les personnes dont le revenu du ménage n'est pas connu (pas de réponse ou ne sait pas, variable « B\_HH\_INCOME\_NA\_... »).

Tableau 5 : Résultats liés au revenu

Nom du paramètre	Estimation du paramètre	Erreur type robuste	Test de Student robuste	Valeur p
B_HH_INCOME_4001_to_10000_CarAvail	0.5390	0.0552	9.77	0.00
B_HH_INCOME_4001_to_10000_CarAvail_GA	1.4200	0.1040	13.64	0.00
B_HH_INCOME_4001_to_10000_CarAvail_HT	1.1900	0.0608	19.53	0.00
B_HH_INCOME_4001_to_10000_CarAvail_HT_Verbund	1.1900	0.1130	10.51	0.00
B_HH_INCOME_4001_to_10000_CarAvail_Verbund	0.6470	0.1060	6.09	0.00
B_HH_INCOME_4001_to_10000_GA	0.5680	0.0906	6.27	0.00
B_HH_INCOME_4001_to_10000_HT	0.2250	0.0738	3.04	0.00
B_HH_INCOME_4001_to_10000_HT_Verbund	0.2370	0.0986	2.40	0.02
B_HH_INCOME_4001_to_10000_Verbund	-0.0677	0.0885	-0.77	0.44
B_HH_INCOME_MORE_THAN_10000_CarAvail	1.0000	0.0855	11.69	0.00
B_HH_INCOME_MORE_THAN_10000_CarAvail_GA	2.6600	0.1240	21.42	0.00
B_HH_INCOME_MORE_THAN_10000_CarAvail_HT	2.2800	0.0894	25.45	0.00
B_HH_INCOME_MORE_THAN_10000_CarAvail_HT_Verbund	2.3300	0.1330	17.44	0.00
B_HH_INCOME_MORE_THAN_10000_CarAvail_Verbund	1.3300	0.1300	10.20	0.00
B_HH_INCOME_MORE_THAN_10000_GA	1.3000	0.1240	10.49	0.00
B_HH_INCOME_MORE_THAN_10000_HT	0.5100	0.1170	4.35	0.00
B_HH_INCOME_MORE_THAN_10000_HT_Verbund	0.8260	0.1380	5.97	0.00
B_HH_INCOME_MORE_THAN_10000_Verbund	-0.1310	0.1350	-0.97	0.33
B_HH_INCOME_NA_CarAvail	0.2570	0.0626	4.11	0.00
B_HH_INCOME_NA_CarAvail_GA	1.1300	0.1130	10.06	0.00
B_HH_INCOME_NA_CarAvail_HT	0.8340	0.0682	12.23	0.00
B_HH_INCOME_NA_CarAvail_HT_Verbund	0.7310	0.1260	5.81	0.00
B_HH_INCOME_NA_CarAvail_Verbund	0.3680	0.1190	3.10	0.00
B_HH_INCOME_NA_GA	0.3190	0.1000	3.18	0.00
B_HH_INCOME_NA_HT	0.1060	0.0827	1.28	0.20
B_HH_INCOME_NA_HT_Verbund	0.0939	0.1100	0.86	0.39
B_HH_INCOME_NA_Verbund	-0.0909	0.1000	-0.91	0.36

## 6.5 Résultats liés au lieu d'habitation (selon les grandes régions)

Les personnes vivant au Tessin ont plus tendance à avoir une voiture *toujours* disponible que dans les autres cantons (Voir Danalet & Mathys, 2018, Tableau 7). Les combinaisons de ressources de mobilité incluant l'abonnement demi-tarif (seul, avec un abonnement communautaire ou avec une voiture à disposition) sont toujours moins souvent sélectionnés au Tessin.

L'ensemble des résultats liés au lieu d'habitation est disponible dans le Tableau 6. Les paramètres pour le Tessin font office de valeurs de référence et sont fixés à zéro.

Tableau 6 : Résultats liés à la région du lieu d'habitation

Nom du paramètre	Estimation du paramètre	Erreur type robuste	Test de Student robuste	Valeur p
B_REGION_CENTRAL_SWITZERLAND_CarAvail	-0.0127	0.0933	-0.14	0.89
B_REGION_CENTRAL_SWITZERLAND_CarAvail_GA	1.4300	0.1850	7.75	0.00
B_REGION_CENTRAL_SWITZERLAND_CarAvail_HT	1.6700	0.1120	14.94	0.00
B_REGION_CENTRAL_SWITZERLAND_CarAvail_HT_Verbund	1.3900	0.2120	6.54	0.00
B_REGION_CENTRAL_SWITZERLAND_CarAvail_Verbund	-0.4240	0.1670	-2.54	0.01
B_REGION_CENTRAL_SWITZERLAND_GA	1.8600	0.2520	7.40	0.00
B_REGION_CENTRAL_SWITZERLAND_HT	1.3700	0.1740	7.85	0.00
B_REGION_CENTRAL_SWITZERLAND_HT_Verbund	1.6200	0.2620	6.18	0.00
B_REGION_CENTRAL_SWITZERLAND_Verbund	-0.5990	0.1220	-4.91	0.00
B_REGION_EASTERN_SWITZERLAND_CarAvail	0.0413	0.0874	0.47	0.64
B_REGION_EASTERN_SWITZERLAND_CarAvail_GA	1.3100	0.1810	7.23	0.00
B_REGION_EASTERN_SWITZERLAND_CarAvail_HT	1.4100	0.1080	13.09	0.00
B_REGION_EASTERN_SWITZERLAND_CarAvail_HT_Verbund	0.9920	0.2110	4.71	0.00
B_REGION_EASTERN_SWITZERLAND_CarAvail_Verbund	-0.5630	0.1590	-3.54	0.00
B_REGION_EASTERN_SWITZERLAND_GA	1.5500	0.2500	6.19	0.00
B_REGION_EASTERN_SWITZERLAND_HT	1.4400	0.1670	8.65	0.00
B_REGION_EASTERN_SWITZERLAND_HT_Verbund	1.2100	0.2610	4.63	0.00
B_REGION_EASTERN_SWITZERLAND_Verbund	-0.9070	0.1200	-7.58	0.00
B_REGION_ESPACE_MITTELLAND_CarAvail	-0.1030	0.0833	-1.24	0.21
B_REGION_ESPACE_MITTELLAND_CarAvail_GA	1.5500	0.1750	8.84	0.00
B_REGION_ESPACE_MITTELLAND_CarAvail_HT	1.1400	0.1040	10.92	0.00
B_REGION_ESPACE_MITTELLAND_CarAvail_HT_Verbund	0.9510	0.2050	4.64	0.00
B_REGION_ESPACE_MITTELLAND_CarAvail_Verbund	-0.3540	0.1460	-2.42	0.02
B_REGION_ESPACE_MITTELLAND_GA	1.9800	0.2440	8.09	0.00
B_REGION_ESPACE_MITTELLAND_HT	1.2500	0.1640	7.65	0.00
B_REGION_ESPACE_MITTELLAND_HT_Verbund	1.2600	0.2540	4.95	0.00
B_REGION_ESPACE_MITTELLAND_Verbund	-0.3530	0.1050	-3.36	0.00
B_REGION_LAKE_GENEVA_CarAvail	-0.1650	0.0836	-1.97	0.05
B_REGION_LAKE_GENEVA_CarAvail_GA	0.7410	0.1780	4.16	0.00
B_REGION_LAKE_GENEVA_CarAvail_HT	0.6440	0.1050	6.11	0.00
B_REGION_LAKE_GENEVA_CarAvail_HT_Verbund	0.4200	0.2070	2.02	0.04
B_REGION_LAKE_GENEVA_CarAvail_Verbund	0.2290	0.1390	1.65	0.10
B_REGION_LAKE_GENEVA_GA	1.4500	0.2460	5.88	0.00
B_REGION_LAKE_GENEVA_HT	0.8840	0.1650	5.34	0.00
B_REGION_LAKE_GENEVA_HT_Verbund	1.0100	0.2540	3.99	0.00
B_REGION_LAKE_GENEVA_Verbund	-0.1020	0.1030	-0.99	0.32
B_REGION_NORTHERN_SWITZERLAND_CarAvail	-0.2460	0.0881	-2.79	0.01
B_REGION_NORTHERN_SWITZERLAND_CarAvail_GA	1.4700	0.1800	8.20	0.00
B_REGION_NORTHERN_SWITZERLAND_CarAvail_HT	1.1000	0.1080	10.12	0.00
B_REGION_NORTHERN_SWITZERLAND_CarAvail_HT_Verbund	1.4500	0.2060	7.03	0.00
B_REGION_NORTHERN_SWITZERLAND_CarAvail_Verbund	0.2690	0.1470	1.83	0.07
B_REGION_NORTHERN_SWITZERLAND_GA	1.7200	0.2500	6.87	0.00
B_REGION_NORTHERN_SWITZERLAND_HT	1.2500	0.1700	7.35	0.00
B_REGION_NORTHERN_SWITZERLAND_HT_Verbund	1.7300	0.2560	6.75	0.00
B_REGION_NORTHERN_SWITZERLAND_Verbund	-0.1090	0.1120	-0.98	0.33
B_REGION_ZURICH_CarAvail	-0.2260	0.0947	-2.39	0.02
B_REGION_ZURICH_CarAvail_GA	1.3800	0.1860	7.43	0.00
B_REGION_ZURICH_CarAvail_HT	1.5000	0.1130	13.29	0.00
B_REGION_ZURICH_CarAvail_HT_Verbund	1.7500	0.2100	8.31	0.00
B_REGION_ZURICH_CarAvail_Verbund	0.2900	0.1540	1.88	0.06

