

Notes de recherche

Structure territoriale et mobilité articuler mixité, densité et accessibilité

APPROCHE MODÉLISATRICE

M. Grandjean, L. Hollaert, A. Leclercq

Sous la direction scientifique d'E. Cornelis et Y. Hanin

CPDT

Conférence Permanente
du Développement
Territorial

Numéro 50 • Décembre 2014

Chercheurs: *Martin Grandjean (CREAT-UCL), Laurie Hollaert (GRT-UNamur) et Alexandre Leclercq (CREAT-UCL)*

Responsables scientifiques: *Eric Cornelis (GRT-UNamur) et Yves Hanin (CREAT-UCL)*

Photo de couverture: *J.-L. Carpentier - SPW*

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	4
2.	MÉTHODOLOGIE	6
	PHASE 1 GÉNÉRATION D'UNE POPULATION SYNTHÉTIQUE	6
	A. GÉNÉRATION D'UNE POPULATION SYNTHÉTIQUE CARACTÉRISÉE SOCIO-ÉCONOMIQUEMENT AU NIVEAU COMMUNAL	7
	B. LOCALISATION DES INDIVIDUS AU SEIN DES DOUZE ZONES IDENTIFIÉES	13
	PHASE 2 ATTRIBUTION DE TRAITS DE MOBILITÉ AUX INDIVIDUS SYNTHÉTIQUES	14
	A. DÉTERMINATION DES MOBILES ET DES IMMOBILES	15
	B. ATTRIBUTION DE TRAITS DE MOBILITÉ AUX MOBILES	17
	RÉSULTAT FINAL	23
3.	ANALYSE DES IMPACTS SUR LES COMPORTEMENTS DE MOBILITÉ SUITE À DES CHANGEMENTS D'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE OU/ET DÉMOGRAPHIQUES	25
4.	BIBLIOGRAPHIE	26

1. INTRODUCTION

Freiner l'étalement urbain et limiter la dépendance automobile sont des objectifs majeurs de l'aménagement du territoire. Favoriser l'usage des transports en commun, les modes actifs¹ et densifier les centres disposant d'un nœud de transport en commun important et d'une grande variété de services sont devenus des mesures prioritaires au sein des politiques et documents d'aménagement du territoire. La question de la mobilité se retrouve ainsi au centre des débats actuels.

Les liens entre mobilité, utilisation du sol et développement durable font l'objet de diverses publications. Autant le recours extensif à l'automobile que l'artificialisation étendue des sols sont étudiés sous l'angle des enjeux du développement durable (environnementaux, économiques et sociaux). L'augmentation continue du nombre de kilomètres parcourus par chacun semble se ralentir mais la croissance attendue de la population et l'augmentation des engorgements routiers interpellent. Comment contenir cette mobilité sans restreindre les libertés individuelles ?

La recherche en cours au sein de la CPDT (2011-2014) tente d'apporter, outre une meilleure connaissance des liens entre les comportements de mobilité et la structure territoriale, une série de pistes de réflexions et d'actions concrètes sur l'organisation du territoire et des réseaux de transport à moyen terme. Notre objectif final est donc d'étudier l'impact qu'aurait un changement en termes d'aménagement du territoire ou l'impact qu'aurait un changement démographique sur la mobilité des individus. Par exemple, que se passe-t-il en termes de mobilité si pour certaines zones du territoire, la proportion du nombre d'inactifs augmente (vieillesse de la population) ?

La recherche s'articule autour de trois grandes phases : Approche descriptive – Approche modélisatrice et Recommandations.

Une première note de recherche², publiée en 2014, a eu pour objectif de tirer les conclusions des analyses descriptives de la première phase de l'étude. Les comportements de mobilité des individus ont été étudiés au niveau de leur environnement territorial direct et au niveau de leurs caractéristiques socio-économiques (sexe, classe d'âge,...).

Cette deuxième note a pour objectif de décrire la deuxième phase de la recherche, à savoir l'approche modélisatrice. L'idée centrale de cette approche modélisatrice est dans un premier temps de reconstituer une population virtuelle s'approchant au plus près de la réalité du terrain (année de référence) et d'attribuer à ces individus un comportement de mobilité type. Dans un second temps, il s'agira de faire varier cette population fictive et/ou les comportements de mobilité des individus (scénarios).

Au niveau des populations virtuelles, tous les individus sont caractérisés :

- par leur niveau socio-économique (classe d'âge, sexe...)
- par l'environnement au lieu de résidence (densité d'activités humaines, accessibilité en transport en commun à un pôle³)
- par leur comportement de mobilité (ex : budget distance)

¹ La terminologie « modes actifs » vise à intégrer la notion d'activité physique dans le déplacement. Elle est cependant équivalente à l'appellation modes doux et regroupe les déplacements non motorisés (marche, vélo...).

² Grandjean M., Hollaert L., Leclercq A., sous la dir. de Cornelis E. et Hanin Y. (2013). Structure territoriale et mobilité : articuler mixité, densité, et accessibilité – Méthodologie et résultats de l'analyse descriptive. Note de recherche n°45, Conférence Permanente du Développement Territorial.

³ Par souci d'alléger la lecture du document, nous comprenons ici par pôle « les communes rayonnant largement au-delà d'elles-mêmes ». Pour plus de détails, voir la note de recherche : Structure territoriale et mobilité – articuler mixité, densité et accessibilité. Méthodologie et résultats de l'analyse descriptive

L'attribution de leur comportement de mobilité est fonction de leurs caractéristiques socio-économiques et territoriales. Ainsi, une personne âgée et un écolier se verront attribuer des comportements de mobilité différents. De même, un écolier se verra attribuer un comportement de mobilité différent en fonction de sa zone de résidence.⁴ Au final, en agrégeant les comportements de mobilité de chaque individu synthétique wallon, nous pouvons estimer différents indicateurs de mobilité tels que les distances totales parcourues par jour, le temps consacré au déplacement par jour, etc. à différentes échelles spatiales.

De par cette démarche, nous sommes ainsi en mesure d'étudier par exemple l'impact d'un changement territorial sur la mobilité. En effet, en fonction du nombre d'individus dans telle ou telle zone et de leurs caractéristiques socio-économiques, les comportements de mobilité s'en verront modifiés. Il s'agira ensuite d'agréger de nouveau l'ensemble des comportements de mobilité de chaque individu afin d'estimer l'impact sur la mobilité en général.

⁴ Voir note de recherche n°45 pour le découpage du territoire en douze zones homogènes.

2. MÉTHODOLOGIE

La première phase de l'approche modélisatrice consiste à créer une population synthétique. Celle-ci se décompose en deux étapes principales :

Étape 1 : Génération d'une population synthétique (population fictive) caractérisée socio-économiquement au niveau communal ;

Étape 2 : Localisation des individus au sein des différentes zones identifiées au niveau communal.

Cette première phase est suivie de l'attribution des comportements de mobilité aux individus en fonction de leurs caractéristiques territoriales et socio-économiques précédemment définies. Ces deux phases seront décrites ci-après à partir d'exemples illustratifs. La troisième phase qui consiste à faire varier les populations synthétiques en fonction des scénarios et les résultats obtenus fera l'objet d'une note de recherche ultérieure.

PHASE 1 : GÉNÉRATION D'UNE POPULATION SYNTHÉTIQUE

La génération d'une population synthétique caractérisée socio économiquement et territorialement a pour objectif de pouvoir attribuer par la suite des comportements de mobilité à chaque individu en fonction de ses propres caractéristiques.

