

Synthétisation de la population et de sa mobilité : prise en compte des caractéristiques du ménage et des systèmes d'activités

Rapport final

Version finale



POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL

LE GÉNIE
EN PREMIÈRE CLASSE



Synthétisation de la population et de sa mobilité : prise en compte des caractéristiques du ménage et des systèmes d'activités

Rapport final

Version finale

Projet R 661.2

Équipe de recherche

Pre Catherine Morency

Hubert Verreault et Jean-Simon Bourdeau, associés de recherche

Léa Fabre, Mohamed Khachman, Julien Douville, étudiants

Polytechnique Montréal

Juillet 2021

Table des matières

1	Introduction.....	1
1.1	Objectifs.....	1
1.2	Étapes prévues au projet.....	1
1.3	Méthodologie générale.....	2
1.4	Structure du rapport.....	4
2	T ₁ – Typologie de ménages.....	6
2.1	Méthodologie spécifique.....	6
2.2	Résultats de la mise à jour de la typologie intégrée (1998-2018) de ménages.....	7
2.3	Analyse de la composition démographique des différents types de ménages.....	11
3	T ₂ – Tendances relatives à la population de ménages.....	17
3.1	Évolution globale de la composition de la population de ménages.....	17
3.2	Évolution, par région, de la composition de la population de ménages.....	19
3.3	Typologie de secteurs construite avec les données du recensement.....	25
3.3.1	Méthodologie spécifique.....	25
3.3.2	Résultats de la typologie de secteurs.....	27
3.4	Évolution de la composition de la population de ménages dans les différents types de secteur.....	30
3.5	Comparaison des variables spatiales.....	35
3.5.1	Indice d'entropie.....	35
3.5.2	Évolution de l'entropie à travers les régions.....	35
3.5.3	Évolution de l'entropie à travers les types de secteur (TS).....	36
3.5.4	Constats.....	37
4	T ₃ – Appartenance des personnes aux types de ménages.....	38
4.1	Analyse des tendances d'appartenance des personnes aux différents types de ménage TM	38
4.2	Analyse croisée TM et taille de ménage, par âge et genre.....	47
4.3	Approches de modélisation.....	53
4.4	Arbres de régression pour l'identification des variables clés.....	53
4.4.1	Concept d'arbre de décision.....	53
4.4.2	Arbres de décision mono-enquête.....	54
4.4.3	Arbre de décision multi-enquêtes, excluant 2013 et 2008.....	57
4.4.4	Arbres de décision par TS pour 2018.....	58

4.5	Modèle multinomial logit	61
4.5.1	Méthodologie	61
4.5.2	MNL1 – âge seulement.....	62
4.5.3	MNL2 : âge et genre	63
4.5.4	Analyse des résidus des modèles	64
4.6	Perspectives de bonification	68
4.6.1	MNL avec prise en compte des transformations temporelles	68
4.6.2	Approche par simulation.....	68
5	T ₄ – Population projetée de ménages	69
5.1	Méthodologie spécifique.....	69
5.1.1	Analyse de données compositionnelles (CoDA).....	69
5.2	Prévision de la composition globale de la population de ménage à différentes années horizon.....	72
5.2.1	Territoire complet avec cinq enquêtes OD	72
5.2.2	Territoire complet avec les enquêtes de 1998-2003-2018	72
5.3	Prévision de la composition de la population de ménages par grande région.....	73
5.3.1	Par grande région avec cinq enquêtes OD	73
5.3.2	Par grande région avec les enquêtes 1998-2003-2018	77
5.4	Prévision de la composition de la population de ménages par type de secteur	81
5.4.1	Par type de secteur TS avec cinq enquêtes OD.....	81
5.4.2	Par type de secteur TS avec les enquêtes de 1998-2003 et 2018.....	84
5.5	Projection de la typologie de secteurs	87
5.6	Comparaison simple des résultats des projections.....	89
6	T ₅ – Synthèse de population	91
6.1	Méthodologie	91
6.2	Analyse des résultats.....	91
6.2.1	Illustration avec un extrait de fichier	91
6.3	Approche pour population projetée	93
7	T ₆ – Spatialisation des ménages	95
7.1	Méthodologie générale.....	95
7.1.1	Étapes et enjeux méthodologiques.....	96
7.1.2	Composantes spatiales de l’approche.....	96
7.2	Illustration de la méthode de désagrégation spatiale par cas contrastés	97

7.3	Perspectives.....	105
8	T8 – Perturbation des comportements individuels.....	106
8.1	Problématique associée à l’heure de départ déclarée.....	106
8.2	Méthodologie générale.....	107
8.3	Résultats.....	107
8.3.1	Distributions temporelles globales.....	107
8.3.2	Distributions temporelles des heures de départ par motif de déplacement.....	108
8.4	Perspectives.....	111
9	Synthèses et stratégies d’opérationnalisation.....	113
9.1	Contributions aux différentes tâches et perspectives de bonification.....	113
9.1.1	Développement d’une typologie de ménages.....	113
9.1.2	Tendances relatives à la population de ménages.....	113
9.1.3	Appartenance des personnes aux types de ménages.....	114
9.1.4	Projection de la population de ménages.....	114
9.1.5	Synthèse de la population.....	114
9.1.6	Spatialisation des ménages.....	115
9.1.7	Création des ménages.....	115
9.1.8	Ajout d’incertitude aux comportements.....	116
9.1.9	Programmes d’activités individuels.....	116
9.1.10	Simulation complète des comportements.....	116
10	Annexes.....	117
10.1	Mémoire de Léa Fabre.....	117
10.2	Mémoire de Julien Douville.....	117
10.3	Proposition de recherche de Mohamed Khachman.....	117

Liste des figures

Figure 1.1. Méthodologie générale de bonification de la démarche de prévision de la demande du MTQ.....	3
Figure 2.1. Répartition selon la taille des ménages pour chacun des types de ménages – 1998 à 2018.....	9
Figure 2.2. Répartition selon la taille des ménages pour chacun des types de ménages – 2018.	10
Figure 2.3 Distribution des personnes dans le type Soixanténaires (TM1) selon l'âge et le genre	12
Figure 2.4 Distribution des personnes dans le type Famille multigénérationnelle (TM2) selon l'âge et le genre.....	12
Figure 2.5 Distribution des personnes dans le type Jeunes couples, colocs ou célibataires (TM3) selon l'âge et le genre	13
Figure 2.6 Distribution des personnes dans le type Adultes et personnes âgées (TM4) selon l'âge et le genre.....	13
Figure 2.7 Distribution des personnes dans le type Retraités (TM5) selon l'âge et le genre	14
Figure 2.8 Distribution des personnes dans le type Très jeunes familles (TM6) selon l'âge et le genre.....	14
Figure 2.9 Distribution des personnes dans le type Cinquanténaires (TM7) selon l'âge et le genre	15
Figure 2.10 Distribution des personnes dans le type Jeunes familles (TM8) selon l'âge et le genre	15
Figure 2.11 Distribution des personnes dans les différents types de ménages en 2018 selon l'âge et le genre.....	16
Figure 3.1 Évolution de la répartition des types de ménages - GRM.....	18
Figure 3.2 Évolution de la distribution des types de ménages - GRM	18
Figure 3.3 Carte des huit régions de l'enquête Origine-Destination 2018.....	20
Figure 3.4 Évolution de la répartition des types de ménages – Centre-Ville	21
Figure 3.5 Évolution de la démographie – Centre-Ville.....	21
Figure 3.6 Évolution de la répartition des types de ménages – Montréal-Centre	22
Figure 3.7 Évolution de la répartition des types de ménages – Montréal-Est.....	22
Figure 3.8 Évolution de la répartition des types de ménages – Montréal-Ouest	23
Figure 3.9 Évolution de la répartition des types de ménages – Rive-Sud proche.....	23
Figure 3.10 Évolution de la répartition des types de ménages - Laval.....	24
Figure 3.11 Évolution de la répartition des types de ménages – Couronne Nord	24
Figure 3.12 Évolution de la répartition des types de ménages – Couronne Sud	25
Figure 3.13 Dendrogramme utilisé pour l'identification du nombre de types de secteurs.....	26
Figure 3.14 Diagramme de type « WSS » pour l'identification du nombre de types de secteurs	27
Figure 3.15 Diagramme de Sankey illustrant les changements entres types de secteurs entre 1996 et 2016.....	28
Figure 3.16 Secteurs ayant changé de type de secteur entre 1996 (à gauche) et 2016 (à droite)	29
Figure 3.17 Carte des types 1 à 6 en 2016	29
Figure 3.18 Carte des types moins denses (1, 3 et 5) en 2016.....	30

Figure 3.19 Carte des types plus denses (2, 4 et 6) en 2016.....	30
Figure 3.20 Évolution de la répartition des types de ménages - TS1 : Les vieilles banlieues.....	32
Figure 3.21 Évolution de la répartition des types de ménages - TS2 : Les hypercentraux de Montréal.....	32
Figure 3.22 Évolution de la répartition des types de ménages - TS3 : Les jeunes banlieues.....	33
Figure 3.23 Évolution de la répartition des types de ménages - TS4 : Les centraux de Montréal et de la proche banlieue.....	33
Figure 3.24 Évolution de la répartition des types de ménages - TS5 : Les vieux centres régionaux.....	34
Figure 3.25 Évolution de la répartition des types de ménages - TS6 : Les jeunes sans enfant du centre-ville de Montréal.....	34
Figure 3.26. Évolution de l'entropie normalisée de la composition de la population de ménages par région.....	36
Figure 3.27. Évolution de l'entropie normalisée de la composition de la population de ménages par type de secteur (TS).....	37
Figure 4.1 Pourcentage de la population appartenant au type TM1 selon le genre et la cohorte.....	39
Figure 4.2 Pourcentage de la population appartenant au type TM2 selon le genre et la cohorte.....	40
Figure 4.3 Pourcentage de la population appartenant au type TM3 selon le genre et la cohorte.....	41
Figure 4.4 Pourcentage de la population appartenant au type TM4 selon le genre et la cohorte.....	42
Figure 4.5 Pourcentage de la population appartenant au type TM5 selon le genre et la cohorte.....	43
Figure 4.6 Pourcentage de la population appartenant au type TM6 selon le genre et la cohorte.....	44
Figure 4.7 Pourcentage de la population appartenant au type TM7 selon le genre et la cohorte.....	45
Figure 4.8 Pourcentage de la population appartenant au type TM8 selon le genre et la cohorte.....	46
Figure 4.9 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM1 - Soixanténaires.....	48
Figure 4.10 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM2 - Famille multigénérationnelle.....	49
Figure 4.11 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM3 - Jeunes couples, colocs ou célibataires.....	49
Figure 4.12 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM4 - Adultes et personnes âgées.....	50
Figure 4.13 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM5 - Retraités.....	50
Figure 4.14 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM6 - Très jeunes familles.....	51
Figure 4.15 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM7 - Cinquanténaires.....	51
Figure 4.16 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM8 - Jeunes familles.....	52
Figure 4.17 Taille moyenne des ménages d'appartenance selon le genre, l'âge et le type de ménage TM (2018).....	52
Figure 4.18. Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 1998.....	55
Figure 4.19. Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2003.....	55
Figure 4.20. Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2008.....	56

Figure 4.21. Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2013	56
Figure 4.22. Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018	57
Figure 4.23. Arbre de décision multi-enquêtes pour les enquêtes OD de 1998, 2003 et 2018....	57
Figure 4.24 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 - TS1	58
Figure 4.25 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 – TS2.....	58
Figure 4.26 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 - TS3	59
Figure 4.27 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 - TS4	59
Figure 4.28 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 - TS5	60
Figure 4.29 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 - TS6	60
Figure 4.30 Résumé des arbres de décisions par type de secteur (TS) en 2018	61
Figure 4.31 Densité de personnes prédites pour le modèle MNL1.....	66
Figure 4.32 Densité de personnes non-prédites pour le modèle MNL1	66
Figure 4.33 Densité de personnes prédites pour le modèle MNL2.....	67
Figure 4.34 Densité de personnes non-prédites pour le modèle MNL2	67
Figure 5.1 Illustration d'un espace à 2 dimensions segmenté en trois parts.....	69
Figure 5.2 Diagramme de Sankey illustrant les changements dans les secteurs projetés en 2023	88
Figure 5.3 Secteurs ayant changé de type de secteur entre 2011 (à gauche) et 2021 projeté (à droite).....	89
Figure 6.1 Comparaison de la distribution de la population selon le genre et l'âge entre la population unitaire et celle de l'enquête OD 2018.....	93
Figure 6.2 Comparaison de la distribution des ménages selon la taille entre les ménages unitaires et ceux de l'enquête OD 2018.....	93
Figure 7.1 Densité de logements selon la base de données de logements 2018	96
Figure 7.2 Illustration des 21 ménages observés du TS 1	98
Figure 7.3 Illustration des 21 ménages observés du TS 2	99
Figure 7.4 Illustration des zones d'influence des 21 ménages du TS1.....	102
Figure 7.5 Illustration des zones d'influence des 21 ménages du TS2.....	102
Figure 7.6 Illustration des logements associés aux clones des 21 ménages du TS1	103
Figure 7.7 Illustration des logements associés aux clones des 21 ménages du TS2	104
Figure 7.8 Illustration de la répartition des clones dans les bâtiments du TS2.....	104
Figure 8.1 Distribution de la précision de l'heure déclarée selon le motif de déplacement (minutes associées à l'heure déclarée) - OD 2018 - observations.....	107
Figure 8.2 Heures de départ originales et modifiées, tous les déplacements	108
Figure 8.3 Distribution cumulée des déplacements par intervalles de 5 minutes, tous les déplacements	108
Figure 8.4 Heures de départ originales et modifiées, motif Travail.....	109
Figure 8.5 Heures de départ originales et modifiées, motif Étude	109
Figure 8.6 Heures de départ originales et modifiées, motif Retour au domicile	110
Figure 8.7 Heures de départ originales et modifiées, motif Loisir	110
Figure 8.8 Heures de départ originales et modifiées, motif Magasinage	111

Liste des tableaux

Tableau 2-1. Propriétés des 8 types de ménages obtenus des enquêtes de 1998 à 2013	8
Tableau 2-2. Propriétés des 8 types de ménages obtenus des enquêtes de 1998 à 2018	8
Tableau 2-3. Répartition hommes - femmes dans chacun des types de ménage	10
Tableau 3-1. Nombre de ménages par année par région	20
Tableau 3-2 Centres des groupements pour les résultats avec six groupes	27
Tableau 3-3 Nombre de secteurs de recensement pour chaque type par année de recensement	28
Tableau 3-4. Comparaison de la variabilité de l'indice d'entropie à travers le temps pour les deux découpages.....	37
Tableau 4-1 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM1 (rouge = différence significative)	40
Tableau 4-2 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM2 (rouge = différence significative)	41
Tableau 4-3 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM3 (rouge = différence significative)	42
Tableau 4-4 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM4 (rouge = différence significative)	43
Tableau 4-5 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM5 (rouge = différence significative)	44
Tableau 4-6 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM6 (rouge = différence significative)	45
Tableau 4-7 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM7 (rouge = différence significative)	46
Tableau 4-8 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM8 (rouge = différence significative)	47
Tableau 4-9 Échantillon de données utilisées pour construire les arbres de décision	54
Tableau 4-10. Taux de bonne prédiction des arbres TS1 à TS6.....	61
Tableau 4-11 Résultats de la calibration du modèle MNL1 : coefficients.....	62
Tableau 4-12 Résultats de la calibration du modèle MNL1 : erreur standard	62
Tableau 4-13 Résultats de la calibration du modèle MNL1 : p-value.....	63
Tableau 4-14 Résultats de la calibration du modèle MNL2 : coefficients.....	63
Tableau 4-15 Résultats de la calibration du modèle MNL2 : erreur standard	64
Tableau 4-16 Résultats de la calibration du modèle MNL2 : p-value.....	64
Tableau 4-17 Matrice de confusion – MNL1	65
Tableau 4-18 Matrice de confusion – MNL1	65
Tableau 5-1 Log-ratios observés pour chacune des enquêtes et logs-ratios projetés jusqu'à un horizon 2043 sur la base des enquêtes de 1998 à 2018	71
Tableau 5-2 Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête.....	72
Tableau 5-3 Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête (excluant OD 2008 et 2013).....	73

Tableau 5-4 Différences de projections : (1998-2003-2008-2013-2018) – (1998-2003-2018).....	73
Tableau 5-5. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Centre-Ville	74
Tableau 5-6. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal-Centre	74
Tableau 5-7. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal-Est	75
Tableau 5-8. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal-Ouest.....	75
Tableau 5-9. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Rive-Sud proche	76
Tableau 5-10. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Laval	76
Tableau 5-11. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Couronne Nord	77
Tableau 5-12. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Couronne Sud.....	77
Tableau 5-13. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Centre-Ville – Enquêtes 1998-2003-2018	78
Tableau 5-14. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal Centre – Enquêtes 1998-2003-2018	78
Tableau 5-15. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal Est – Enquêtes 1998-2003-2018	79
Tableau 5-16. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal Ouest – Enquêtes 1998-2003-2018	79
Tableau 5-17. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Rive-Sud Proche – Enquêtes 1998-2003-2018.....	80
Tableau 5-18. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Laval – Enquêtes 1998-2003-2018.....	80
Tableau 5-19. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Couronne Nord – Enquêtes 1998-2003-2018.....	81
Tableau 5-20. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Couronne Sud – Enquêtes 1998-2003-2018	81
Tableau 5-21. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS1 : Les vieilles banlieues	82
Tableau 5-22. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS2 : Les hypercentraux de Montréal	82
Tableau 5-23. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS3 : Les jeunes banlieues.....	83
Tableau 5-24. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS4 : Les centraux de Montréal et de la proche banlieue	83
Tableau 5-25. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS5 : Les vieux centres régionaux	84

Tableau 5-26. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS6 : Les jeunes sans enfant du centre-ville de Montréal	84
Tableau 5-27. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS1 : Les vieilles banlieues (excluant OD 2008 et 2013)	85
Tableau 5-28. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS2 : Les hypercentraux de Montréal (excluant OD 2008 et 2013)	85
Tableau 5-29. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS3 : Les jeunes banlieues (excluant OD 2008 et 2013)	86
Tableau 5-30. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS4 : Les centraux de Montréal et de la proche banlieue (excluant OD 2008 et 2013)	86
Tableau 5-31. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS5 : Les vieux centres régionaux (excluant OD 2008 et 2013)	87
Tableau 5-32. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS6 : Les jeunes sans enfant du centre-ville de Montréal (excluant OD 2008 et 2013)	87
Tableau 5-33 Illustration de la projection de la typologie de secteurs	88
Tableau 5-34 Tailles moyennes de ménages utilisées pour estimer un nombre total de ménages dans la population projetée	90
Tableau 5-35 Taille de la population de ménages projetée selon les différentes compositions projetées pour l'année 2023	90
Tableau 6-1 Liste des clones créés pour la personne 479199001.....	92
Tableau 7-1 Statistiques des 21 ménages observés du TS1	100
Tableau 7-2 Statistiques des 21 ménages observés du TS2	100
Tableau 8-1 Comparaison des distributions originales et modifiées par motif	111

1 Introduction

Ce rapport propose une synthèse des travaux réalisés dans le cadre du projet de recherche sur la « Synthétisation de la population et de sa mobilité : prise en compte des caractéristiques du ménage et des systèmes d'activités ». Ce projet de recherche s'est inscrit en continuité des travaux réalisés dans le cadre d'un précédent projet qui a permis de construire un important bagage de connaissances sur les modèles d'activités ainsi que d'expérimenter la transférabilité d'un modèle de génération de programmes d'activités, étape centrale des modèles d'activités.

1.1 Objectifs

Ce projet de recherche s'est articulé autour de deux principales composantes de la démarche de prévision de la demande de transport à savoir 1) la prise en compte de la structure des ménages dans l'identification des grandes tendances et des hypothèses relatives à la mobilité des personnes et 2) la réduction des impacts de l'échantillonnage dans les étapes de modélisation par une synthétisation de la population à partir de l'échantillon observé. Les objectifs spécifiques du projet, tels que formulés dans le devis sont :

- « Développer une typologie de ménages pertinente pour l'analyse et la prévision des comportements de mobilité et assurer l'allocation des personnes à ces types de ménages dans les exercices de prévisions.
- Briser l'homogénéité induite par l'échantillon, dans la représentation qui est faite des personnes, des ménages et des déplacements. Il s'agit de rendre le tout hétérogène, avec des distributions qui s'approchent de la réalité.
- Prendre en compte la structure des systèmes d'activités des ménages dans le processus de modélisation.
- Améliorer la finesse des attributs des déplacements, des personnes et des ménages dans une optique de simulation de nouvelles politiques, ainsi que d'évaluation des impacts de projets de transport et d'aménagement dans un contexte de mobilité durable. »

La réalisation du projet a permis de mettre en lumière certaines complexités non-anticipées lors de la rédaction du devis, notamment les étapes succédant l'allocation d'un type de ménage ainsi que la désagrégation des facteurs de pondération alloués aux personnes et ménages. En outre, certaines étapes réalisables avec les données actuelles le sont difficilement dans une perspective de prévision de la demande en raison de l'absence de données projetées (propriétés des constructions résidentielles par exemple).

Ainsi, ce rapport propose une description globale des différentes étapes requises pour permettre l'inclusion de la typologie de ménage et de la désagrégation complète des ménages et personnes dans la démarche de prévision de la demande au MTQ. Néanmoins, bien que des pistes et stratégies de mise en place soient proposées pour chaque étape, certaines n'ont pas été réalisées et devront faire l'objet de développements supplémentaires lors d'un autre projet de recherche ainsi que dans le contexte du développement de la plateforme ouverte Transition par l'équipe de recherche (www.transition.city).

1.2 Étapes prévues au projet

L'articulation initiale du projet s'est faite autour des tâches suivantes:

- **Revue de littérature.** Comme dans tous projets de recherche, le développement méthodologique s'est appuyé sur le suivi des connaissances relatives à la création de typologies de ménages (incluant l'identification des variables décrivant les ménages qui ont une incidence sur les comportements individuels de mobilité) ainsi qu'aux différentes méthodes et techniques utilisées pour faire la synthèse de population.
- **Typologie de ménages.** La seconde tâche prévue au projet a été le développement d'une typologie de ménages pertinente pour la modélisation des comportements individuels de mobilité. Différentes classifications ont été effectuées (séparément par enquête ainsi que de façon intégrée) et l'analyse des comportements individuels de mobilité, en tenant compte de ces typologies a été réalisée.
- **Synthétisation de la population.** La troisième tâche porte spécifiquement sur le développement d'une méthode de synthèse de la population qui permette de s'affranchir des facteurs de pondération actuellement utilisés et de développer une population totalement énumérée. Différentes approches de synthèse ont été documentées et leur applicabilité dans un contexte où les observations d'enquête sont déjà pondérées a été évaluée.
- **Génération d'activités.** La quatrième tâche consistait à développer une méthode de génération de programmes d'activités permettant d'attribuer des activités aux personnes de la population synthétique et à assurer son applicabilité dans un contexte de prévision de la demande.
- **Synthèse et transfert des connaissances.** La dernière tâche prévue au projet consiste à synthétiser l'ensemble des connaissances développées dans le cadre du projet, à assurer la capitalisation des expérimentations menées ainsi qu'à assurer le transfert de ces connaissances et méthodes.

Plusieurs éléments de complexité se sont révélés en cours de projet et ont permis de mettre en lumière que plusieurs tâches essentielles n'avaient pas été anticipées lors de la rédaction du devis. Une articulation plus détaillée de la méthodologie générale permettant d'inclure les développements réalisés dans l'approche de prévision de la demande de transport du MTQ a donc été réfléchi et est décrite ci-dessous.

1.3 Méthodologie générale

La méthodologie générale de bonification de la démarche de prévision de la demande de transport au MTQ pour bénéficier des travaux sur la typologie de ménages, les systèmes d'activités et la synthèse de population a grandement évolué au courant du projet. À la lumière des travaux de R&D réalisés dans le cadre de ce projet, il est possible de segmenter les composantes requises pour bonifier l'approche de modélisation en dix tâches principales. Certaines de ces tâches ont été complétées dans le cadre du projet mais d'autres tâches exigeront des travaux supplémentaires qui pourront être intégrés à la fois dans le processus de développement de la plateforme ouverte Transition (actuellement en développement par l'équipe de recherche) ainsi que dans le cadre du projet de recherche qui se mettra en branle en 2021 autour de l'outil MATSIM. La Figure 1.1 présente le schéma de cette méthodologie générale, met en évidence les dix tâches identifiées ainsi que les relations entre celles-ci.

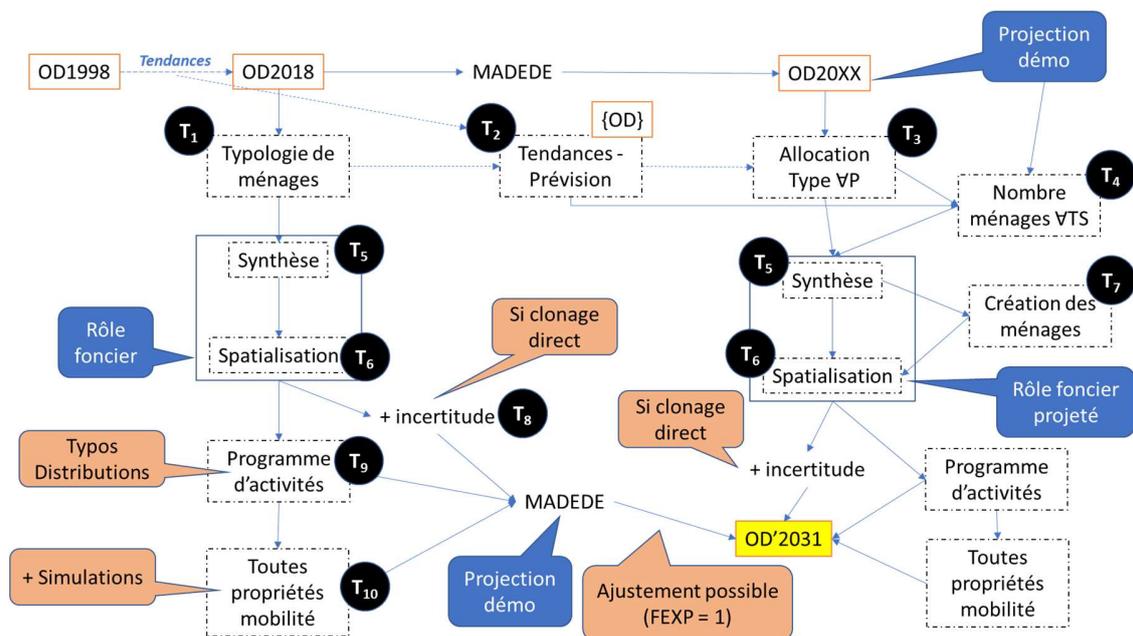


Figure 1.1. Méthodologie générale de bonification de la démarche de prévision de la demande du MTQ

Les dix tâches identifiées sont décrites ci-dessous. En outre, pour chacune, les travaux ayant pu être réalisés sont résumés :

- T₁ : Développement d'une typologie de ménages (à l'aide de différentes enquêtes Origine-Destination historiques). Différentes expérimentations ont été réalisées dans le cadre de la recherche de Léa Fabre. Une méthode a finalement été identifiée et actualisée avec les données de l'OD 2018 – les résultats sont présentés dans ce rapport.
- T₂ : Analyse des tendances quant à la composition de la population de ménages, sur la base de la typologie développée en T₁ et en s'appuyant sur les enquêtes Origine-Destination historiques. Une analyse des tendances est présentée dans le rapport, notamment pour soutenir l'estimation d'un modèle de prévision de la composition de ménages.
- T₃ : Allocation d'un type de ménage à chaque personne projetée dans les fichiers de prévision, selon l'âge et le genre de la personne, tout en tenant compte du lieu de résidence. Différentes expérimentations sont conduites pour comprendre les interactions entre le genre, l'âge, le lieu de domicile et le type de ménage d'appartenance. Des approches possibles d'allocation d'un type de ménage à chaque personne sont discutées et une approche par modélisation est présentée.
- T₄ : Détermination de la composition de la population de ménages à différents horizons (en répartition). Un modèle de prévision de données compositionnelles est appliqué pour projeter la composition, selon les huit types de ménages précédemment identifiés, de la population de ménages. Différentes projections sont présentées ainsi que l'estimation du nombre de ménages dans les populations projetées de ménages.
- T₅ : Synthèse de la population de ménages i.e. création d'une liste totalement énumérée de ménages (pour l'OD de référence et chaque OD Horizon). Une approche de synthèse de la population de personnes et ménages a été appliquée afin de construire un ensemble de personnes et ménages ayant un poids de 1 pour l'enquête la plus récente. Les

modalités d'application à une population projetée, de personnes et ménages, est discutée dans le rapport.

- T₆ : Spatialisation des ménages unitaires de l'OD de référence. Une méthode de spatialisation de la population totalement énumérée de ménages de 2018 est exposée et illustrée à l'aide de sous-ensembles de ménages. Cette approche valorise la base de données de logement obtenus du MTQ. Les modalités d'application à grande échelle sont discutées ainsi que pour une population projetée. Les travaux de thèse de Mohamed Khachman se poursuivent et les résultats seront partagés en fin de thèse. En outre, les développements méthodologiques sur cette question se poursuivent dans le cadre du développement de la plateforme Transition.
- T₇ : Création des ménages projetés par l'agrégation de personnes projetées. Différentes stratégies permettant de procéder à la construction de ménages à partir de la population totalement énumérée de personnes sont discutées. En outre, la méthode de synthèse utilisées étant grosso modo une approche de clonage, l'objet ménage et les liens d'appartenance sont maintenus.
- T₈ : Ajout d'incertitude aux comportements de mobilité des personnes à la suite de la désagrégation et à la spatialisation. Une approche de perturbation systématique de l'heure de départ des déplacements de la population totalement énumérée est illustrée. Des perspectives pour les autres tâches sont aussi proposées et les travaux se poursuivent dans le cadre du développement de la plateforme Transition.
- T₉ : Analyse et génération de programmes d'activités individuels en tenant compte des propriétés de personnes et de la typologie de ménage. Des approches de génération de programmes d'activités sont proposées dans le mémoire de Julien Douville. Aucune autre expérimentation n'a été réalisée à ce sujet.
- T₁₀ : Simulation des comportements de mobilité (ajout de : lieu de destination, choix modal, etc.). Cette tâche pourra être abordée dans le cadre du projet successif.

En outre, d'autres traitements de données ont été nécessaires pour soutenir la réalisation des différentes tâches, notamment le développement d'une typologie de secteurs pour permettre la prise en compte de la dimension spatiale dans les modèles de façon un peu plus pertinente (en remplacement de l'utilisation de la région de domicile). Ceux-ci sont aussi présentés à travers les chapitres.

1.4 Structure du rapport

Ce rapport propose une synthèse des activités de recherche et développement réalisées dans le cadre du projet. Toutes les tâches identifiées dans la méthodologie n'ont pas été traitées dans le cadre du projet dont la portée était initialement moindre que ce cadre plus global. Les travaux de R&D réalisés dans le cadre de certaines de ces tâches sont décrites dans ce rapport (en complémentarité des deux mémoires complétés et éventuellement de la thèse à finaliser en 2022). Les grandes lignes méthodologiques sont rappelées et les principaux résultats obtenus rappelés. En outre, les défis associés à l'intégration de l'approche dans la procédure du MTQ sont mis en évidence ainsi que les travaux encore requis pour poursuivre la bonification de la méthode de prévision.

En outre, il convient de rappeler que les principaux développements méthodologiques ont été réalisés dans le cadre de deux projets de maîtrise (complétés) et d'un projet de doctorat (en

cours). Les deux mémoires complétés (disponibles en annexe) doivent être considérés comme des parts entières des livrables du projet.

Le mémoire de Léa Fabre (2018) rassemble tout le matériel relatif au développement de la typologie de ménages:

- Fabre, L. (2018). *Développement d'une typologie de ménages pour enrichir la prévision de la demande de transport* (Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal). Tiré de <https://publications.polymtl.ca/3192/>.

Le mémoire de Julien Douville (2020) porte quant à lui sur l'analyse et la modélisation des systèmes d'activités individuels :

- Douville, J. (2020). *Modélisation des systèmes d'activités pour fins de prévision de la demande de transport* (Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal). Tiré de <https://publications.polymtl.ca/5439/>

La documentation et l'expérimentation de méthodes de synthèse de population sont effectuées dans le contexte du doctorat de Mohamed Khachman. Ainsi, sa proposition de recherche est aussi à considérer comme composante des livrables de ce projet :

- Khachman, M. (2019). *Méthode de synthèse spatialisée de la population de personnes et ménages pour fins de prévision de la demande de transport*.

2 T₁ – Typologie de ménages

Un des objectifs centraux de ce projet de recherche est de permettre l'enrichissement de la démarche de prévision de la demande de transport par la prise en compte du type de ménage auquel appartient chaque personne. En effet, tel qu'exposé dans les travaux de Fabre (2018), les comportements individuels de mobilité sont influencés par le type de ménage d'appartenance. Ainsi, deux personnes du même groupe d'âge et genre auront des comportements de mobilité différents si elles vivent seules ou dans des ménages avec enfants par exemple.

Dans la démarche actuelle de prévision de la demande de transport, le type de ménage n'est pas systématiquement considéré dans la formulation des hypothèses tendancielle.

Cette première tâche a donc porté sur la définition d'une typologie de ménages s'appuyant sur un minimum de variables portant sur les personnes et disponibles dans les données de population projetée afin de permettre leur utilisation pour fin de prévision.

La méthodologie d'identification d'une typologie de ménages développée par Fabre (2018) a été mise à jour afin de profiter de la disponibilité des données de l'enquête Origine-Destination de 2018 et de disposer d'une typologie intégrée pour les enquêtes de 1998 à 2018 (et ce afin de permettre d'analyser les tendances quant à la composition de ménages et à l'appartenance des personnes à ces types de ménages). Il est important de mentionner que cette typologie devra être actualisée à chaque fois qu'une nouvelle enquête OD deviendra disponible afin de détecter si de nouveaux types de ménages sont observés. Néanmoins, il est toujours possible de prévoir l'appartenance à un type selon, pour une typologie existante, en fonction de la distance aux centres.

2.1 Méthodologie spécifique

Plusieurs typologies de ménages ont été analysées afin d'identifier la plus simple qui permettait de bien différencier les comportements de mobilité des individus.