B_REGION_ZURICH_GA	1.9600	0.2520	7.75	0.00
B_REGION_ZURICH_HT	1.5200	0.1730	8.75	0.00
B_REGION_ZURICH_HT_Verbund	1.6600	0.2620	6.32	0.00
B_REGION_ZURICH_Verbund	-0.4650	0.1230	-3.77	0.00

## 6.6 Résultats liés à la catégorie du ménage

Les couples avec enfants ont moins souvent uniquement un abonnement général, uniquement un abonnement demi-tarif ou une combinaison d'abonnements demi-tarif et communautaire que les personnes vivant seules (voir Tableau 7). Les couples sans enfants ont plus souvent une voiture à disposition que les personnes vivant seules. Les personnes vivant seules possèdent plus souvent un abonnement général que l'ensemble des autres catégories de ménages. Ce résultat avait déjà été observé avec les données de 2010 par Kowald et al. (2016).

L'ensemble des résultats liés à la catégorie du ménage est disponible dans le Tableau 7. Les paramètres pour les ménages d'une personne font office de valeurs de référence et sont fixés à zéro.

Tableau 7 : Résultats liés à la catégorie du ménage

Nom du paramètre	Estimation du paramètre	Erreur type robuste	Test de Student robuste	Valeur p
B_couple_with_children_CarAvail	0.1190	0.0633	1.87	0.06
B_couple_with_children_CarAvail_GA	-0.6220	0.0803	-7.74	0.00
B_couple_with_children_CarAvail_HT	-0.3290	0.0659	-5.00	0.00
B_couple_with_children_CarAvail_HT_Verbund	-0.6560	0.0890	-7.38	0.00
B_couple_with_children_CarAvail_Verbund	0.0909	0.0948	0.96	0.34
B_couple_with_children_GA	-0.9090	0.0933	-9.74	0.00
B_couple_with_children_HT	-0.8960	0.0915	-9.80	0.00
B_couple_with_children_HT_Verbund	-1.1300	0.1100	-10.20	0.00
B_couple_with_children_Verbund	-0.3150	0.0941	-3.35	0.00
B_couple_without_children_CarAvail	0.2050	0.0546	3.76	0.00
B_couple_without_children_CarAvail_GA	-0.1060	0.0739	-1.43	0.15
B_couple_without_children_CarAvail_HT	0.0945	0.0563	1.68	0.09
B_couple_without_children_CarAvail_HT_Verbund	-0.0045	0.0818	-0.05	0.96
B_couple_without_children_CarAvail_Verbund	0.2010	0.0938	2.14	0.03
B_couple_without_children_GA	-0.4110	0.0840	-4.89	0.00
B_couple_without_children_HT	-0.2490	0.0705	-3.53	0.00
B_couple_without_children_HT_Verbund	-0.5790	0.0944	-6.14	0.00
B_couple_without_children_Verbund	-0.3010	0.0951	-3.17	0.00
B_single_parent_with_children_CarAvail	-0.0625	0.0827	-0.76	0.45
B_single_parent_with_children_CarAvail_GA	-0.5430	0.1150	-4.72	0.00
B_single_parent_with_children_CarAvail_HT	-0.4320	0.0897	-4.81	0.00
B_single_parent_with_children_CarAvail_HT_Verbund	-0.3920	0.1260	-3.12	0.00
B_single_parent_with_children_CarAvail_Verbund	-0.0017	0.1270	-0.01	0.99
B_single_parent_with_children_GA	-0.6990	0.1180	-5.95	0.00
B_single_parent_with_children_HT	-0.6340	0.1160	-5.47	0.00
B_single_parent_with_children_HT_Verbund	-0.6290	0.1340	-4.69	0.00
B_single_parent_with_children_Verbund	-0.2340	0.1070	-2.18	0.03

## 6.7 Résultats liés au statut d'activité

Les personnes employées à plein temps ont plus tendance à avoir une voiture disponible que les personnes inactives et les étudiants (voir Tableau 8). Les personnes inactives ont généralement moins de ressources de mobilité en comparaison au personnes employées à plein temps, à part pour la

possession de l'abonnement demi-tarif. Ce résultat semble cohérent avec le fait que l'abonnement demi-tarif n'est pas très cher, populaire et est rapidement rentable. Les étudiants sont plus susceptibles de posséder un abonnement général que les employés à plein temps. Cela est probablement dû aux rabais auxquels les étudiants peuvent avoir droit (environ -30% par rapport au prix plein) et au fait que les étudiants n'ont pas toujours le choix de leur lieu d'habitation.

L'ensemble des résultats liés au statut d'activité est disponible dans le Tableau 8. Les paramètres pour les personnes travaillant à plein temps font office de valeurs de référence et sont fixés à zéro.

Tableau 8 : Résultats liés au statut d'activité

Nom du paramètre	Estimation du paramètre	Erreur type robuste	Test de Student robuste	Valeur p
B_inactive_CarAvail	-1.1400	0.0664	-17.14	0.00
B_inactive_CarAvail_GA	-1.2700	0.0905	-14.07	0.00
B_inactive_CarAvail_HT	-0.9260	0.0693	-13.37	0.00
B_inactive_CarAvail_HT_Verbund	-1.3900	0.0996	-13.95	0.00
B_inactive_CarAvail_Verbund	-1.3600	0.1020	-13.34	0.00
B_inactive_GA	-0.4420	0.1090	-4.05	0.00
B_inactive_HT	-0.1000	0.0967	-1.04	0.30
B_inactive_HT_Verbund	-0.7710	0.1230	-6.25	0.00
B_inactive_Verbund	-0.5410	0.1020	-5.28	0.00
B_part_time_work_CarAvail	-0.1150	0.0729	-1.58	0.11
B_part_time_work_CarAvail_GA	0.0868	0.0890	0.97	0.33
B_part_time_work_CarAvail_HT	0.2410	0.0749	3.22	0.00
B_part_time_work_CarAvail_HT_Verbund	0.0879	0.0947	0.93	0.35
B_part_time_work_CarAvail_Verbund	-0.0865	0.0976	-0.89	0.38
B_part_time_work_GA	0.3490	0.1150	3.03	0.00
B_part_time_work_HT	0.3980	0.1040	3.83	0.00
B_part_time_work_HT_Verbund	0.1310	0.1220	1.07	0.28
B_part_time_work_Verbund	0.2350	0.1080	2.17	0.03
B_studying_CarAvail	-0.5650	0.1070	-5.28	0.00
B_studying_CarAvail_GA	1.3700	0.1260	10.84	0.00
B_studying_CarAvail_HT	0.2780	0.1190	2.33	0.02
B_studying_CarAvail_HT_Verbund	1.0500	0.1470	7.11	0.00
B_studying_CarAvail_Verbund	0.4000	0.1330	3.00	0.00
B_studying_GA	0.8290	0.1400	5.94	0.00
B_studying_HT	0.7370	0.1410	5.22	0.00
B_studying_HT_Verbund	0.5770	0.1560	3.71	0.00
B_studying_Verbund	0.2130	0.1230	1.74	0.08