La première note de recherche relatait les méthodes appliquées pour déterminer les caractéristiques socio-économiques les plus influentes sur la mobilité des individus. Il s'agit du revenu du ménage, du genre de l'individu et de son activité socio-professionnelle. En croisant ces trois variables, neuf classes socio-économiques permettant de discriminer les individus au niveau de leurs comportements de mobilité ont été retenues :

1. Ecoliers du primaire.
2. Écoliers du secondaire appartenant à un ménage dont le revenu est strictement inférieur à 3000 euros nets par mois.
3. Écoliers du secondaire appartenant à un ménage dont le revenu est supérieur à 3000 euros nets par mois.
4. Actifs masculins appartenant à un ménage dont le revenu est strictement inférieur à 3000 euros nets par mois.
5. Actifs masculins appartenant à un ménage dont le revenu est supérieur à 3000 euros nets par mois.
6. Actifs féminins appartenant à un ménage dont le revenu est strictement inférieur à 3000 euros nets par mois.
7. Actifs féminins appartenant à un ménage dont le revenu est supérieur à 3000 euros nets par mois.
8. Inactifs appartenant à un ménage dont le revenu est strictement inférieur à 3000 euros nets par mois.
9. Inactifs appartenant à un ménage dont le revenu est supérieur à 3000 euros nets par mois.

En ce qui concerne les zones territoriales, douze zones ont été considérées comme homogènes :

1. Zone dense mixte avec une accessibilité faible en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.
2. Zone dense mixte avec une accessibilité moyenne en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.
3. Zone dense mixte avec une bonne accessibilité en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.

4. Zone à faible densité d'activités humaines avec une faible accessibilité en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.
5. Zone à faible densité d'activités humaines avec une accessibilité moyenne en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.
6. Zone à faible densité d'activités humaines avec une bonne accessibilité en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.
7. Zone résidentielle avec une faible accessibilité en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.
8. Zone résidentielle avec une accessibilité moyenne en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.
9. Zone résidentielle avec une bonne accessibilité en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.
10. Zone résidentielle dense avec une faible accessibilité en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.
11. Zone résidentielle dense avec une accessibilité moyenne en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.
12. Zone résidentielle dense avec une bonne accessibilité en TC à une commune rayonnant au-delà d'elle-même.

L'objectif est donc de caractériser la population de manière socio-économique et territoriale afin qu'à chaque individu on puisse attribuer un groupe socio-économique et un groupe territorial.

a. Génération d'une population synthétique caractérisée socio-économiquement au niveau communal

Dans un premier temps, nous devons « construire » une population wallonne représentée avec un degré de désagrégation spatiale fin où chaque individu est caractérisé socio-économiquement. Typiquement, nous devons connaître pour chaque individu son genre, son âge, son statut professionnel et son diplôme. Le Registre National a en sa possession certaines de ces données, mais celles-ci ne peuvent être divulguées (respect de la vie privée). Nous devons donc pallier cet inconvénient en développant une méthode mathématique permettant de construire une population « fictive » tout en respectant les statistiques agrégées (distribution marginale) qui caractérisent la population réelle. Etant donné que les statistiques agrégées (nombre de femmes, nombre de personnes n'ayant aucun diplôme...) sont connues pour chaque commune, nous avons choisi de travailler au niveau de la commune afin d'avoir un niveau de désagrégation le plus fin possible.

Objectif de la méthode

Pour plus de clarté, illustrons l'objectif de la méthode développée par un simple exemple :

Supposons que dans la commune d'Eghezée, il y ait 7683 femmes et 7444 hommes. En ce qui concerne la répartition des diplômes dans cette commune, 3086 personnes n'ont pas de diplôme, 1880 personnes sont diplômées du primaire, 7670 personnes du secondaire et 2491 personnes possèdent un diplôme universitaire. Ces données correspondent aux statistiques agrégées de la commune (distribution marginale). La représentation de ces données dans un tableau est la suivante :

	Femmes	Hommes	Distribution marginale
Aucun diplôme	?	?	3086
Diplôme primaire	?	?	1880
Diplôme secondaire	?	?	7670
Diplôme universitaire	?	?	2491
Distribution marginale	7683	7444	15127

Tableau 1 : statistiques agrégées de la commune d'Eghezée

Dans notre exemple, pour plus de facilité, nous n'avons considéré que deux types de variables, à savoir le sexe et le diplôme. De cette manière, nous obtenons un tableau à deux dimensions. À chaque ajout d'une variable additionnelle, le tableau comportera une dimension supplémentaire. Il faut ainsi garder à l'esprit, qu'en réalité, d'autres types de variables interviennent (statut professionnel, classe d'âge, etc.).

Nous observons à travers ce tableau que nous n'avons aucune indication sur les données croisées (les points d'interrogation), telles que par exemple le nombre de femmes n'ayant aucun diplôme. L'objectif de la méthode développée est dès lors de déterminer la valeur de chacun de ces points d'interrogation.

Avant de développer en profondeur notre méthode, nous introduirons au préalable la notion de tableau de contingence afin de faciliter la compréhension de notre démarche modélisatrice. La notion de tableau de contingence théorise de manière mathématique la représentation du précédent tableau.

La méthode IPF (Iterative Proportional Fitting)

La méthode généralement employée pour générer une population synthétique est la méthode IPF (Iterative Proportional Fitting). Cette approche standard est basée sur la méthode développée par Beckman, Baggerly et McKay⁵. Leur principale idée est de « grossir » des données désagrégées (un échantillon) afin qu'elles correspondent à des données agrégées (des distributions marginales). Dans notre cas, les données désagrégées correspondent à un échantillon d'individus ou de ménages qui est tiré de l'enquête Beldam. Les données agrégées représentent quant à elles les statistiques marginales connues, par exemple, le nombre de garçons présents dans la commune de Namur, le nombre d'actifs présents dans la commune de Namur, etc. Ces données sont pour la plupart du temps extraites d'un recensement (ou, dans le cas belge, de statistiques calculées par la DGSIE sur base du Registre National).

La méthode IPF à deux dimensions se formalise comme suit :

$$n_{ij}^{(t+1)} = \frac{N_i n_{ij}^t}{n_i^t} \quad \forall i, j$$

$$n_{ij}^{(t+2)} = \frac{N_j n_{ij}^{t+1}}{n_j^{t+1}} \quad \forall i, j$$

Où

- N_i représente la distribution marginale de la population entière pour la $i^{\text{ème}}$ modalité de la première variable (cette valeur reste constante).
- N_j représente la distribution marginale de la population entière pour la $j^{\text{ème}}$ modalité de la deuxième variable (cette valeur reste constante).
- n_{ij}^0 représente les effectifs de l'échantillon pour la $i^{\text{ème}}$ modalité de la première variable et la $j^{\text{ème}}$ modalité de la deuxième variable.

⁵ Beckman R. J., Baggerly K. A., McKay M. D. (1996). Creating synthetic baseline populations. *Transportation Research A*. 30(6) pp. 415-429.

- n_i^0 représente la distribution marginale de l'échantillon utilisé pour la $i^{\text{ème}}$ modalité de la première variable.
- n_j^0 représente la distribution marginale de l'échantillon utilisé pour la $j^{\text{ème}}$ modalité de la deuxième variable.

A chaque itération, il y a une mise à jour des distributions marginales « n_i » et « n_j » qui initialement représentent les distributions marginales de l'échantillon.