La méthodologie finalement choisie est estimée à partir de l'ensemble des données d'enquête OD de la région de Montréal entre 1998 et 2018. Une méthode de classification a été utilisée afin de créer des groupes distincts ayant des caractéristiques spécifiques. L'algorithme des k-moyennes a été utilisé afin de grouper systématiquement les personnes échantillonnées dans les enquêtes OD. Cette méthode segmente les données en k groupes de façon à minimiser la variabilité à l'intérieur des groupes et maximiser la variabilité entre les groupes. L'objectif est donc de minimiser la distance entre l'élément observé et le centre de son groupe. Les distances sont estimées à partir du vecteur de variables de chaque élément observé.

Au total, ce sont 855 873 personnes échantillonnées (1998 à 2018) qui sont utilisées dans l'algorithme de classification. Le vecteur de variables considérées dans l'algorithme comprend les variables suivantes :

- Le nombre de personnes dans le ménage,
- L'âge moyen du ménage,
- L'amplitude maximale des âges des membres du ménage,
- Le nombre de personnes de moins de 12 ans,
- Le nombre de personnes entre 76 et 84 ans.

Ces variables avaient été identifiées comme pertinentes dans l'explication des comportements de déplacements dans le mémoire de Léa Fabre (2018). À la fin de la procédure, un groupe est associé à chacune des personnes de l'enquête. Dans le cadre de cette étude, il a été fixé que le nombre de groupes ainsi créés était de 8. Cette valeur a été déterminée afin d'obtenir un nombre de groupes suffisant et en s'assurant de ne pas avoir de groupes trop similaires. Il en résulte donc 8 types distincts de ménage qui sont construits à la fin de l'algorithme. Chacun des groupes (TM₁ à TM₈) a été nommé afin de faciliter l'identification de ceux-ci.

Il est important de spécifier que cette typologie devra être mise à jour lorsqu'une nouvelle enquête Origine-Destination deviendra disponible et ce, afin de permettre l'analyse des tendances (pour créer la composition future des ménages). De plus, l'ajout de nouvelles données peut modifier les caractéristiques de chacun des 8 groupes et également modifier un type attribué précédemment à un ménage. La nouvelle typologie créée doit donc remplacer complètement celles précédemment estimées.

2.2 Résultats de la mise à jour de la typologie intégrée (1998-2018) de ménages

La méthodologie proposée par Fabre (2018), qui avait été estimée à partir des données des enquêtes de 1998 à 2013, a été mise à jour afin de profiter de la disponibilité des données de l'enquête de 2018.

Premièrement, afin de mieux comprendre l'effet de l'ajout d'une nouvelle enquête sur les résultats, le Tableau 2-1 présente les caractéristiques des 8 groupes obtenus à partir des données des enquêtes de 1998 à 2013 tandis que le Tableau 2-2 présente celles obtenues à partir des données des enquêtes de 1998 à 2018. Afin de faciliter la comparaison, le nom attribué à chacun des groupes (TM₁ à TM₈) a été conservé dans la typologie mise-à-jour bien que les centres des groupes aient été modifiés légèrement.

Tableau 2-1. Propriétés des 8 types de ménages obtenus des enquêtes de 1998 à 2013

Enquêtes OD de 1998, 2003, 2008 et 2013								
Types		Observations		Taille moyenne	Âge moyen	Amplitude moyenne maximale des âges	Nombre de personnes de 11 ans et moins	Nombre de personnes de 76-84 ans
TM ₁	Soixanténaires	51 452	22,3%	1,61	62,5	2,3	0,00	0,00
TM ₂	Famille multigénérationnelle	8 233	3,6%	4,05	38,3	53,1	0,67	0,13
TM ₃	Jeunes couples, colocs ou célibataires	36 556	15,9%	1,66	29,7	2,1	0,00	0,00
TM ₄	Adultes et personnes âgées	10 236	4,4%	2,64	58,1	30,6	0,00	0,26
TM ₅	Retraités	34 443	14,9%	1,41	77,1	1,6	0,00	0,57
TM ₆	Très jeunes familles	58 583	25,4%	3,90	22,0	32,6	1,45	0,00
TM ₇	Cinquanténaires	39 630	17,2%	1,55	48,7	2,2	0,00	0,00
TM ₈	Jeunes familles	42 811	18,6%	3,28	36,0	32,5	0,08	0,00
Total		281 944		2,34	44,7	14,86	0,32	0,08

Tableau 2-2. Propriétés des 8 types de ménages obtenus des enquêtes de 1998 à 2018

Enquêtes OD de 1998, 2003, 2008, 2013 et 2018								
Types		Observations		Taille moyenne	Âge moyen	Amplitude moyenne maximale des âges	Nombre de personnes de 11 ans et moins	Nombre de personnes de 76-84 ans
TM ₁	Soixanténaires	70 894	19,8%	1,60	64,1	2,2	0,00	0,01
TM ₂	Famille multigénérationnelle	10 209	2,9%	4,03	38,8	53,5	0,66	0,14
TM ₃	Jeunes couples, colocs ou célibataires	45 890	12,8%	1,65	30,4	2,1	0,00	0,00
TM ₄	Adultes et personnes âgées	12 804	3,6%	2,62	59,0	30,2	0,00	0,27
TM ₅	Retraités	40 022	11,2%	1,41	78,4	1,7	0,00	0,67
TM ₆	Très jeunes familles	72 517	20,3%	3,91	22,4	33,0	1,43	0,00
TM ₇	Cinquanténaires	52 757	14,8%	1,55	50,4	2,2	0,00	0,00
TM ₈	Jeunes familles	52 117	14,6%	3,26	36,7	32,9	0,07	0,00
Total		357 210		2,33	45,18	14,81	0,32	0,08

L'ajout de l'enquête de 2018 se traduit notamment par les effets suivants :

- Légère diminution de la taille moyenne (centre) pour 5 types de ménage

- Augmentation de l'âge moyen pour l'ensemble des types de ménage (1,3% à 3,5% selon les types)
- Diminution de l'amplitude maximale des âges pour deux types (-4,3% soixantaines et -1,3% adultes et personnes âgées) et augmentation de 6,2% pour les très jeunes familles

L'étude de la répartition des typologies au sein des ménages selon leur taille permet d'observer une corrélation certaine mais confirme l'information complémentaire amenée par la typologie développée. En outre, rien n'empêche d'utiliser les deux variables en combinaison pour certaines analyses.

La Figure 2.1 présente la composition, par taille des ménages, des différents types de ménages développés. On observe une part importante de très jeunes familles (TM8) chez les ménages de 4 personnes et plus ainsi qu'une distribution des ménages d'une personne à travers quatre types de ménage. Les ménages de 2 personnes sont sans ambiguïté ceux qui ont des compositions les plus diversifiées, confirmant dans leur cas qu'utiliser uniquement la taille est insuffisant.

Le même type de figure (voir Figure 2.2) est construit uniquement avec les données de 2018 pour observer les différences (sachant que les données de 2018 sont néanmoins incluses dans la figure précédente). Les éléments les plus notables sont :

- Part plus importante de ménages d'une personne dans les ménages de type soixantaines au détriment des ménages cinquantenaires.
- Part plus importante de ménages de 2 personnes dans les ménages de type soixantaines et retraités au détriment des cinquantenaires et dans une moindre mesure des très jeunes familles et jeunes familles.

Ces transformations ne sont évidemment pas étrangères à l'évolution démographique observée dans la population.

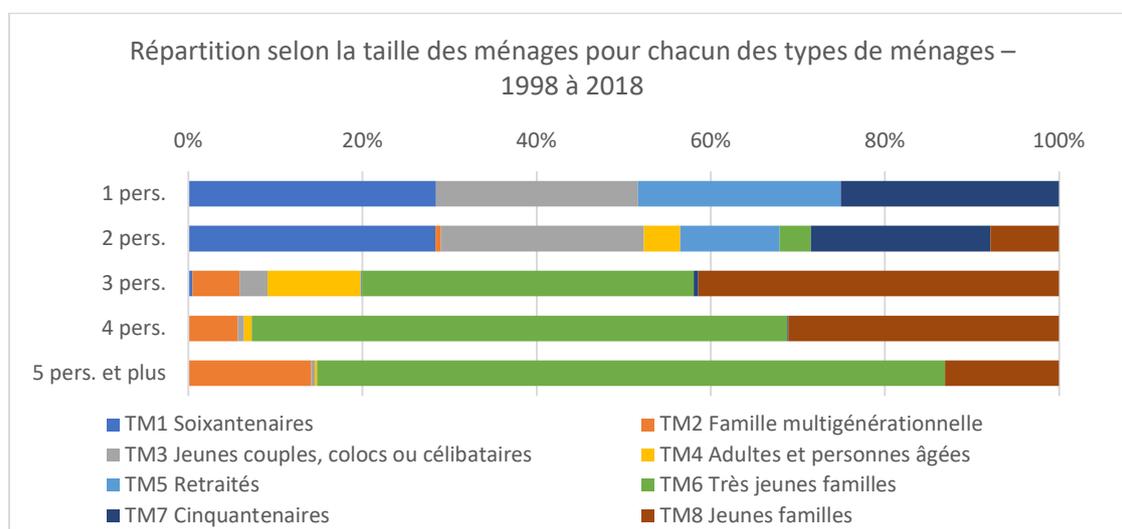


Figure 2.1. Répartition selon la taille des ménages pour chacun des types de ménages – 1998 à 2018

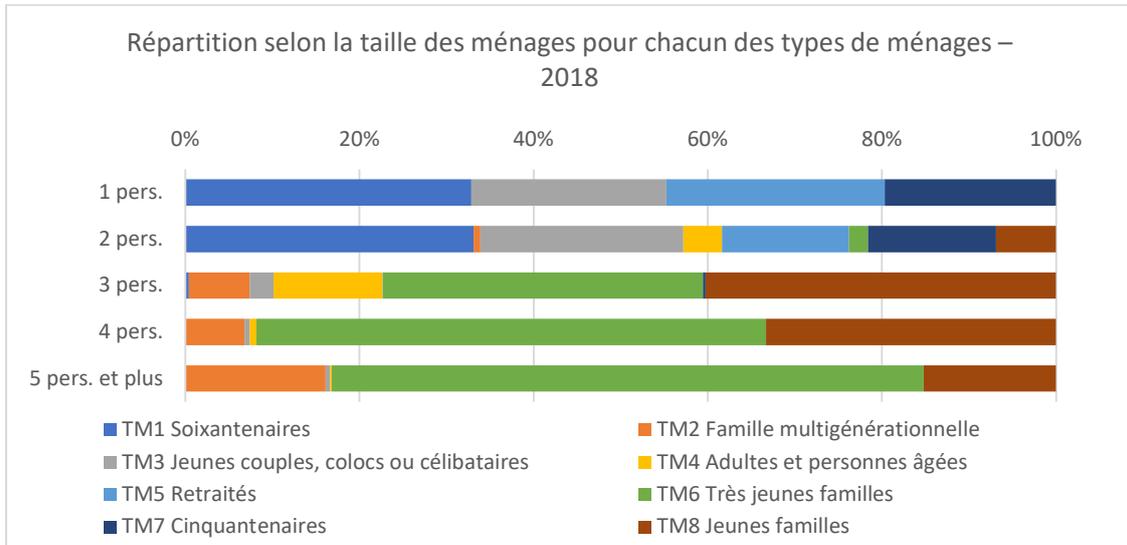


Figure 2.2. Répartition selon la taille des ménages pour chacun des types de ménages – 2018

Le Tableau 2-3 présente la répartition hommes-femmes des différents types de ménages, pour l'ensemble des enquêtes OD utilisées ainsi que pour 2018.

On observe clairement des différences dans la composition des ménages, la plus importante étant observée pour les ménages de type retraités (TM5). De plus, on observe:

- Des parts relativement similaires d'hommes et de femmes dans les très jeunes familles, cinquanténaires et jeunes familles;
- Des différences importantes pour les ménages soixanténaires (plus de femmes), les familles multigénérationnelles (plus de femmes) et les jeunes couples, colocs ou célibataires (plus d'hommes).
- Pas de différences très marquées entre 2018 et l'ensemble des enquêtes étudiées.

Tableau 2-3. Répartition hommes - femmes dans chacun des types de ménage

Répartition des types de ménages		Pourcentage selon le genre			
		1998-2018		2018	
		Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
TM1	Soixanténaires	45,40%	54,60%	46,10%	53,90%
TM2	Famille multigénérationnelle	47,30%	52,70%	47,30%	52,70%
TM3	Jeunes couples, colocs ou célibataires	53,50%	46,50%	53,70%	46,30%
TM4	Adultes et personnes âgées	48,80%	51,20%	50,10%	49,90%
TM5	Retraités	37,10%	62,90%	38,70%	61,30%
TM6	Très jeunes familles	49,60%	50,40%	49,30%	50,70%
TM7	Cinquanténaires	50,60%	49,40%	52,30%	47,70%
TM8	Jeunes familles	50,40%	49,60%	50,30%	49,70%

En plus d'être utile dans le cadre de ce projet, il est utile de mentionner que cette typologie a été valorisée dans différents projets de recherche et analyses conduites dans notre équipe de recherche et a permis, à chaque fois, de tenir compte de façon pertinente du contexte particulier de vie des individus. Il s'agit donc d'un acquis méthodologique fort pertinent pour soutenir l'analyse des comportements individuels.

2.3 Analyse de la composition démographique des différents types de ménages

Les graphiques qui suivent visent à illustrer la composition démographique des différents types de ménages, selon l'âge et le genre. Les proportions sont estimées distinctement pour les hommes et les femmes, ce qui permet de faire ressortir des différences de composition, pour un type donné, entre les hommes et les femmes.

- La Figure 2.3, qui porte sur les soixantenaires (TM1), indique que ce sont, sans surprise, les personnes de 55 à 74 ans qui ont les parts les plus élevées d'appartenance à ce type de ménage; elles sont très similaires pour les hommes et les femmes.
- La Figure 2.4, sur les familles multigénérationnelles, montre une composition plus diversifiée de personnes, combinant notamment des jeunes (10-19 ans) et des 45-54 ans.
- La Figure 2.5, sur les jeunes couples, colocs ou célibataires (TM3), indique des parts plus élevées de 20-39 ans ainsi que des parts plus élevées, notamment en 2008 et 2018, d'hommes de 25-29 ans.
- La Figure 2.6 porte sur les adultes et personnes âgées et présente un profil à deux pointes moins concentrées mais néanmoins importantes. Chez les hommes, les parts les plus importantes sont observées pour les 55-79 ans alors que chez les femmes, deux sous-groupes ont des parts importantes soit les 25-39 ans (sur la base de 2018 – il y a eu évolution de ce côté - et les 60-79 ans).
- La Figure 2.7 présente la distribution des personnes au sein des retraités (TM5). On observe clairement des parts plus importantes d'hommes et de femmes de 70-84 ans, la distribution étant davantage concentrée pour les hommes.
- La Figure 2.8 porte sur les très jeunes familles; deux concentrations sont observées pour les deux genres à savoir des parts plus importantes de jeunes enfants (14 ans et moins) et d'adultes (plus important pour les femmes d'ailleurs) de 30 à 49 ans.
- La Figure 2.9 présente la distribution pour les cinquantenaires qui, tel que le nom l'indique, concentre les personnes de 45-59 ans avec une pointe plus prononcée pour les hommes de 50-54 ans.
- Finalement, la Figure 2.10 présente une distribution bimodale pour les deux genres dans le cas des jeunes familles avec des jeunes de 15-24 ans et des adultes de 45-59 ans. On observe en outre une translation en 2018 pour les adultes.

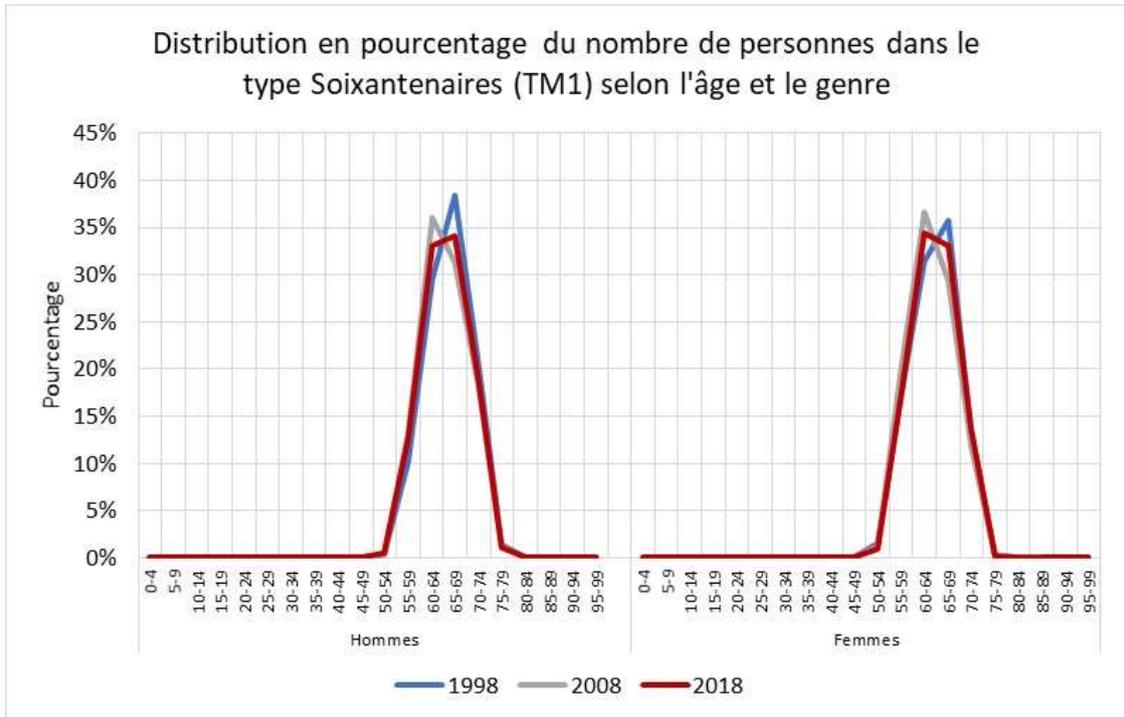


Figure 2.3 Distribution des personnes dans le type Soixantaires (TM1) selon l'âge et le genre

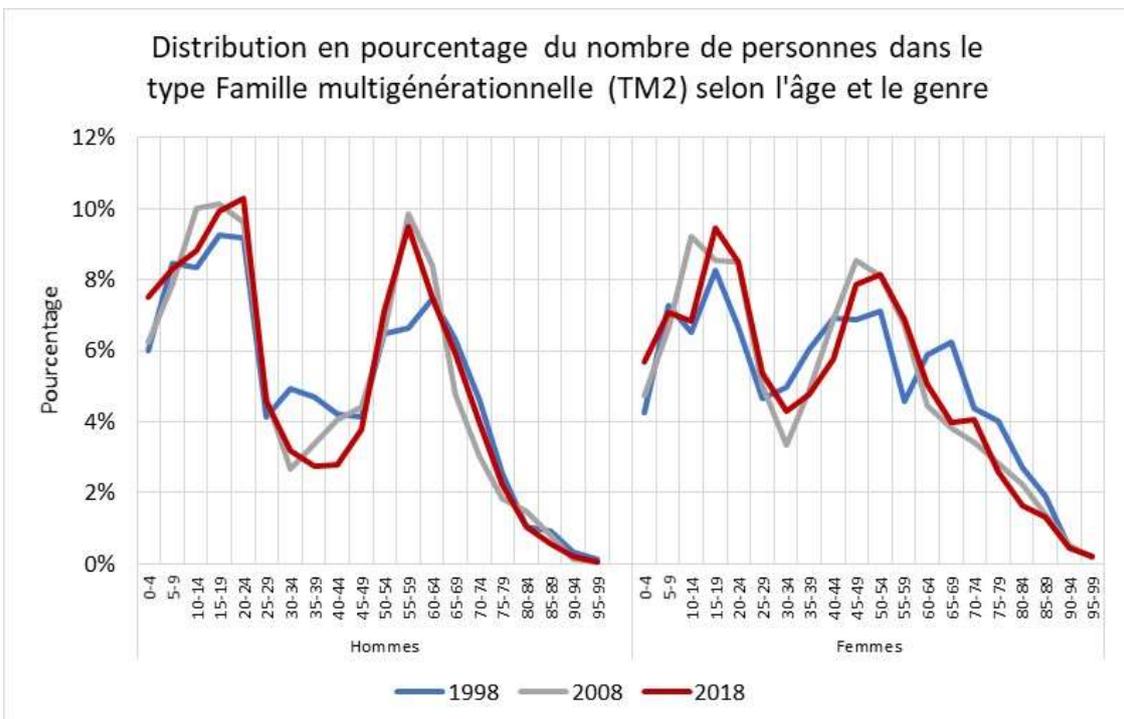


Figure 2.4 Distribution des personnes dans le type Famille multigénérationnelle (TM2) selon l'âge et le genre

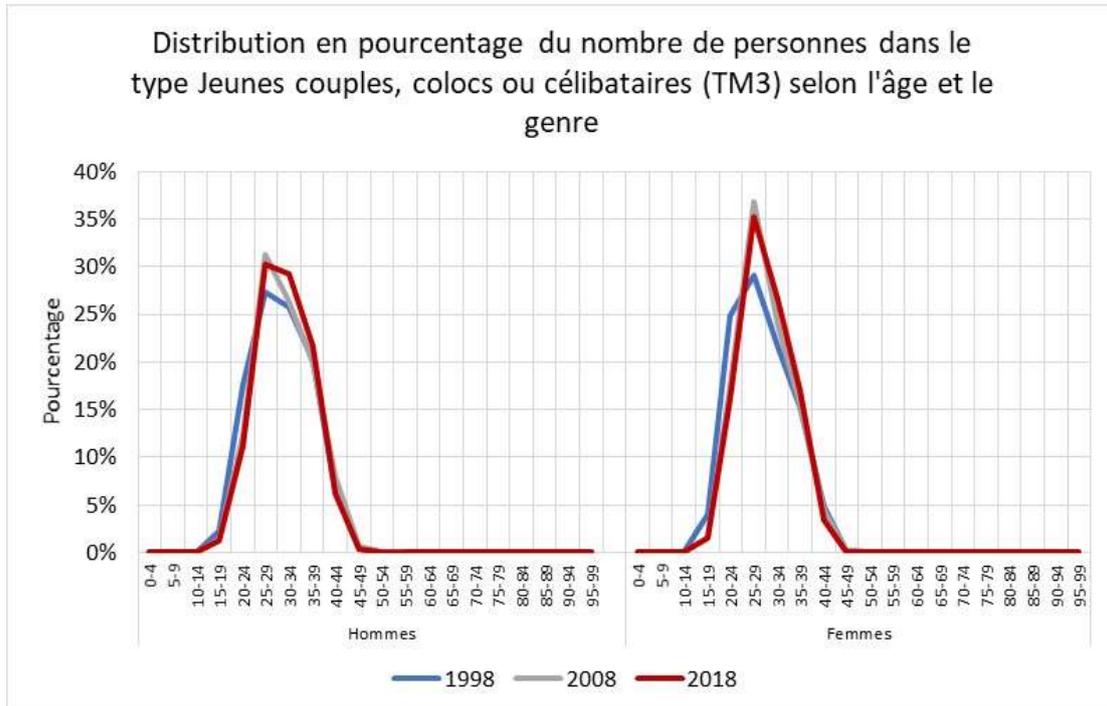


Figure 2.5 Distribution des personnes dans le type Jeunes couples, colocs ou célibataires (TM3) selon l'âge et le genre

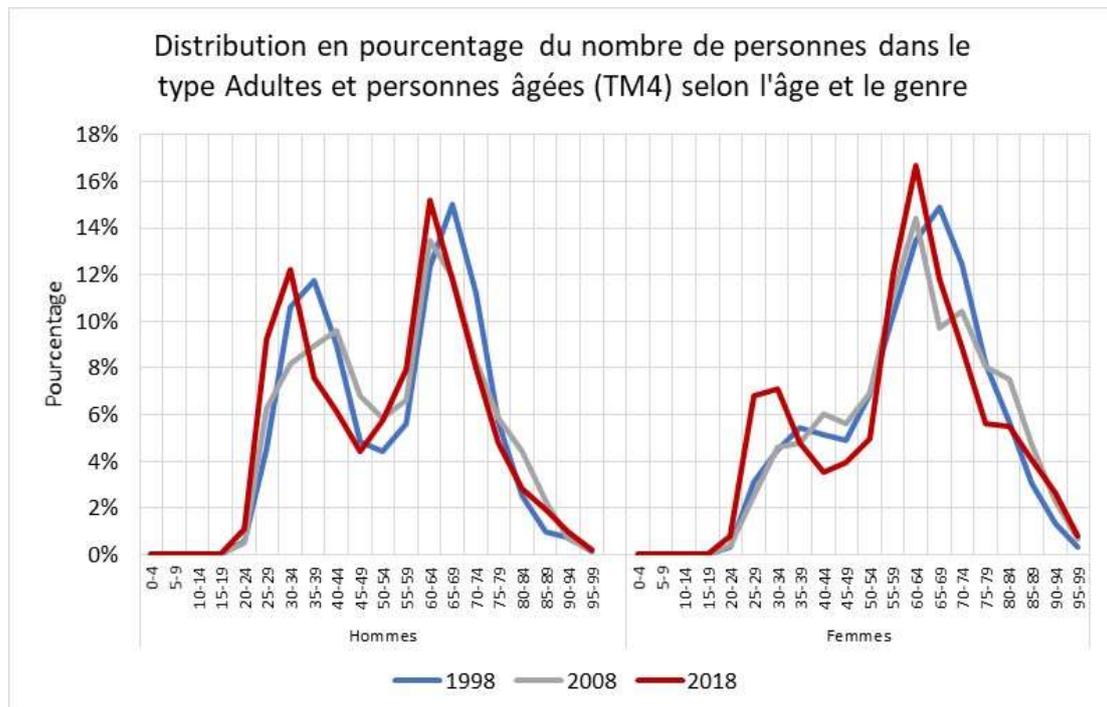


Figure 2.6 Distribution des personnes dans le type Adultes et personnes âgées (TM4) selon l'âge et le genre

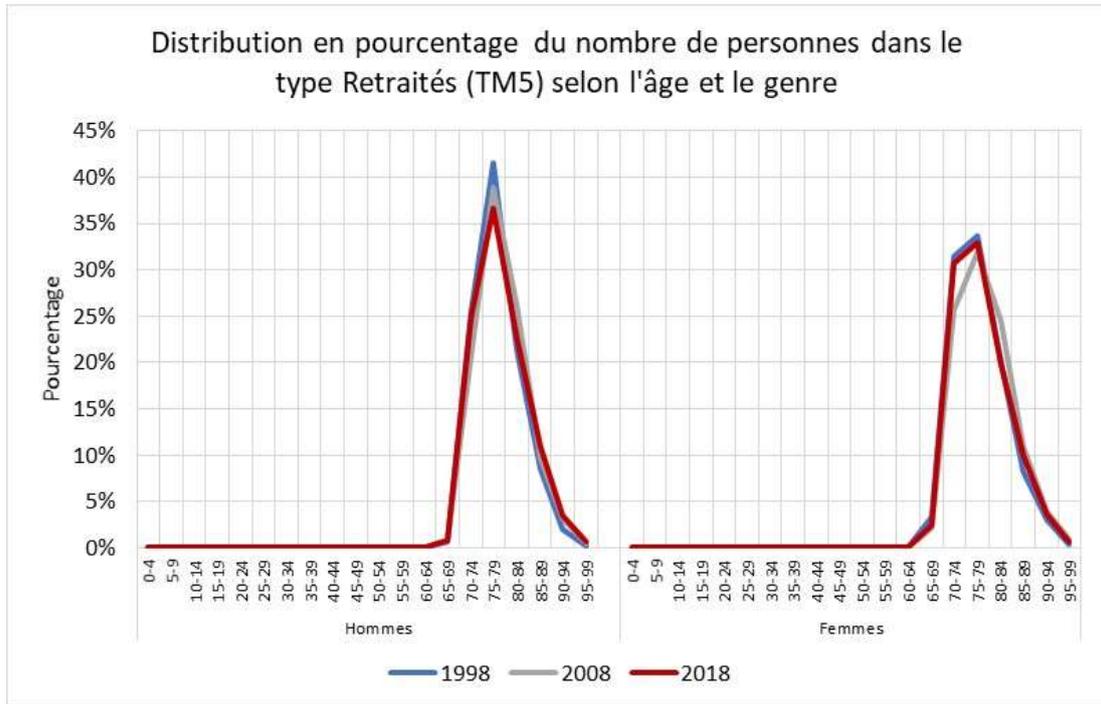


Figure 2.7 Distribution des personnes dans le type Retraités (TM5) selon l'âge et le genre

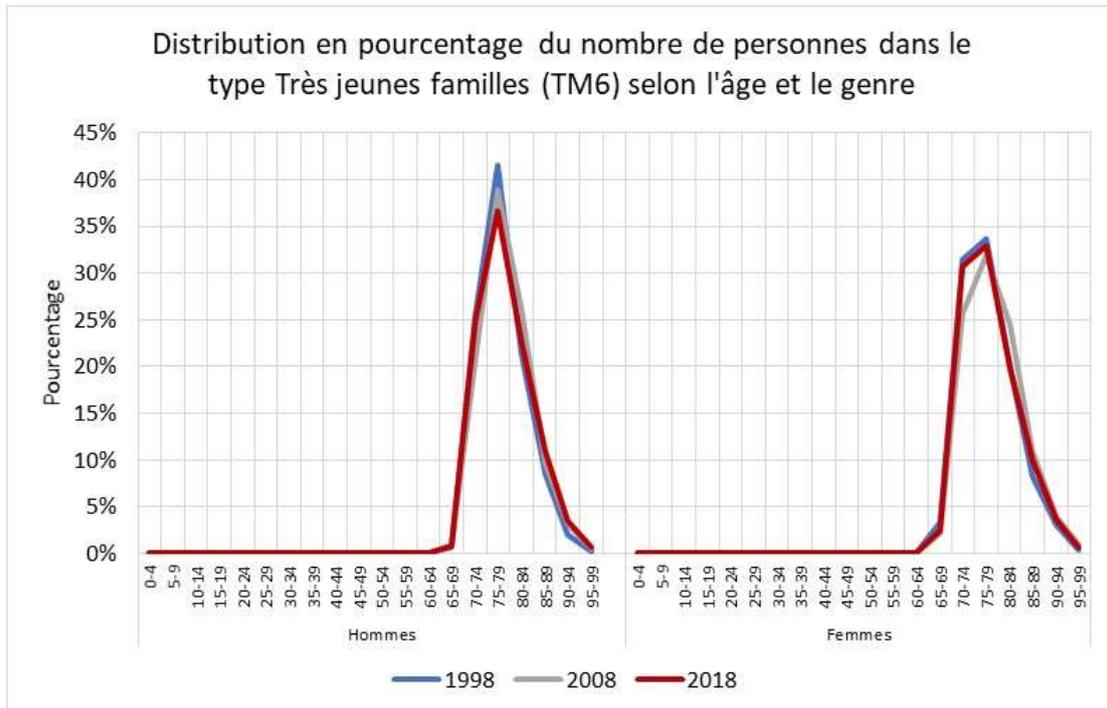


Figure 2.8 Distribution des personnes dans le type Très jeunes familles (TM6) selon l'âge et le genre

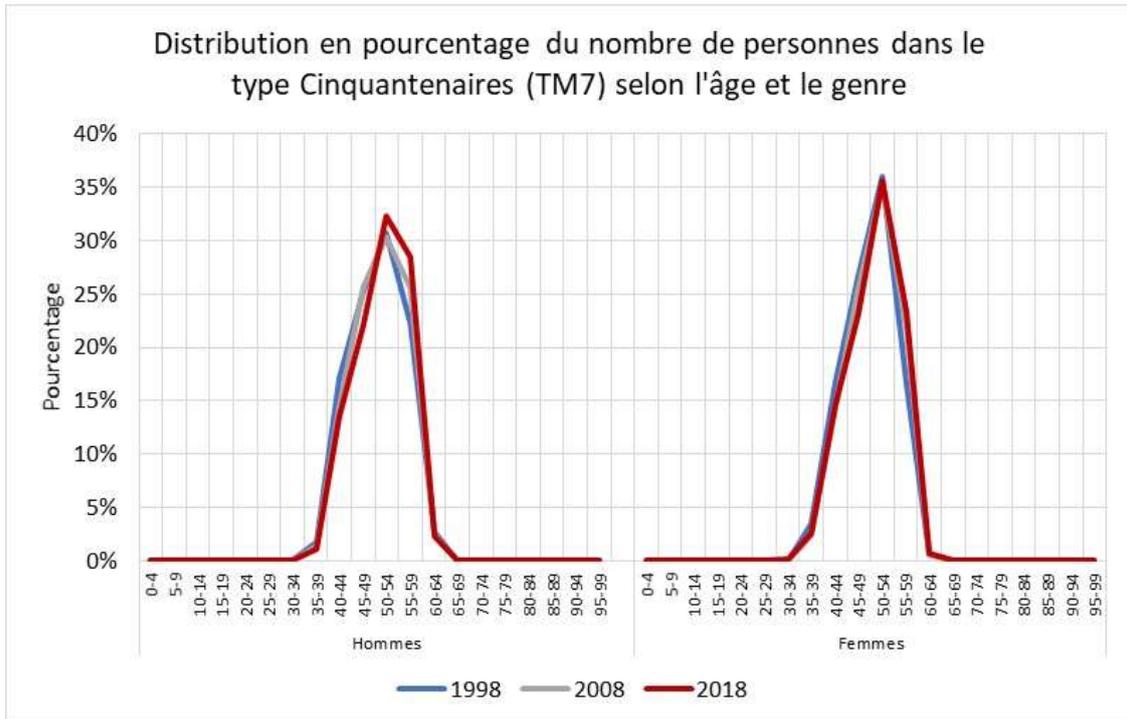


Figure 2.9 Distribution des personnes dans le type Cinquantenaires (TM7) selon l'âge et le genre

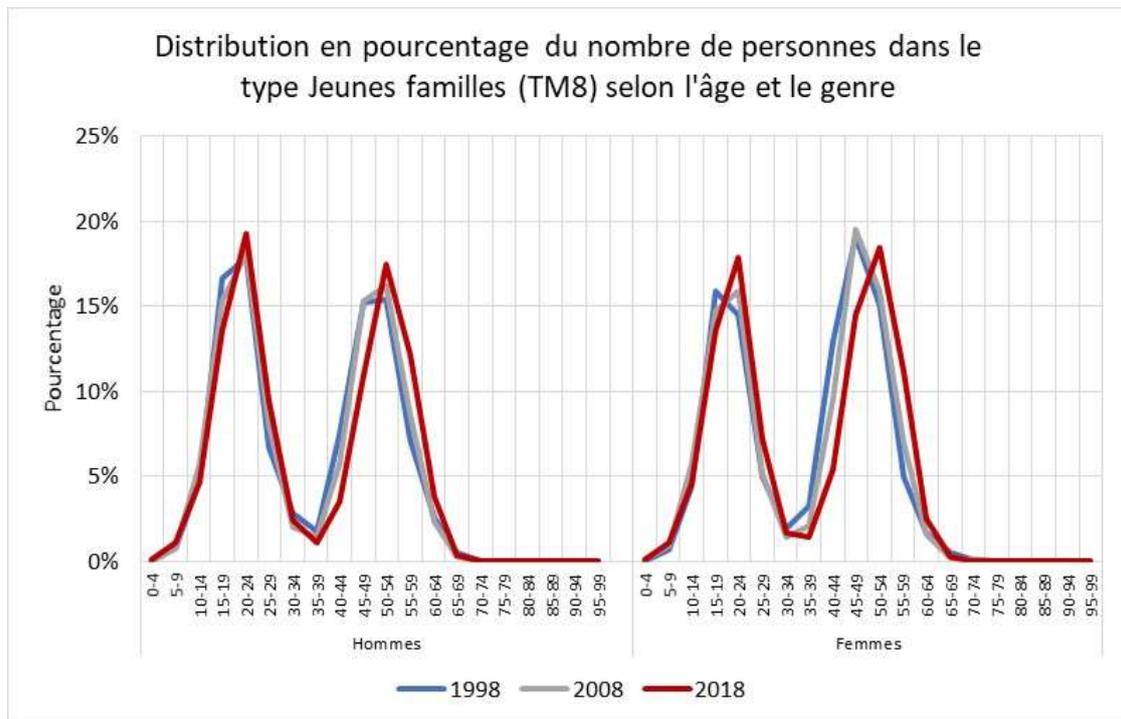


Figure 2.10 Distribution des personnes dans le type Jeunes familles (TM8) selon l'âge et le genre

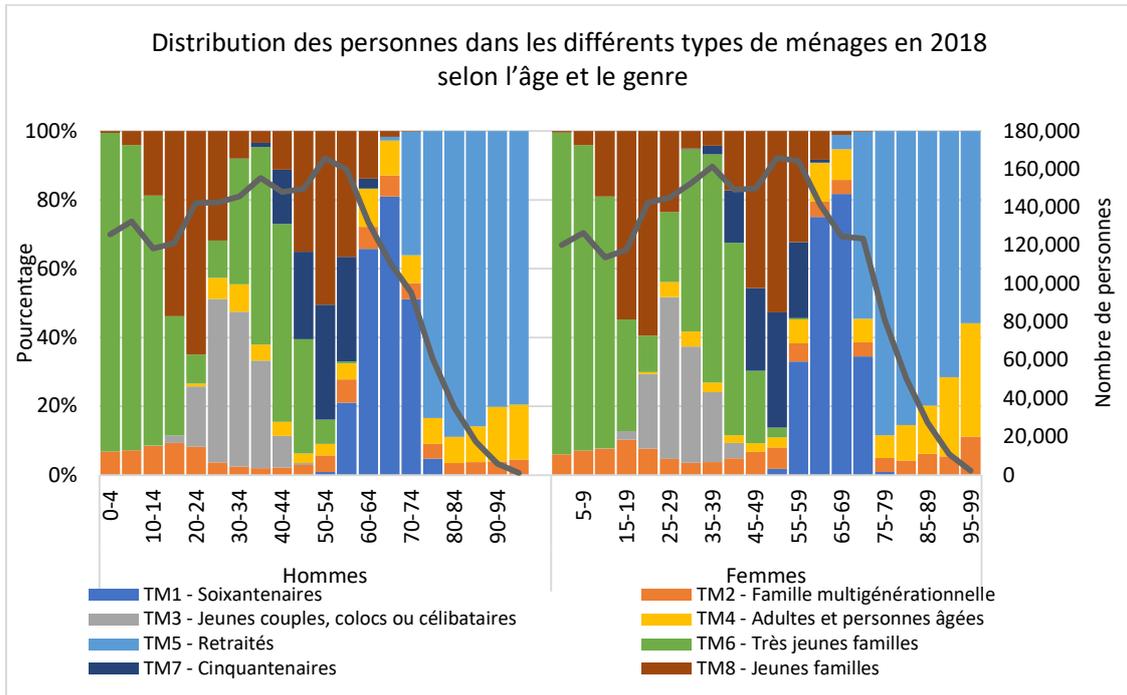


Figure 2.11 Distribution des personnes dans les différents types de ménages en 2018 selon l'âge et le genre

Afin de déterminer si les distributions des types de ménages ont évolué entre 1998 et 2018, le test de Kolmogorov-Smirnov a été utilisé entre les distributions (hommes et femmes séparément) de 1998 et 2008 ainsi qu'entre 2008 et 2018. Selon le test, les différences entre les distributions de tous les types de ménages pour les deux intervalles étudiés sont statistiquement significatives. La composition de chaque type de ménage a donc évolué entre 1998 et 2018. De plus, le même test de distribution a été effectué afin de déterminer si les distributions cumulées des hommes et des femmes étaient statistiquement différentes pour l'enquête OD 2018. Les résultats de ce test permettent de conclure que les distributions hommes et femmes sont également statistiquement différentes pour l'ensemble des types de ménages.