## 6.8 Résultats liés au niveau de formation le plus élevé

Les personnes sans formation post-obligatoire ont moins de ressources de mobilité que les personnes ayant une formation secondaire, tertiaire ou universitaire (voir Tableau 9). Cette observation est valide pour toutes les combinaisons de ressources de mobilité, sauf pour l'abonnement communautaire parmi les personnes avec une formation universitaire, dont la possession de cet abonnement n'est pas significativement différente que celle des personnes sans formation post-obligatoire.

Les personnes avec une formation tertiaire ont plus souvent une voiture à disposition (sans abonnements de transports publics) que les personnes sans formation post-obligatoire, les personnes avec une formation secondaire et les personnes avec une formation universitaire. Les personnes avec une formation universitaire ont significativement plus souvent un abonnement général (sans autre abonnement ou sans voiture à disposition) que les personnes avec un autre niveau de formation.

L'ensemble des résultats liés au niveau de formation le plus élevé est disponible dans le Tableau 9. Les paramètres pour les personnes n'ayant pas de formation post-obligatoire font office de valeurs de référence et sont fixés à zéro.

Tableau 9 : Résultats liés au niveau de formation le plus élevé

Nom du paramètre	Estimation du paramètre	Erreur type robuste	Test de Student robuste	Valeur p
B_secondary_education_CarAvail	0.8290	0.0423	19.62	0.00
B_secondary_education_CarAvail_GA	0.3540	0.0582	6.09	0.00
B_secondary_education_CarAvail_HT	0.5740	0.0441	13.01	0.00
B_secondary_education_CarAvail_HT_Verbund	0.4510	0.0661	6.82	0.00
B_secondary_education_CarAvail_Verbund	0.8260	0.0677	12.19	0.00
B_secondary_education_GA	0.3970	0.0680	5.84	0.00
B_secondary_education_HT	0.4050	0.0588	6.88	0.00
B_secondary_education_HT_Verbund	0.3840	0.0763	5.03	0.00
B_secondary_education_Verbund	0.2140	0.0693	3.08	0.00
B_tertiary_education_CarAvail	1.5200	0.1060	14.37	0.00
B_tertiary_education_CarAvail_GA	1.1700	0.1230	9.54	0.00
B_tertiary_education_CarAvail_HT	1.7100	0.1070	16.03	0.00
B_tertiary_education_CarAvail_HT_Verbund	1.5700	0.1280	12.29	0.00
B_tertiary_education_CarAvail_Verbund	1.5500	0.1370	11.38	0.00
B_tertiary_education_GA	0.6730	0.1660	4.04	0.00
B_tertiary_education_HT	0.7350	0.1440	5.09	0.00
B_tertiary_education_HT_Verbund	0.8040	0.1770	4.54	0.00
B_tertiary_education_Verbund	0.4330	0.1820	2.38	0.02
B_university_CarAvail	1.1700	0.1600	7.30	0.00
B_university_CarAvail_GA	1.7000	0.1700	10.02	0.00
B_university_CarAvail_HT	1.7900	0.1600	11.23	0.00
B_university_CarAvail_HT_Verbund	1.8000	0.1770	10.16	0.00
B_university_CarAvail_Verbund	1.3700	0.1940	7.09	0.00
B_university_GA	1.3500	0.2030	6.68	0.00
B_university_HT	0.9250	0.2060	4.50	0.00
B_university_HT_Verbund	0.9430	0.2350	4.02	0.00
B_university_Verbund	0.3470	0.2530	1.37	0.17

## 6.9 Résultats liés à la population de la commune de résidence

La population de la commune de résidence est utilisée dans le modèle comme une variable proxy pour la densité et la qualité de desserte. Elle est intégrée dans le modèle à la fois sous une forme linéaire et logarithmique. La composante logarithmique est négligeable par rapport à la composante linéaire. Elle a été maintenue dans le modèle car elle était déjà utilisée dans le modèle estimé avec les données du MRMT 2010 (Kowald et al, 2017). L'interprétation des résultats du Tableau 10 est que les combinaisons de ressource « Voiture à disposition et abonnement général », « Voiture à disposition et abonnement demi-tarif », « Voiture à disposition, abonnements demi-tarif et communautaires », « Abonnement général » seul et « Abonnements demi-tarif et communautaires » sont plus souvent choisis dans les communes à forte population.

Tableau 10 : Résultats liés à la population de la commune de résidence

Nom du paramètre	Estimation du paramètre	Erreur type robuste	Test de Student robuste	Valeur p
B_INHABITANTS_CarAvail	0.8780	0.4410	1.99	0.05

B_INHABITANTS_CarAvail_GA	1.8000	0.5460	3.30	0.00
B_INHABITANTS_CarAvail_HT	0.9560	0.4430	2.16	0.03
B_INHABITANTS_CarAvail_HT_Verbund	2.5400	0.5400	4.71	0.00
B_INHABITANTS_CarAvail_Verbund	1.0900	0.5960	1.82	0.07
B_INHABITANTS_GA	2.0200	0.5560	3.64	0.00
B_INHABITANTS_HT	0.2870	0.5730	0.50	0.62
B_INHABITANTS_HT_Verbund	1.8900	0.6200	3.05	0.00
B_INHABITANTS_Verbund	2.6700	0.4990	5.34	0.00
B_LOG_INHABITANTS_CarAvail	-0.3080	0.0202	-15.26	0.00
B_LOG_INHABITANTS_CarAvail_GA	-0.1210	0.0268	-4.54	0.00
B_LOG_INHABITANTS_CarAvail_HT	-0.2420	0.0209	-11.55	0.00
B_LOG_INHABITANTS_CarAvail_HT_Verbund	-0.0267	0.0316	-0.84	0.40
B_LOG_INHABITANTS_CarAvail_Verbund	0.0672	0.0318	2.11	0.03
B_LOG_INHABITANTS_GA	0.0497	0.0292	1.70	0.09
B_LOG_INHABITANTS_HT	-0.0138	0.0276	-0.50	0.62
B_LOG_INHABITANTS_HT_Verbund	0.2250	0.0373	6.03	0.00
B_LOG_INHABITANTS_Verbund	0.1260	0.0261	4.82	0.00

## 7 Validation du modèle

Le modèle a été estimé avec 80% des observations contenues dans le jeu de données. La sélection des observations de l'échantillon a été aléatoire. Les résultats de l'estimation avec 80% des observations aléatoirement sélectionnées a été utilisé pour simuler les parts des différentes combinaisons de ressources de mobilité des 20% de l'échantillon restant. En séparant l'échantillon entre estimation et prédiction de cette manière, nous effectuons un test de la capacité prédictive de notre modèle. Comme les deux sous-échantillon (80% / 20%) sont indépendants, le risque sur sur-ajustement du modèle (« overfitting » en anglais) est contrôlé. Si l'on utilisait l'ensemble des données pour l'estimation, ce risque ne pourrait plus être contrôlé. La séparation de l'échantillon en deux sous-échantillons est tout particulièrement rendu possible par la grande taille de notre échantillon.