Ainsi à l'itération « $t+1$ » par exemple, la mise à jour se réalise de la manière suivante :

$$n_i^{(t+1)} = \sum_{j=1}^k n_{ij}^t \quad \forall i \quad (\text{où } k \text{ représente le nombre de modalités de la variable } j)$$

$$n_j^{(t+1)} = \sum_{i=1}^l n_{ij}^t \quad \forall j \quad (\text{où } l \text{ représente le nombre de modalités de la variable } i)$$

La méthode s'arrête lorsqu'il y a convergence, c'est-à-dire lorsque les mises à jour des distributions marginales deviennent « insignifiantes ».

Afin de comprendre cette formalisation, nous allons l'illustrer par un exemple. Les deux principales données dont nous devons disposer pour appliquer la méthode IPF sont des distributions marginales et un échantillon.

Reprenons notre population fictive issue de la commune d'Eghezée. Pour rappel, cette population se compose de 7600 femmes et de 7550 hommes. En ce qui concerne la répartition des diplômes dans cette commune, 4050 personnes n'ont pas de diplôme, 3000 détiennent un diplôme primaire, 5050 un diplôme secondaire et 3050 personnes un diplôme universitaire.

Nous avons déjà représenté ces données dans le tableau 1. La méthode IPF va permettre de calculer les cases remplies d'un point d'interrogation qui correspondent aux effectifs possédant les caractéristiques « croisées ».

L'échantillon fictif est représenté comme suit :

	Femmes	Hommes	Distribution marginale
Aucun diplôme	11	9	20
Diplôme primaire	7	7	14
Diplôme secondaire	20	18	38
Diplôme universitaire	6	7	13
Distribution marginale	44	41	85

Tableau 2 : échantillon de la commune d'Eghezée

Dans l'échantillon, il y a entre autres dix femmes qui n'ont aucun diplôme, huit hommes qui ont un diplôme primaire, neuf femmes qui possèdent le diplôme universitaire, etc.

Après avoir appliqué la méthode IPF à partir des distributions marginales et de l'échantillon présentés ci-dessus, nous obtenons le tableau final :

	Femmes	Hommes	Distribution marginale
Aucun diplôme	1669	1417	3086
Diplôme primaire	922	958	1880
Diplôme secondaire	3965	3705	7670
Diplôme universitaire	1127	1364	2491
Distribution marginale	7683	7444	15127

Tableau 3 : résultats obtenus suite à l'application de l'IPF pour la commune d'Eghezée

En simplifiant les choses, nous pouvons dire que la méthode IPF a permis de grossir l'échantillon pour se ramener aux distributions marginales connues. Pour rappel, la distribution marginale d'une modalité pour une variable correspond aux effectifs qui possèdent cette caractéristique (exemple : 3086 personnes qui n'ont aucun diplôme = 1669 femmes qui n'ont aucun diplôme + 1417 hommes qui n'ont aucun diplôme). La maîtrise de cette notion est indispensable pour comprendre la suite du rapport.

L'application de la méthode IPF telle quelle, présente trois limitations non négligeables dans notre cas.

- Premièrement, la population synthétique construite de cette manière ne se base que sur les distributions marginales des ménages ou des individus, mais aucunement sur les deux en même temps. Or il apparaît important de construire une population synthétique où les individus sont liés aux ménages car l'organisation de la mobilité individuelle se fait bien souvent à l'intérieur des ménages.
- Deuxièmement, la méthode IPF n'est « directement » applicable que si l'échantillon ne comporte aucune catégorie nulle (c.-à-d. si chaque catégorie, correspondant au croisement de chacune des modalités pour chacune des variables considérées, est représentée par au moins un individu dans l'échantillon). Ainsi, si dans l'échantillon il n'y a, par exemple, aucune femme avec un diplôme universitaire, la population finale ne pourra contenir de femme avec un diplôme universitaire vu la manière dont fonctionne l'IPF. Or, disposer d'un échantillon aussi complet est généralement complexe et coûteux.
- Troisièmement, certaines distributions marginales proviennent de sources différentes ce qui implique qu'elles ne coïncident pas forcément.

Adaptation de la méthode IPF à notre cas d'étude

Toutes ces limitations nous ont poussés à préférer plutôt la technique mise au point par le GRT⁶. Johan Barthelemy et Philippe Toint ont en effet élaboré une technique de génération de population synthétique qui solutionne les trois problèmes décrits ci-dessus. Le principal avantage de cette méthode est qu'elle ne nécessite pas d'échantillon. Cette technique comporte trois étapes principales :

1. Génération d'un pool d'individus
2. Génération de ménages
3. Rassemblement des individus dans les ménages

1. La première étape consiste à générer un pool d'individus au niveau spatial le plus désagrégé possible. Dans notre cas, nous générons un pool d'individus au niveau de la commune. Les données agrégées proviennent de diverses sources :

Données	Sources
Totaux marginaux par âge, genre et commune (croisement de ces trois variables)	GéDap pour la population 2010
Totaux marginaux par diplôme et commune	GéDap pour la population 2001
Totaux marginaux par activité et commune	GéDap pour la population 2001
Totaux marginaux par permis de conduire et commune	DIV pour la population 2004

Tableau 4 : liste des données agrégées utilisées et leur source

⁶ Barthelemy J., Toint P. (2013). Synthetic population generation without a sample, *Transportation Science* 47(2) pp.266-279.

Les données de 2010 ont été utilisées comme données de référence et ont servi pour étalonner les données de 2001 et 2004. Ainsi nous avons gardé les proportions de 2001 ou 2004 (selon les données) et nous leur avons appliqué un facteur d'échelle qui correspond au quotient « nombre d'individus en 2010 sur nombre d'individus en 2001/2004 ».

Les individus créés possèdent les caractéristiques suivantes :

- une classe d'âge: 0-5 ; 6-17 ; 18-39 ; 40-59 ; + 60
- un genre: Homme/femme
- un diplôme: aucun, primaire, secondaire, universitaire
- une activité professionnelle: étudiant, actif, inactif
- une possession du permis de conduire: oui/non

2. La deuxième étape consiste à estimer la distribution conjointe des ménages au niveau spatial le plus désagrégé possible sur base du processus développé par le GRT. Les données agrégées proviennent de diverses sources :

Données	Sources
Totaux marginaux par nombre d'individus selon la taille du ménage et par commune	Statbel pour la population 2010
Totaux marginaux par nombre d'individus selon le type du ménage et par commune	Cyties pour la population 2010
Totaux marginaux par nombre d'enfants par ménage et par commune	Statbel pour la population 2008

Tableau 5: liste des données agrégées utilisées et leur source

Les ménages générés dans la population synthétique sont caractérisés par les éléments suivants :

- le type du ménage: célibataire (homme), célibataire (femme), famille monoparentale (homme), famille monoparentale (femme), couple sans enfant, couple avec enfant(s)
- le nombre d'enfants: 0 à 5
- le nombre d'adultes supplémentaires: 0 à 2

3. Une fois le pool d'individus généré et la distribution conjointe des ménages estimée, la troisième étape rassemble les individus dans les ménages. Pour ce faire, nous choisissons à tour de rôle un type de ménage tel que la distribution Hh' des ménages déjà générés minimise la distance chi-carré suivante :

$$d_{\chi^2}(Hh', Hh) = \sum \frac{(x_i' - x_i)^2}{x_i^2}$$

Une fois un type de ménage sélectionné, nous choisissons un chef de ménage selon une distribution déterminée en fonction du type du ménage. Ensuite, nous sélectionnons si besoin est un partenaire, le /les enfants et/ou encore les adultes supplémentaires suivant une distribution déterminée en fonction du type de ménage et du chef de ménage sélectionnés. Ce mécanisme est schématisé ci-dessous.