D'un côté, ceci indique que l'appartenance aux types de ménage évolue à travers le temps et que les probabilités d'appartenance devront être mises à jour à travers les enquêtes. Il sera possible d'utiliser la probabilité de la plus récente enquête ou de tenter de modéliser les coefficients des modèles de probabilité pour projeter ces probabilités à travers les années. D'un autre côté, ceci indique que l'âge et le genre sont aussi liés au type de ménage d'appartenance et que les probabilités doivent être analysées séparément pour chaque combinaison d'âge et genre en vue d'alimenter un modèle de prévision de l'appartenance à un type de ménage qui puisse s'ajuster à travers le temps. Ces variables seront donc pertinentes dans le développement d'un modèle d'allocation d'un type de ménage à chaque personne (projetée).

L'analyse des tendances quant à l'appartenance des personnes aux différents types de ménages a permis d'observer certaines transformations importantes dans le poids joué par certains types pour certains segments de population.

3 T₂ – Tendances relatives à la population de ménages

La seconde tâche porte sur l'analyse des tendances relatives à la composition de la population de ménages. Différentes analyses sont conduites pour observer si et comment la population de ménages se transforme. Celles-ci s'appuient évidemment sur la typologie de ménages développée et discutée précédemment.

Une analyse globale est d'abord proposée. Ensuite, une typologie de secteurs visant à enrichir l'analyse des tendances est présentée. L'étude des tendances quant à la composition des ménages en tenant compte du lieu de résidence, d'abord par grande région (8 régions des enquêtes OD) puis à partir de la typologie de secteurs développée est ensuite discutée. Finalement, en vue d'alimenter le développement d'un modèle d'allocation d'un type de ménage à chaque personne projetée, des arbres de décision sont construits, permettant de mettre en relief les variables les plus importantes pour expliquer l'appartenance à un type de ménage ainsi que les seuils associés à ces variables.

3.1 Évolution globale de la composition de la population de ménages

La Figure 3.1 présente l'évolution de la composition de la population de ménages, au sein des 8 types précédemment décrits, de 1998 à 2018 pour le territoire de la grande région de Montréal (GRM). Le territoire de la GRM est non comparable entre les enquêtes. Certaines tendances semblent ressortir pour certains types. Ainsi, on observe une part croissante de ménages TM1 (Soixanténaires) et de retraités (TM5) qui se fait principalement au détriment des TM7 (Cinquanténaires – dans les 5 dernières années) et TM6 (Très jeunes familles). Néanmoins, certaines transformations ne sont pas vraiment des tendances puisqu'elles sont davantage des fluctuations (+/-). C'est le cas notamment des jeunes familles (TM8), des adultes et personnes âgées (TM4) et familles multigénérationnelles (TM2).

La Figure 3.2 présente le même type d'information mais en nombre de ménages (plutôt qu'en répartition). L'augmentation du nombre de ménages de certains types est assez claire : soixanténaires et cinquanténaires sont en évolution constante, tout comme les deux types moins fréquents (TM2 et TM4). Le cas des ménages TM3 (Jeunes couples, colocs et célibataires) est particulier et mériterait d'être exploré davantage puisque les fluctuations observées pourraient résulter d'un biais d'enquête (hypothèse à valider : le sous-échantillonnage de ce segment en 2013 qui aurait pu être corrigé par l'ajout des observations web en 2018).

Une analyse par région (8 régions typiques des enquêtes Origine-Destination) et par type de secteur (prochaine sous-section) permettra d'y voir plus clair.

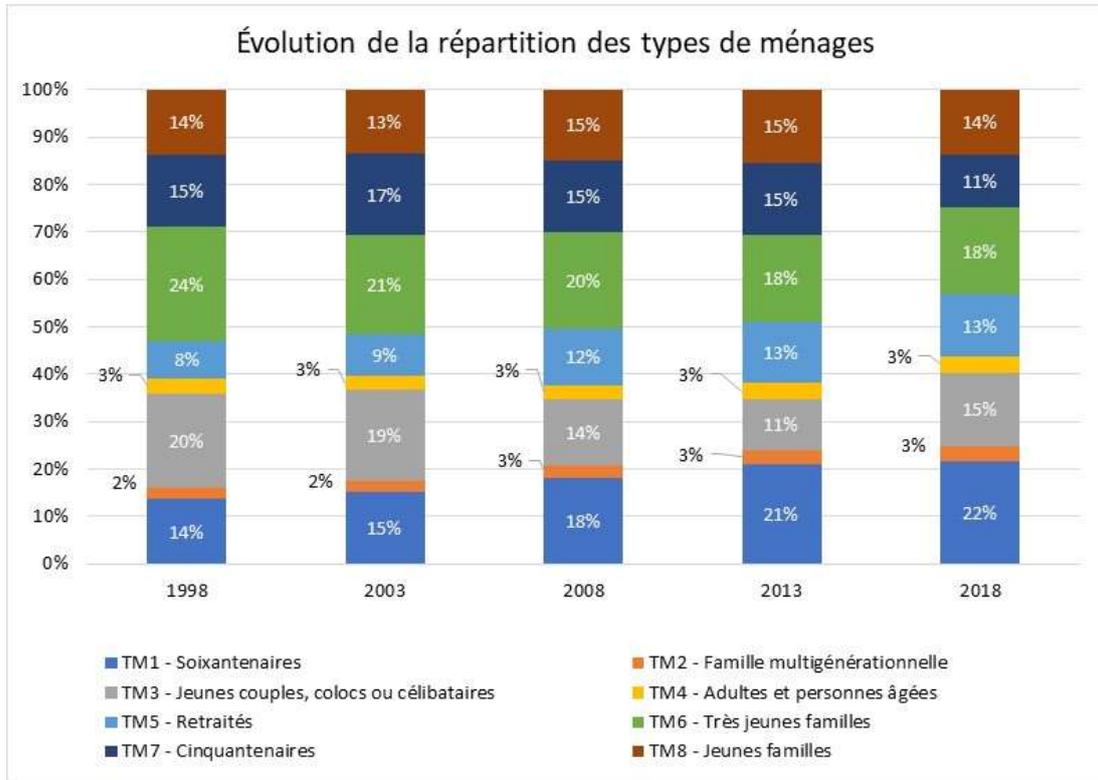


Figure 3.1 Évolution de la répartition des types de ménages - GRM

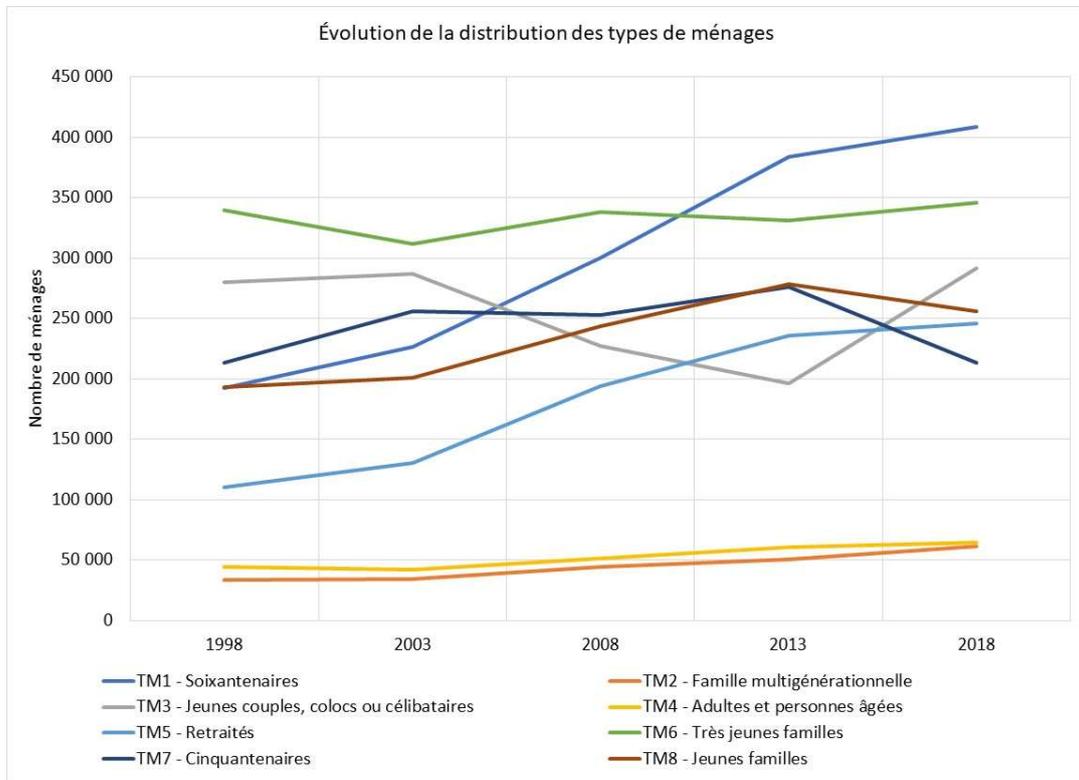


Figure 3.2 Évolution de la distribution des types de ménages - GRM

3.2 Évolution, par région, de la composition de la population de ménages

Afin d'observer si la localisation spatiale (lieu de résidence) est associée à des tendances particulières, une analyse similaire est conduite par grande région (voir Figure 3.3). Il s'agit encore d'observer quelles variables seront pertinentes dans la construction du modèle d'allocation d'un type de ménage à chaque personne projetée.

- La Figure 3.4 présente la part de ménages des différents types à travers le temps pour le secteur Centre-Ville. On observe une fluctuation nette de la part de ménages TM3 qui pourrait être un effet de la composition de l'échantillon (hypothèse à valider). Il faudra aussi tenir compte de cette fluctuation dans le choix de la méthode et des hypothèses utilisées pour projeter une population de ménages. La Figure 3.5 présente l'évolution démographique de la population du centre-ville (en nombre de personnes) et il ne semble pas y avoir de rupture claire entre 2008-2013-2018, ce qui viendrait soutenir aussi l'hypothèse d'une différence dans les types de ménages recrutés (pour les jeunes). Il y a clairement quelque chose à approfondir ici pour valider si ce sont des fluctuations réelles de composition de ménages ou un effet de composition d'échantillon d'enquête.
- La Figure 3.6 montre l'évolution de la composition de ménages pour la région Montréal – Centre. Un phénomène similaire de réduction puis augmentation de la part de ménages TM3 est observé pour cette région. Certains types semblent toutefois suivre des tendances plus nettes (donc n'être pas en interaction avec TM3 pour les segments de population touchés) soit TM6 (Très jeunes familles – en baisse) et TM1 (Soixanténaires – en augmentation).
- La Figure 3.7 présente les mêmes distributions pour la région Montréal-Est. Le même phénomène est encore présent mais de façon moins importante en raison du poids moins important de TM3 dans la population de ménages. On observe notamment une augmentation de la part des ménages soixanténaires (TM1) et des retraités (TM5).
- La Figure 3.8 présente le cas de Montréal-ouest. On y observe une nette diminution de la part des ménages de type TM6 (très jeunes familles) et des cinquanténaires (TM7) mais une augmentation des retraités (TM5).
- Pour la Rive-Sud proche (Figure 3.9), plusieurs tendances s'observent (la fluctuation de la part de TM3 est aussi observable mais il semble néanmoins une diminution globale sur 20 ans) notamment une diminution des cinquanténaires, une diminution des très jeunes familles et une augmentation des soixanténaires et des retraités.
- Dans le cas de Laval (Figure 3.10), les observations sont similaires à celles de la Rive-Sud proche donc une diminution des très jeunes familles et des cinquanténaires, une augmentation des soixanténaires et des retraités.
- Dans le cas des couronnes (nord - Figure 3.11 et sud - Figure 3.12), on observe une forte diminution de la part de ménages de type TM6 (très jeunes familles) au profit des soixanténaires. Les jeunes familles sont relativement stables à l'exception de 2018 qui présente une faible baisse de leur part. La part des retraités est aussi en croissance.

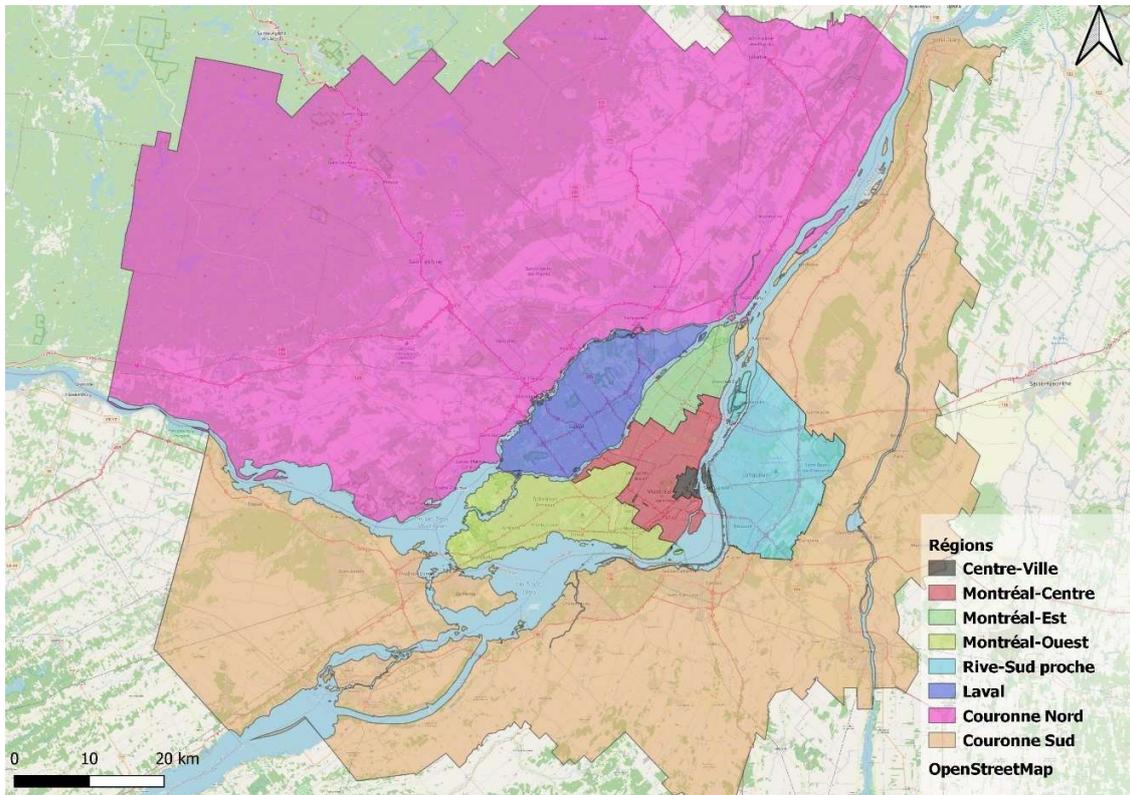


Figure 3.3 Carte des huit régions de l'enquête Origine-Destination 2018

Tableau 3-1. Nombre de ménages par année par région

Nombre total de ménages par année-région	1998	2003	2008	2013	2018
R1. Centre-Ville	42 103	43 762	40 906	46 656	50 995
R2. Montréal Centre	430 970	449 146	459 542	485 526	497 995
R3. Montréal Est	116 087	120 631	127 746	128 403	129 005
R4. Montréal Ouest	183 050	192 194	202 836	188 244	191 620
R5. Rive-Sud Proche	134 677	140 910	150 544	169 279	175 565
R6. Laval	123 529	132 602	144 193	154 476	160 260
R7. Couronne Nord	179 421	197 628	277 353	350 312	375 170
R8. Couronne Sud	196 973	212 335	249 198	290 075	305 560