Précisons ici que nous ne présentons pas des moyennes et leurs intervalles de confiance, ou la probabilité de choix d'un individu moyen. Nous présentons les résultats d'une simulation, où l'on prédit les probabilités de choix des individus de l'échantillon de validation (20%). Nous ne présentons pas les erreurs types résultant de cette simulation. Ces valeurs seraient évidemment intéressantes pour comparer les parts des différentes combinaisons de ressources de mobilité prédites et observées, en particulier quand le segment de la population contient peu d'observations. Il est cependant difficile de les calculer. La variance d'une probabilité de choix prédite par un modèle logit dépend de la matrice de covariance des estimations des paramètres et des probabilités de choix.

La Figure 2 présente les résultats de la simulation (parts des différentes combinaisons de ressources de mobilité prédites) et les compare avec les parts de marché observées dans cette échantillon de 20%. Les parts de marché prédites par le modèle sont proches des parts de marché observées parmi ces 20% de l'échantillon.

La même procédure a été appliquée pour les groupes d'âge de 6 à 16 ans (Figure 3), de 16 à 18 ans (Figure 4), de 18 à 20 ans (Figure 5), de 20 à 25 ans (Figure 6), de 25 à 40 ans (Figure 7), de 45 à 65 ans (Figure 8) et de 65 ans et plus (Figure 9). Les groupes d'âge incluent à chaque fois les âges limites (le groupe d'âge de 45 à 65 ans inclut les personnes de 45 ans et les personnes de 65 ans, par exemple). Les groupes d'âge se chevauchent donc. Le choix de ce chevauchement est lié au fait que les intervalles considérés par la spécification linéaire par morceaux continue contiennent les deux âges limites de l'intervalles par définition. En effet, comme l'âge est défini comme une valeur entière et que la fonction linéaire par morceaux utilisée garantit la continuité, la valeur de la fonction pour les âges limites est la même, que l'on considère l'intervalle à gauche ou à droite.

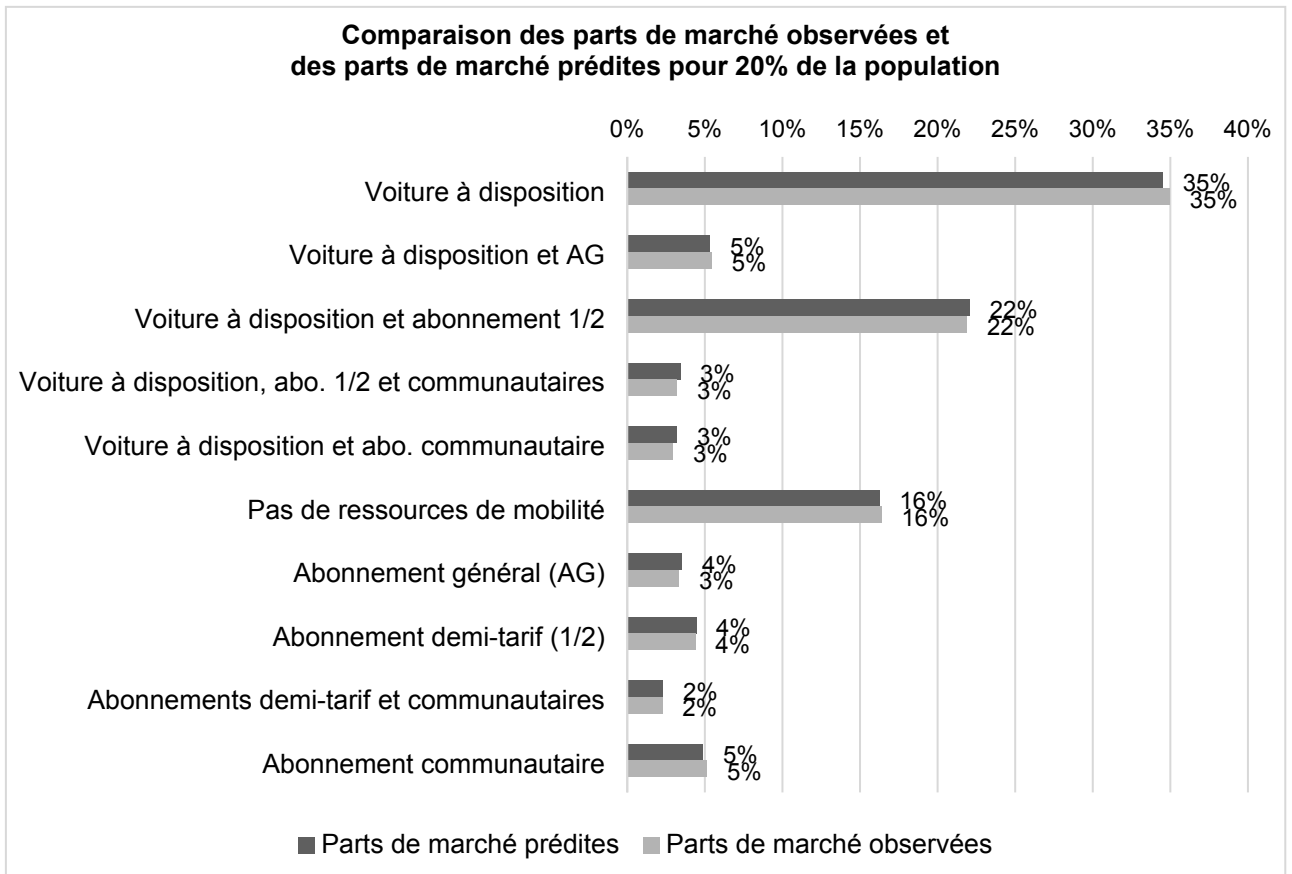


Figure 2 : Comparaison des parts de marché observées et des parts de marché prédites pour 20% de l'échantillon