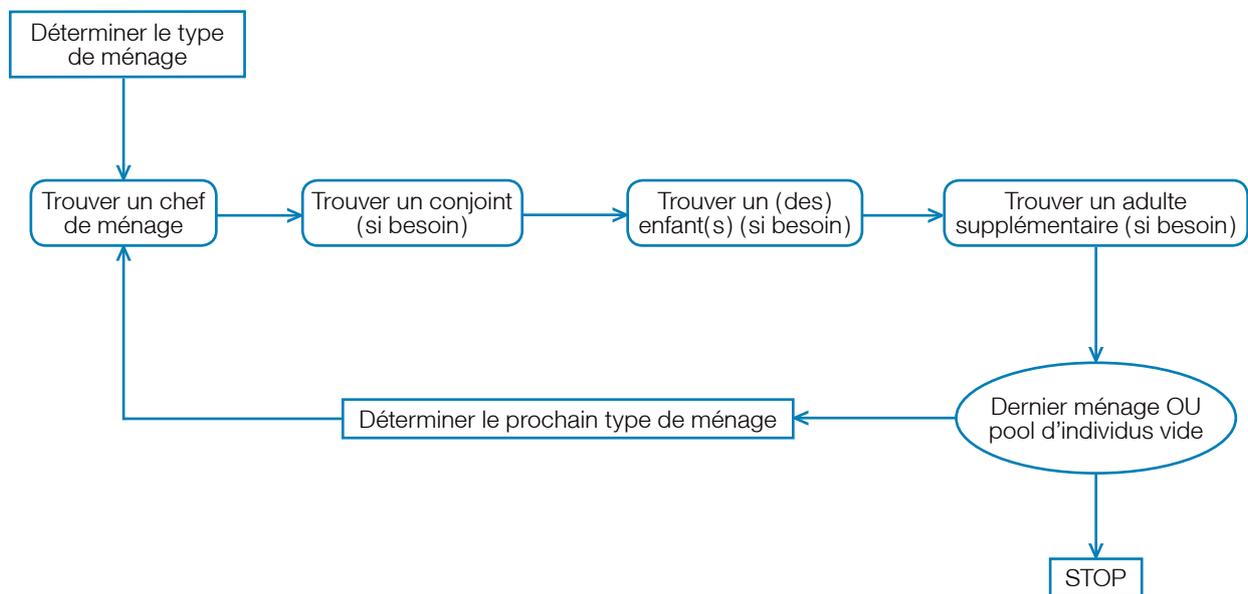


Figure 1 : étape 3 de la génération de la population synthétique

À ce stade, pour chaque commune wallonne, nous avons ainsi construit un ensemble d'individus caractérisés socio-économiquement (classe d'âge, genre, diplôme, activité professionnelle et possession du permis de conduire) regroupés en ménages.

Remarque : sur base des cinq caractéristiques socio-économiques définies ci-dessus, nous ne pouvons répartir les individus dans les neuf groupes socio-économiques que nous avons retenus. En effet, ces groupes socio-économiques avaient été construits notamment sur base du revenu des individus. En vue de pouvoir tout de même décomposer la population en groupes socio-économiques homogènes, nous nous baserons sur le diplôme du chef de ménage. Nous avons montré dans un précédent rapport que le diplôme du chef de ménage et le revenu influencent de la même manière nos variables quantitatives et qualitatives de mobilité⁷.

Les neufs groupes socio-économiques que l'on considère homogènes sont dorénavant les suivants :

1. Les actifs dont le chef de ménage possède au maximum un diplôme du secondaire
2. Les actifs dont le chef de ménage possède au minimum un diplôme du supérieur
3. Les actives dont le chef de ménage possède au maximum un diplôme du secondaire
4. Les actives dont le chef de ménage possède au minimum un diplôme du supérieur
5. Les inactifs dont le chef de ménage possède au maximum un diplôme du secondaire
6. Les inactifs dont le chef de ménage possède au minimum un diplôme du supérieur
7. Les écoliers du primaire
8. Les écoliers du secondaire dont le chef de ménage possède au maximum un diplôme du secondaire
9. Les écoliers du secondaire dont le chef de ménage possède au minimum un diplôme du supérieur

⁷ Grandjean M., Hollaert L. et Leclercq A., *Structure territoriale et chaîne d'activités : articuler mixité, densité et accessibilité, contribution au rapport final, octobre 2012*

b. Localisation des individus au sein des douze zones identifiées

L'objectif ici est d'attribuer à chaque individu/ménage de la population synthétique, un des douze types de zones que nous avons préalablement établis. Pour ce faire, nous sommes repartis des résultats obtenus lors de la première phase de la recherche (préparation des données) où les données de population du SPF économie avaient été désagrégées au niveau des mailles de 200*200 mètres. A partir de ces données, nous avons calculé la proportion de la population établie dans chacune des douze zones (par commune)⁸.

Ci-dessous, nous présentons les proportions calculées pour la commune d'Eghezée :

Zone dense mixte avec une accessibilité faible	3 %
Zone à faible densité d'activités humaines avec une accessibilité faible	22 %
Zone résidentielle avec une accessibilité faible	62,7 %
Zone résidentielle dense avec une accessibilité faible	11 %
Zone dense mixte avec une accessibilité moyenne	0 %
Zone à faible densité d'activités humaines avec une accessibilité moyenne	0 %
Zone résidentielle avec une accessibilité moyenne	0,3 %
Zone résidentielle dense avec une accessibilité moyenne	0 %
Zone dense mixte avec une bonne accessibilité	0 %
Zone à faible densité d'activités humaines avec une bonne accessibilité	0 %
Zone résidentielle avec une bonne accessibilité	0 %
Zone résidentielle dense avec une bonne accessibilité	0 %

Tableau 6 : répartition des individus par zone pour la commune d'Eghezée

Ainsi, sur base de ces proportions, nous savons par exemple, que 22 % de la population de la commune d'Eghezée réside dans une zone avec une densité d'activités humaines faible et une faible accessibilité en transport en commun à une pôle. Sachant que la commune d'Eghezée compte 15127 individus, cela signifie que $(0,22 * 15127)$ 3328 personnes doivent résider dans ce type de zone.

Étant donné que chaque individu appartient à un ménage, il importe de localiser tous les individus d'un même ménage dans un même type de zone. Dans notre exemple, nous allouons donc un certain nombre de ménages tel que la somme des individus de ces ménages correspondent à 3328 personnes. Cependant, la localisation de ces ménages dépend également de leur type. En effet, intuitivement, nous pouvons supposer que les couples avec enfants ont plus tendance à habiter dans des zones de plus faible densité que les couples sans enfant. Le tableau ci-dessous confirme cette intuition : il indique la répartition des ménages selon leur type au sein des zones denses mixtes, des zones à faible densité d'activités humaines, des zones résidentielles et des zones résidentielles denses.

⁸ La répartition basée sur les données du SPF est valable pour l'année 2010. Pour l'année 2030, il sera opportun d'actualiser les données sur base de scénarios.