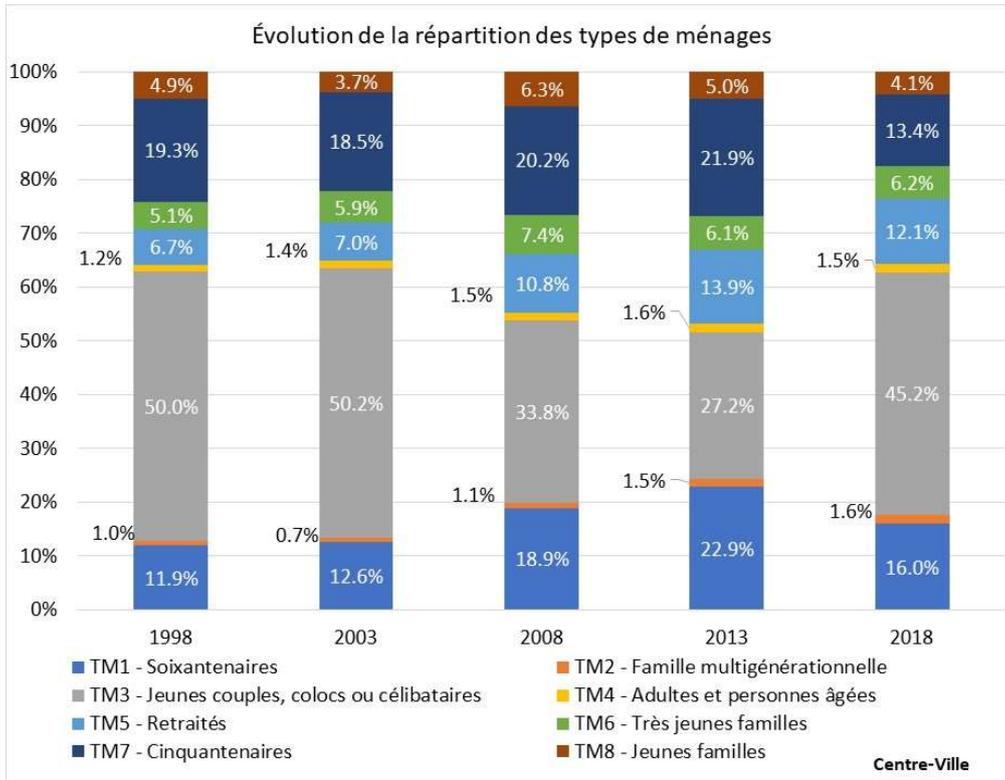


Figure 3.4 Évolution de la répartition des types de ménages – Centre-Ville

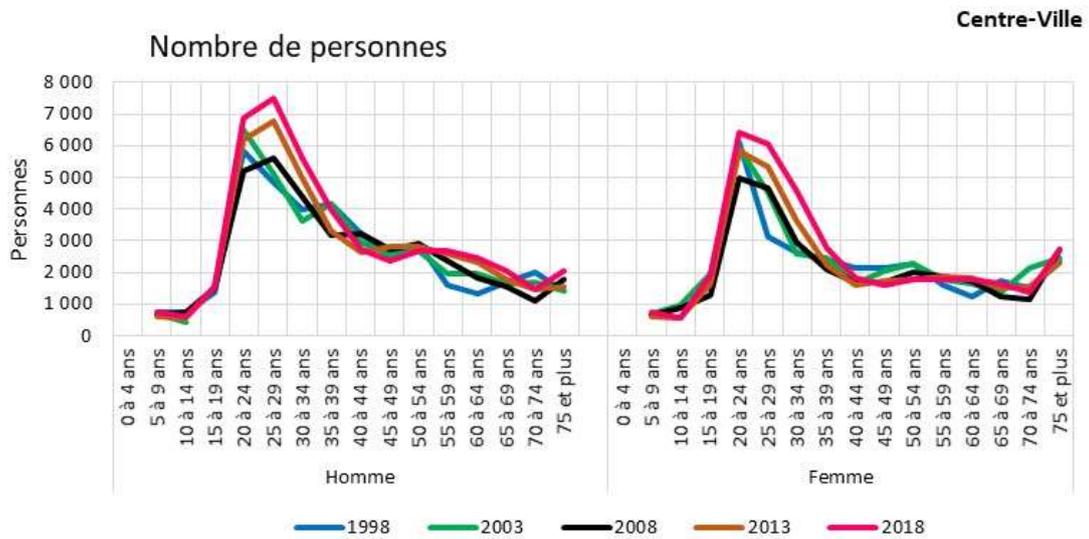


Figure 3.5 Évolution de la démographie – Centre-Ville

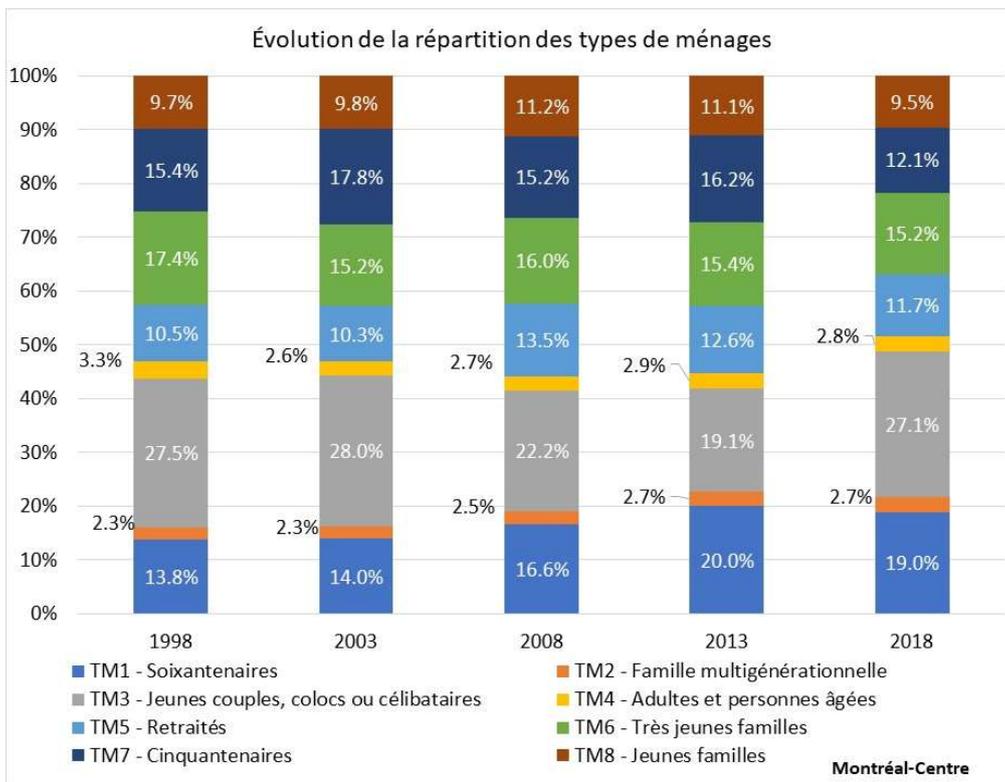


Figure 3.6 Évolution de la répartition des types de ménages – Montréal-Centre

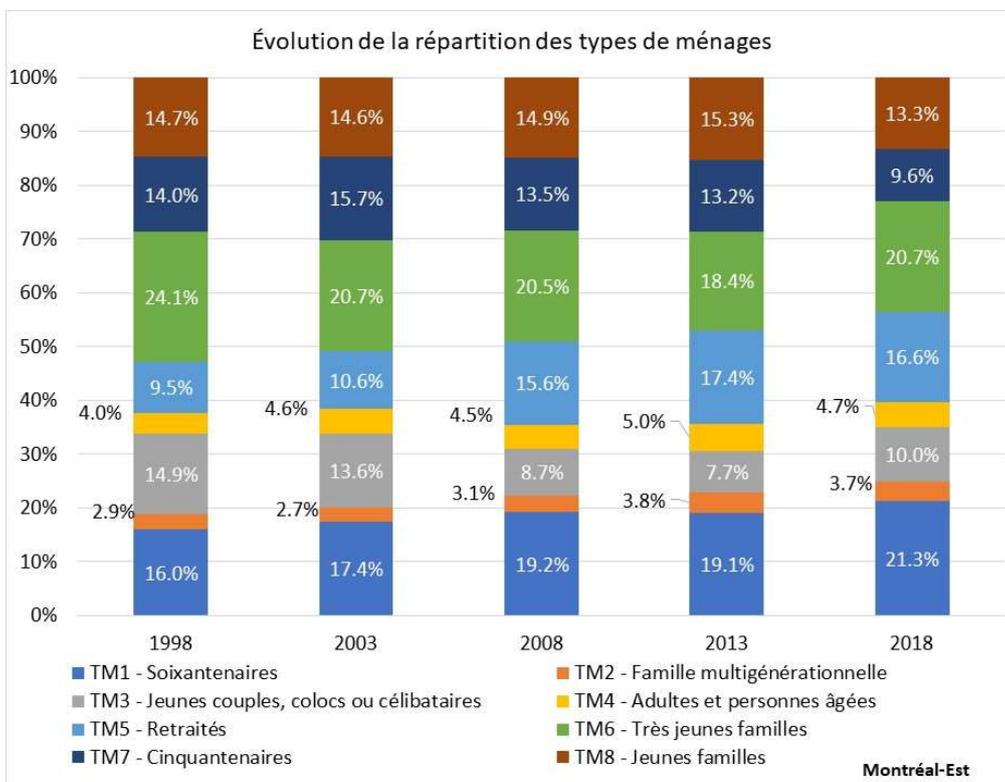


Figure 3.7 Évolution de la répartition des types de ménages – Montréal-Est

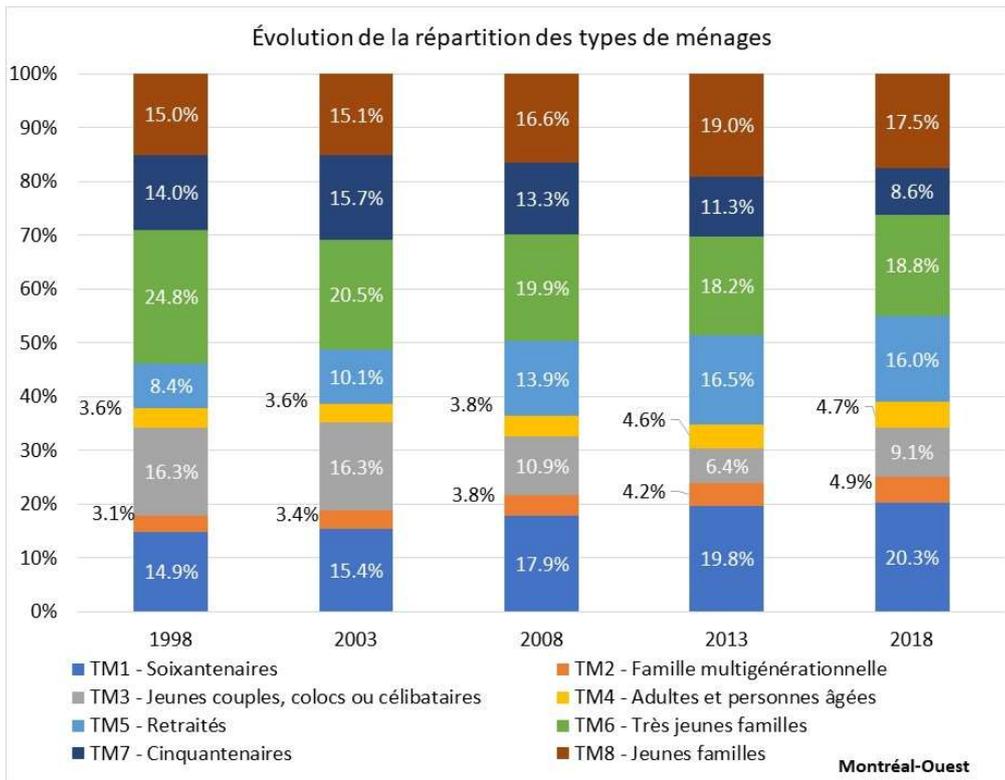


Figure 3.8 Évolution de la répartition des types de ménages – Montréal-Ouest

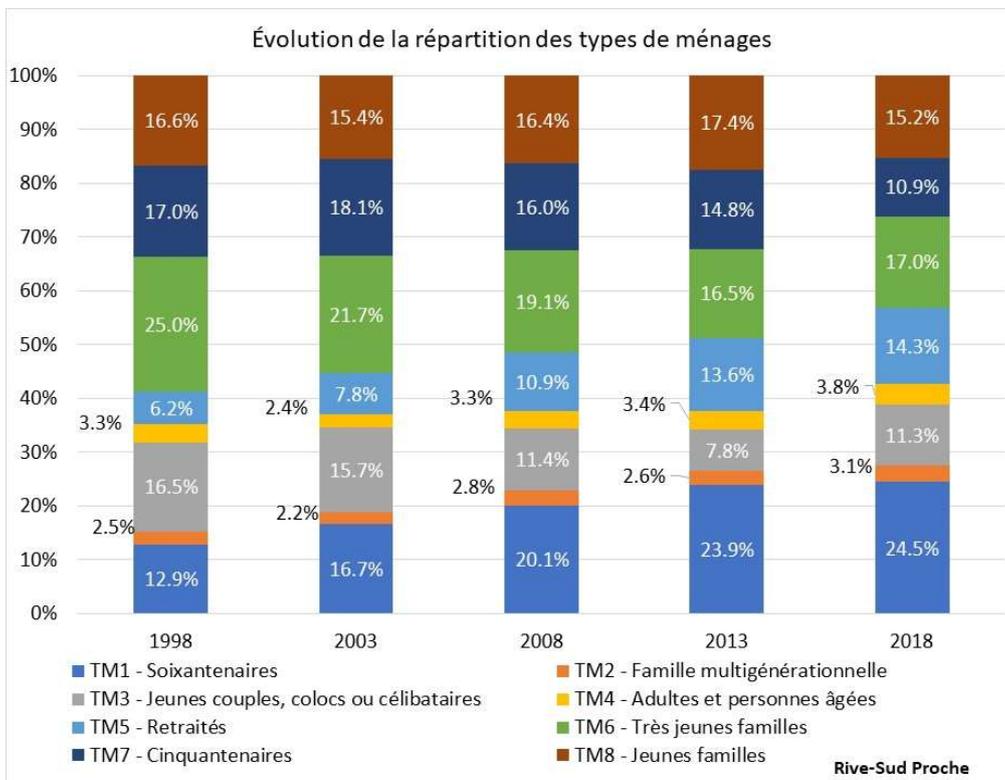


Figure 3.9 Évolution de la répartition des types de ménages – Rive-Sud proche

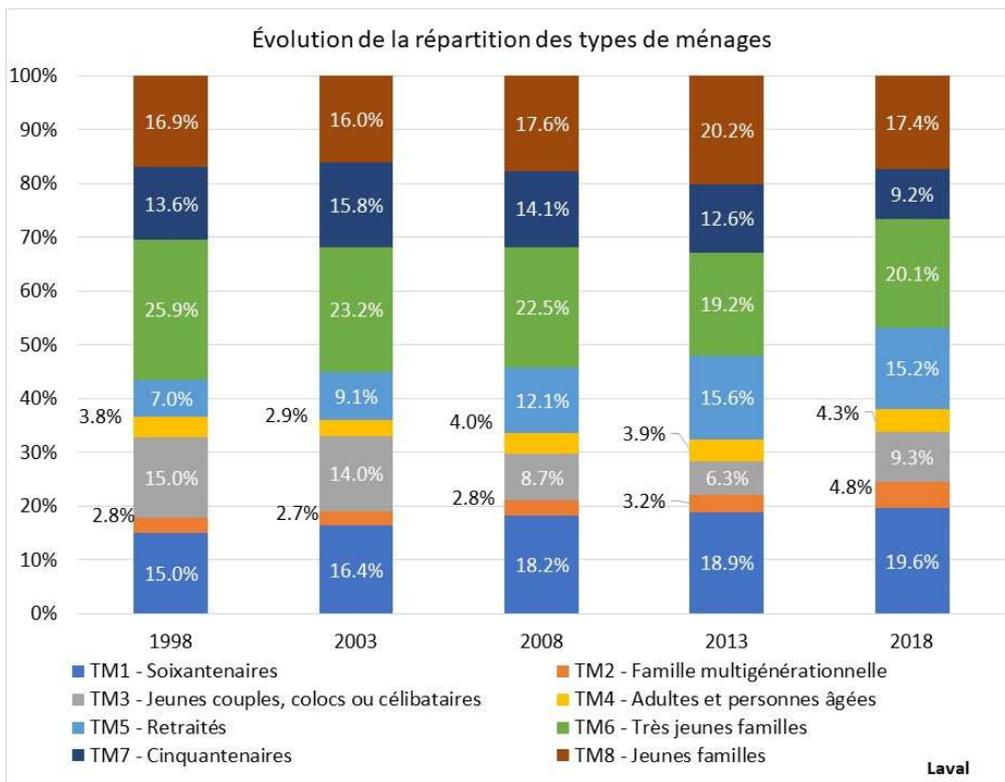


Figure 3.10 Évolution de la répartition des types de ménages - Laval

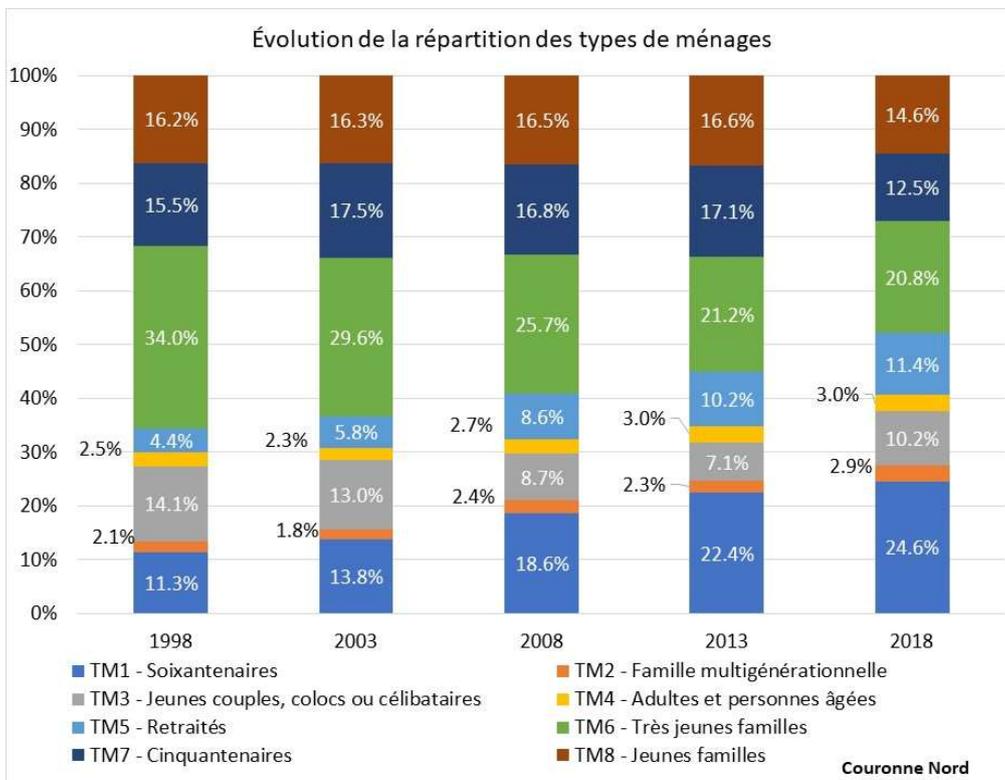


Figure 3.11 Évolution de la répartition des types de ménages – Couronne Nord

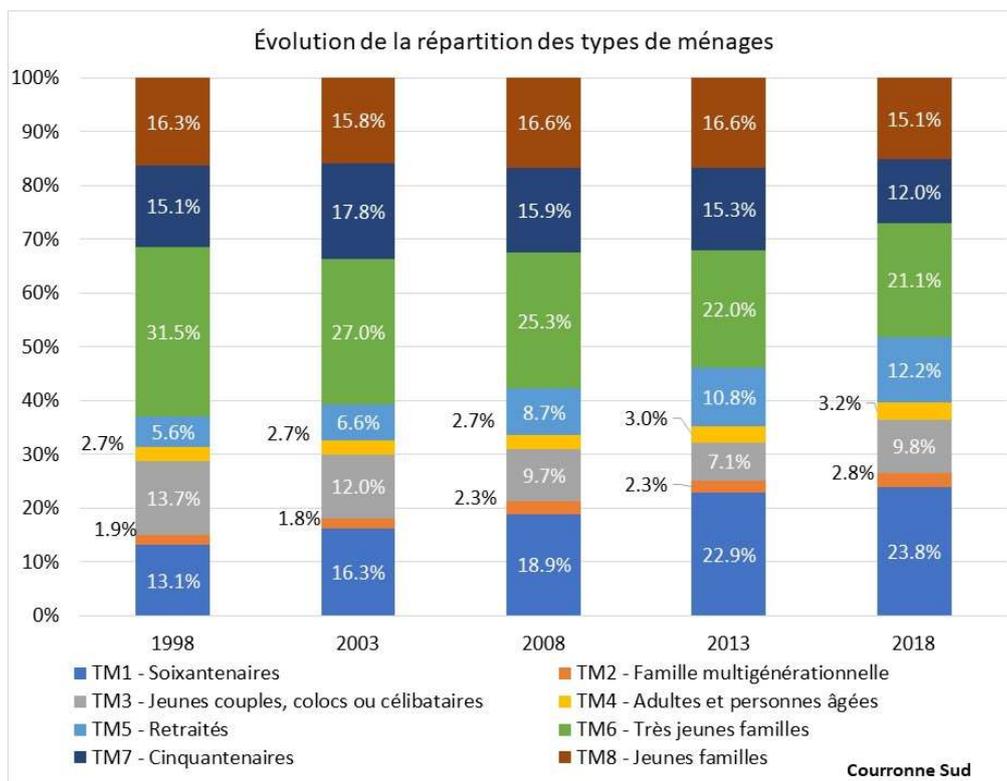


Figure 3.12 Évolution de la répartition des types de ménages – Couronne Sud

On observe donc des différences importantes dans la composition des ménages selon le lieu de résidence, certaines tendances nettes ainsi que des fluctuations plus ou moins explicables avec les données disponibles.

3.3 Typologie de secteurs construite avec les données du recensement

En vue de raffiner la composante spatiale des analyses et de rendre l'approche plus adaptée à la prise en compte de spécificités locales, il a été choisi de construire une typologie de secteurs (TS) en s'appuyant sur les découpages types de recensement (SR et SDR). La typologie est construite à partir des données existantes, devrait être remise à jour à la sortie d'un nouveau recensement et doit pouvoir être utilisée avec des données de population projetée (permettre d'associer chaque secteur à un type pour différentes années horizon). L'idée est donc de pouvoir associer à chaque secteur une typologie à partir de données projetées (population). Comme le territoire des enquêtes OD est typiquement plus large que celui de la région métropolitaine de recensement, il a été nécessaire de faire appel à deux types de découpage pour construire la typologie à savoir les secteurs de recensement et les subdivisions.

3.3.1 Méthodologie spécifique

Cette typologie de secteurs a été construite avec les données des cinq (5) derniers recensements à savoir ceux de 1996 à 2016.

Les variables qui ont été utilisées pour construire la typologie de secteurs, toutes disponibles dans les prévisions de population, sont les suivantes :

- Nombre d'habitants au kilomètre carré (x0);
- Pourcentage de la population dont l'âge est entre 0 et 14 ans (x1);
- Pourcentage de la population dont l'âge est entre 15 et 24 ans (x2);
- Pourcentage de la population dont l'âge est entre 25 et 34 ans (x3);
- Pourcentage de la population dont l'âge est de 65 ans et plus (x4).

Ainsi, pour chaque secteur de recensement des cinq recensements, ces variables ont été estimées. Ensuite, des groupes ont été produits simultanément pour les cinq recensements. La Figure 3.13 montre le dendrogramme produit avec les données. On remarque qu'après la création du sixième groupe sur la ligne orange, la distance entre les branches subséquentes du dendrogramme diminue considérablement.

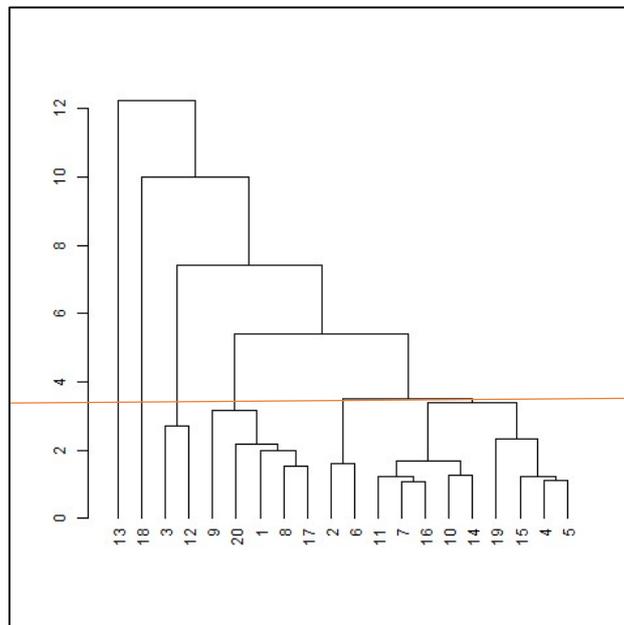


Figure 3.13 Dendrogramme utilisé pour l'identification du nombre de types de secteurs

La Figure 3.14, contenant l'évolution du WSS (Within sum of squares donc la variance totale des données expliquée par le groupement) montre qu'après le sixième groupe, la diminution de la somme des carrés à l'intérieur des groupes diminue grandement, ce qui vient aussi soutenir le choix de 6 groupes. Ces groupes seront nommés TS (type de secteur) pour le reste du document.

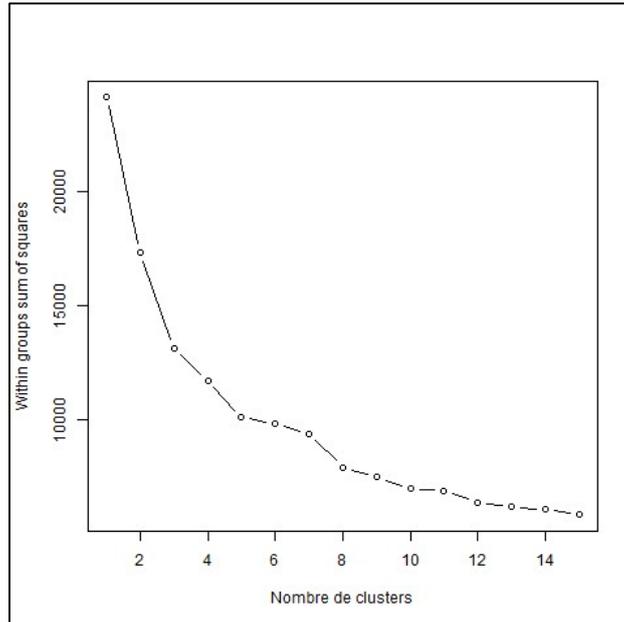


Figure 3.14 Diagramme de type « WSS » pour l'identification du nombre de types de secteurs

3.3.2 Résultats de la typologie de secteurs

Les résultats qui suivent concernent les six types de secteur (TS) qui ont été construits. Le Tableau 3-2 présente les centres de chaque type (valeur moyenne des secteurs associés à chaque type). La densité de population est plus importante dans les types 3, 4 et 6.

Tableau 3-2 Centres des groupements pour les résultats avec six groupes

Groupe	Densité de population (x0)	% 0-14 ans (x1)	% 15-24 (x2)	% 25-34 (x3)	% 65 ans et + (x4)
TS ₁	2635,9	16,3	12,6	11,5	16,0
TS ₂	12021,0	10,5	13,3	26,7	10,5
TS ₃	1826,4	22,3	13,1	13,3	8,0
TS ₄	10206,9	16,5	12,6	16,8	14,3
TS ₅	4492,6	11,6	9,8	11,0	28,5
TS ₆	14449,6	6,2	30,0	26,0	9,9

Ainsi, les groupes pourraient être décrits ainsi :

- Le type 1 est dans un environnement peu dense, avec une part équivalente de personnes de 65 ans et plus et de 0 à 14 ans. Ce groupe s'appellera « les vieilles banlieues »;
- Le type 2 est dans un environnement dense, avec des proportions élevées de 25 à 34 ans. Ce groupe s'appellera « les hypercentraux de Montréal »;
- Le type 3 est dans un environnement peu dense, avec des parts importantes de jeunes de 0 à 14 ans et des parts très faibles de 65 ans et plus. Ce groupe s'appellera « les jeunes banlieues »;

- Le type 4 est dans un environnement dense, avec une population répartie de manière relativement uniforme dans les quatre groupes d'âge. Ce groupe s'appellera « les centraux de Montréal et de la proche banlieue »;
- Le type 5 est dans un environnement peu dense, avec des proportions élevées de personnes âgées de 65 ans et plus. Ce groupe s'appellera « les vieux centres régionaux »;
- Le type 6 est dans un environnement dense, avec des parts faibles de 0 à 14 ans. Ce groupe s'appellera « les jeunes adultes sans enfant du centre-ville de Montréal ».

Le Tableau 3-3 montre le nombre de secteurs de recensement pour chaque type par année de recensement. Entre 1996 et 2016, le nombre de secteurs de recensement qui sont dans les types 3 et 4 a diminué. Ces deux types sont ceux qui ont les plus hauts pourcentages de jeunes de 0 à 14 ans. Les types 1 et 5 sont ceux qui ont le plus augmenté, chacun augmentant d'au moins 100 % le nombre de secteurs de recensement entre 1996 et 2016. Ces deux types sont ceux qui ont les plus hauts pourcentages de personnes de 65 ans et plus, ce qui est en phase avec le phénomène global de vieillissement de la population.

Tableau 3-3 Nombre de secteurs de recensement pour chaque type par année de recensement

Groupe	1996	2001	2006	2011	2016
TS ₁	177	263	350	398	421
TS ₂	100	102	126	146	136
TS ₃	313	319	237	199	140
TS ₄	216	172	149	143	150
TS ₅	66	90	89	108	153
TS ₆	7	12	11	14	16
Total	879	958	962	1008	1016

La Figure 3.15 montre les principaux changements de types entre 1996 et 2016 (changements contenant au moins 5 secteurs de recensement). Les principaux mouvements entre types sont de TS₃ à TS₁ et de TS₁ à TS₅ donc densification et vieillissement dans les deux cas.

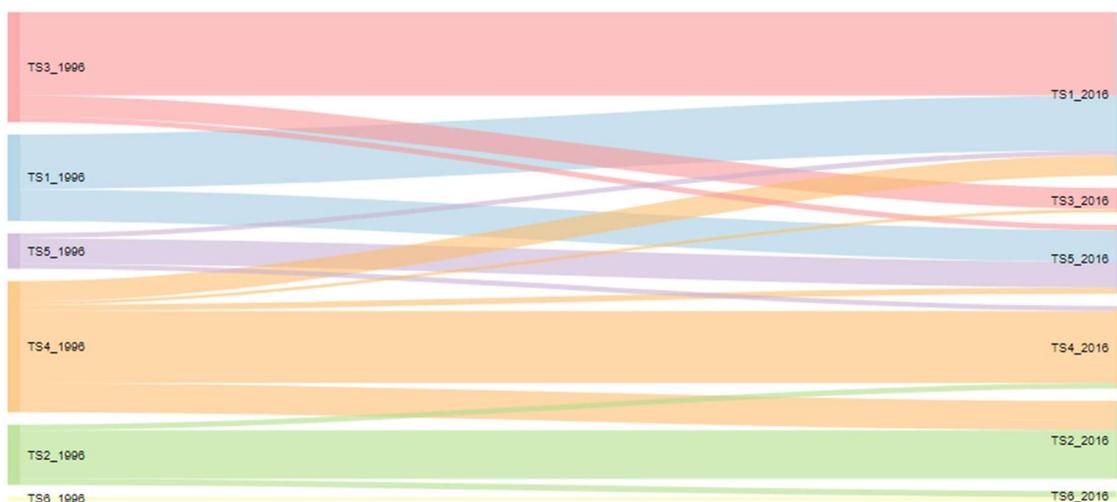


Figure 3.15 Diagramme de Sankey illustrant les changements entre types de secteurs entre 1996 et 2016

La Figure 3.16 montre les secteurs en 1996 (à gauche) et en 2016 (à droite) ayant changé de type de secteur. Les principaux mouvements de densification et de vieillissement, soient TS₃ vers TS₁ et TS₁ vers TS₅ sont bien visibles sur les deux cartes.

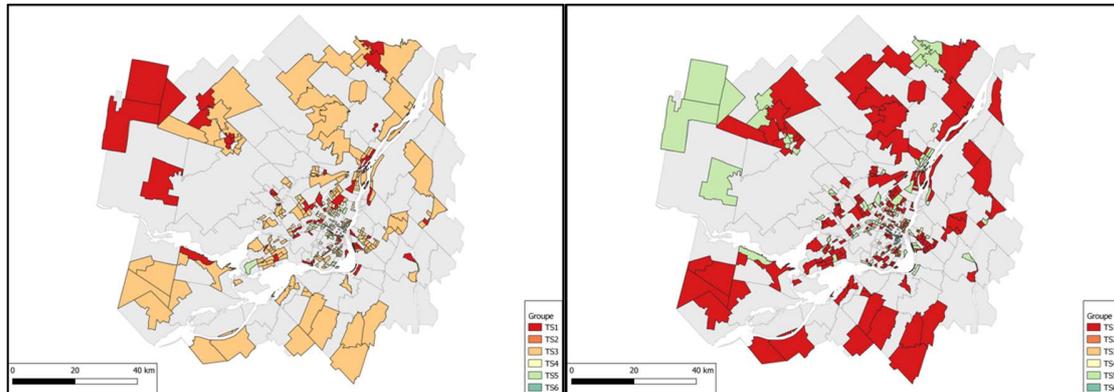


Figure 3.16 Secteurs ayant changé de type de secteur entre 1996 (à gauche) et 2016 (à droite)

La Figure 3.17 montre la répartition spatiale des types pour l'année 2016.

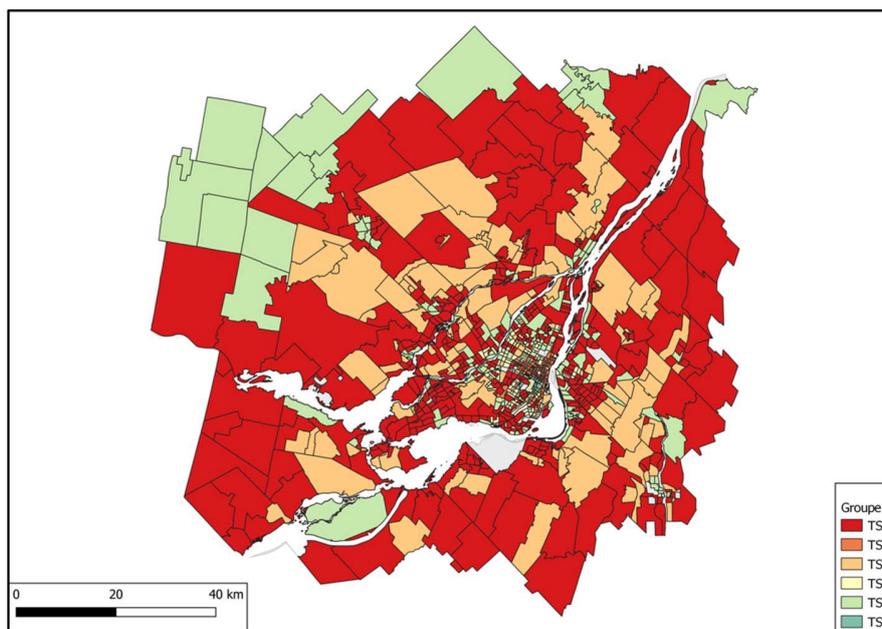


Figure 3.17 Carte des types 1 à 6 en 2016

La Figure 3.18 montre les types moins denses (1, 3 et 5) en 2016. Le type 5 semble plus aggloméré dans les centres des villes de banlieue, par exemple Saint-Jérôme, Saint-Jean-sur-Richelieu ou Repentigny, ainsi que dans certaines villes de banlieues qui sont hors de la RMR, par exemple Joliette, Sorel-Tracy ou Salaberry-de-Valleyfield. Il serait intéressant de comparer les années de construction résidentielle avec les types obtenus.

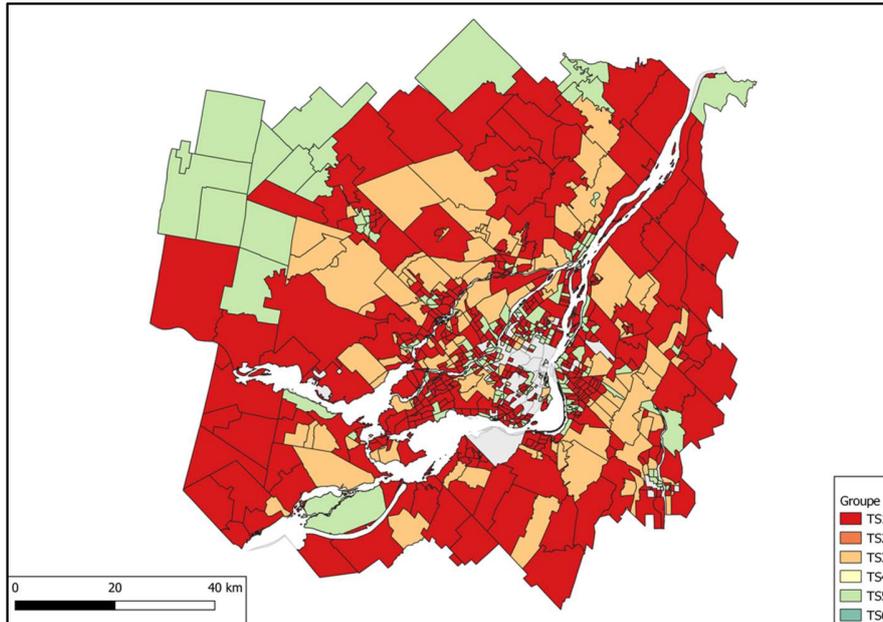


Figure 3.18 Carte des types moins denses (1, 3 et 5) en 2016

La Figure 3.19 montre les types plus denses (2, 4 et 6) en 2016. Le groupe 4 est plus loin du centre-ville de Montréal que les groupes 2 et 6.



Figure 3.19 Carte des types plus denses (2, 4 et 6) en 2016

3.4 Évolution de la composition de la population de ménages dans les différents types de secteur

Une analyse similaire à celle conduite sur la base des 8 régions typiques d'enquête est réalisée mais en s'appuyant maintenant sur les 6 types de secteurs précédemment exposés. L'évolution

de la composition de la population de ménages à travers le temps, pour chaque type de secteur, est analysée.

- La Figure 3.20 présente l'évolution de la composition de la population de ménages pour TS1 (vieilles banlieues) – on observe une stabilité certaine dans la part de certains types de ménages notamment les jeunes familles, les très jeunes familles, les cinquantenaires (sauf en 2018), les retraités. Les soixantenaires comptent, en 2018, pour près du quart de la population de ménages dans ces types de secteurs.
- La Figure 3.21 présente l'évolution de la composition de ménages dans les secteurs dits hypercentraux de Montréal. Sans surprise, les ménages de type TM3 comptent pour 40% de la population de ménages (l'effet rebond étonnant de baisse de leur part de 2003 à 2013 suivie d'une hausse pour 2018 est à nouveau observé). Les cinquantenaires et soixantenaires sont les deux autres types de ménages les plus présents dans ce type de secteur.
- Dans les jeunes banlieues (Figure 3.22), ce sont les très jeunes familles et les jeunes familles qui ont les parts les plus importantes, celles-ci étant relativement stables; la part de soixantenaires est toutefois en augmentation.
- La composition des ménages dans le TS4 est plutôt distribuée (Figure 3.23) et constante à travers le temps avec un cinquième de ménages de type soixantenaires, jeunes couples/colocs/célibataires et très jeunes familles.
- La Figure 3.24 présente les mêmes répartitions pour les secteurs de type vieux centres régionaux : les retraités et soixantenaires cumulent 50% de la population de ménages.
- Finalement, la composition des secteurs de type TS6 (jeunes sans enfant du centre-ville) est présentée à la Figure 3.25. La fluctuation de la part de jeunes couples/colocs/célibataires est encore une fois mise en évidence et soulève des questionnements quant à la validité des données sur ce volet. En excluant les compositions de 2013 et 2008, on observe une nette prédominance pour ce type (TM3) dans ces secteurs et très peu de ménages de type adultes et personnes âgées.

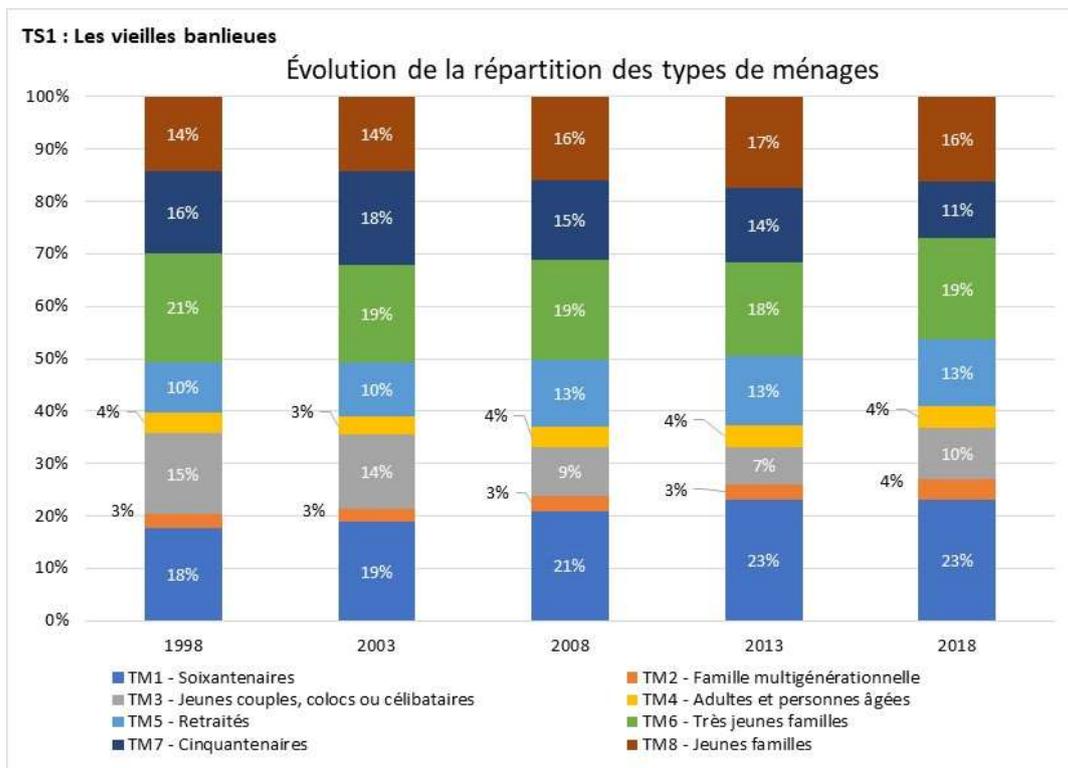


Figure 3.20 Évolution de la répartition des types de ménages - TS1 : Les vieilles banlieues

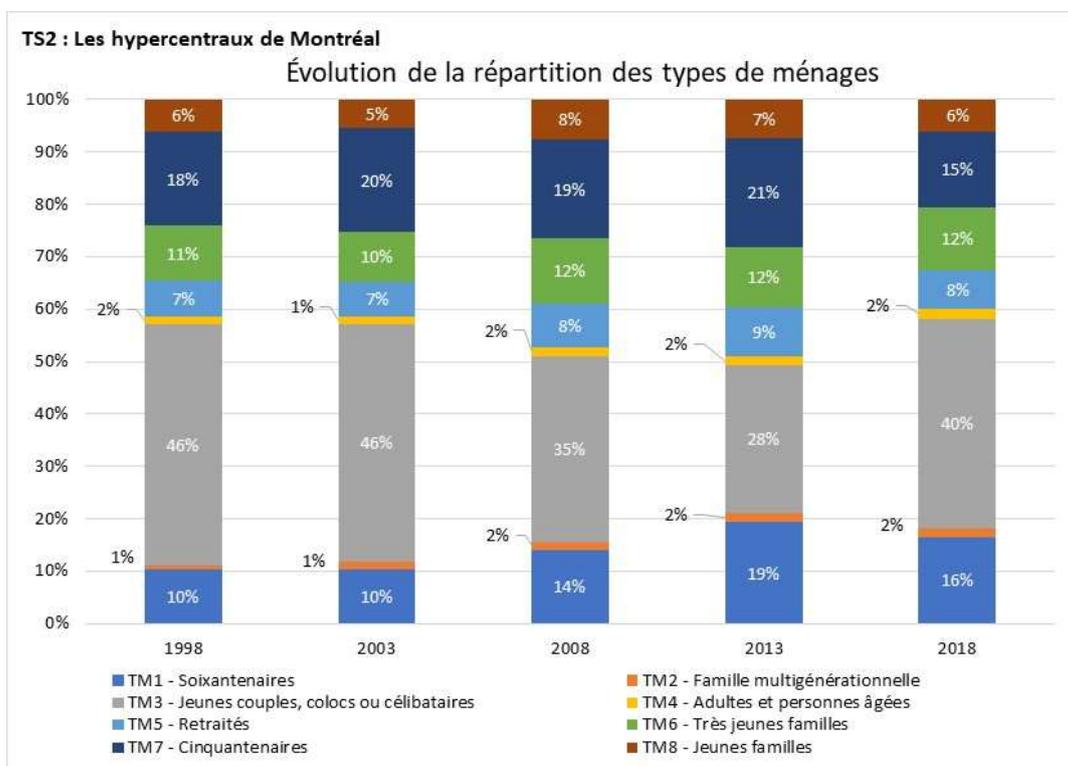


Figure 3.21 Évolution de la répartition des types de ménages - TS2 : Les hypercentraux de Montréal

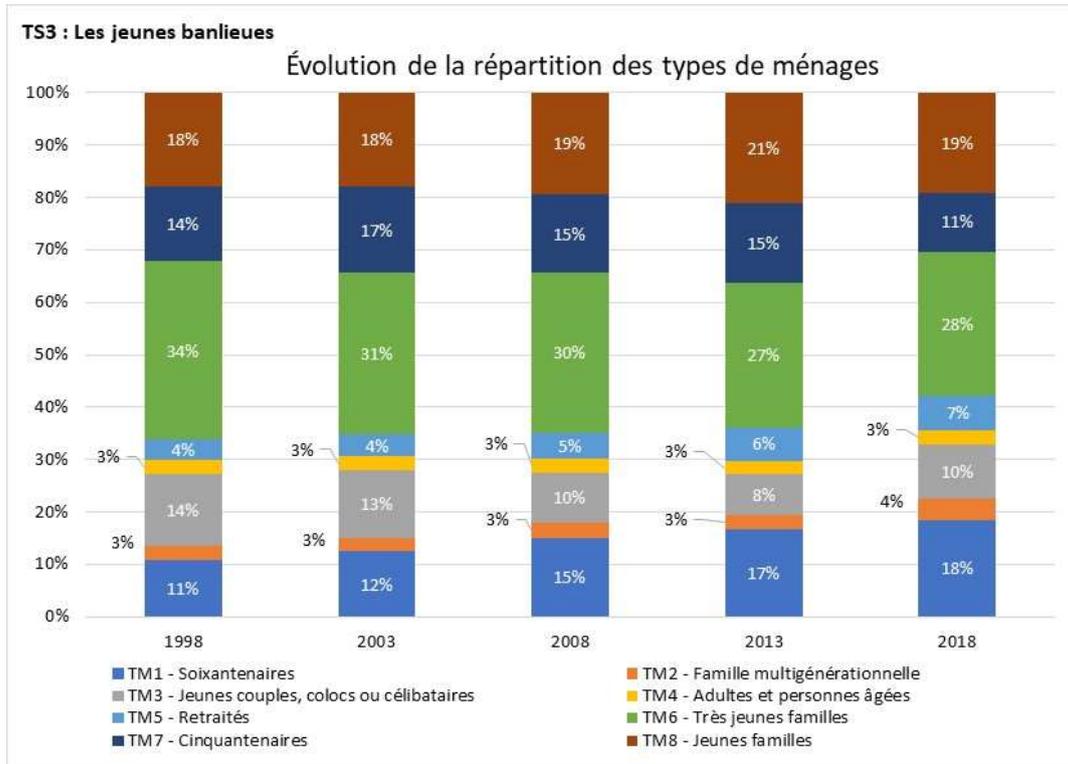


Figure 3.22 Évolution de la répartition des types de ménages - TS3 : Les jeunes banlieues