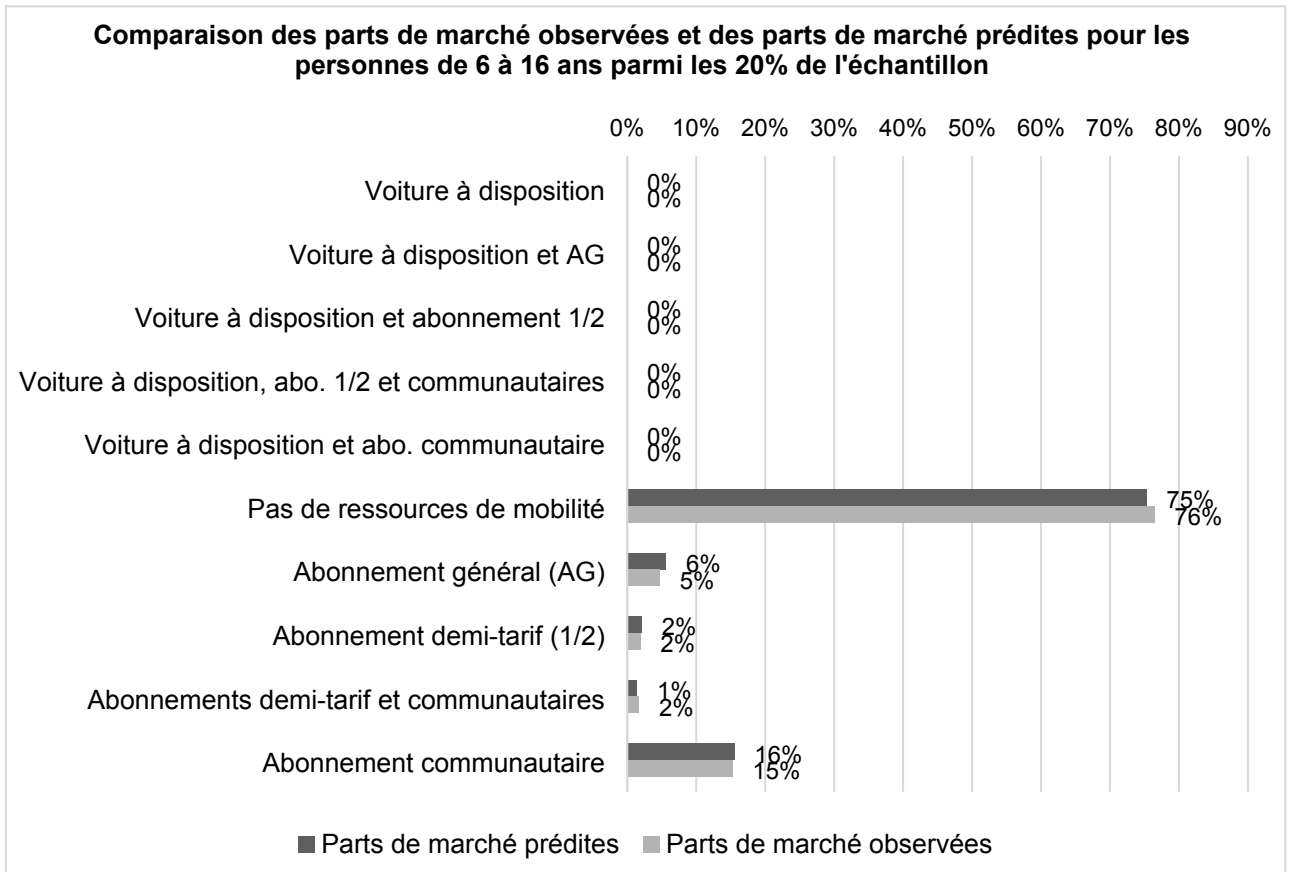


Figure 3 : Comparaison des parts de marché observées et des parts de marché prédites pour les personnes de 6 à 16 ans parmi les 20% de l'échantillon



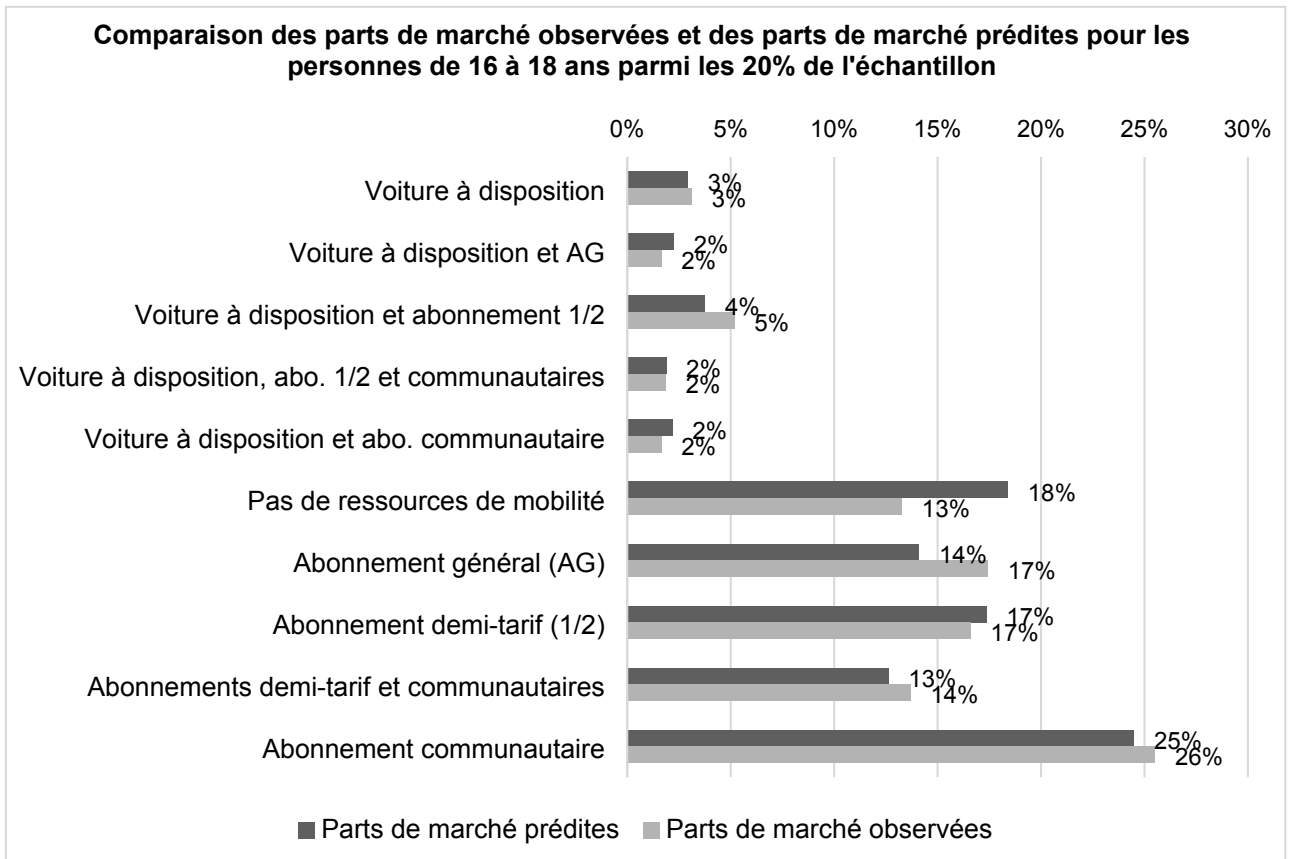


Figure 4 : Comparaison des parts de marché observées et des parts de marché prédites pour les personnes de 16 à 18 ans parmi les 20% de l'échantillon