	Zone dense mixte	Zone avec une faible densité d'activités humaines	Résidentielle	Résidentielle dense
Célibataire qui possède au maximum un diplôme secondaire	18,6 %	26 %	34,5 %	20,9 %
Couple sans enfant dont le chef de ménage possède au maximum un diplôme secondaire	25,3 %	30,1 %	30,9 %	13,3 %
Famille monoparentale dont la mère ou le père possède au maximum un diplôme secondaire	17,6 %	29,3 %	38,1 %	15,1 %
Couple avec enfant dont le chef de ménage possède au maximum un diplôme secondaire	28,5 %	36,4 %	26,7 %	8,3 %
Célibataire qui possède au minimum un diplôme universitaire	19,8 %	27,1 %	29 %	24,2 %
Couple sans enfant dont le chef de ménage possède au minimum un diplôme universitaire	27,3 %	32,1 %	26,9 %	13,7 %
Famille monoparentale dont la mère ou le père possède au minimum un diplôme universitaire	25,4 %	32,5 %	26,2 %	15,9 %
Couple avec enfant dont le chef de ménage possède au minimum un diplôme universitaire	32,9 %	33,3 %	24,8 %	9 %
Ménages (tous types confondus)	23,5 %	29,8 %	30,3 %	16,4 %

Tableau 7 : répartition des ménages au sein des quatre zones prédéfinies ; source : Beldam

Au vu de cette répartition non uniforme, il nous a paru important de la prendre en compte dans le modèle. Ainsi, nous localisons les ménages au sein des différentes zones en respectant d'une part la proportion de la population établie au sein des douze zones et d'autre part en tenant compte au maximum de la répartition décrite ci-dessus.

PHASE 2 : ATTRIBUTION DE TRAITS DE MOBILITÉ AUX INDIVIDUS SYNTHÉTIQUES

Notre population synthétique est à ce stade caractérisée spatialement et socio-économiquement. Il faut à présent attribuer des traits de mobilité aux individus. Suite à de nombreuses analyses, de nombreux échanges et à la disponibilité des données, nous avons distingué deux types de facteurs influençant le comportement de mobilité des individus :

1. Les caractéristiques socio-économiques

Chaque individu issu de notre population synthétique appartient à l'un des neuf groupes socio-économiques. Les traits de mobilité d'un individu seront dès lors attribués en fonction de son groupe d'appartenance.

2. Localisation de leur domicile en termes d'accessibilité en TC à une polarité et en termes de densité

L'environnement direct du domicile de l'individu (en termes d'accessibilité en TC et de densité) a une influence non négligeable sur la mobilité. En effet, il a par exemple été démontré statistiquement dans la précédente note de recherche que le budget-distance d'un individu résidant dans une zone avec une densité d'activités humaines faible est plus élevé que celui d'un individu résidant dans une zone résidentielle dense.

L'attribution des traits de mobilité aux individus issus de la population synthétique devra donc tenir compte de ces deux types de facteurs, à savoir de certaines caractéristiques socio-économiques et territoriales de l'individu.

Les traits de mobilité que nous avons choisi d'attribuer à chaque individu sont de deux types :

1. Premièrement, nous caractérisons les déplacements de chaque individu réalisés durant un jour fixé.
2. Dans un deuxième temps, nous attribuons à chaque individu des comportements de mobilité « habituels ».

1. Caractérisation des déplacements de chaque individu durant un jour fixé

Cette procédure se décompose en deux phases. Comme dans toute population, lors d'une journée de référence, il y a des individus qui se déplacent (appelés communément « mobiles ») et des individus qui ne se déplacent pas (appelés « immobiles »). Ces derniers sont ainsi restés toute la journée chez eux. Il faudra donc déterminer dans un premier temps, les individus issus de la population synthétique qui sont immobiles. Ensuite, il restera à caractériser les déplacements des mobiles en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques et territoriales.

a. Détermination des mobiles et des immobiles

Tous les individus issus de la population synthétique ne se déplacent pas. Il importe ainsi de déterminer les individus qui demeurent immobiles. Ce choix s'effectue à l'aide de l'enquête Beldam et de la méthode IPF.

Pour rappel, l'application de la méthode IPF nécessite d'avoir à sa disposition un échantillon et des distributions marginales. Dans ce contexte, les données agrégées correspondent au nombre d'immobiles selon la catégorie socio-économique et selon la catégorie territoriale. Afin d'obtenir ces informations, nous multiplierons les pourcentages d'immobiles issus de l'enquête Beldam par le nombre total d'individus.

Exemple: supposons que notre population synthétique soit décomposée en deux groupes socio-économiques: les hommes et les femmes. Supposons que selon l'enquête Beldam 28 % des femmes et 24 % des hommes sont immobiles durant un jour fixé. De plus, supposons que les individus résident soit dans la zone géographique A soit dans la zone géographique B. La proportion d'immobiles s'élève à 25 % dans la zone A et à 30 % dans la zone B. Supposons que selon l'enquête Beldam, il y ait dans l'ensemble de la population 27 % d'immobiles.

	Zone A	Zone B	Pourcentage d'immobiles
Femme			28 % = 0,28
Homme			24 % = 0,24
Pourcentage d'immobiles	25 % = 0,25	30 % = 0,3	27 %

Tableau 8: pourcentage d'immobiles

Il suffit à présent de multiplier ces pourcentages par les effectifs de la population synthétique présents dans chaque catégorie. Pour rappel, la commune d'Eghezée compte 7683 femmes et 7444 hommes. Supposons que 7000 habitants d'Eghezée résident dans la zone A et 8127 résident dans la zone B.

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme			$7683 * 0,28 = 2151$
Homme			$7444 * 0,24 = 1786$
Distribution marginale	$0,25 * 7000 = 1750$	$0,3 * 8127 = 2438$	$4188 / 3937 \neq 4084$ ($15127 * 0,27$)

Tableau 9: calcul de la distribution marginale

Une mise à échelle des distributions marginales est nécessaire afin que leurs sommes correspondent à « 4084 ».

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme			$2151 / 3937 * 4084 = 2231$
Homme			$1786 / 3939 * 4084 = 1852$
Distribution marginale	$1750 / 4188 * 4084 = 1707$	$2438 / 4188 * 4084 = 2377$	4084

Tableau 10: mise à l'échelle des distributions marginales

De cette manière, nous pouvons correctement appliquer la méthode IPF puisque nous disposons de distribution marginale, et d'un échantillon, à savoir l'enquête Beldam qui reprend le nombre d'immobiles pour chaque catégorie croisée. Une fois la méthode IPF appliquée, nous obtenons le nombre d'immobiles par catégorie pour chaque commune.

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme	933	1299	2231
Homme	774	1078	1852
Distribution marginale	1707	2377	4084

Tableau 11: nombre d'immobiles pour chaque catégorie

Cependant, afin de garder une certaine flexibilité, nous préférons travailler en termes de « probabilités » plutôt qu'en chiffres absolus. C'est pourquoi, la fin de la procédure s'achève en divisant chaque catégorie (c.-à-d. chaque croisement des caractéristiques socio-économiques et territoriales) par les effectifs issus de la population synthétique. Nous obtenons alors, pour chaque catégorie, une « probabilité de rester immobile ».

Ainsi, dans notre exemple, nous savons de par la construction de la population synthétique, le nombre de femmes qui vivent dans la zone A, le nombre d'homme qui vivent dans la zone A, etc. En effet, pour rappel chaque individu issu de la construction de la population synthétique est caractérisé socio-économiquement et territorialement. Ainsi il y a 3700 femmes qui vivent dans la zone A, 3983 femmes qui vivent dans la zone B, 3300 hommes qui vivent dans la zone A et 4144 hommes qui vivent dans la zone B.