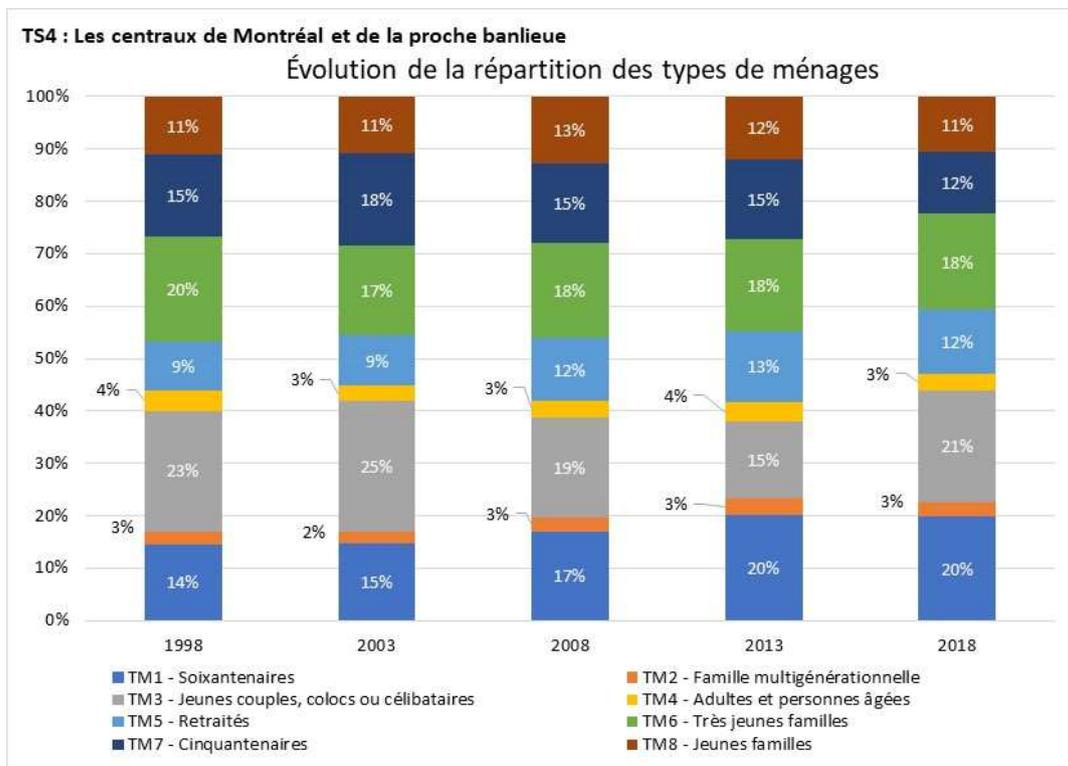


Figure 3.23 Évolution de la répartition des types de ménages - TS4 : Les centraux de Montréal et de la proche banlieue

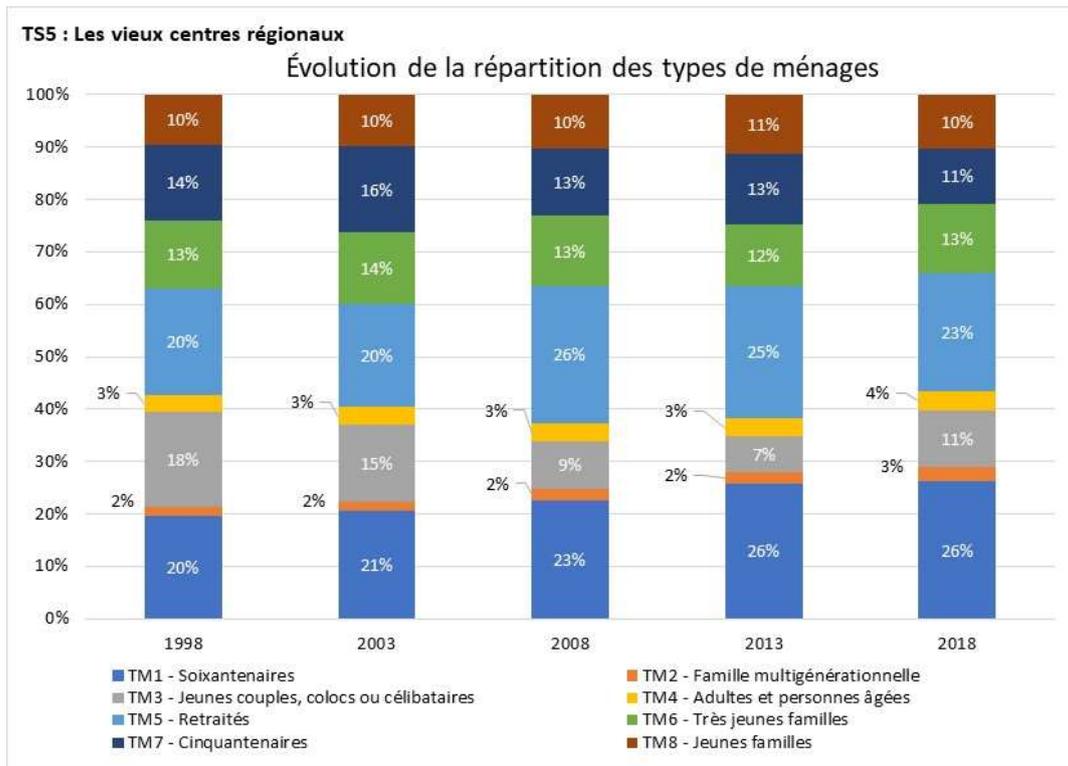


Figure 3.24 Évolution de la répartition des types de ménages - TS5 : Les vieux centres régionaux

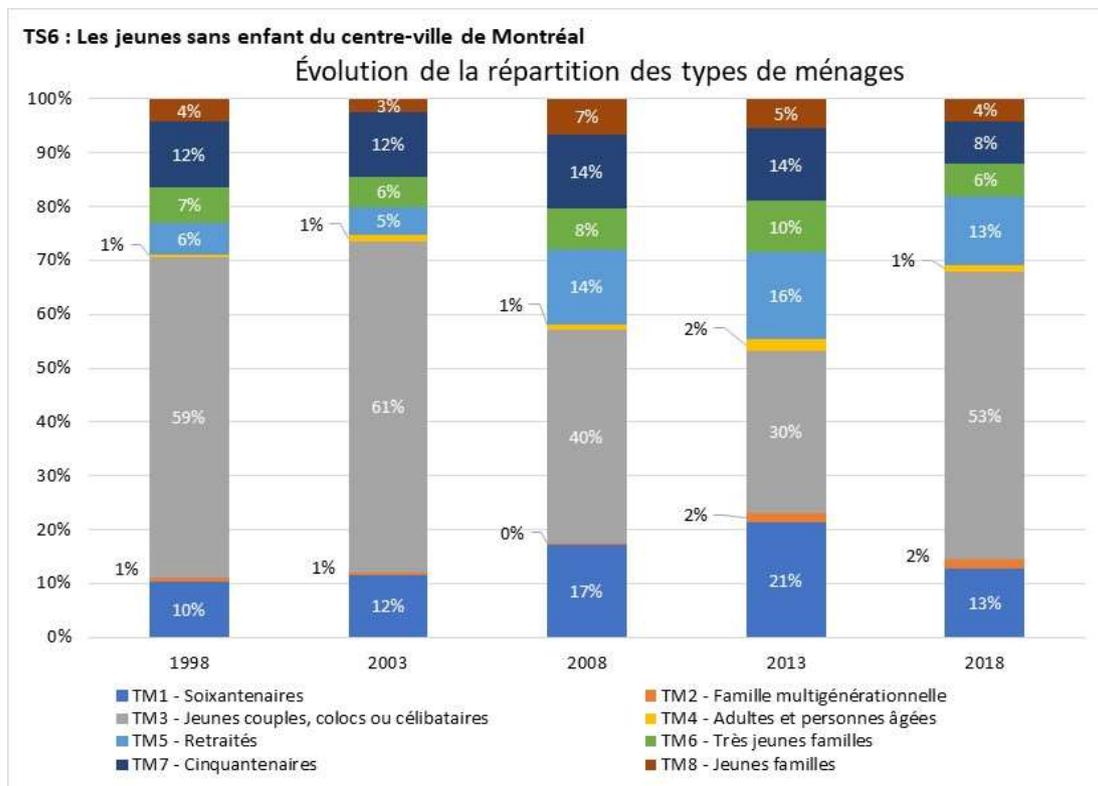


Figure 3.25 Évolution de la répartition des types de ménages - TS6 : Les jeunes sans enfant du centre-ville de Montréal

À la lumière des tendances observées quant à la composition des ménages, il pourrait être pertinent d'envisager les projeter en excluant les données de 2008 et 2013 qui laissent croire que l'échantillon de jeunes ne couvre pas correctement les différents types de ménages.

3.5 Comparaison des variables spatiales

Pour comprendre la contribution de la typologie de secteur (par rapport à l'utilisation des 8 régions), une analyse est proposée sur la base du concept d'entropie. Il s'agit d'évaluer si la prise en compte du type de secteur permet de mieux expliquer la composition de la population de ménage (et faciliter ainsi la prévision de la composition future sur la base de la typologie de secteurs).

3.5.1 Indice d'entropie

L'entropie permet d'évaluer le niveau d'uniformité d'une distribution parmi des classes. Ainsi, si toutes les classes d'une distribution (les 8 régions ou les 6 types de secteurs) contiennent la même proportion d'observations, une distribution sera dite uniforme et l'entropie aura une valeur de 1. Si toutes les observations appartiennent à une seule classe, l'entropie prendra la valeur 0. Dans notre cas, il ne s'agira pas de comparer les entropies entre types de variables spatiales mais plutôt d'analyser l'évolution de l'indice d'entropie à travers le temps pour chaque région ou type de secteur.

L'indice d'entropie E se calcule avec l'équation suivante :

$$E = - \sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i)$$

L'indice normalisé E^* se calcule ensuite comme suit :

$$E^* = \frac{E}{\ln(n)}$$

Où n est le nombre de classes (le nombre de types de ménages dans notre cas) et p_i est la proportion d'objets appartenant à la classe i (le nombre de ménages appartenant à chaque type de ménages dans notre cas). Ainsi, lorsque normalisé, cet indice varie de 0, lorsque tous les objets appartiennent à une seule classe (concentration maximale), à 1 lorsque les objets sont répartis uniformément dans toutes les classes.

3.5.2 Évolution de l'entropie à travers les régions

Pour chaque région (typique OD), l'entropie de la composition de la population de ménages est estimée et sa variation analysée à travers le temps.

La Figure 3.26 présente l'évolution de l'indice d'entropie normalisée de la composition de la population de ménages pour les 8 régions (à travers le temps). Le Centre-Ville se distingue clairement des autres régions d'une part en raison de son plus faible indice d'entropie, révélant une concentration plus forte autour de certains types de ménages et d'autre part en raison de la rupture de tendance observée en 2008 et 2013, tel qu'on pouvait l'anticiper à la lumière des analyses précédentes. Il est clair que des analyses plus approfondies devront être faites pour comprendre si cette rupture est réelle ou liée à un biais d'échantillonnage qui n'est pas corrigé

par une pondération tenant compte de la taille des ménages. Aussi, les indices d'entropie pour les autres régions sont plutôt élevés, indiquant que la composition en types de ménages se rapproche d'une distribution uniforme à travers les différents types. Conséquemment, la région ne semble pas avoir de corrélation pertinente avec la composition de la population de ménages.

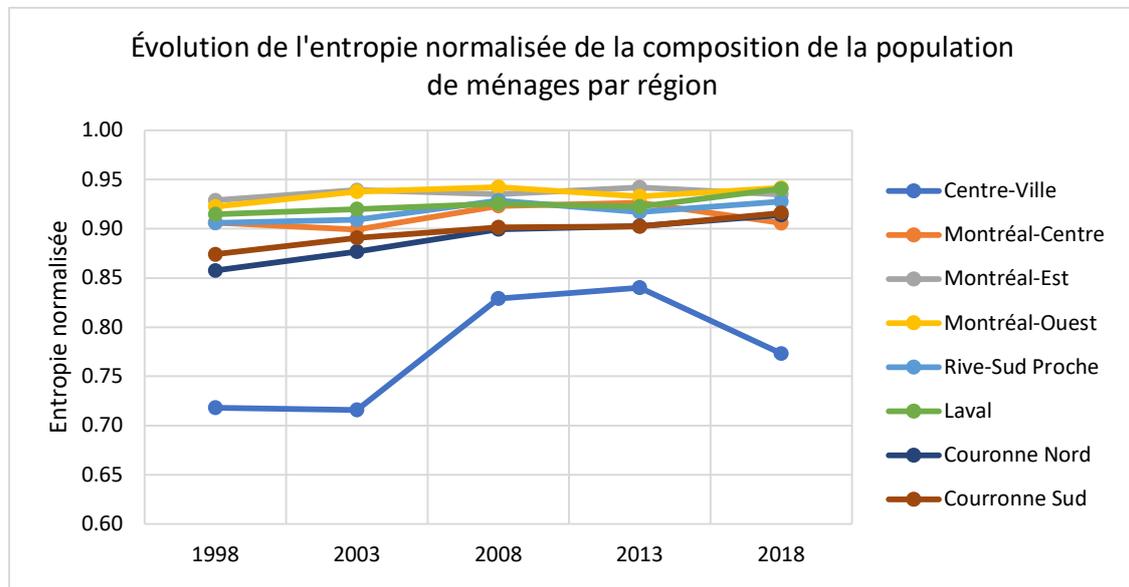


Figure 3.26. Évolution de l'entropie normalisée de la composition de la population de ménages par région

3.5.3 Évolution de l'entropie à travers les types de secteur (TS)

La Figure 3.27 présente l'évolution de l'indice d'entropie normalisée de la composition de la population de ménages pour les 6 types de secteurs TS (à travers le temps). Excluant 2008 et 2013, les indices d'entropie normalisés sont plus distribués, certains types de secteur présentant des indices plus faibles, indiquant une concentration plus forte autour de certains types de ménages (TS6, TS2 et même TS3). Cette typologie semble a priori plus adaptée pour agir comme potentielle variable explicative de la composition de ménages. Elle a aussi l'avantage de permettre aux secteurs d'évoluer contrairement aux régions qui seront constantes peu importe les transformations qui surviennent.

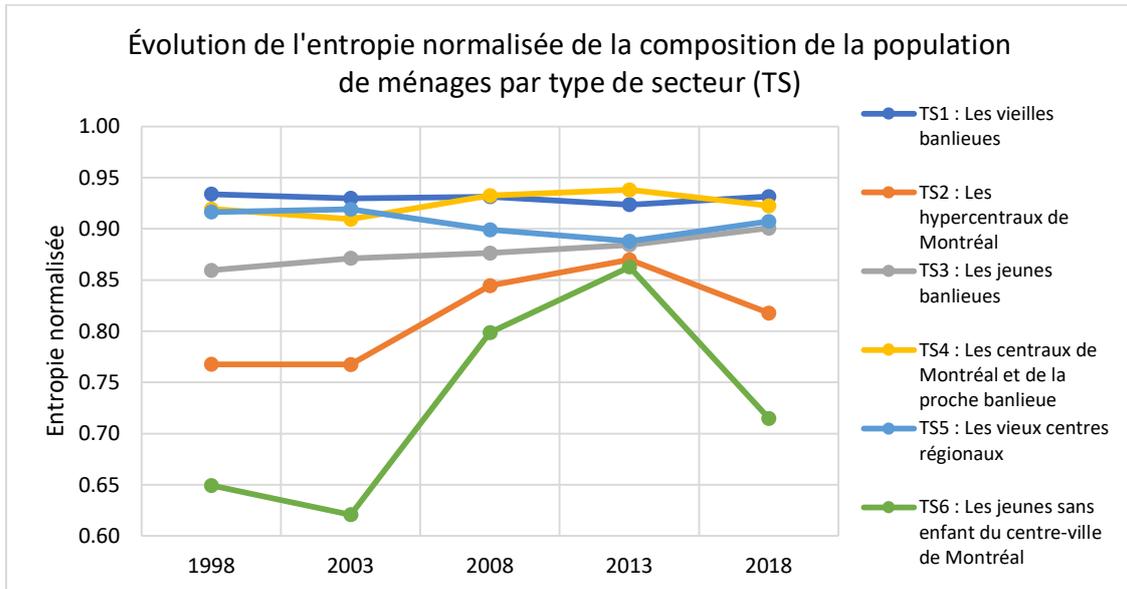


Figure 3.27. Évolution de l'entropie normalisée de la composition de la population de ménages par type de secteur (TS)

3.5.4 Constats

Pour mieux comprendre les fluctuations dans les indices d'entropies normalisés, un tableau présentant les valeurs moyennes ainsi que le coefficient de variation est proposé (Tableau 3-4).

Tableau 3-4. Comparaison de la variabilité de l'indice d'entropie à travers le temps pour les deux découpages

Régions	Entropie normalisée moyenne	Coefficient de variation	TS	Entropie normalisée moyenne	Coefficient de variation
R1	0,78	7,6%	TS ₁	0,93	0,4%
R2	0,91	1,3%	TS ₂	0,81	5,6%
R3	0,94	0,5%	TS ₃	0,88	1,8%
R4	0,94	0,9%	TS ₄	0,92	1,2%
R5	0,92	1,1%	TS ₅	0,91	1,4%
R6	0,92	1,1%	TS ₆	0,73	13,9%
R7	0,89	2,5%			
R8	0,90	1,7%			

4 T₃ – Appartenance des personnes aux types de ménages

Cette tâche vise à comprendre les tendances d'appartenance des personnes aux différents types de ménages et à proposer des approches permettant d'attribuer à chaque personne « projetée », un type de ménage en tenant compte de ses propriétés démographiques (différentes combinaisons de genre et âge) et de son lieu de résidence.

4.1 Analyse des tendances d'appartenance des personnes aux différents types de ménage TM

Pour soutenir le développement d'une approche de modélisation permettant d'attribuer à chaque personne de la population projetée (sur la base des prévisions démographiques utilisées comme intrant dans la procédure de modélisation du MTQ), il est nécessaire de comprendre les patrons d'appartenance des personnes aux différents types TM. En effet, il sera nécessaire d'identifier des segments de population ayant des probabilités similaires d'appartenir aux différents types de ménages pour simplifier la procédure d'allocation tout en assurant sa pertinence. Les analyses ci-dessous sont donc un préambule à la formulation d'une telle approche. Les différents graphiques qui suivent présentent donc la part des personnes de chaque cohorte d'âge et genre qui appartiennent aux différents types de ménage. L'objectif de ceux-ci est d'observer si ces parts évoluent à travers le temps et si l'âge et le genre sont des variables pertinentes pour différencier les probabilités d'appartenir à différents types de ménages. D'un point de vue modélisation, il est évidemment plus simple de prédire l'appartenance d'une personne à un type de ménage lorsqu'un fort pourcentage de ce « type de personne » appartient au même type. De façon générale, les différences entre les hommes et les femmes semblent être assez constantes à travers le temps bien qu'une certaine variabilité puisse être observée selon les types de ménages.

- La Figure 4.1 présente la part de chaque cohorte et genre qui appartient aux ménages de type TM1 et ce, à travers les années. Les parts sont relativement constantes à travers le temps et plutôt élevées pour les 60 à 69 ans, particulièrement chez les femmes. Le Tableau 4-1 permet d'observer si les pourcentages d'appartenance ont significativement changé à travers le temps ainsi que si les pourcentages sont significativement différents entre les hommes et les femmes. Les évolutions importantes couvrent donc les 55-79 ans et les différences H vs F sont significatives pour toutes les cohortes entre 50 et 79 ans excluant les 65-69 ans et ce, pour toutes les années.
- La Figure 4.2 présente les pourcentages d'appartenance à TM2 selon l'âge et le genre. Il est clair que seules ces deux variables sont insuffisantes pour prédire clairement l'appartenance à un type de ménage et que le lieu de ménage sera utile. Les pourcentages sont principalement sous 10% avec des valeurs plus élevées pour les cohortes de 15-24 ans et 55-69 ans. Le Tableau 4-2, met en évidence l'hétérogénéité de l'appartenance à ce type de ménage avec des différences H vs F significatives entre 25 et 69 ans.
- La Figure 4.3 présente les pourcentages d'appartenance à TM3 par genre et âge. Les pourcentages, bien que moins élevés que pour TM1, sont tout de même plus concentrés et élevés, approchant 50% (en 2018) pour les 25-29 ans, hommes et femmes. Les pourcentages sont par ailleurs élevés autour des 20-39 ans. Le Tableau 4-3 qui met en évidence les différences significatives à travers le temps et entre genre confirme l'évolution des pourcentages à travers le temps.

- Pour TM4 (Figure 4.4 et Tableau 4-4), les pourcentages sont les plus importants pour les 60-64 ans et les 80 ans et plus. Pour 2018, il y a aussi une petite pointe pour les 25-29 ans, hommes et femmes.
- La Figure 4.5 présente les pourcentages d'appartenance à TM5 et clairement ce type de ménage est facilement associé aux 75 ans et plus pour lesquels les proportions dépassent 80%. Le Tableau 4-5 mets en évidence les transformations significatives qui portent sur les 65 ans et plus.
- Les pourcentages d'appartenance à TM6 sont présentés à la Figure 4.6. Les jeunes (moins de 15 ans) ont de forts pourcentages d'appartenance à ce type (dépassant 90%) ainsi que les 35-44 ans. Le Tableau 4-6 indique qu'il y a des changements significatifs d'appartenance à ce type de ménage grosso modo pour les moins de 50 ans.
- La Figure 4.7 présente les pourcentages d'appartenance à TM7. De façon évidente, on observe une baisse du pourcentage de 2003 à 2018 pour les cohortes ayant les plus fortes appartenances à ce type de ménage. Ce sont les 50-59 ans qui ont les pourcentages les plus élevés, autour de 30% (moins clair pour les femmes mais similaire). Les transformations dans l'appartenance sont mises en évidence au Tableau 4-7.
- Finalement, les pourcentages d'appartenance à TM8 sont présentés à la Figure 4.8. On observe une distribution de type bimodal pour chaque genre avec des pourcentages élevés pour les jeunes de 15 à 24 ans et les adultes de 45 à 59 ans. On observe beaucoup de cohortes avec des changements significatifs entre les deux dernières enquêtes, hommes et femmes (Tableau 4-8), parmi plusieurs autres évolutions.

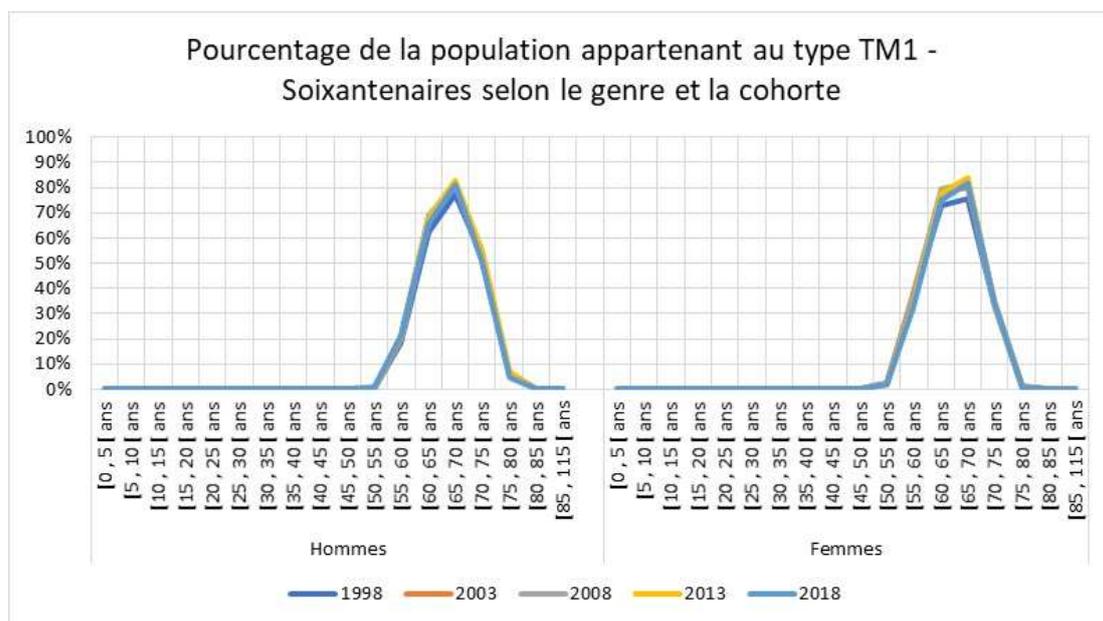


Figure 4.1 Pourcentage de la population appartenant au type TM1 selon le genre et la cohorte

Tableau 4-1 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM1 (rouge = différence significative)

Différences statistiques : type TM1 - Soixanténaires		Cohortes																	
		[0, 5 [ans	[5, 10 [ans	[10, 15 [ans	[15, 20 [ans	[20, 25 [ans	[25, 30 [ans	[30, 35 [ans	[35, 40 [ans	[40, 45 [ans	[45, 50 [ans	[50, 55 [ans	[55, 60 [ans	[60, 65 [ans	[65, 70 [ans	[70, 75 [ans	[75, 80 [ans	[80, 85 [ans	[85, 115 [ans
Hommes	1998 VS 2003																		
	2003 VS 2008																		
	2008 VS 2013																		
	2013 VS 2018																		
Femmes	1998 VS 2003																		
	2003 VS 2008																		
	2008 VS 2013																		
	2013 VS 2018																		
H VS F	1998																		
	2003																		
	2008																		
	2013																		
	2018																		

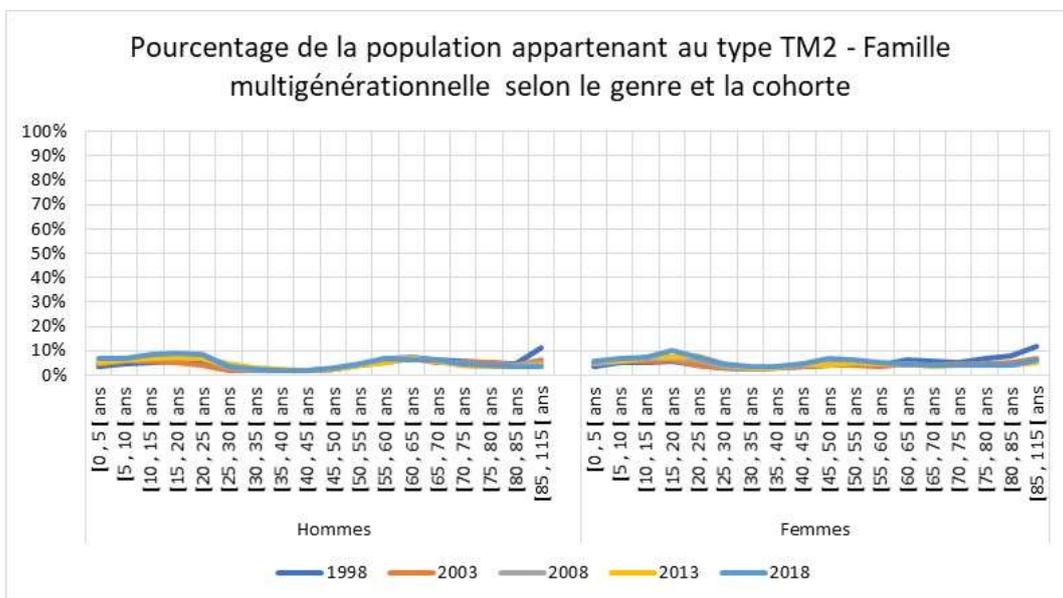


Figure 4.2 Pourcentage de la population appartenant au type TM2 selon le genre et la cohorte

Tableau 4-4 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM4 (rouge = différence significative)

Différences statistiques : type TM4 - Adultes et personnes âgées		Différences																	
		[0, 5 [ans	[5, 10 [ans	[10, 15 [ans	[15, 20 [ans	[20, 25 [ans	[25, 30 [ans	[30, 35 [ans	[35, 40 [ans	[40, 45 [ans	[45, 50 [ans	[50, 55 [ans	[55, 60 [ans	[60, 65 [ans	[65, 70 [ans	[70, 75 [ans	[75, 80 [ans	[80, 85 [ans	[85, 115 [ans
Hommes	1998 VS 2003																		
	2003 VS 2008																		
	2008 VS 2013																		
	2013 VS 2018																		
Femmes	1998 VS 2003																		
	2003 VS 2008																		
	2008 VS 2013																		
	2013 VS 2018																		
H VS F	1998																		
	2003																		
	2008																		
	2013																		
	2018																		

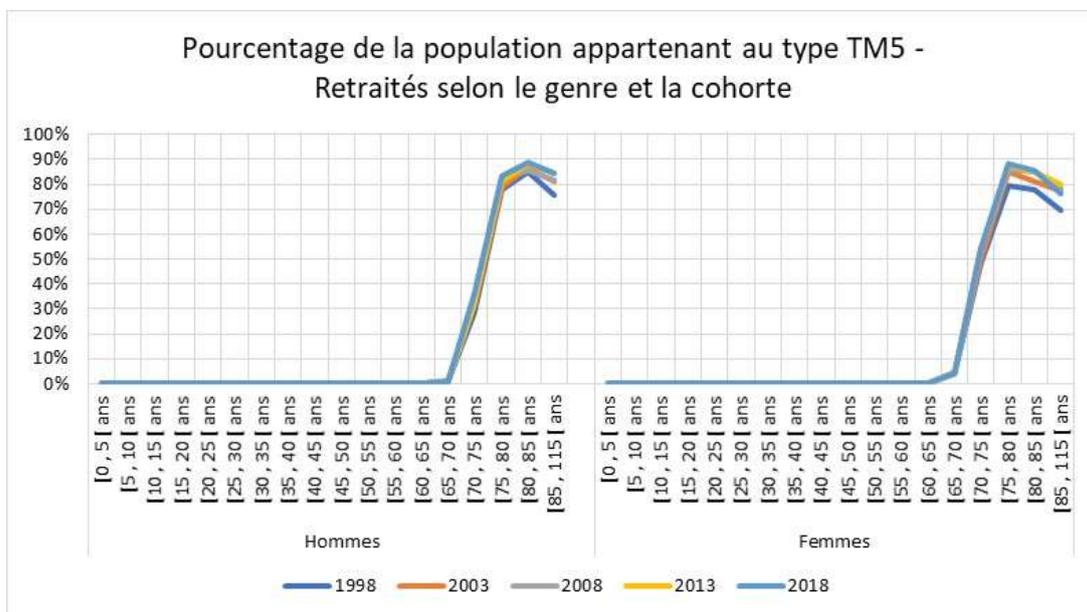


Figure 4.5 Pourcentage de la population appartenant au type TM5 selon le genre et la cohorte

Tableau 4-6 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM6 (rouge = différence significative)

Différences statistiques : type TM6 - Très jeunes familles		Différences statistiques : type TM6 - Très jeunes familles																	
		[0, 5 [ans	[5, 10 [ans	[10, 15 [ans	[15, 20 [ans	[20, 25 [ans	[25, 30 [ans	[30, 35 [ans	[35, 40 [ans	[40, 45 [ans	[45, 50 [ans	[50, 55 [ans	[55, 60 [ans	[60, 65 [ans	[65, 70 [ans	[70, 75 [ans	[75, 80 [ans	[80, 85 [ans	[85, 115 [ans
Hommes	1998 VS 2003																		
	2003 VS 2008																		
	2008 VS 2013																		
	2013 VS 2018																		
Femmes	1998 VS 2003																		
	2003 VS 2008																		
	2008 VS 2013																		
	2013 VS 2018																		
H VS F	1998																		
	2003																		
	2008																		
	2013																		
	2018																		

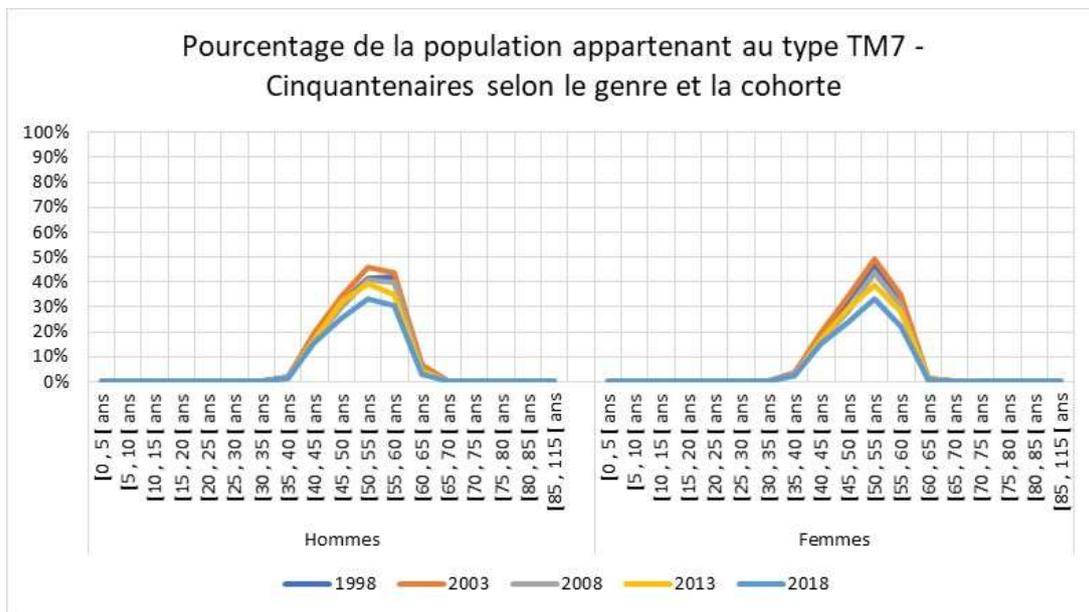


Figure 4.7 Pourcentage de la population appartenant au type TM7 selon le genre et la cohorte

Tableau 4-7 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM7 (rouge = différence significative)

Différences statistiques : type TM7 - Cinquantenaires		Cohortes																	
		[0, 5 [ans	[5, 10 [ans	[10, 15 [ans	[15, 20 [ans	[20, 25 [ans	[25, 30 [ans	[30, 35 [ans	[35, 40 [ans	[40, 45 [ans	[45, 50 [ans	[50, 55 [ans	[55, 60 [ans	[60, 65 [ans	[65, 70 [ans	[70, 75 [ans	[75, 80 [ans	[80, 85 [ans	[85, 115 [ans
Hommes	1998 VS 2003																		
	2003 VS 2008																		
	2008 VS 2013																		
	2013 VS 2018																		
Femmes	1998 VS 2003																		
	2003 VS 2008																		
	2008 VS 2013																		
	2013 VS 2018																		
H VS F	1998																		
	2003																		
	2008																		
	2013																		
	2018																		

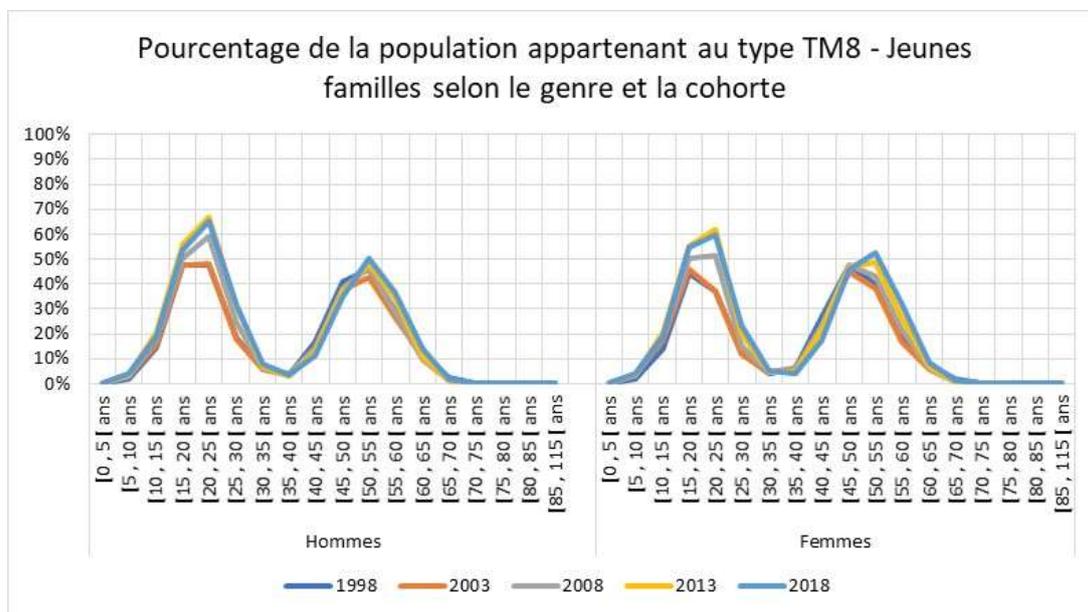


Figure 4.8 Pourcentage de la population appartenant au type TM8 selon le genre et la cohorte

Tableau 4-8 Différences statistiquement significatives de la répartition de la population appartenant au type TM8 (rouge = différence significative)

Différences statistiques : type TM8 - Jeunes familles		[0, 5 [ans	[5, 10 [ans	[10, 15 [ans	[15, 20 [ans	[20, 25 [ans	[25, 30 [ans	[30, 35 [ans	[35, 40 [ans	[40, 45 [ans	[45, 50 [ans	[50, 55 [ans	[55, 60 [ans	[60, 65 [ans	[65, 70 [ans	[70, 75 [ans	[75, 80 [ans	[80, 85 [ans	[85, 115 [ans
		Hommes	1998 VS 2003																
2003 VS 2008																			
2008 VS 2013																			
2013 VS 2018																			
Femmes	1998 VS 2003																		
	2003 VS 2008																		
	2008 VS 2013																		
	2013 VS 2018																		
H VS F	1998																		
	2003																		
	2008																		
	2013																		
	2018																		

4.2 Analyse croisée TM et taille de ménage, par âge et genre

Pour poursuivre l'analyse encore plus en avant, et sous l'hypothèse qu'il est possible d'envisager n'utiliser que la plus récente enquête pour développer le modèle d'allocation, une analyse croisée de l'appartenance aux différents types de ménages par âge et genre mais enrichie de l'information sur la taille du ménage d'appartenance est conduite. Pour tous les types de ménage TM, des graphiques présentant la répartition des tailles de ménages, pour chaque combinaison de genre et cohorte où certaines personnes appartiennent au type de ménage d'intérêt sont présentés.