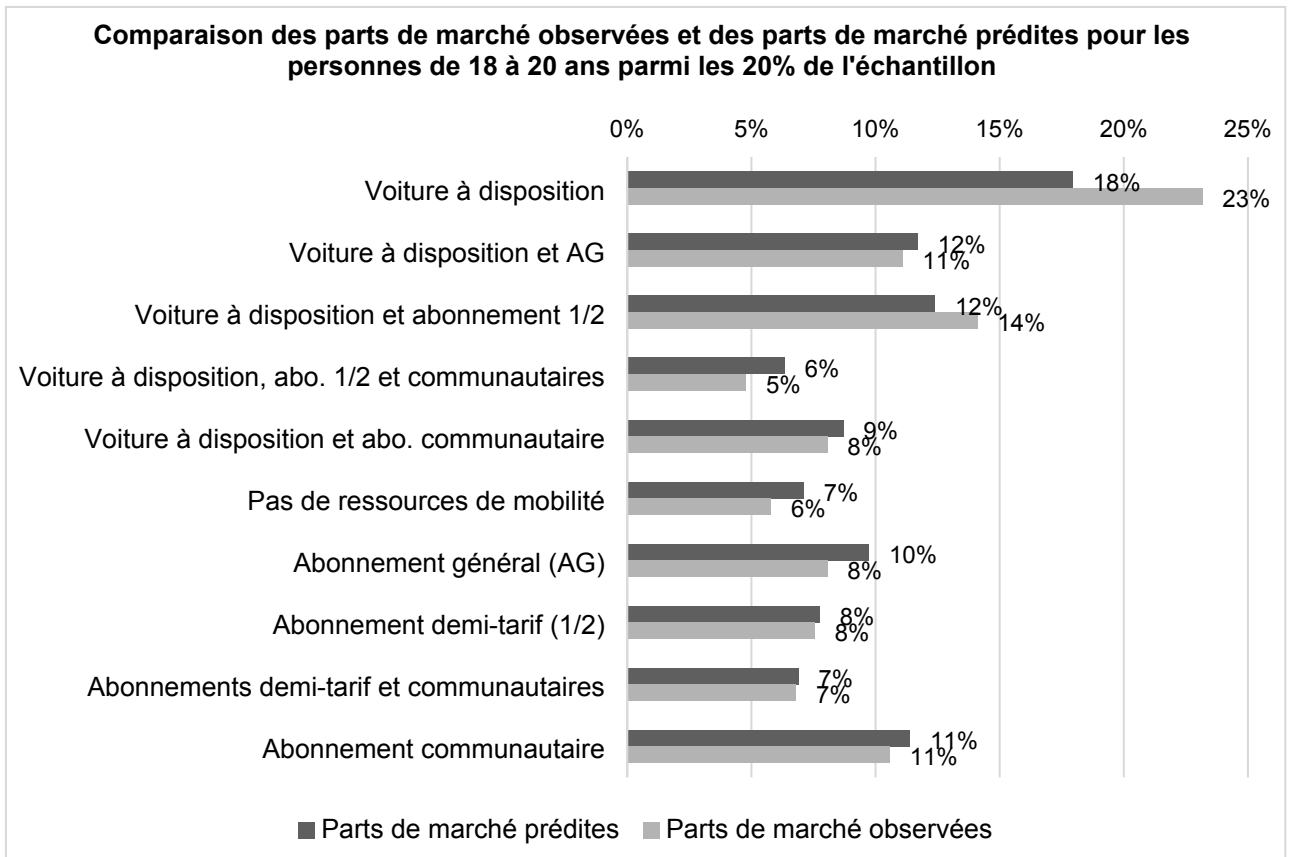


Figure 5 : Comparaison des parts de marché observées et des parts de marché prédites pour les personnes de 18 à 20 ans parmi les 20% de l'échantillon

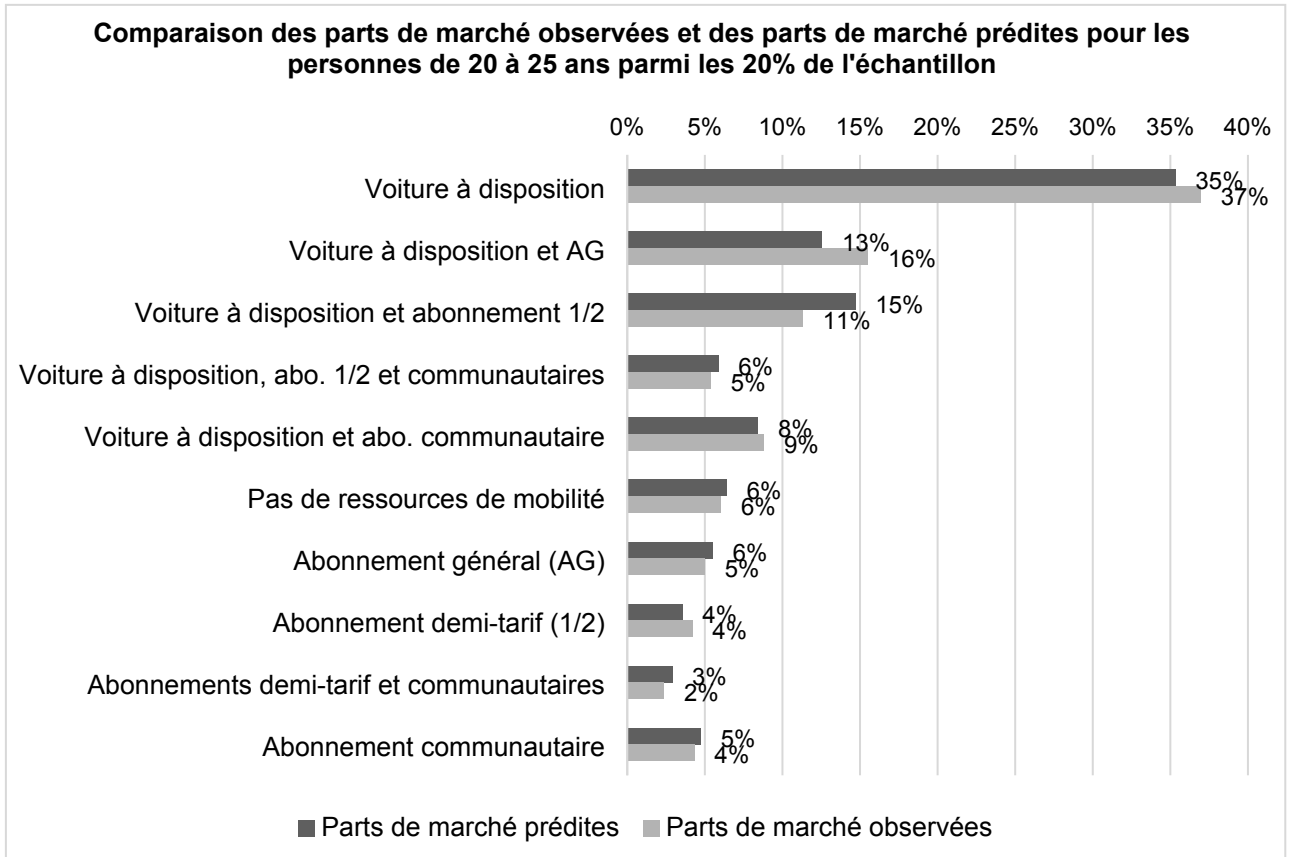


Figure 6 : Comparaison des parts de marché observées et des parts de marché prédites pour les personnes de 20 à 25 ans parmi les 20% de l'échantillon