	Zone A	Zone B
Femme	933/3700=0,25	1299/3983=0,32
Homme	774/3300=0,23	1078/4144=0,26

Tableau 12: calcul de la probabilité de rester immobile pour chaque catégorie

Dès lors, pour déterminer si un individu est immobile ou non, nous lui appliquons la probabilité relative à son groupe socio-économique et à sa zone.

Remarque:

Nous aurions pu utiliser l'échantillon Beldam pour déterminer directement le pourcentage d'immobiles selon le croisement des caractéristiques socio-économiques et territoriales. Cependant, l'échantillon est trop petit pour que les résultats croisés soient statistiquement significatifs. Ainsi, nous ne savons par exemple pas déterminer sur base de l'échantillon seul la proportion de femmes immobiles vivant dans une zone A. C'est pour cette raison que nous avons dû appliquer la méthode IPF.

b. Attribution de traits de mobilité aux mobiles

Une fois que nous avons déterminé les individus « mobiles », nous souhaitons leur attribuer

- quatre indicateurs de mobilité quantitatifs
 - Le budget-distance durant le jour fixé
 - Le budget-temps durant le jour fixé
 - La distance parcourue par déplacement durant le jour fixé
 - Le temps de trajet par déplacement durant le jour fixé
- trois indicateurs de mobilité qualitatifs
 - L'utilisation ou non de la voiture durant le jour fixé
 - L'utilisation ou non des transports en commun durant le jour fixé
 - L'utilisation ou non de la marche durant le jour fixé

La valeur de ces indicateurs de mobilité dépendra des caractéristiques socio-économiques et territoriales de l'individu.

Les analyses statistiques réalisées à partir de l'enquête Beldam permettent de déterminer entre autres le budget-distance médian, le budget-temps médian, la distance parcourue et le temps parcouru en fonction des caractéristiques socio-économiques des individus ainsi que des caractéristiques territoriales. Cependant, comme pour la détermination du pourcentage d'immobile, nous n'avons pu estimer ces valeurs simultanément pour les caractéristiques territoriales et socio-économiques des individus. En effet, notre échantillon Beldam n'est pas statistiquement significatif pour évaluer ces valeurs. Afin de pouvoir attribuer des traits de mobilité en fonction des deux types de caractéristiques (territoriales et socio-économiques), nous avons dû de nouveau adapter la méthode IPF. Nous avons choisi d'illustrer la méthode par un exemple afin que cela soit le plus compréhensible possible.

Exemple: nous supposons que la population synthétique est décomposée en deux groupes socio-économiques, à savoir les hommes et les femmes. De plus, nous considérons que la population est soit située dans une zone A, soit dans une zone B. Supposons que la distance moyenne par déplacement est de 15 km pour les femmes, de 12 km pour les hommes, de 16 km pour les individus résidant dans la zone A et de 11 km pour les individus résidant dans la zone B. La distance moyenne par déplacement tous individus confondus est quant à elle de 13,5 km.

	Zone A	Zone B	Distance moyenne par déplacement
Femme	n ₁₁	n ₁₂	15
Homme	n ₂₁	n ₂₂	12
Distance moyenne par déplacement	16	11	(13,5)

Tableau 13: distance moyenne par déplacement (kilomètre)

L'objectif étant pour cet exemple de calculer la distance moyenne par déplacement pour les quatre catégories suivantes :

1. Femmes vivant dans la zone A
2. Femmes vivant dans la zone B
3. Hommes vivant dans la zone A
4. Hommes vivant dans la zone B

Cependant, nous rencontrons le même genre de problème que lors de la détermination des mobiles et immobiliers. Ainsi, nous ne pouvons considérer les distances comme les distributions marginales car elles ne correspondent pas à la somme des effectifs. En effet, la distance moyenne parcourue par les individus qui vivent dans la zone A n'est pas équivalente à la somme de la distance moyenne parcourue par les femmes qui vivent dans la zone A et de la distance moyenne parcourue par les hommes qui vivent dans la zone A. Mathématiquement, $16 \neq n_{11} + n_{21}$.

Si on a F_1 femmes et H_1 hommes en zone A, la formule exacte est la suivante :

$$16 = n_{11} * F_1 / (F_1 + H_1) + n_{21} * H_1 / (F_1 + H_1).$$

C'est pour cette raison que nous devons adapter la méthode IPF.

Pour calculer ces distances, nous utiliserons d'autres données, à savoir le nombre de personnes « mobiles » par catégorie présentes dans la population. Ces données ont pu être construites grâce à l'étape précédente (« détermination des mobiles et immobiliers »). Ainsi supposons que dans la population fictive d'Eghezée, il y ait 2700 femmes mobiles qui vivent dans les zones A, 2831 femmes mobiles dans les zones B, 2593 hommes mobiles dans les zones A et 2919 hommes mobiles dans les zones B.

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme	2700	2831	5531
Homme	2593	2919	5512
Distribution marginale	5293	5750	11043

Tableau 14: nombre de mobiles présents dans la commune d'Eghezée

Les distributions marginales seront calculées en multipliant le nombre de mobiles par la distance moyenne d'un déplacement.

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme			$15 * 5531 = 82965$
Homme			$12 * 5512 = 66144$
Distribution marginale	$16 * 5293 = 84688$	$11 * 5750 = 63250$	147938/149109

Tableau 15: calcul des distributions marginales

La somme des distributions marginales n'est pas identique suivant que l'on considère les lignes (c.-à-d. le genre) ou les colonnes (c.-à-d. le type de zone) de la matrice (147 938 vs 149 109). Il est nécessaire dès lors de procéder à une mise à l'échelle. Pour réaliser cette mise à l'échelle, nous nous baserons sur la distance moyenne par déplacement de tous les mobiles (à savoir 13.5 km). Sachant que les 11043 mobiles parcourent en moyenne 13,5 km par déplacement, nous totalisons une distribution marginale de 149 080 ($13.5 * 11043$).

	Zone résidentielle	Zone mixte	Distribution marginale
Femme			$8296 / 149109 * 149080 = 82949$
Homme			$66144 / 149109 * 149080 = 66131$
Distribution marginale	$84688 / 147938 * 149080 = 85342$	$63250 / 147938 * 149080 = 63738$	149080

Tableau 16: mise à l'échelle des distributions marginales

L'application de la méthode IPF nécessite, outre des distributions marginales, un point de départ, qui est la plupart du temps déterminé par un échantillon. Ce point de départ permet d'avoir une idée sur les proportions à respecter. En l'absence d'échantillon, il nous faut construire ce point de départ. Il est obtenu en multipliant les effectifs de chaque catégorie par la distance moyenne parcourue par les femmes (15 km)/les hommes (12 km). Ainsi, par exemple, pour les femmes qui vivent dans une zone A, nous obtenons comme point de départ : 2700 (nombre de femmes vivant dans une zone A) * 15 (distance moyenne parcourue par les femmes) = 40500 .

Comme point de départ, nous aurions également pu multiplier les effectifs par la distance moyenne parcourue par les individus qui sont situés dans une zone A/zone B⁹.

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme	$2700 * 15 = 40500$	$2831 * 15 = 42465$	82965
Homme	$2593 * 12 = 31116$	$2919 * 12 = 35028$	66144
Distribution marginale	71616	77493	149109

Tableau 17: construction du point de départ (=échantillon)

⁹ Les résultats obtenus avec ce point de départ sont identiques à ceux illustrés ci-dessous.