- La Figure 4.9 porte sur TM1. On observe qu'une majorité d'hommes appartenant à TM1 sont dans des ménages de 2 personnes alors que du côté des femmes, c'est aussi le cas mais de façon moins nette et que les femmes plus âgées appartiennent davantage à des ménages de 3 personnes.
- Pour TM2 (Figure 4.10), on observe une plus grande variabilité des tailles de ménage. Pour les groupes d'âge plus présents dans ce type de ménage, il y a une répartition plutôt équivalente dans les ménages de 4 personnes et 5 personnes et plus mais on observe aussi une part importante de ménage de 3 personnes, particulièrement du côté des cohortes plus âgées.
- La Figure 4.11 présente le cas de TM3. On observe qu'une majorité de personnes des cohortes les plus présentes dans ce type de ménages est dans des ménages de 2 personnes puis 1 personne.

- Pour TM4 (Figure 4.12), ce sont surtout des ménages de 3 personnes et 2 personnes qui sont observés, les patrons étant similaires entre les hommes et les femmes sauf pour les cohortes les plus âgées pour lesquelles la part de femmes dans des ménages de 2 personnes est plus élevée que chez les hommes.
- La Figure 4.13 porte sur les ménages de type TM5. Pour les hommes, ce sont plutôt des ménages de deux personnes qui sont observés alors que pour les femmes, la part de ménages d'une personne augmente avec l'âge.
- Pour TM6 (Figure 4.14), ce sont les ménages de grande taille (4 personnes et 5 personnes et plus) qui ont les plus grandes parts.
- La Figure 4.15, qui porte sur TM7, montre une majorité de ménages de 2 personnes, suivie de près par les ménages d'une personne.
- Finalement, la Figure 4.16, pour TM8, montre des parts importantes de ménage de 3 et 4 personnes.

Ces graphiques indiquent bien que le TM et la taille des ménages sont des variables permettant de caractériser les ménages de façon complémentaire.

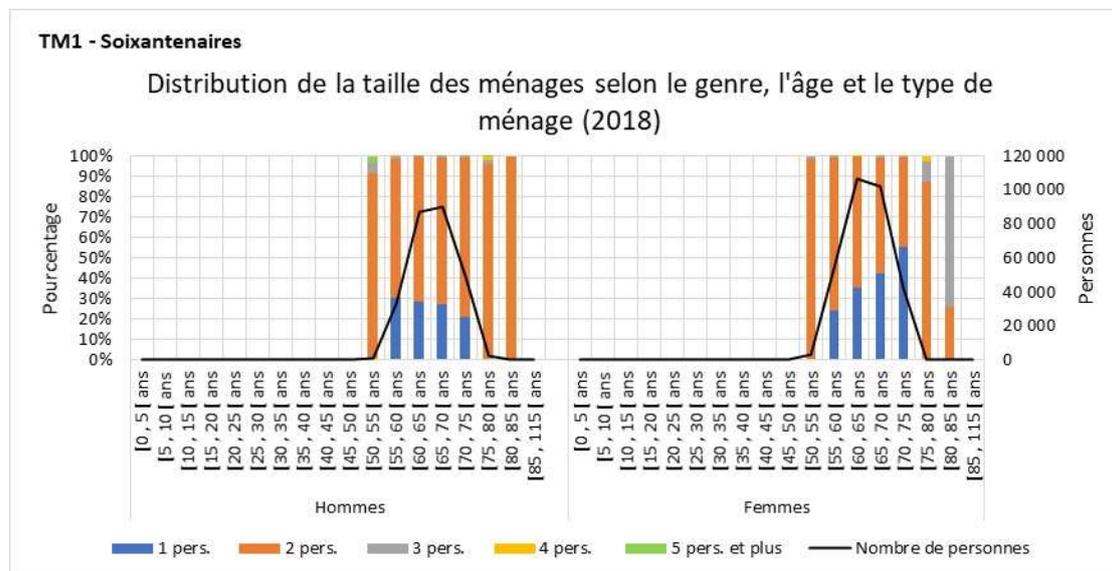


Figure 4.9 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM1 - Soixanténaires

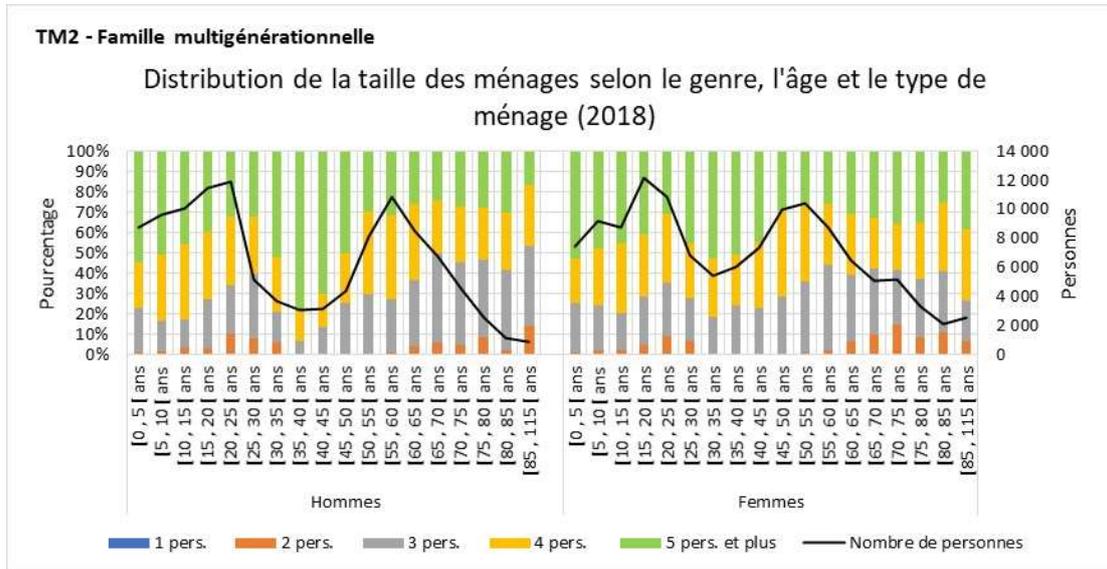


Figure 4.10 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM2 - Famille multigénérationnelle

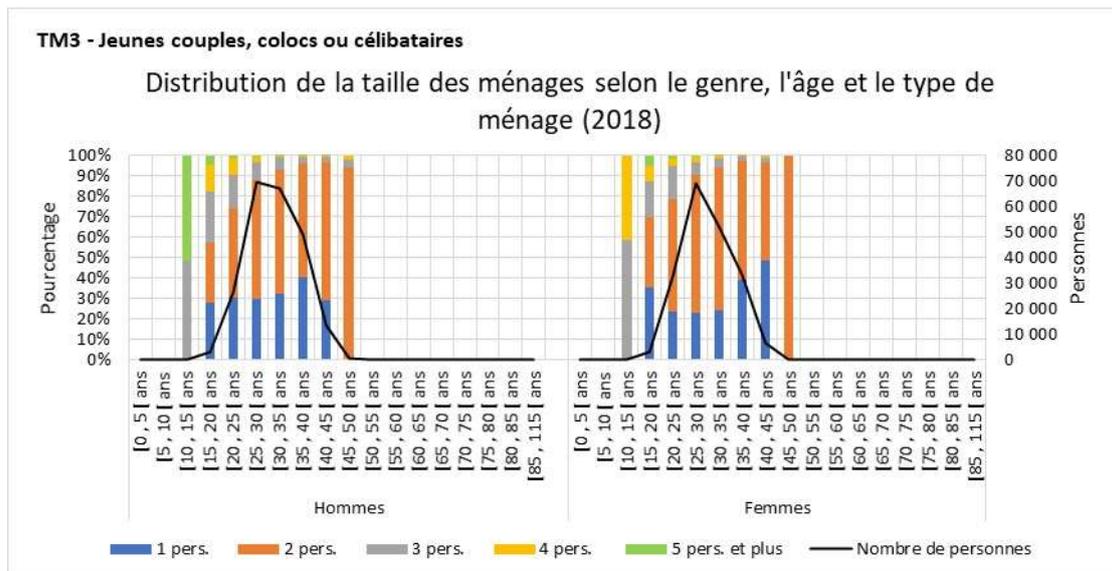


Figure 4.11 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM3 - Jeunes couples, colocs ou célibataires

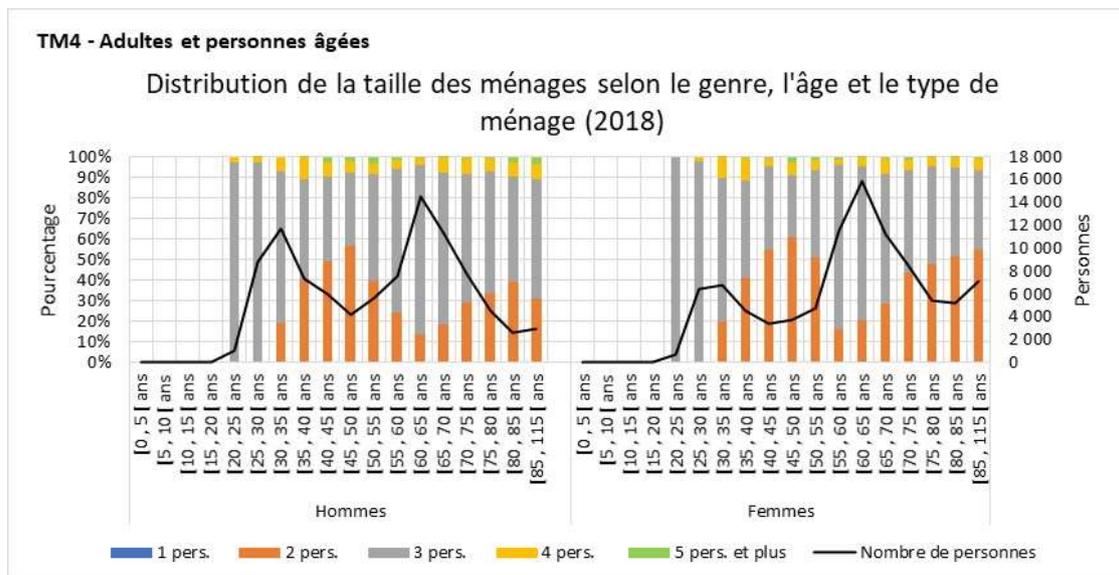


Figure 4.12 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM4 - Adultes et personnes âgées

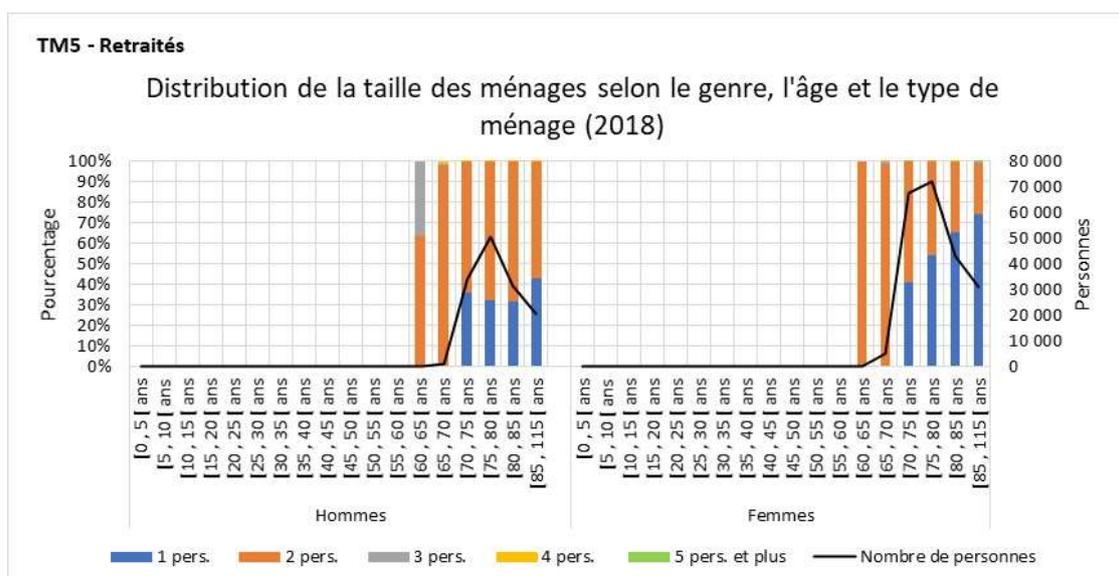


Figure 4.13 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM5 - Retraités

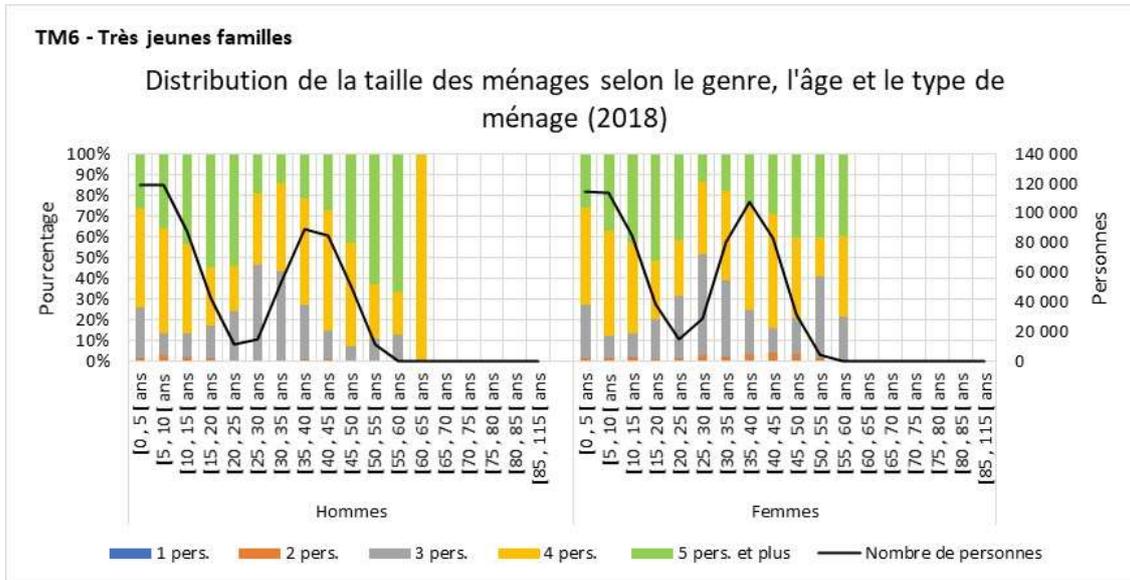


Figure 4.14 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM6 - Très jeunes familles

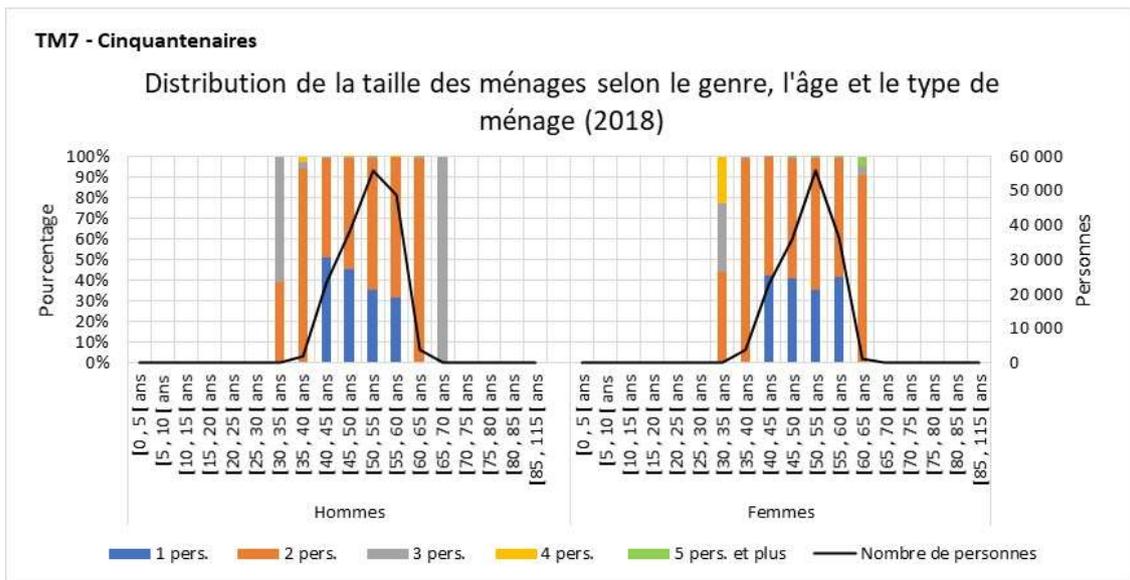


Figure 4.15 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM7 - Cinquantenaires

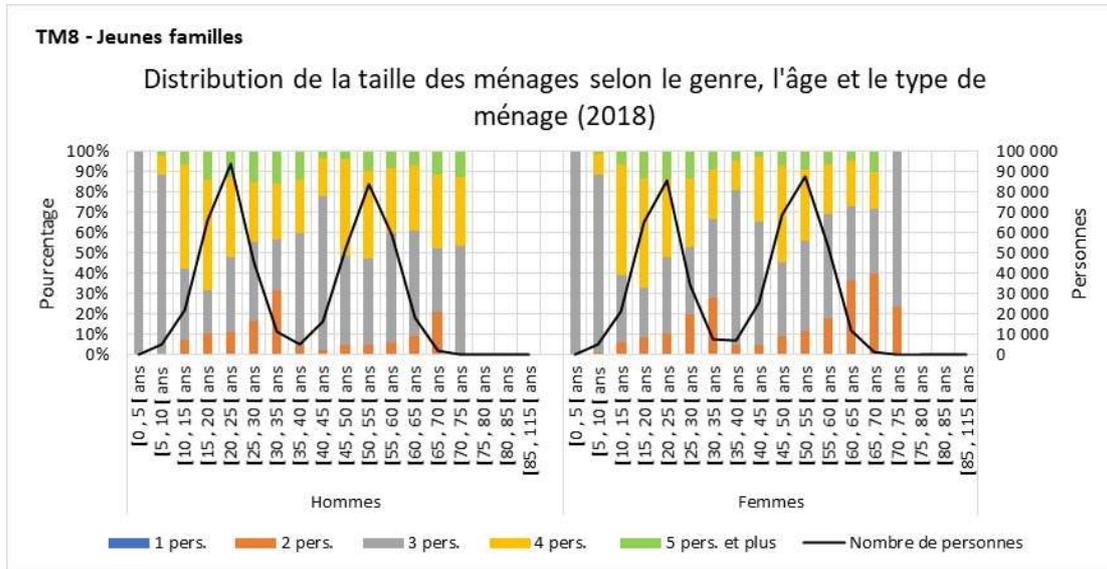


Figure 4.16 Distribution de la taille des ménages selon le genre, l'âge et le type de ménage (2018) - TM8 - Jeunes familles

La Figure 4.17 présente une analyse similaire sous une autre forme. En effet, toujours pour l'année 2018, les tailles moyennes de ménage ont été estimées pour chaque combinaison de genre et âge ainsi que par type de ménage. Ce graphique permet d'observer que pour une même combinaison d'âge et genre, la taille du ménage variera selon le TM, que deux TM peuvent être associés à une même taille de ménage et que la taille moyenne d'un TM peut varier selon la combinaison de genre et âge.

Figure 4.9

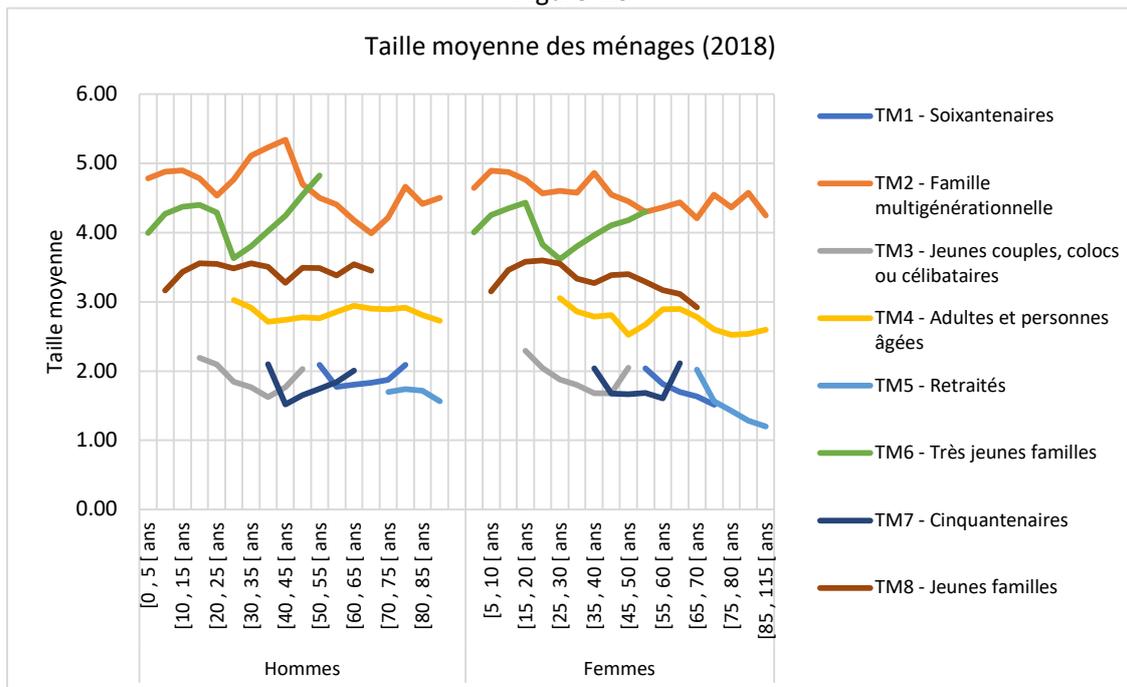


Figure 4.17 Taille moyenne des ménages d'appartenance selon le genre, l'âge et le type de ménage TM (2018)

4.3 Approches de modélisation

Trois types d'approche peuvent être envisagées pour attribuer un type de ménage à chaque personne :

- **Arbres de décision.** Comme le type de ménage est une variable catégorielle (on compte 8 types de ménages), il est possible d'utiliser un arbre de décision pour prédire l'appartenance à un type de ménage.
- **Modèle multinomial logit.** Les données de type catégorielle se prêtent aussi bien à l'estimation d'un modèle de type logit multinomial. Celui-ci peut être utilisé pour simuler l'appartenance à un type de ménage. Cette approche a d'ailleurs été illustrée dans les travaux de Fabre (2018).
- **Simulation basée sur les distributions observées ou modélisées.** Il est aussi possible de procéder par simulation pour attribuer un type de ménage sur la base de distributions observées ou modélisées. C'est cette approche qui est notamment utilisée dans certains modèles d'activités pour attribuer des fréquences d'activités à certains types de personnes.

Dans tous les cas, il faut identifier les variables pertinentes à considérer notamment l'âge (pour différents groupes d'âge), le genre (homme ou femme) et le type de secteur (ou autre variable décrivant le lieu de résidence). De façon exhaustive, il est possible de considérer 18 groupes d'âge (de 0 à 85 ans et plus par tranche de 5 ans), deux genres et 6 types de secteur (ou 8 régions), ce qui mène à un nombre beaucoup trop important de variables à inclure dans un quelconque modèle. En outre, il est possible que certaines de ces variables soient trop corrélées entre elles.

Les arbres de régression et les modèles de type multinomial logit sont expérimentés dans le cadre de ce projet mais il serait pertinent d'envisager l'expérimentation d'approches par simulation pour pouvoir comparer les résultats obtenus des trois approches.

4.4 Arbres de régression pour l'identification des variables clés

Des arbres de régression sont construits en vue de mettre en relief les variables les plus importantes associées à l'appartenance à un type de ménage et évaluer leur potentiel dans l'allocation d'un type de ménage à chaque personne, donc dans une perspective de prévision.

4.4.1 Concept d'arbre de décision

L'arbre de décision est un modèle de classification dont la popularité est grandement due à sa simplicité. L'objectif est de produire des groupes d'individus les plus homogènes possibles du point de vue de la variable à prédire (Rakotomalala, 2005)¹. L'arbre représente graphiquement les critères de classification identifiés comme étant les plus significatifs. La méthode CART (Classification And Regression Tree), proposé par Breiman, Friedman, Ohlsen et Stone (1984)², permet de construire un arbre de décision par division binaire à chaque noeud. Appropriée pour l'analyse de variables catégorielles, cette méthode n'impose pas de règle d'arrêt et fournit l'arbre

¹ RAKOTOMALALA, R. (2005). Arbres de Décisions. Revue MODULAD, No. 33, pp. 163-187.

² BREIMAN, L., FRIEDMAN, J. H., OLSHEN R. A., STONE, C. J. (1984) *Classification and Regression Trees*. Wadsworth.

le plus complet possible, tendant vers des feuilles pures. L'arbre de décision est composé de branches et de feuilles. À partir du sommet, les branches mènent aux feuilles, qui sont le niveau terminal de chacune des branches. Le niveau de pureté d'une feuille représente la mixité des valeurs possibles de la variable à prédire pour les observations classifiées dans cette branche. Une feuille où 100% des observations appartiendraient à la même classe (variable à prédire) serait une feuille pure. Chaque nouvelle branche tend à augmenter la pureté des feuilles.

Les données d'entrée préparées pour la construction des arbres de décision sont des données désagrégées de personnes pour lesquelles l'âge, le genre et le type de secteur de résidence sont indiquées. Le Tableau 4-9 montre un exemple de données qui ont été utilisées pour construire les arbres de décision.

Tableau 4-9 Échantillon de données utilisées pour construire les arbres de décision

Feuillet	Âge	Genre*	Type de ménage (TM)	Type de secteur (TS)
870 939	48	1	TM2	1
101 073	17	1	TM1	4
101 073	19	2	TM1	4

* 1=masculin, 2 = féminin

Dans un premier temps, les personnes sont séparées en deux ensembles de données : un ensemble de données d'entraînement et un ensemble de données de validation. L'ensemble de données d'entraînement, qui contient 80 % des personnes de l'échantillon, tirées aléatoirement, est utilisé pour construire l'arbre. Le 20 % restant, qui n'est pas utilisé pour la construction de l'arbre est ensuite utilisé afin de prédire l'appartenance à un type de ménage en fonction de l'arbre construit.

4.4.2 Arbres de décision mono-enquête

Un arbre de décision est d'abord construit pour chaque enquête du lot d'analyse afin d'identifier les variables de classification les plus pertinentes pour chacune. Les cinq figures qui suivent en présentent les résultats : 1998 (Figure 4.18), 2003 (Figure 4.19), 2008 (Figure 4.20), 2013 (Figure 4.21) et 2018 (Figure 4.22). Puisque certains types de ménage ont un poids très faible dans la population de ménages, l'arbre de décision ne permet pas nécessairement d'en identifier les facteurs déterminants. Il ressort de cette première expérience, que seul l'âge est retenu comme variable permettant d'identifier le type de ménage. TM6 est le type dominant à travers toutes les enquêtes et le second type identifié est TM1 avec un seuil passant de 45 ans pour les deux premières enquêtes à 58 ans pour les trois plus récentes.