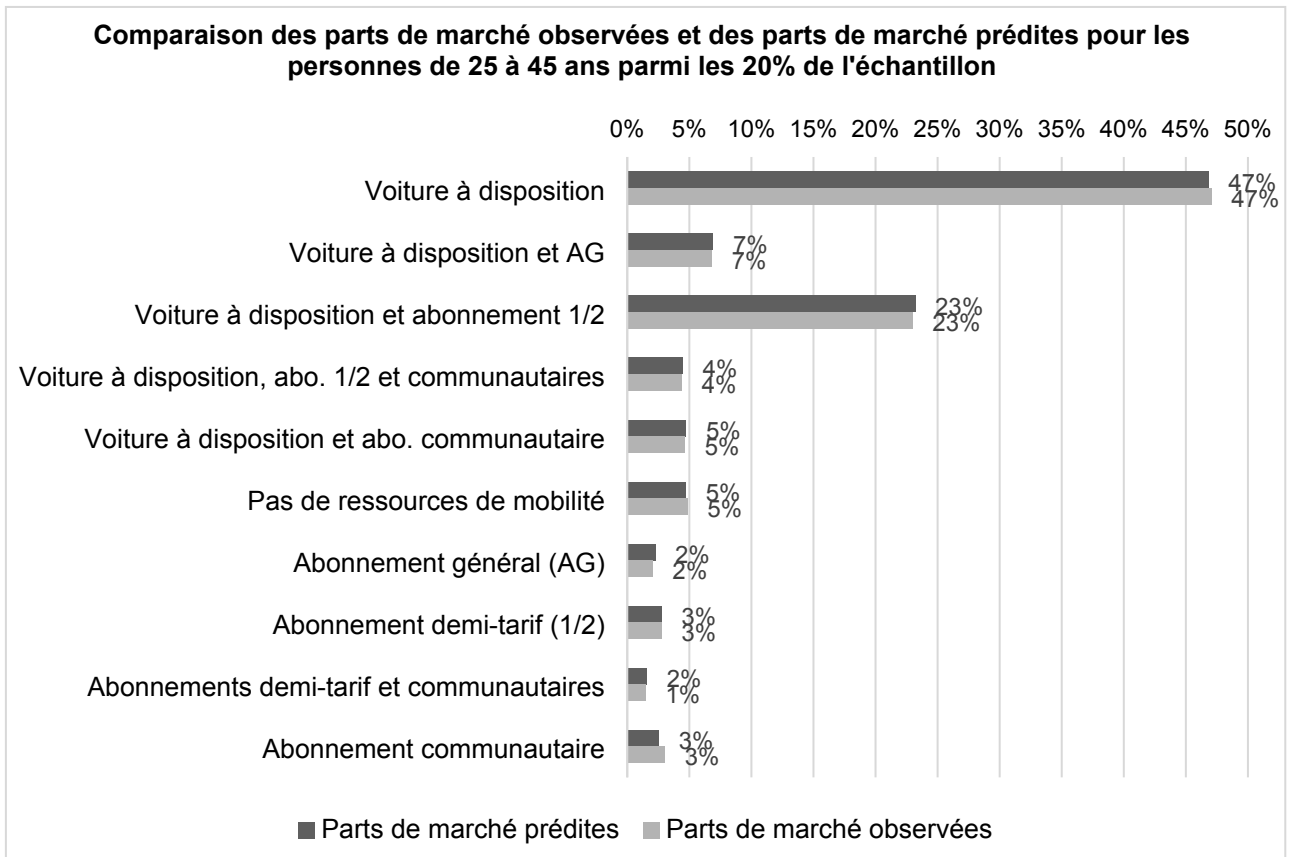


Figure 7 : Comparaison des parts de marché observées et des parts de marché prédites pour les personnes de 25 à 45 ans parmi les 20% de l'échantillon

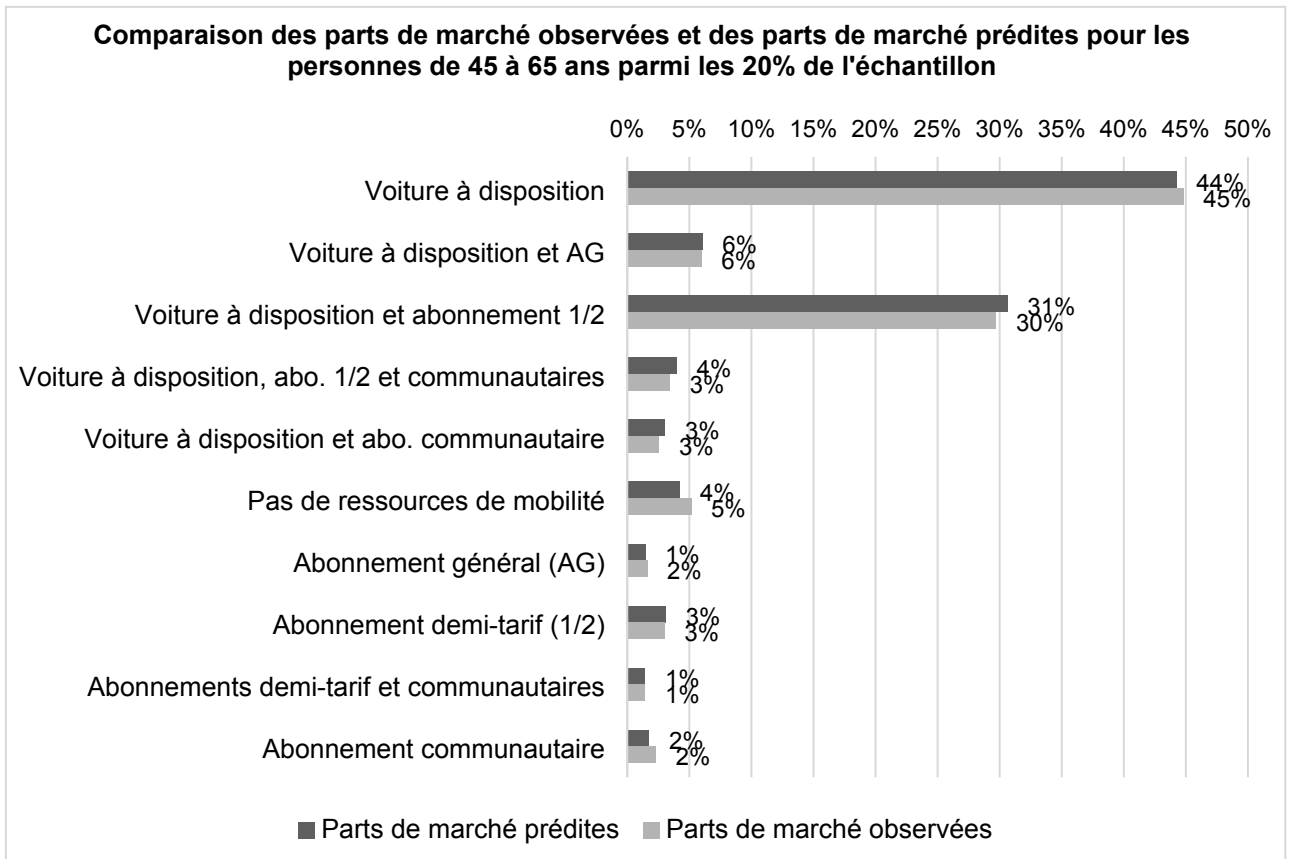


Figure 8 : Comparaison des parts de marché observées et des parts de marché prédites pour les personnes de 45 à 65 ans parmi les 20% de l'échantillon

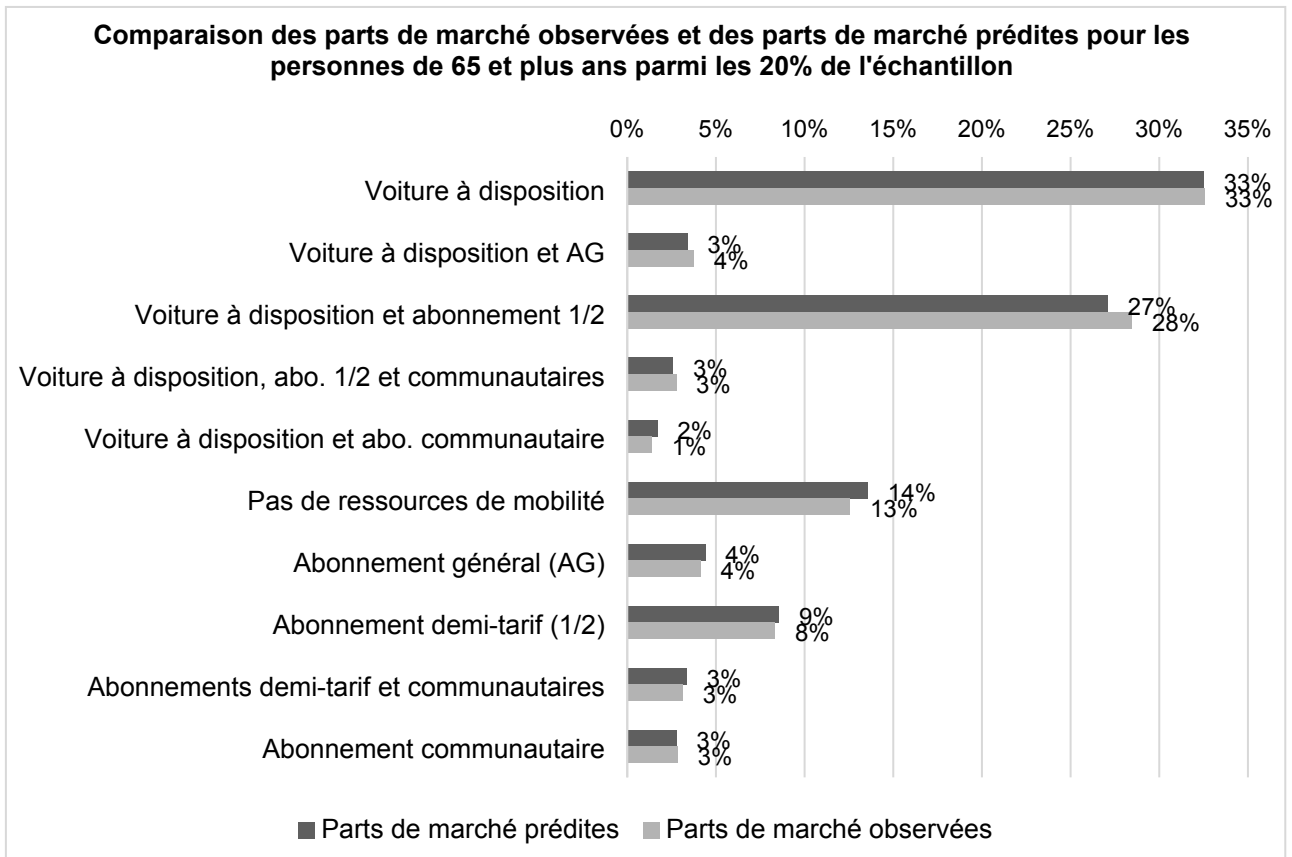


Figure 9 : Comparaison des parts de marché observées et des parts de marché prédites pour les personnes de 65 et plus ans parmi les 20% de l'échantillon