À présent, nous pouvons appliquer la méthode IPF. Nous obtenons le tableau suivant :

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme	$2700 * 15 = 40500$	$2831 * 15 = 42465$	82965
Homme	$2593 * 12 = 31116$	$2919 * 12 = 35028$	66144
Distribution marginale	71616	77493	149109

Tableau 18: tableau final obtenu après avoir appliqué la méthode IPF

Enfin, pour obtenir la distance moyenne par déplacement pour chaque catégorie, il suffit de diviser le résultat obtenu par le nombre de personnes mobiles présentes dans la population synthétique pour chaque catégorie.

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme	$48125 / 2700 = 17,8$	$34824 / 2831 = 12,3$	82949 / 5531 = 15
Homme	$37217 / 2593 = 14,4$	$28914 / 2919 = 9,9$	66131 / 5512 = 12
Distribution marginale	85342 / 5293 = 16,1	63738 / 5750 = 11,1	149080 / 11043 = 13,5

Tableau 19: calcul de la distance moyenne par déplacement (kilomètre)

L'exemple que l'on vient de décrire présente le mécanisme que nous avons utilisé en adaptant la méthode IPF afin de satisfaire nos objectifs. Nous opérons de la même manière pour le calcul des trois autres indicateurs quantitatifs de mobilité (budget-distance,...). Concernant les indicateurs de mobilité qualitatifs, il suffit de procéder de la même manière à l'exception du calcul des distributions marginales. Ainsi la distance moyenne sera remplacée par un pourcentage d'utilisation d'un mode.

Reprenons l'exemple précédent, et supposons que le pourcentage d'utilisation de la voiture est de 60% pour les femmes, de 70% pour les hommes, de 68% pour les individus résidants dans la zone A et de 60% pour les individus résidants dans la zone B. L'utilisation de la voiture durant un jour fixé est en moyenne de 64%.

	Zone A	Zone B	Distance moyenne par déplacement
Femme	n11	n12	0,6
Homme	n21	n22	0,7
Distance moyenne par déplacement	0,68	0,6	0,64

Tableau 20: utilisation de la voiture durant un jour fixé

Le tableau final obtenu comportera alors la probabilité d'utiliser la voiture pour chaque catégorie croisée.

Remarque: Si un individu a les mêmes caractéristiques territoriales et socio-économiques qu'un autre individu, il se verra attribuer la même valeur. Il n'y a donc pas de variabilité entre les individus qui possèdent les mêmes caractéristiques. Cependant, cette variabilité n'est pas nécessaire puisque nous nous intéresserons aux résultats agrégés (exemple: budget-distance moyen des individus résidant dans la commune de Namur, budget-distance des zones denses mixtes, etc.) et non à ce qui se passe au niveau de chaque individu.

2. Attribution de traits de mobilité «habituels» à chaque individu

Cette étape consiste à attribuer à chaque individu trois indicateurs qualitatifs :

- Utilisation fréquente ou non de la voiture
- Utilisation fréquente ou non des transports en commun
- Utilisation fréquente ou non de la marche

Nous appelons par utilisation «fréquente» d'un mode, l'utilisation de ce mode au minimum 5 fois par semaine.

La démarche est sensiblement la même que lorsque nous avons attribué aux «mobiles» des comportements de mobilité quantitatifs. La principale différence réside dans le calcul des distributions marginales. La précédente procédure multipliait les pourcentages d'utilisation d'un mode par le nombre de mobiles. Dans ce cas-ci, les distributions marginales seront obtenues en multipliant les pourcentages d'utilisation fréquente d'un mode par l'ensemble des individus présents dans la catégorie (ensemble des mobiles et immobiles).

Exemple : nous supposons que la population synthétique est décomposée en deux groupes socio-économiques: les hommes et les femmes. De plus, nous considérons que la population est soit située dans une zone A, soit dans une zone B. Admettons que le pourcentage d'utilisation fréquente de la voiture s'élève à 60% pour les femmes, 75% pour les hommes, 80% km pour les individus résidants dans la zone A et de 60% pour les individus résidants dans la zone B. Le pourcentage d'utilisation fréquente de la voiture tous individus confondus est quant à elle de 68%.

	Zone A	Zone B	Pourcentage d'utilisation fréquente de la voiture
Femme	?	?	60% = 0,6
Homme	?	?	75% = 0,75
Pourcentage d'utilisation fréquente de la voiture	80% = 0,8	60% = 0,6	(68% = 0,68)

Tableau 21 : pourcentage d'utilisation fréquente de la voiture

Supposons que dans la population virtuelle d'Eghezée, il y ait 3700 femmes qui vivent dans la zone A, 3983 femmes qui vivent dans la zone B, 3300 hommes qui vivent dans la zone A et 4144 hommes qui vivent dans la zone B.

	Zone A	Zone B	Population totale
Femme	3700	3943	7643
Homme	3300	4144	7444
Population totale	7000	8127	15127

Tableau 22: nombre de personnes présentes dans la population synthétique par catégorie

Les distributions marginales seront calculées en multipliant le nombre de personnes par le pourcentage d'utilisation fréquente de la voiture.

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme			$0,6 * 7643 = 4586$
Homme			$0,75 * 7444 = 5583$
Distribution marginale	$0,8 * 7000 = 5600$	$0,6 * 8127 = 4876$	$10476 / 10169 = 10286$

Tableau 23 : calcul des distributions marginales

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme			$4586 / 10169 * 10286 = 463$
Homme			$5583 / 10169 * 10286 = 564$
Distribution marginale	$5600 / 10476 * 10286 = 5498$	$4876 / 10476 * 10286 = 4788$	10286

Tableau 24 : mise à l'échelle des distributions marginales

Le point de départ est obtenu en multipliant les effectifs de chaque catégorie par l'utilisation fréquente de la voiture par les femmes (0.6)/les hommes (0.75).

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme	$3700 * 0,6 = 2220$	$3943 * 0,6 = 2366$	4586
Homme	$3300 * 0,75 = 2475$	$4144 * 0,75 = 3108$	5583
Distribution marginale	4695	5474	

Tableau 25 : construction du point de départ

À présent, nous pouvons appliquer la méthode IPF. Nous obtenons le tableau suivant :

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme	2583	2056	4639
Homme	2915	2732	5647
Distribution marginale	5498	4788	10286

Tableau 26 : tableau final obtenu après avoir appliqué la méthode IPF

Enfin, pour obtenir le pourcentage d'utilisation fréquente de la voiture par catégorie, il suffit de diviser le résultat obtenu par le nombre de personnes présentes dans la population synthétique pour chaque catégorie.

	Zone A	Zone B	Distribution marginale
Femme	$2583 / 3700 = 0,7$	$2056 / 3943 = 0,52$	$4639 / 7643 = 0,61$
Homme	$2915 / 3300 = 0,88$	$2732 / 4144 = 0,66$	$5647 / 7544 = 0,75$
Distribution marginale	$5498 / 7000 = 0,79$	$4788 / 8087 = 0,59$	10286

Tableau 27 : calcul de la probabilité d'utilisation fréquente de la voiture

RÉSULTAT FINAL

Pour chaque commune wallonne, nous disposons à la fin de ces trois phases, d'un fichier reprenant toutes les caractéristiques des ménages issus de cette commune appelé « fichier ménage » et un fichier reprenant toutes les caractéristiques relatives aux individus appelé « fichier individu ».