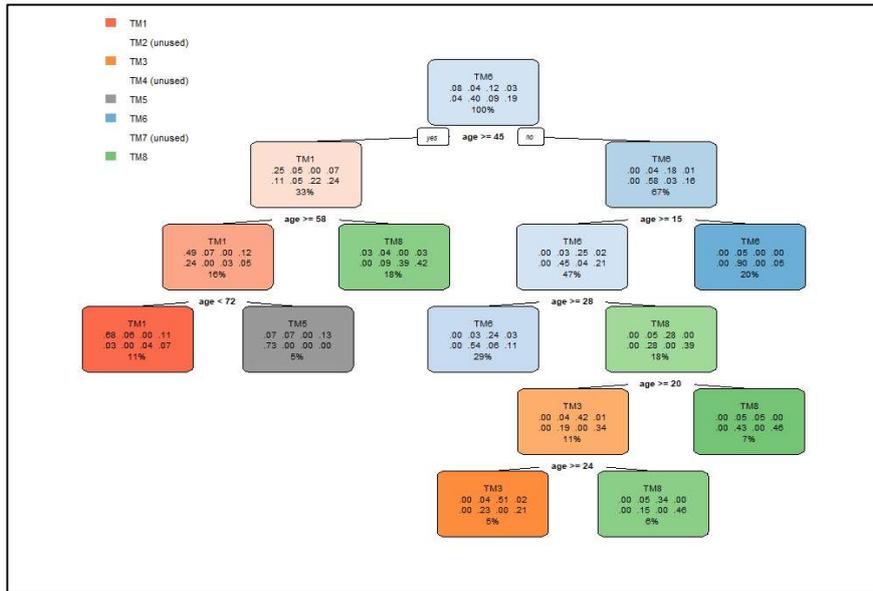


Figure 4.18. Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 1998

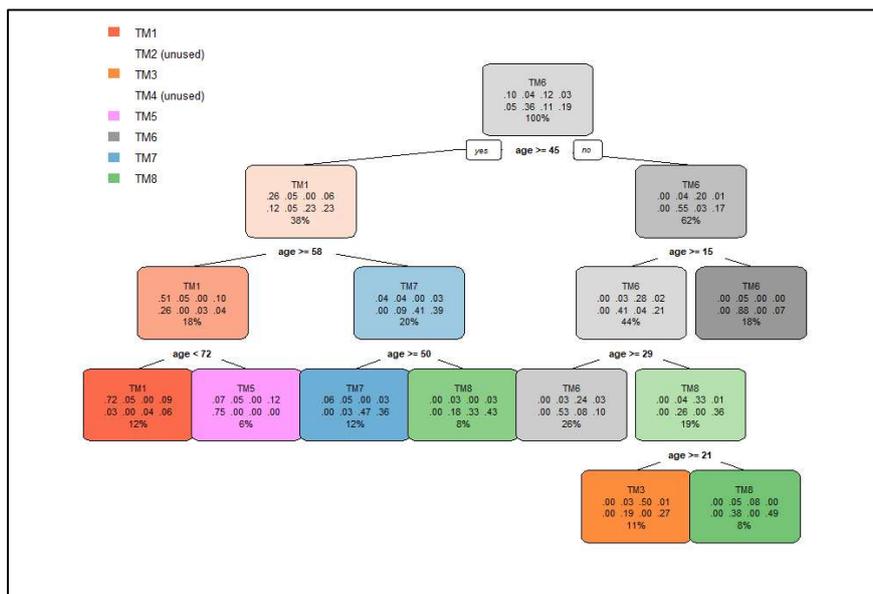


Figure 4.19. Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2003

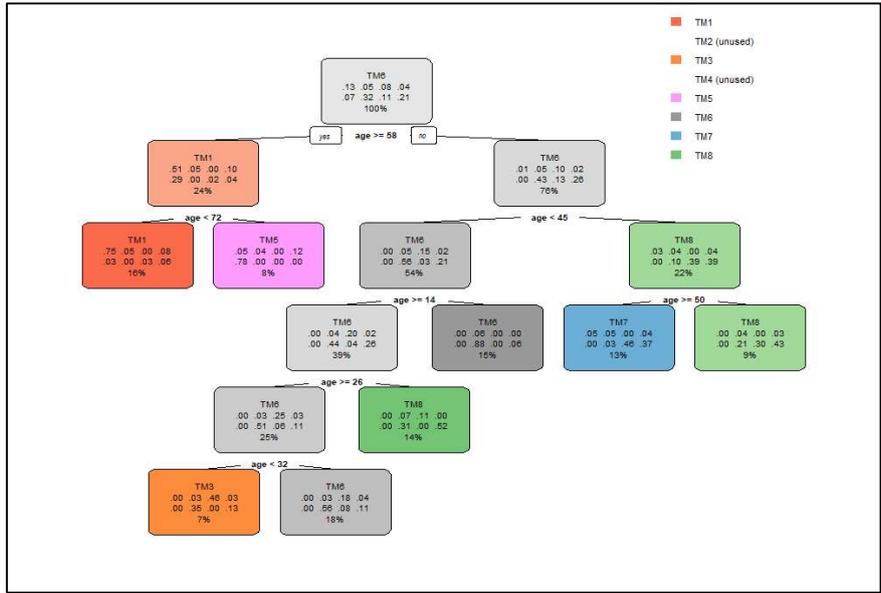


Figure 4.20. Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2008

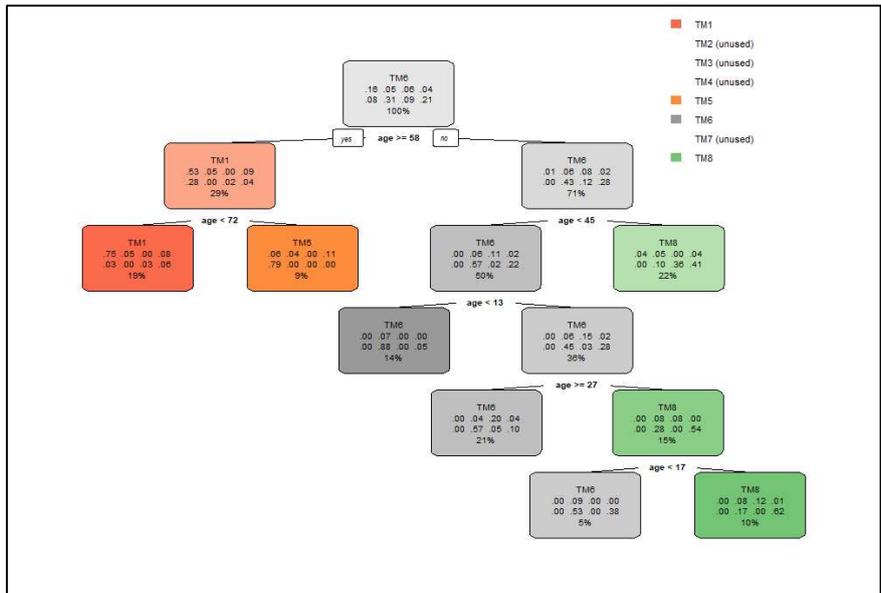


Figure 4.21. Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2013

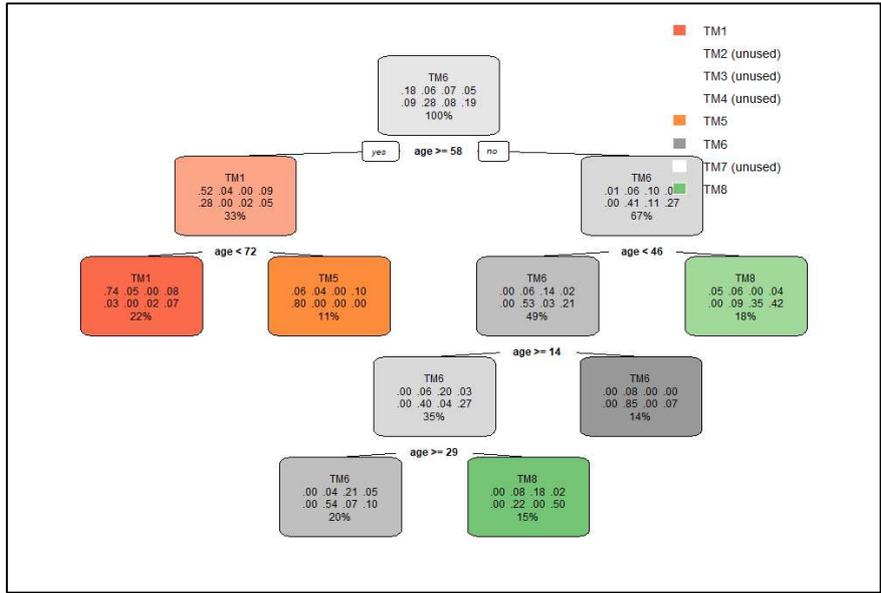


Figure 4.22. Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018

4.4.3 Arbre de décision multi-enquêtes, excluant 2013 et 2008

Un arbre combinant les données de plusieurs enquêtes, à savoir celles de 1998, 2003 et 2018, est ensuite produit. Les enquêtes de 2008 et 2013 sont exclues en raison des enjeux observés aux sections précédentes. C'est donc encore TM6 qui est le type dominant dans les données et la variable d'âge est celle qui est la plus déterminante. Le seuil de 47 ans permet de segmenter entre TM6 (<47 ans) et TM1 (>= 47 ans) puis TM8 bénéficie d'un second seuil d'âge soit <58 ans.

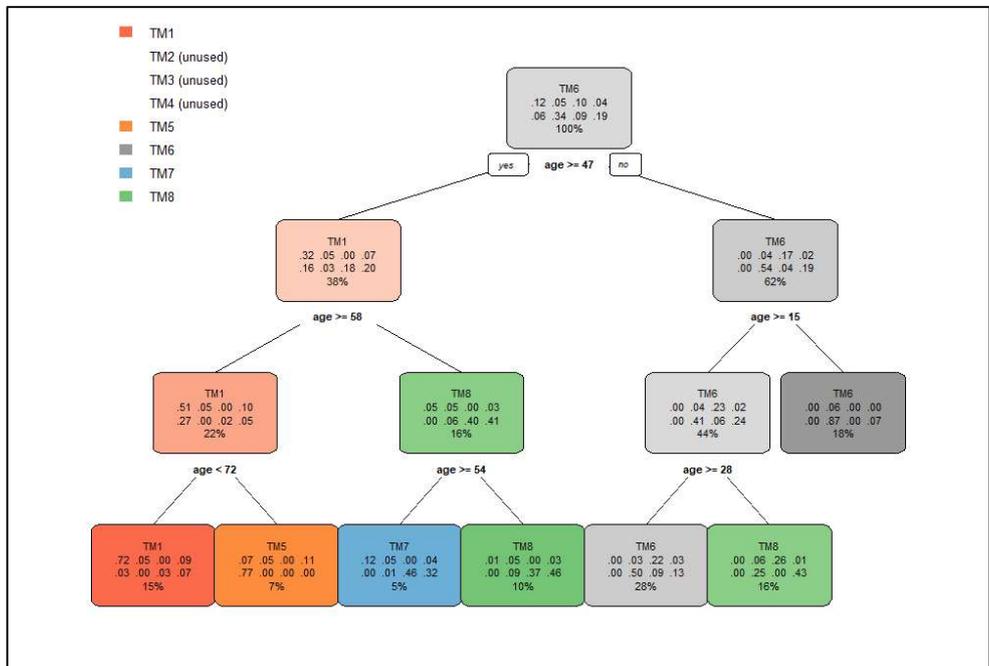


Figure 4.23. Arbre de décision multi-enquêtes pour les enquêtes OD de 1998, 2003 et 2018

4.4.4 Arbres de décision par TS pour 2018

Pour l'enquête OD de 2018, des arbres de décision ont été produits pour chaque type de secteur (TS1 à TS6). Ces arbres sont présentés aux figures suivantes : Figure 4.24 (TS1), Figure 4.25 (TS2), Figure 4.26 (TS3), Figure 4.27 (TS4), Figure 4.28 (TS5) et Figure 4.29 (TS6). L'objectif de ces arbres et de valider si des différences importantes existent ou non entre les variables ayant un impact sur l'appartenance à un type de ménage selon le type de secteur de résidence.

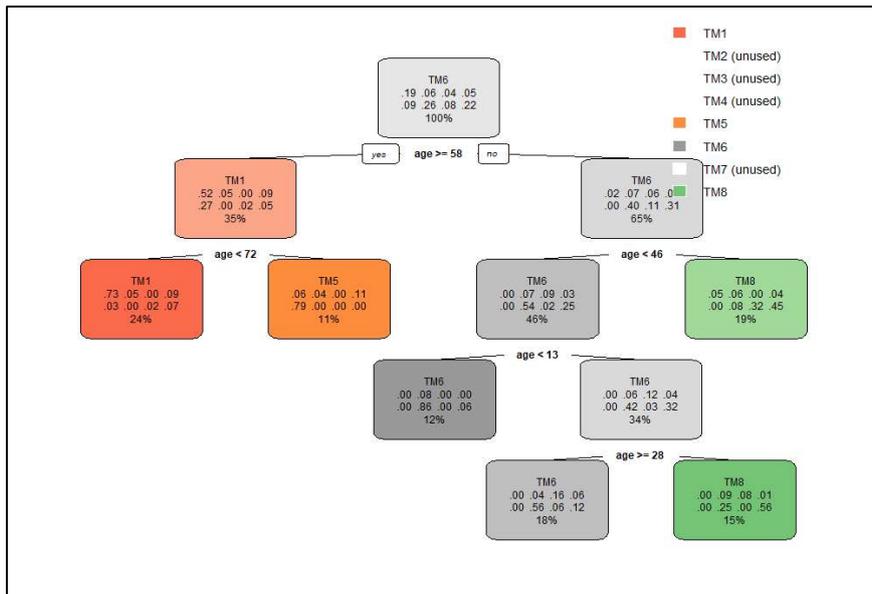


Figure 4.24 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 - TS1

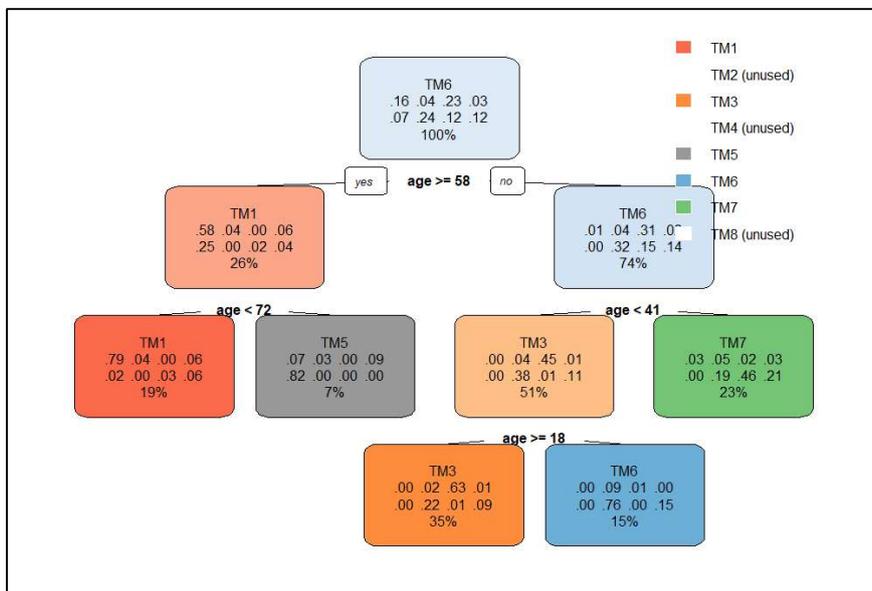


Figure 4.25 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 – TS2

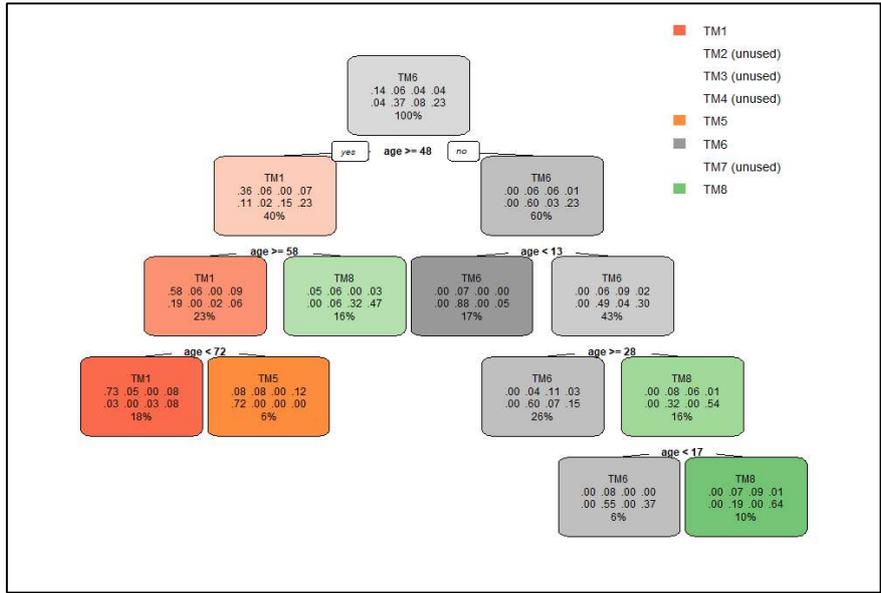


Figure 4.26 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 - TS3

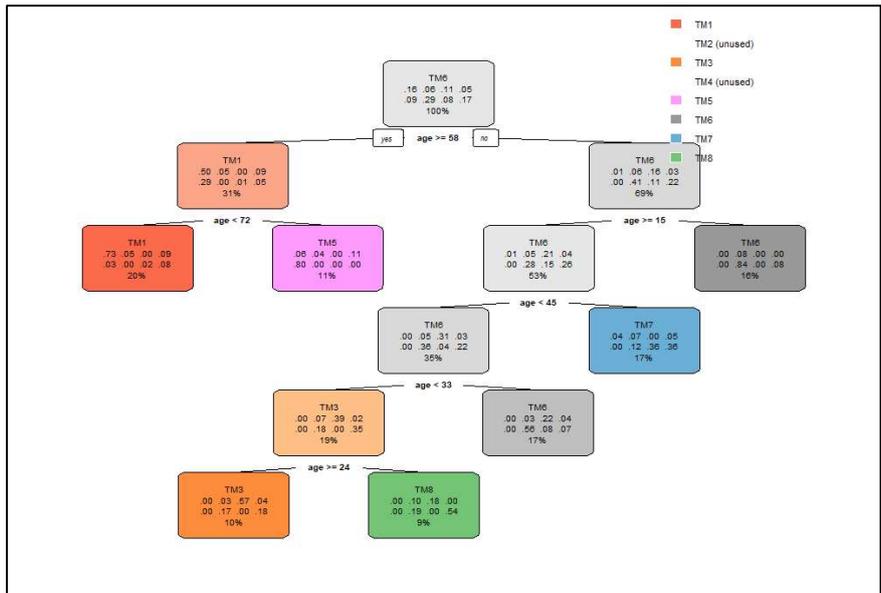


Figure 4.27 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 - TS4

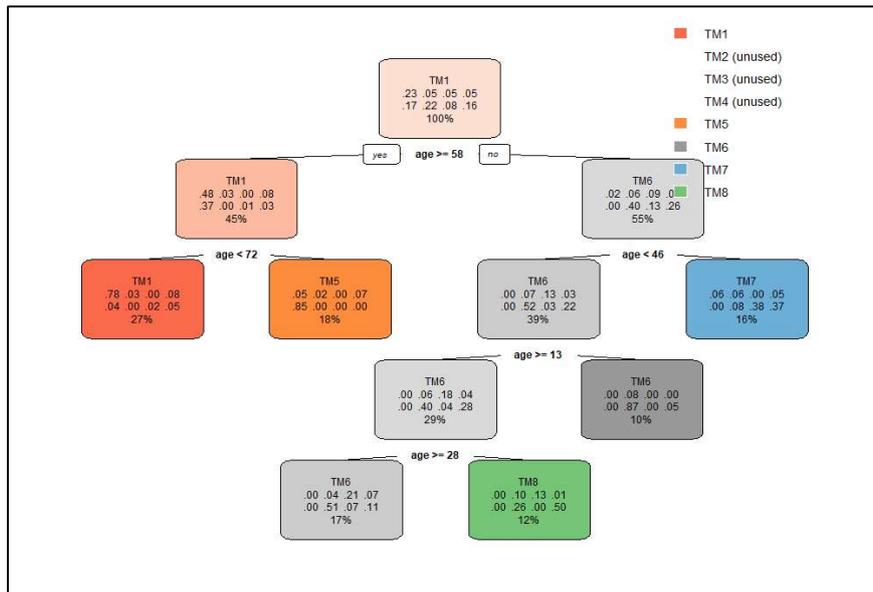


Figure 4.28 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 - TS5

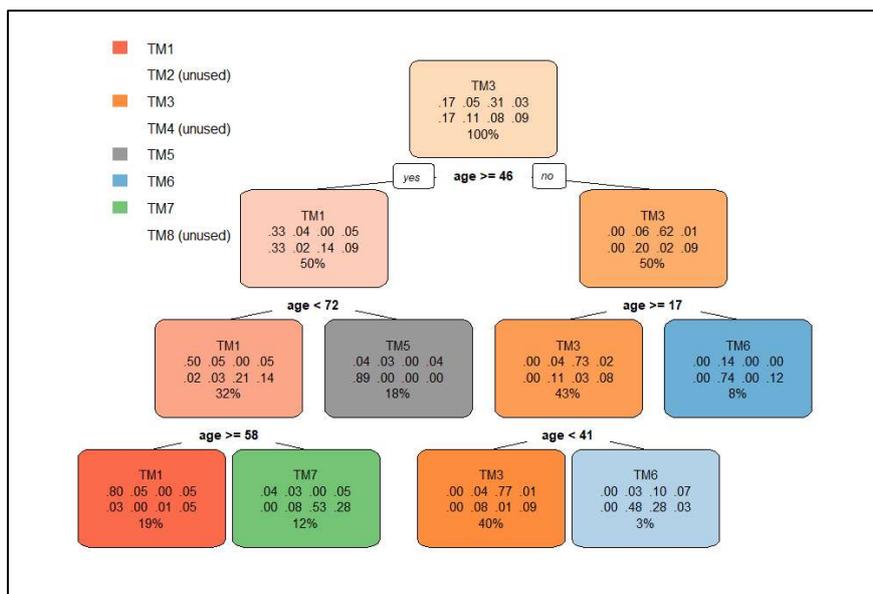


Figure 4.29 Arbre de décision (genre et âge) pour l'enquête OD 2018 - TS6

Puisqu'il n'est pas si simple de faire ressortir les différences et similarités à partir de ces représentations en arborescence, deux éléments synthèse sont préparés. La Figure 4.30 montre un résumé des arbres de décision par TS qui ont été produits, en mettant en évidence les types de ménage que les arbres arrivent à prédire selon les seuils d'âge identifiés. Ainsi, les arbres TS2, TS4, TS6 arrivent à prédire les types de ménage 1, 3, 5, 6 et 7 alors que les arbres TS1, TS3 et TS5 arrivent à prédire les types de ménage 1, 5, 6 et 8. Fait intéressant : les types de ménages 1 (58 à 72 ans) et 5 (72 ans et plus) sont prédits de la même façon par l'ensemble de arbres.

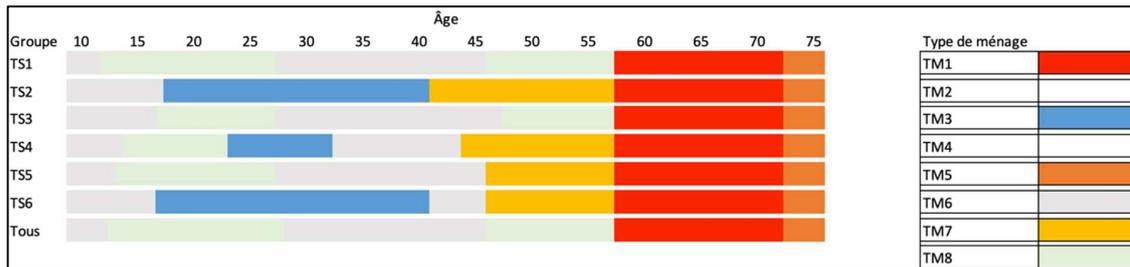


Figure 4.30 Résumé des arbres de décisions par type de secteur (TS) en 2018

Le Tableau 4-10 montre le taux de bonne prédiction des six arbres de TS. Globalement, le taux de bonne prédiction est de 64,6%, ce qui est mieux que le taux de bonne prédiction de l'arbre global de l'enquête OD 2018, qui est de 63,1 %. Il y aurait donc un gain à tenir compte du type de secteur de résidence dans l'application d'un modèle d'appartenance à un type de ménage.

Tableau 4-10. Taux de bonne prédiction des arbres TS1 à TS6

Arbre	Nb correctement prédits	Total	Taux de bonne prédiction
TS1	9607	14938	64,3%
TS2	1924	2875	66,9%
TS3	4350	6667	65,2%
TS4	2489	4119	60,4%
TS5	3727	5664	65,8%
TS6	192	263	73,0%
Total	22289	34526	64,6%

4.5 Modèle multinomial logit

L'utilisation d'une approche par modèle statistique implique la possibilité de faire le calage des coefficients en vue d'un usage pour prévision. Dans le cadre de ce projet, les modèles sont calés uniquement avec les données de 2018. Ainsi, un échantillon de 70% de personnes est tiré aléatoirement pour estimer les modèles présentés ci-dessous et le 30% restant est utilisé pour valider les modèles et analyser les performances de la prévision.

Différents modèles sont estimés ci-dessous.

- MNL1 : un premier modèle est estimé en utilisant uniquement les variables d'âge puisque ce sont celles qui ont été identifiées comme étant les plus déterminantes du TM dans les arbres de régression
- MNL2 : dans ce deuxième modèle, une variable genre est ajoutée pour voir si elle contribue à bonifier les performances globales du modèle

4.5.1 Méthodologie

Le package 'nnet' du logiciel R a été utilisé afin de compiler les modèles. La fonction multinom() est utilisée pour estimer les coefficients et la performance des modèles. Les données entrantes correspondent à une table de personnes comportant le type de ménage ainsi que les variables explicatives. Les modèles ont été estimés avec un échantillon aléatoire de l'enquête OD 2018 correspondant à 70% de l'échantillon de personnes. En plus des coefficients, il est possible

d'extraire les probabilités d'appartenance à chaque type de ménages pour un échantillon de personnes. Les résultats des deux estimations sont présentés ci-dessous.

4.5.2 MNL1 – âge seulement

Puisque dans les arbres de régression, l'âge ressort comme le facteur étant le plus déterminant du type de ménage d'appartenance, un premier modèle s'appuyant uniquement sur l'âge est estimé.

Residual Deviance: 258412.6

AIC: 258552.6

Tableau 4-11 Résultats de la calibration du modèle MNL1 : coefficients

Coefficient	(Intercept)	a_m15	a_15_24	a_25_29	a_30_34	a_35_44	a_45_54	a_55_64	a_65_74	a_75_84	a_85_115
TM2	6.01	7.40	7.42	2.40	1.87	5.57	-4.26	-8.30	-8.76	-5.49	8.16
TM3	0.22	7.64	13.30	10.63	10.33	12.70	-2.42	-13.18	-15.53	-26.25	3.00
TM4	4.89	-3.99	5.03	3.73	3.74	6.82	-3.58	-6.88	-6.99	-3.49	10.50
TM5	0.57	0.65	2.23	-3.14	-1.46	1.90	-9.53	-7.78	-1.65	3.11	16.26
TM6	3.40	12.34	10.83	6.25	7.24	10.97	-0.65	-9.21	-17.78	-13.73	-2.85
TM7	-0.28	2.73	4.44	-0.67	4.82	12.68	3.75	-0.98	-10.58	-14.66	-1.82
TM8	4.12	9.39	11.13	6.19	4.58	8.36	-0.31	-5.22	-8.68	-13.28	-8.04

Tableau 4-12 Résultats de la calibration du modèle MNL1 : erreur standard

Erreur standard	(Intercept)	a_m15	a_15_24	a_25_29	a_30_34	a_35_44	a_45_54	a_55_64	a_65_74	a_75_84	a_85_115
TM2	3.28	17.05	5.66	5.24	4.90	12.38	3.28	3.28	3.28	3.29	5.31
TM3	4.54	17.03	5.96	6.07	5.79	12.62	4.55	7.11	18.96	0.00	15.33
TM4	3.53	20.78	5.65	5.39	5.07	12.45	3.53	3.53	3.53	3.53	5.37
TM5	3.95	19.92	7.49	15.99	7.87	13.07	7.33	3.96	3.95	3.95	5.51
TM6	3.73	17.21	5.95	5.53	5.21	12.51	3.73	3.73	12.21	12.97	0.37
TM7	3.80	17.59	5.85	8.53	5.24	12.36	3.80	3.80	4.28	0.48	0.02
TM8	3.31	17.09	5.71	5.25	4.92	12.40	3.31	3.31	3.31	7.68	0.00

Tableau 4-13 Résultats de la calibration du modèle MNL1 : p-value

p_value	(Intercept)	a_m15	a_15_24	a_25_29	a_30_34	a_35_44	a_45_54	a_55_64	a_65_74	a_75_84	a_85_115
TM2	0.07	0.66	0.19	0.65	0.70	0.65	0.19	0.01	0.01	0.09	0.12
TM3	0.96	0.65	0.03	0.08	0.07	0.31	0.59	0.06	0.41	0.00	0.85
TM4	0.17	0.85	0.37	0.49	0.46	0.58	0.31	0.05	0.05	0.32	0.05
TM5	0.89	0.97	0.77	0.84	0.85	0.88	0.19	0.05	0.68	0.43	0.00
TM6	0.36	0.47	0.07	0.26	0.16	0.38	0.86	0.01	0.15	0.29	0.00
TM7	0.94	0.88	0.45	0.94	0.36	0.30	0.32	0.80	0.01	0.00	0.00
TM8	0.21	0.58	0.05	0.24	0.35	0.50	0.93	0.11	0.01	0.08	0.00

4.5.3 MNL2 : âge et genre

Le second modèle introduit une variable de genre pour évaluer si cela peut contribuer à l'améliorer.

Residual Deviance: 257638.1

AIC: 257792.1

Tableau 4-14 Résultats de la calibration du modèle MNL2 : coefficients

Coefficient	(Intercept)	Femme	Homme	a_m15	a_15_24	a_25_29	a_30_34	a_35_44	a_45_54	a_55_64	a_65_74	a_75_84	a_85_115
TM2	4.55	2.18	2.37	6.88	3.78	6.48	4.20	4.79	-5.05	-9.12	-9.60	-6.30	8.48
TM3	2.10	0.78	1.33	5.05	7.51	12.53	10.49	9.82	-4.98	-14.22	-15.57	-11.94	3.41
TM4	3.90	1.87	2.03	-2.74	1.33	7.61	5.89	5.90	-4.51	-7.83	-7.96	-4.47	10.69
TM5	-3.17	-1.41	-1.76	6.84	5.84	-42.26	-9.47	6.23	-2.91	-2.29	3.67	8.44	22.73
TM6	3.13	1.40	1.73	11.33	6.72	9.83	9.05	9.73	-1.87	-10.45	-17.69	-12.41	-1.11
TM7	0.38	0.02	0.36	-0.34	-1.34	3.54	6.82	11.90	2.97	-1.84	-13.19	-10.43	2.30
TM8	2.00	0.85	1.15	10.80	9.44	12.16	8.82	9.53	0.90	-4.09	-7.56	-12.11	-25.89

Tableau 4-15 Résultats de la calibration du modèle MNL2 : erreur standard

Erreur standard	(Intercept)	Femme	Homme	a_m15	a_15_24	a_25_29	a_30_34	a_35_44	a_45_54	a_55_64	a_65_74	a_75_84	a_85_115
TM2	2.27	1.14	1.14	3.70	6.13	1.59	16.30	12.23	3.41	3.41	3.41	3.41	9.14
TM3	2.37	1.18	1.18	3.82	6.22	1.81	16.33	12.27	3.56	4.14	5.57	6.68	10.76
TM4	2.29	1.15	1.15	5.41	6.15	1.64	16.30	12.23	3.44	3.44	3.44	3.44	9.15
TM5	1.95	0.98	0.98	7.94	6.48	0.00	0.00	13.07	4.30	2.94	2.93	2.93	9.12
TM6	2.90	1.45	1.45	4.61	6.71	3.02	16.52	12.52	4.36	4.36	7.24	5.51	26.78
TM7	3.72	1.86	1.86	16.99	10.82	6.54	16.85	12.98	5.58	5.58	7.35	11.28	37.09
TM8	2.27	1.13	1.13	3.60	6.13	1.33	16.27	12.23	3.41	3.40	3.41	7.54	0.00

Tableau 4-16 Résultats de la calibration du modèle MNL2 : p-value

a_value	(Intercept)	Femme	Homme	a_m15	a_15_24	a_25_29	a_30_34	a_35_44	a_45_54	a_55_64	a_65_74	a_75_84	a_85_115
TM2	0.05	0.05	0.04	0.06	0.54	0.00	0.80	0.70	0.14	0.01	0.00	0.06	0.35
TM3	0.37	0.51	0.26	0.19	0.23	0.00	0.52	0.42	0.16	0.00	0.01	0.07	0.75
TM4	0.09	0.10	0.08	0.61	0.83	0.00	0.72	0.63	0.19	0.02	0.02	0.19	0.24
TM5	0.10	0.15	0.07	0.39	0.37	0.00	0.00	0.63	0.50	0.44	0.21	0.00	0.01
TM6	0.28	0.33	0.23	0.01	0.32	0.00	0.58	0.44	0.67	0.02	0.01	0.02	0.97
TM7	0.92	0.99	0.84	0.98	0.90	0.59	0.69	0.36	0.59	0.74	0.07	0.36	0.95
TM8	0.38	0.45	0.31	0.00	0.12	0.00	0.59	0.44	0.79	0.23	0.03	0.11	0.00

4.5.4 Analyse des résidus des modèles

La matrice de confusion permet de mieux discuter des résultats des deux modèles en mettant en évidence le taux de réussite dans l'allocation du type de ménage observé.

Le Tableau 4-17 présente la matrice de confusion pour le modèle MNL1 et le Tableau 4-18 présente celle du modèle MNL2. La diagonale correspond aux bonnes prédictions. Conformément à ce qui était observé avec les arbres de régression, certains types de ménages sont plus facile à prédire que d'autres soit les ménages TM1, TM5 et TM6 (cas pour les deux modèles). On observe en outre de fortes confusions du modèle entre les types TM2 et TM6 (deux types familiaux), TM3 et TM6 ainsi que TM7 et TM8 (cinquantenaires vs jeunes familles). Évidemment, il ne faut pas négliger qu'une attribution aléatoire se traduirait par des parts de 100/8 donc 12.5%. Dans ce contexte, ce sont les TM2 et TM4 qui sont les plus problématiques, leur taux de succès étant nettement sous ce seuil. Il convient néanmoins de rappeler que ce sont des types ayant des poids beaucoup plus faibles dans la population.

Dans un contexte où les comportements seront simulés, ceci ne sera pas problématique puisqu'il s'agit plutôt d'assurer une représentation adéquate des différents types de ménages dans la population. Sinon, il s'agira plutôt de conserver le type de ménage des clones et de procéder à la migration de certains ménages vers un type voisin pour être en cohérence avec les proportions projetées.

Tableau 4-17 Matrice de confusion – MNL1

MNL1		Choix prédit							
		TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
Choix observé	TM1	59%	5%	0%	8%	11%	0%	8%	10%
	TM2	16%	6%	6%	4%	6%	31%	8%	23%
	TM3	0%	4%	31%	4%	0%	37%	2%	22%
	TM4	29%	4%	7%	7%	19%	12%	9%	13%
	TM5	22%	4%	0%	10%	64%	0%	0%	0%
	TM6	0%	7%	9%	2%	0%	62%	5%	16%
	TM7	17%	5%	2%	5%	0%	16%	23%	31%
	TM8	9%	7%	8%	3%	0%	22%	13%	38%

Tableau 4-18 Matrice de confusion – MNL1

MNL2		Choix prédit							
		TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
Choix observé	TM1	58%	5%	0%	8%	11%	0%	8%	10%
	TM2	16%	7%	5%	4%	7%	31%	8%	23%
	TM3	0%	4%	30%	5%	0%	37%	2%	22%
	TM4	29%	4%	7%	7%	20%	11%	9%	13%
	TM5	22%	4%	0%	9%	65%	0%	0%	0%
	TM6	0%	6%	9%	2%	0%	62%	5%	16%
	TM7	18%	5%	2%	5%	0%	16%	23%	31%
	TM8	9%	7%	8%	3%	0%	22%	13%	38%

En outre, la spatialisation des ménages bien et mal prédits ne laisse percevoir aucun patron clair. Une analyse de corrélation spatiale pourrait être conduite pour valider ceci.