Le groupe d'âge de 6 à 16 ans n'a pas accès à la voiture et l'abonnement demi-tarif n'est disponible que pour les 16 ans et plus (voir Chapitre 5.2). Le modèle surestime la parts des personnes sans ressources de mobilité parmi les 16-18 ans (Figure 4), mais il faut souligner que ce groupe contient uniquement 482 observations. Le modèle sous-estime la probabilité d'avoir une voiture à disposition parmi les 18-20 ans (Figure 5), mais, là aussi, le groupe ne contient que 397 observations. Les parts de marché prédites et observées sont très similaires dans les groupes contenant suffisamment d'observations.

## **8 Possibilités pour développer le modèle à l'avenir**

### **8.1 Modéliser la disponibilité de la voiture « sur demande » séparément**

Dans le modèle actuel de choix des ressources de mobilité utilisé pour la génération de la population synthétique, la disponibilité de la voiture « sur demande » (selon la déclaration de la personne enquêtée) est regroupé avec la réponse « toujours disponible » dans une catégorie « Voiture disponible (toujours ou sur demande) ». On fait donc l'hypothèse qu'avoir une voiture disponible sur demande est équivalent à en avoir une toujours sur demande, en tout cas du point de vue de la population synthétique, qui est ensuite utilisée dans le modèle national du trafic voyageur ([MNTP](#)).

Une évolution du modèle de choix pourrait considérer la disposition d'une voiture sur demande comme une ressource de mobilité à part entière. Cela permettrait de mieux comprendre les comportements de mobilité des personnes qui possèdent cette ressource. Cela entraînerait une augmentation notable du nombre d'alternatives, puisqu'il s'agit de combinaisons de ressources. Les trois réponses possibles pour la disponibilité de la voiture (toujours, sur demande, pas du tout) devraient être combinées avec les 5 combinaisons d'abonnements de transports publics (abonnement général, abonnement demi-tarif, abonnement communautaire, abonnement communautaire et demi-tarif, pas d'abonnement). Il y aurait donc 15 alternatives à modéliser.

### **8.2 Modéliser l'utilisation d'un service de car-sharing et la disponibilité d'un vélo ou d'un vélo électrique**

Les données du microrecensement mobilité et transports ([MRMT](#), OFS/ARE, 2017) 2015 fournissent des informations pour chaque personne interrogée sur leur participation à un service de car-sharing/covoiturage, comme Mobility par exemple. Les vélos et les vélos électriques sont intégrés dans une seule et même variable à trois niveaux de réponse, comme pour la voiture : toujours disponible, sur demande ou pas du tout.

L'ajout de ces ressources de mobilité augmenterait notablement le nombre de combinaisons dans le modèle, comme pour modéliser la disponibilité de la voiture sur demande (voir Chapitre 8). Il faudrait étudier si l'augmentation du nombre de combinaisons permet toujours d'estimer le modèle en un temps raisonnable et si la taille de l'échantillon est suffisamment grande.

## **9 Utilisation du modèle de choix pour la génération de la population synthétique**

Pour chaque zone du modèle national du transport passager ([MNTP](#)), le nombre de personnes possédant chacune des combinaisons de ressources de mobilité est défini par le modèle de choix des ressources de mobilité. Le modèle de choix des ressources de mobilité utilise pour cela les données générées plus tôt dans la population synthétique : âge, sexe, revenu, région, catégorie de ménage, statut d'activité, niveau de formation et population de la commune de résidence.

Le nombre de personnes possédant chacune des combinaisons de ressources de mobilité généré par le modèle de choix des ressources de mobilité est ensuite adapté pour correspondre aux sommes marginales de la disponibilité de voiture par canton et du nombre d'abonnement de transports publics par zone.

Les sommes marginales (en anglais « marginal sums », « marginals » ou encore « control totals ») sont des contraintes à un niveau agrégé. Pour une zone géographique (et non pour chaque individu), elles définissent le nombre de personnes (ou la proportion de la population) qui présentent une certaine

caractéristique. Ces données proviennent généralement de registres ou de recensements complets de la population.

Plusieurs sources de données sont utilisées pour définir ces sommes marginales lors de la génération des informations relatives aux ressources de mobilité de la population synthétique :

- La répartition des ressources de mobilité selon le canton, à partir des données du microrecensement mobilité et transports 2015 ([MRMT](#), OFS/ARE, 2017) ;
- Le nombre de voitures possédées par les personnes privées et juridiques par zone du modèle national du transport passager ([MNTP](#)), à partir des données du registre automatisé des véhicules et des détenteurs de véhicules (registre MOFIS) 2016 ;
- Le nombre d'abonnements de transports publics (abonnements généraux, demi-tarif et communautaires) par zone du [MNTP](#) (CFF et différentes communautés tarifaires).

Le processus est décomposé en deux parties pour les voitures :

1. La disponibilité des voitures par individu du ménage ;
2. La propriété de voitures :
  - a. par individu du ménage ;
  - b. dans les entreprises.

Dans le processus, une personne ne peut être propriétaire d'une voiture que si elle a une voiture à disposition. C'est pourquoi la disponibilité des véhicules est définie en premier dans le processus.

Le résultat final est une population complète munie d'un attribut indiquant les combinaisons de ressources de mobilité de chaque individu. Ces informations peuvent ensuite être agrégées par zone et utilisées dans le modèle national du transport passager ([MNTP](#)).

Des informations plus détaillées sur la génération de la population synthétique sont disponibles dans ARE, 2019.

## 10 Références

- ARE – Office fédéral du développement territorial (2019). [Synthetische Population 2016/2017](#). Berne.
- ARE – Office fédéral du développement territorial (2018). [Densité et comportement de mobilité](#). Berne.
- Bierlaire, M. (2003). [BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models](#), Proceedings of the 3rd Swiss Transport Research Conference (STRC), Monte Verità, Ascona, Switzerland.
- Bierlaire M. (2016). [Cours Mathematical Modeling of Behavior, Tests](#). EPFL, Lausanne.
- Danalet A. et N. Mathys (2018). [Mobility Resources in Switzerland in 2015](#). Proceedings of the 18th Swiss Transport Research Conference (STRC) 16-18 May, Monte Verità, Ascona, Switzerland.
- Kowald, M., B. Kieser, N. Mathys and A. Justen (2017). [Determinants of mobility resource ownership in Switzerland: Changes between 2000 and 2010](#), Transportation, 44:1043, doi: 10.1007/s11116-016-9693-7, Springer US.
- OFS – Office fédéral de la statistique (2017). [Typologie des communes et typologie urbain-rural 2012 - Niveaux géographiques de la Suisse](#). Neuchâtel.
- OFS – Office fédéral de la statistique / ARE – Office fédéral du développement territorial (2017). [Comportement de la population en matière de transports. Résultats du microrecensement mobilité et transports 2015](#). Neuchâtel et Berne.