Exemple du « fichier ménage » pour une commune X:

```
2744 F 1 0 3 1 7079 7080 7081
746 IF 0 0 1 17 1923
2596 IH 0 0 1 1 6692
152 C 0 0 2 1 390 391
2386 IH 0 0 1 1 6156
256 C 0 0 2 1 655 656
```

- Identifiant du ménage
- Type de ménage : célibataire homme (IH) - célibataire femme (IF) - monoparental homme (M) - monoparentale femme (W) - couple sans enfant (C) - couple avec enfant (F)
- Nombre d'enfant(s)
- Nombre d'adulte supplémentaire(s)
- Nombre d'individu(s) dans le ménage
- Type de zone (1 - 12)
- Chiffres restant : identifiant des individus

Figure 2: attributs du fichier ménage

Chaque ligne du « fichier ménage » représente un ménage. Ainsi la première ligne signifie que le ménage numéro « 2744 » est constitué d'un couple avec un enfant qui loge dans la première zone. Les parents possèdent comme identifiant 7079 et 7080. L'enfant quant à lui a comme identifiant 7081.

Exemple du « fichier individu » pour la même commune :

```
FHIUP 75 1 2744 7079 38.9 67.6 7.4 16.7 52.8 80.8 15.5 23.7 46.6 2.8 1.5 1 1 0 1 1 0
FFASP 70 2 2744 7080 53.9 73.0 9.2 14.4 73.2 84.9 20.0 23.2 63.9 6.9 0.8 1 1 0 1 1 0
FHAUP 38 3 2744 7081 75.4 88.5 11.8 16.6 90.9 94.9 25.2 26.2 77.3 9.5 1.0 1 1 0 0 1 0
IFISO 66 1 746 1923 0 0 0 0 2 2 2 0 1 1
IHIUP 61 1 2596 6692 38.9 67.6 7.4 16.7 52.8 80.8 15.5 23.7 46.6 2.8 1.5 1 1 0 1 1 0
CFASP 38 1 152 390 38.4 56.1 9.1 16.6 51.5 66.6 16.5 21.4 42.9 5.2 0.7 1 1 0 0 1 1
CHISO 39 2 152 391 17.4 45.0 5.5 16.7 32.9 60.0 11.9 21.4 25.4 3.4 1.5 1 1 1 1 1 0
IHISP 88 1 2386 6156 17.4 45.0 5.5 16.7 32.9 60.0 11.9 21.4 25.4 3.4 1.5 1 1 0 0 1 0
CHIPP 90 1 256 655 17.4 45.0 5.5 16.7 32.9 60.0 11.9 21.4 25.4 3.4 1.5 0 1 0 0 0 1
CFISP 52 2 256 656 0 0 0 0 2 2 2 1 1
```

- Type du ménage : couple sans enfant (C) - célibataire (I) - famille avec enfant (F) - monoparentale (N)
- Genre : homme (H) - Femme (F)
- Activité : actif (A) - étudiant (E) - inactif (I)
- Diplôme : aucun diplôme (O) - primaire (P) - secondaire (S) - universitaire, haute école (U)
- Permis : permis de voiture (P) - pas de permis de voiture (O)
- Âge
- Position dans le ménage : chef de ménage (1) - conjoint (2) - enfant (3) - adulte supplémentaire (4)
- Identifiant du ménage
- Identifiant de l'individu
- Budget distance médian
- Budget temps médian
- Distance médiane
- Temps médian
- Budget distance moyen
- Budget temps moyen
- Distance moyenne
- Temps moyen
- Budget distance en voiture
- Budget distance en transport en commun
- Budget distance en mode doux
- Utilisation (1) ou non (0) du mode doux durant le jour de référence
- Utilisation (1) ou non (0) des transports en commun durant le jour de référence
- Utilisation (1) ou non (0) de la voiture durant le jour de référence
- Utilisation fréquente (1) ou non (0) du mode doux
- Utilisation fréquente (1) ou non (0) des transports en commun
- Utilisation fréquente (1) ou non (0) de la voiture

Figure 3: attributs du fichier individu

Chaque ligne du « fichier individu » reprend un individu. Ainsi la première ligne représente le chef du ménage « 2744 » d'une famille avec enfant. Cette personne âgée de 75 ans dont l'identifiant est le 7079, est un homme inactif possédant le permis de conduire. Il détient un diplôme universitaire.

Concernant ses traits de mobilité, son budget-distance médian s'élève à 38.9km, son budget-temps médian s'élève à 67.6 minutes, sa distance médiane s'élève à 7.4 km, son temps médian s'élève à 16.7 minutes, son budget-distance moyen s'élève à 52.8km, son budget-temps moyen s'élève à 80.8 minutes, sa distance moyenne s'élève à 15.5 km, son temps moyen s'élève à 23.7 minutes, son budget-distance en voiture s'élève à 46.6km, son budget-distance en transport en commun s'élève à 2.8km, son budget-distance réalisé en mode doux s'élève à 1.5km. Concernant l'utilisation des modes, les modes doux et le transport en commun ont été utilisés durant le jour de référence. Cet individu utilise au moins cinq fois par semaine le mode doux et le transport en commun.

3. PERSPECTIVES/MODÉLISATIONS

À partir de la méthodologie explicitée au point précédent, nous avons construit une population synthétique pour l'année 2010. Cette population synthétique, désagrégée au niveau communal, possède des caractéristiques socio-économiques, des caractéristiques territoriales et des traits de comportement de mobilité.

À partir de cette population synthétique générée, nous pouvons déduire différents indicateurs de mobilité agrégés.

Exemples :

- Budget-distance moyen (tout individu confondus) : 30.8 km
- Budget-temps total pour la commune d'Eghezée : 10974 heures

La plus-value de cette méthodologie est de pouvoir faire de même pour l'année 2030. Toutefois, avant d'appliquer la même méthodologie, il importe de mettre à jour les données initiales. Ainsi, dans la commune d'Eghezée par exemple, le nombre d'hommes évoluera entre 2010 et 2030. Selon les scénarios que l'on considère, les données initiales différeront de même que les résultats finaux.

4. BIBLIOGRAPHIE

Barthelemy J. et Toint P, 2013, *Synthetic population generation without a sample*, Transportation Science, 47, 2, p.266-279.

Barthelemy J., Toint P. (2013). *Synthetic population generation without a sample*, Transportation Science 47(2) pp.266-279

Beckman R. J., Baggerly K. A., McKay M. D. (1996). *Creating synthetic baseline populations*. Transportation Research A. 30(6) pp. 415-429.

Cornelis E., Hubert M., Huynen Ph., Lebrun K., Patriarche G., De Witte A., Creemers L., Declercq K., Janseens D., Castaigne M., Hollaert L. and Walle F., 2012, *La mobilité en Belgique en 2010: résultats de l'enquête beldam*. Technical report, SPF Mobilité et Transports et BELSPO, Brussels

CPDT, 2011, *diagnostic territorial de la Wallonie*, SPW-DGO4, Jambes

Grandjean M., Hollaert L. et Leclercq A. (2012). *Structure territoriale et chaîne d'activités: articuler mixité, densité et accessibilité, contribution au rapport final*, Conférence Permanente du Développement Territorial.

Grandjean M., Hollaert L., Leclercq A., sous la dir. De Cornelis E. et Hanin Y. (2013). *Structure territoriale et mobilité: articuler mixité, densité, et accessibilité – Méthodologie et résultats de l'analyse descriptive*. Note de recherche n° 45, Conférence Permanente du Développement Territorial.