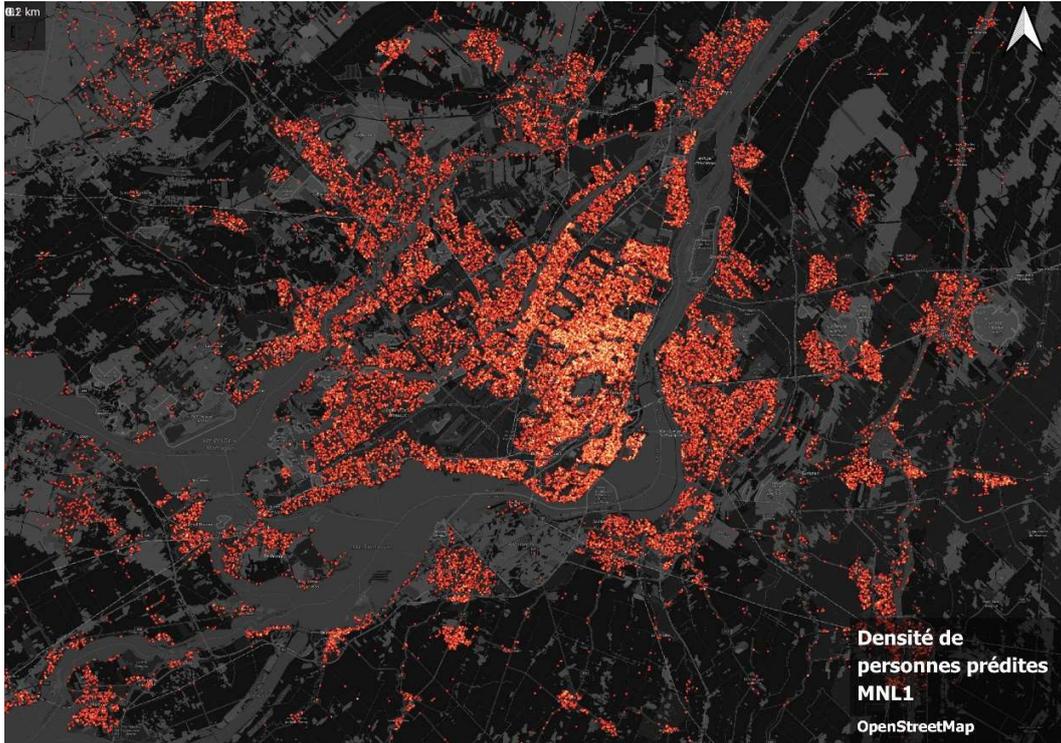


Figure 4.31 Densité de personnes prédites pour le modèle MNL1

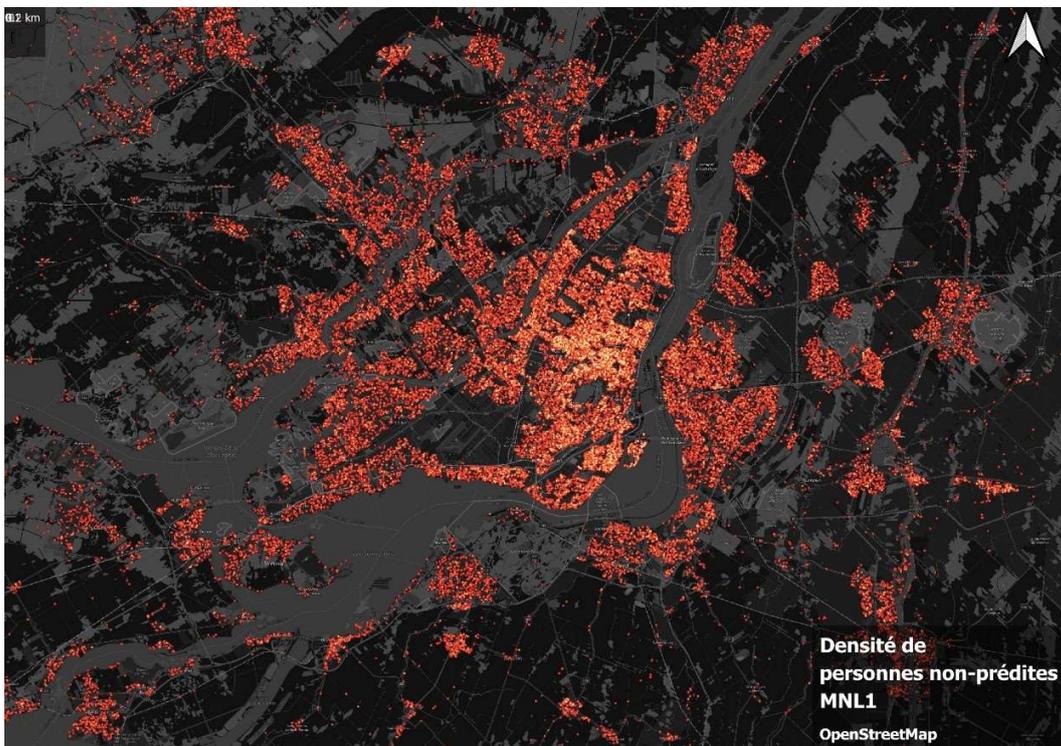


Figure 4.32 Densité de personnes non-prédites pour le modèle MNL1

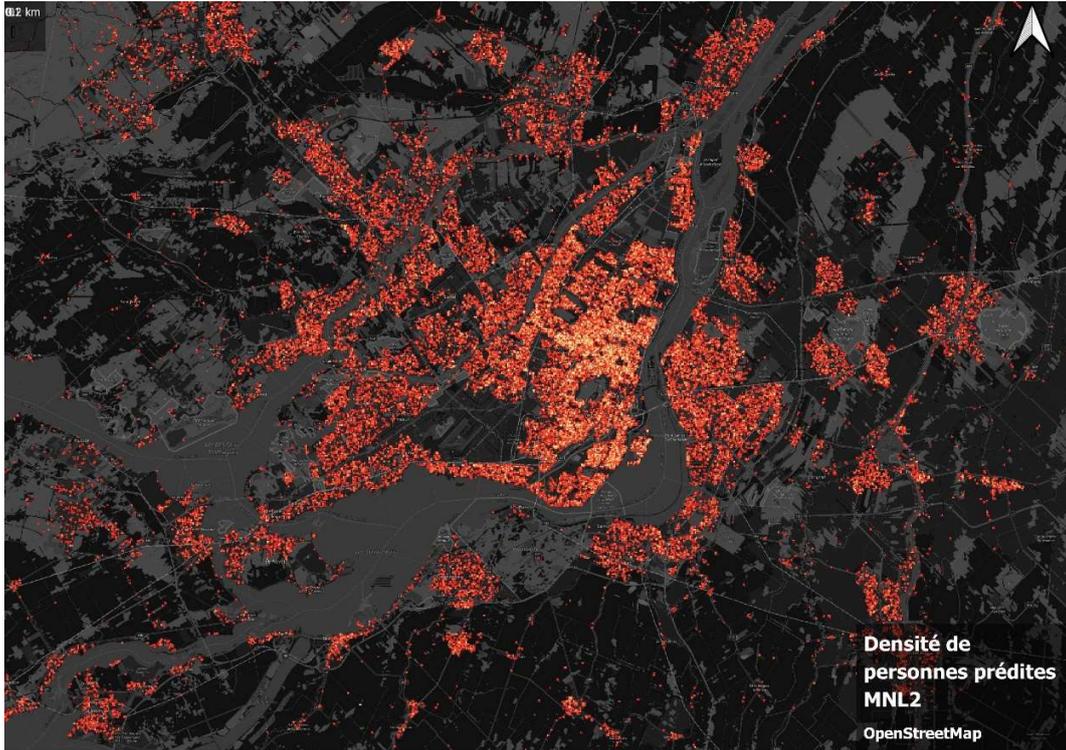


Figure 4.33 Densité de personnes prédites pour le modèle MNL2

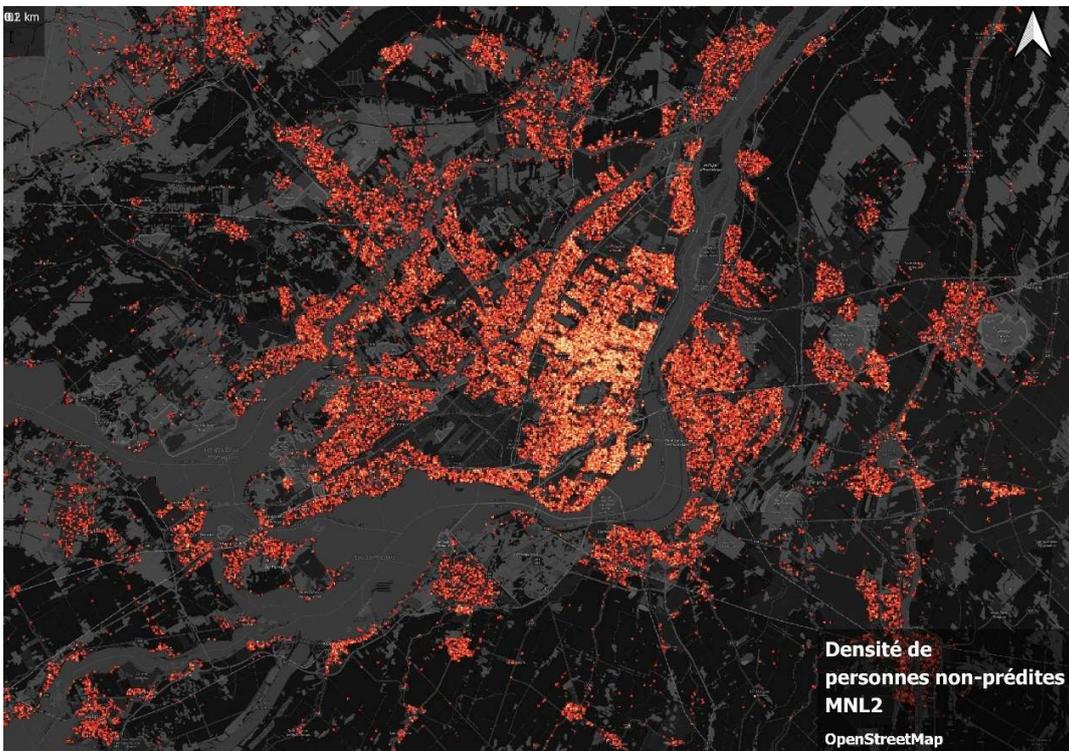


Figure 4.34 Densité de personnes non-prédites pour le modèle MNL2

4.6 Perspectives de bonification

Plusieurs expérimentations pourraient être conduites pour bonifier l'approche d'allocation d'un type de ménage à chaque personne (ou du moins pour valider quelle est la meilleure approche).

4.6.1 MNL avec prise en compte des transformations temporelles

Pour tenir compte de l'évolution des probabilités d'appartenance aux différents types de ménage à travers le temps, il serait possible d'inclure une variable temporelle. Cette variable peut prendre plusieurs formes mais a priori, il s'agirait d'inclure le nombre d'années écoulées depuis l'année de l'enquête initiale utilisée. Comme la typologie de ménages a été estimée avec les données de 1998 à 2018, il est possible de repartir de 1998 pour tenir compte de la transformation des probabilités d'appartenance aux types de ménage. Il faudra valider si la transformation peut être correctement prise en compte par une telle variable continue et aussi évaluer si des variables d'interaction doivent être considérées.

4.6.2 Approche par simulation

L'attribution d'un type de ménage pourrait aussi s'inspirer de la stratégie utilisée pour attribuer des programmes d'activités à certains types de personne tel que fait dans certains modèles d'activités. Ainsi, des distributions fréquentielles d'appartenance aux différents types de ménages sont construites pour des segments de population (par exemple toute combinaison de cohorte, genre et TS) et utilisées pour attribuer une probabilité à chaque personne de la population synthétique. Cette approche sous-entend que les proportions observées dans l'année de référence (2018 dans ce cas-ci) sont applicables aux années horizons, comme c'est le cas avec l'approche par MNL présentée précédemment. Il serait aussi possible de modéliser ces distributions (caler une fonction qui représente correctement la distribution fréquentielle pour chaque année) pour différentes années et de tenter de projeter les coefficients de ces modèles.

Dans tous les cas, l'objectif visé est de permettre d'attribuer à chaque personne synthétisée un type de ménage.

5 T₄ – Population projetée de ménages

Pour chaque enquête, il est possible d’observer la part des ménages qui appartiennent à chaque type précédemment identifié. Les analyses précédentes ont confirmé que la composition de la population de ménages évolue et c’est cette part qui est d’intérêt pour cette tâche. En effet, il s’agit donc, pour différents territoires, de projeter la part de chaque type de ménages dans la population future de ménages.

5.1 Méthodologie spécifique

Les données de proportion sont des données dites compositionnelles à savoir des données dont le total est constant (100% dans ce cas-ci). La tâche consiste donc à projeter la part de chaque type de ménages dans la population de ménages 2018 en s’appuyant sur les parts observées dans les enquêtes précédentes. Le nombre de ménages composant la population de ménages n’est pas connu à ce stade; seule la population de personnes est connue.

5.1.1 Analyse de données compositionnelles (CoDA)

Les principes de base de l’approche CoDA ont été proposés par Aitchison en 1982³. Il démontre alors que les données de composition ne fournissent de l’information utile au modèle que de manière relative. Cette démonstration suggère donc l’utilisation de ratios ou de log-ratios afin d’analyser des données de composition et développer des transformations de données. Ce type de modèle se base également sur la théorie du simplexe, qui généralise l’utilisation du triangle à n dimensions. En supposant un espace en 2 dimensions où le phénomène observé se segmente en trois parts, la composition (part de chacun des éléments) se retrouvera toujours à l’intérieur du triangle et où la somme de ces trois parts donnera 100%. Ainsi, tel qu’illustré à la Figure 5.1, toutes les combinaisons possibles de valeurs de T_i se retrouveront à l’intérieur du triangle tel que $T_1+T_2+T_3 = 100$.

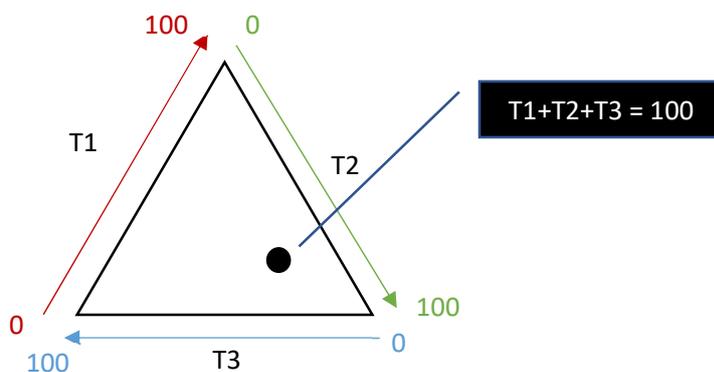


Figure 5.1 Illustration d'un espace à 2 dimensions segmenté en trois parts

L'estimation de valeurs à l'intérieur de cet espace à n dimensions permet de modéliser plus facilement les tendances et assure la cohérence des résultats. Une transformation logarithmique additive ALR (additive log-ratio) est donc utilisée afin de représenter le phénomène. En supposant

³ Aitchison J. The statistical analysis of compositional data. J. R. Stat. Soc. Ser. B. 1982;44:139–160. doi: 10.1111/j.2517-6161.1982.tb01195.x

que l'on désire modéliser le type de ménage (TM₁ à TM₈), cette transformation se traduit comme suit avec comme référence le type de ménage TM_j :

$$ALR_j = \left(\log \frac{TM_1}{TM_j}, \log \frac{TM_2}{TM_j}, \dots, \log \frac{TM_8}{TM_j}, \right)$$

L'hypothèse sous-jacente à ce type de modèle est que les logarithmes du ratio (Y) entre les parts de deux types de ménages évoluent de façon linéaire.

$$Y = \text{Log} \left(\frac{TM_i}{TM_j} \right) = a \times H + b$$

Où H représente le nombre d'années depuis la première observation, i et j représentent deux types de ménages distincts et a et b les coefficients de la régression.

À partir des coefficients obtenus, l'interpolation du modèle à n'importe quel horizon est donc possible. Après quelques manipulations mathématiques, il est possible d'isoler le ratio.

$$\left(\frac{TM_i}{TM_j} \right) = 10^{a \times H' + b}$$

Où H' représente le nombre d'années entre l'horizon souhaité et la première observation (1998 dans le cadre de cette étude).

Cependant, il y a deux inconnus (TM_i à TM_j) et une seule équation disponible afin de la résoudre. Il faut donc reproduire les manipulations précédentes afin d'obtenir 7 équations similaires ayant toujours comme référence la composante j. Afin de faciliter la résolution du système d'équations, il a été décidé d'utiliser comme type de ménage de référence le type TM₁. Les équations liées à chacune des transformations sont les suivantes :

$$Y_1 = \text{Log} \left(\frac{TM_2}{TM_1} \right) = a_1 \times H + b_1$$

$$Y_2 = \text{Log} \left(\frac{TM_3}{TM_1} \right) = a_2 \times H + b_2$$

$$Y_3 = \text{Log} \left(\frac{TM_4}{TM_1} \right) = a_3 \times H + b_3$$

$$Y_4 = \text{Log} \left(\frac{TM_5}{TM_1} \right) = a_4 \times H + b_4$$

$$Y_5 = \text{Log} \left(\frac{TM_6}{TM_1} \right) = a_5 \times H + b_5$$

$$Y_6 = \text{Log} \left(\frac{TM_7}{TM_1} \right) = a_6 \times H + b_6$$

$$Y_7 = \text{Log} \left(\frac{TM_8}{TM_1} \right) = a_7 \times H + b_7$$

La dernière équation correspond à la somme des parts des types de ménages qui doit toujours correspondre à 100% pour être en cohérence avec le type de problème à résoudre.

$$TM_1 + TM_2 + TM_3 + TM_4 + TM_5 + TM_6 + TM_7 + TM_8 = 100\%$$

La résolution du système algébrique (8 équations et 8 inconnus) permet d'obtenir les parts de tous les types de ménages pour un horizon H'. La même procédure est ensuite utilisée afin d'obtenir les parts pour un autre horizon H''. Le Tableau 5-1 présente les log-ratios observés des types de ménages, comparativement au type de ménage de référence TM₁, pour les enquêtes de 1998 à 2018 ainsi que les log-ratios projetés pour des horizons de 2023 à 2043.

Tableau 5-1 Log-ratios observés pour chacune des enquêtes et logs-ratios projetés jusqu'à un horizon 2043 sur la base des enquêtes de 1998 à 2018

Année	Log(Tmi/Tm1)							Nombre d'années depuis la première enquête
	Log(Tm2/Tm1)	Log(Tm3/Tm1)	Log(Tm4/Tm1)	Log(Tm5/Tm1)	Log(Tm6/Tm1)	Log(Tm7/Tm1)	Log(Tm8/Tm1)	
1998	-0,76	0,16	-0,63	-0,24	0,25	0,05	0,00	0
2003	-0,82	0,10	-0,73	-0,25	0,14	0,05	-0,06	5
2008	-0,83	-0,12	-0,76	-0,19	0,05	-0,07	-0,09	10
2013	-0,88	-0,29	-0,80	-0,21	-0,06	-0,14	-0,14	15
2018	-0,82	-0,15	-0,80	-0,22	-0,07	-0,28	-0,20	20
2023 projetée	-0,88	-0,36	-0,87	-0,20	-0,19	-0,34	-0,25	25
2028 projetée	-0,90	-0,46	-0,91	-0,19	-0,28	-0,42	-0,30	30
2033 projetée	-0,92	-0,56	-0,95	-0,18	-0,36	-0,51	-0,34	35
2038 projetée	-0,94	-0,66	-0,99	-0,18	-0,44	-0,59	-0,39	40
2043 projetée	-0,96	-0,77	-1,03	-0,17	-0,53	-0,68	-0,44	45

Cette approche a été utilisée pour projeter la composition de la population globalement (pour tout le territoire), d'abord avec toutes les enquêtes puis en excluant les données de 2008 et 2013, pour chaque grande région (toutes enquêtes et en excluant 2008 et 2013) puis par TS (toutes enquêtes et en excluant 2008-2013). C'est cette dernière estimation qui semble la plus pertinente pour utilisation dans une perspective de prévision de la demande de transport.

5.2 Prédiction de la composition globale de la population de ménage à différentes années horizon

Deux prévisions sont d'abord réalisées à l'échelle du territoire global d'enquête OD.

5.2.1 Territoire complet avec cinq enquêtes OD

Le Tableau 5-2 présente l'évolution de la part des ménages appartenant à chaque type à travers les enquêtes historiques ainsi que la composition projetée de la population de ménages à différents horizons. On observe clairement l'augmentation de la part de ménages de type Soixantennaires (TM1) et Retraités (TM5) à travers le temps, une stabilité des parts de ménages de type TM4 et TM2 et des parts en baisse pour les autres types notamment les très jeunes familles. L'instabilité précédemment observée pour les ménages de type TM3 est visible et affecte les prévisions malgré la correction amenée par 2018.

Tableau 5-2 Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	13.70%	2.40%	19.90%	3.20%	7.80%	24.10%	15.20%	13.70%
2003	15.30%	2.30%	19.10%	2.80%	8.70%	20.90%	17.30%	13.50%
2008	18.20%	2.70%	13.80%	3.10%	11.70%	20.50%	15.30%	14.70%
2013	21.20%	2.80%	10.80%	3.40%	13.00%	18.30%	15.20%	15.40%
2018	21.70%	3.20%	15.4%	3.40%	13.00%	18.30%	11.30%	13.60%
2023 projetée	25.00%	3.30%	10.80%	3.40%	15.80%	16.10%	11.50%	14.20%
2028 projetée	27.40%	3.40%	9.40%	3.40%	17.60%	14.50%	10.40%	13.90%
2033 projetée	29.80%	3.60%	8.10%	3.30%	19.50%	13.00%	9.30%	13.50%
2038 projetée	32.10%	3.70%	6.90%	3.30%	21.30%	11.60%	8.20%	12.90%
2043 projetée	34.20%	3.80%	5.90%	3.20%	23.20%	10.20%	7.20%	12.30%

5.2.2 Territoire complet avec les enquêtes de 1998-2003-2018

Le même exercice réalisé en excluant les enquêtes de 2008 et 2013 résulte en des compositions différentes aux horizons examinés (Tableau 5-3). Les différences sont importantes, tel qu'attendu, pour les ménages TM3 (9,60% de la part des ménages en 2043 vs 5,9% pour la prévision basée sur l'ensemble des enquêtes). Le Tableau 5-4 met en évidence les différences entre les deux exercices de prévision, qui sont les plus importantes TM3. Puisque ce sont des données compositionnelles, cette différence se répercute dans les autres types de ménages notamment TM5, TM1 et TM6.

Tableau 5-3 Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête (excluant OD 2008 et 2013)

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	13.70%	2.40%	19.90%	3.20%	7.80%	24.10%	15.20%	13.70%
2003	15.30%	2.30%	19.10%	2.80%	8.70%	20.90%	17.30%	13.50%
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	21.70%	3.20%	15.40%	3.40%	13.00%	18.30%	11.30%	13.60%
2023 projeté	23.90%	3.40%	14.30%	3.40%	14.50%	16.80%	10.50%	13.30%
2028 projeté	26.20%	3.60%	13.10%	3.40%	16.10%	15.40%	9.40%	12.90%
2033 projeté	28.40%	3.80%	11.90%	3.40%	17.80%	14.00%	8.30%	12.50%
2038 projeté	30.70%	4.00%	10.70%	3.30%	19.40%	12.60%	7.30%	12.00%
2043 projeté	32.80%	4.20%	9.60%	3.30%	21.10%	11.30%	6.40%	11.40%

Tableau 5-4 Différences de projections : (1998-2003-2008-2013-2018) – (1998-2003-2018)

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
2023 projetée	+1,1%	-0,1%	-3,4%	+0,0%	+1,3%	-0,7%	+1,0%	+0,9%
2028 projetée	+1,2%	-0,2%	-3,6%	-0,0%	+1,5%	-0,8%	+1,0%	+1,0%
2033 projetée	+1,3%	-0,3%	-3,7%	-0,0%	+1,7%	-1,0%	+1,0%	+1,0%
2038 projetée	+1,4%	-0,3%	-3,7%	-0,1%	+1,9%	-1,1%	+0,9%	+1,0%
2043 projetée	+1,4%	-0,4%	-3,7%	-0,1%	+2,1%	-1,1%	+0,8%	+0,9%

5.3 Prévision de la composition de la population de ménages par grande région

Le même exercice est conduit mais cette fois pour chacune des grandes régions. Des prévisions de composition de la population de ménages sont réalisées avec toutes les enquêtes puis en excluant 2008 et 2013.

5.3.1 Par grande région avec cinq enquêtes OD

La même démarche est réalisée pour chaque région de domicile. Les tableaux suivants présentent les résultats pour chaque région de domicile. Les résultats ne seront pas discutés séparément mais seront comparés quant aux impacts des prévisions sur l'estimation du nombre de ménages dans la population projetée.

- Région 1 - Centre-ville (Tableau 5-5)
- Région 2 – Montréal-Centre (Tableau 5-6)
- Région 3 – Montréal Est (Tableau 5-7)
- Région 4 – Montréal Ouest (Tableau 5-8)
- Région 5 – Laval (Tableau 5-9)
- Région 6 – Rive-Sud Proche (Tableau 5-10)
- Région 7 – Couronne Nord (Tableau 5-11)
- Région 8 – Couronne Sud (Tableau 5-12)

Tableau 5-5. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Centre-Ville

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	11.90%	1.00%	50.00%	1.20%	6.70%	5.10%	19.30%	4.90%
2003	12.60%	0.70%	50.20%	1.40%	7.00%	5.90%	18.50%	3.70%
2008	18.90%	1.10%	33.80%	1.50%	10.80%	7.40%	20.20%	6.30%
2013	22.90%	1.50%	27.20%	1.60%	13.90%	6.10%	21.90%	5.00%
2018	16.00%	1.60%	45.20%	1.50%	12.10%	6.20%	13.40%	4.10%
2023 projetée	22.40%	1.90%	30.90%	1.70%	16.70%	6.80%	15.20%	4.60%
2028 projetée	24.30%	2.20%	27.40%	1.70%	19.40%	6.80%	13.90%	4.40%
2033 projetée	26.00%	2.50%	24.10%	1.70%	22.30%	6.70%	12.50%	4.20%
2038 projetée	27.60%	2.80%	20.90%	1.70%	25.30%	6.60%	11.10%	3.90%
2043 projetée	28.90%	3.10%	18.00%	1.70%	28.40%	6.40%	9.80%	3.60%

Tableau 5-6. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal-Centre

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	13.80%	2.30%	27.50%	3.30%	10.50%	17.40%	15.40%	9.70%
2003	14.00%	2.30%	28.00%	2.60%	10.30%	15.20%	17.80%	9.80%
2008	16.60%	2.50%	22.20%	2.70%	13.50%	16.00%	15.20%	11.20%
2013	20.00%	2.70%	19.10%	2.90%	12.60%	15.40%	16.20%	11.10%
2018	19.00%	2.70%	27.10%	2.80%	11.70%	15.20%	12.10%	9.50%
2023 projetée	22.10%	2.90%	21.60%	2.60%	13.10%	14.50%	12.70%	10.50%
2028 projetée	24.10%	3.00%	20.50%	2.50%	13.60%	14.00%	11.80%	10.40%
2033 projetée	26.20%	3.20%	19.40%	2.40%	14.00%	13.50%	11.00%	10.40%
2038 projetée	28.40%	3.30%	18.30%	2.30%	14.30%	12.90%	10.20%	10.30%
2043 projetée	30.80%	3.40%	17.20%	2.20%	14.60%	12.30%	9.40%	10.20%

Tableau 5-7. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal-Est

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	16.00%	2.90%	14.90%	4.00%	9.50%	24.10%	14.00%	14.70%
2003	17.40%	2.70%	13.60%	4.60%	10.60%	20.70%	15.70%	14.60%
2008	19.20%	3.10%	8.70%	4.50%	15.60%	20.50%	13.50%	14.90%
2013	19.10%	3.80%	7.70%	5.00%	17.40%	18.40%	13.20%	15.30%
2018	21.30%	3.70%	10.00%	4.70%	16.60%	20.70%	9.60%	13.30%
2023 projetée	22.00%	3.90%	6.90%	5.00%	21.30%	17.80%	9.50%	13.50%
2028 projetée	22.80%	4.10%	5.80%	5.10%	24.30%	16.60%	8.40%	12.90%
2033 projetée	23.40%	4.30%	4.90%	5.10%	27.40%	15.30%	7.40%	12.20%
2038 projetée	23.90%	4.40%	4.10%	5.00%	30.70%	14.00%	6.40%	11.50%
2043 projetée	24.10%	4.50%	3.40%	5.00%	34.10%	12.70%	5.50%	10.70%

Tableau 5-8. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal-Ouest

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	14.90%	3.10%	16.30%	3.60%	8.40%	24.80%	14.00%	15.00%
2003	15.40%	3.40%	16.30%	3.60%	10.10%	20.50%	15.70%	15.10%
2008	17.90%	3.80%	10.90%	3.80%	13.90%	19.90%	13.30%	16.60%
2013	19.80%	4.20%	6.40%	4.60%	16.50%	18.20%	11.30%	19.00%
2018	20.30%	4.90%	9.10%	4.70%	16.00%	18.80%	8.60%	17.50%
2023 projetée	21.60%	5.10%	5.60%	4.80%	20.40%	15.80%	8.00%	18.60%
2028 projetée	22.50%	5.50%	4.30%	5.00%	23.30%	14.10%	6.70%	18.70%
2033 projetée	23.10%	5.80%	3.30%	5.10%	26.20%	12.40%	5.50%	18.60%
2038 projetée	23.50%	6.10%	2.50%	5.10%	29.30%	10.80%	4.50%	18.30%
2043 projetée	23.60%	6.30%	1.90%	5.10%	32.30%	9.30%	3.70%	17.80%

Tableau 5-9. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Rive-Sud proche

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	12.90%	2.50%	16.50%	3.30%	6.20%	25.00%	17.00%	16.60%
2003	16.70%	2.20%	15.70%	2.40%	7.80%	21.70%	18.10%	15.40%
2008	20.10%	2.80%	11.40%	3.30%	10.90%	19.10%	16.00%	16.40%
2013	23.90%	2.60%	7.80%	3.40%	13.60%	16.50%	14.80%	17.40%
2018	24.50%	3.10%	11.30%	3.80%	14.30%	17.00%	10.90%	15.20%
2023 projetée	29.20%	2.90%	7.40%	3.60%	18.30%	13.40%	10.20%	14.90%
2028 projetée	32.30%	2.90%	6.00%	3.60%	21.50%	11.30%	8.60%	13.90%
2033 projetée	35.00%	2.90%	4.70%	3.50%	24.70%	9.40%	7.10%	12.70%
2038 projetée	37.40%	2.80%	3.70%	3.40%	27.90%	7.70%	5.70%	11.40%
2043 projetée	39.30%	2.60%	2.90%	3.20%	31.20%	6.20%	4.60%	10.10%

Tableau 5-10. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Laval

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	15.00%	2.80%	15.00%	3.80%	7.00%	25.90%	13.60%	16.90%
2003	16.40%	2.70%	14.00%	2.90%	9.10%	23.20%	15.80%	16.00%
2008	18.20%	2.80%	8.70%	4.00%	12.10%	22.50%	14.10%	17.60%
2013	18.90%	3.20%	6.30%	3.90%	15.60%	19.20%	12.60%	20.20%
2018	19.60%	4.80%	9.30%	4.30%	15.20%	20.10%	9.20%	17.40%
2023 projetée	20.70%	4.40%	5.80%	4.30%	20.20%	17.10%	9.20%	18.30%
2028 projetée	21.20%	4.70%	4.60%	4.30%	23.80%	15.30%	7.90%	18.00%
2033 projetée	21.40%	5.00%	3.70%	4.30%	27.70%	13.50%	6.80%	17.50%
2038 projetée	21.40%	5.30%	2.90%	4.30%	31.90%	11.70%	5.70%	16.80%
2043 projetée	21.10%	5.50%	2.20%	4.20%	36.20%	10.10%	4.80%	15.90%

Tableau 5-11. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Couronne Nord

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	11.30%	2.10%	14.10%	2.50%	4.40%	34.00%	15.50%	16.20%
2003	13.80%	1.80%	13.00%	2.30%	5.80%	29.60%	17.50%	16.30%
2008	18.60%	2.40%	8.70%	2.70%	8.60%	25.70%	16.80%	16.50%
2013	22.40%	2.30%	7.10%	3.00%	10.20%	21.20%	17.10%	16.60%
2018	24.60%	2.90%	10.20%	3.00%	11.40%	20.80%	12.50%	14.60%
2023 projetée	29.80%	2.70%	6.60%	3.00%	14.80%	16.20%	12.80%	14.00%
2028 projetée	34.00%	2.80%	5.40%	3.00%	17.60%	13.20%	11.40%	12.80%
2033 projetée	37.80%	2.70%	4.30%	2.90%	20.50%	10.50%	9.90%	11.40%
2038 projetée	41.30%	2.70%	3.40%	2.80%	23.30%	8.20%	8.40%	9.90%
2043 projetée	44.30%	2.50%	2.60%	2.60%	26.10%	6.30%	7.00%	8.50%

Tableau 5-12. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Couronne Sud

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	13.10%	1.90%	13.70%	2.70%	5.60%	31.50%	15.10%	16.30%
2003	16.30%	1.80%	12.00%	2.70%	6.60%	27.00%	17.80%	15.80%
2008	18.90%	2.30%	9.70%	2.70%	8.70%	25.30%	15.90%	16.60%
2013	22.90%	2.30%	7.10%	3.00%	10.80%	22.00%	15.30%	16.60%
2018	23.80%	2.80%	9.80%	3.20%	12.20%	21.10%	12.00%	15.10%
2023 projetée	28.00%	2.80%	6.80%	3.10%	14.80%	17.60%	12.00%	14.80%
2028 projetée	31.00%	3.00%	5.70%	3.20%	17.30%	15.20%	10.70%	13.90%
2033 projetée	33.90%	3.10%	4.80%	3.10%	19.90%	12.80%	9.40%	12.90%
2038 projetée	36.60%	3.20%	3.90%	3.00%	22.50%	10.70%	8.20%	11.80%
2043 projetée	38.90%	3.20%	3.20%	2.90%	25.20%	8.80%	7.00%	10.70%

5.3.2 Par grande région avec les enquêtes 1998-2003-2018

Les mêmes estimations sont produites pour chaque région en excluant les années 2008 et 2013.

Tableau 5-13. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Centre-Ville – Enquêtes 1998-2003-2018

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	11.90%	1.00%	50.00%	1.20%	6.70%	5.10%	19.30%	4.90%
2003	12.60%	0.70%	50.20%	1.40%	7.00%	5.90%	18.50%	3.70%
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	16.00%	1.60%	45.20%	1.50%	12.10%	6.20%	13.40%	4.10%
2023 projetée	16.99%	1.74%	43.63%	1.56%	13.75%	6.42%	12.08%	3.83%
2028 projetée	17.97%	2.00%	41.66%	1.61%	15.77%	6.55%	10.77%	3.67%
2033 projetée	18.88%	2.28%	39.52%	1.65%	17.98%	6.65%	9.55%	3.50%
2038 projetée	19.70%	2.59%	37.25%	1.68%	20.36%	6.70%	8.40%	3.31%
2043 projetée	20.43%	2.92%	34.87%	1.70%	22.90%	6.71%	7.35%	3.12%

Tableau 5-14. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal Centre – Enquêtes 1998-2003-2018

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	13.80%	2.30%	27.50%	3.30%	10.50%	17.40%	15.40%	9.70%
2003	14.00%	2.30%	28.00%	2.60%	10.30%	15.20%	17.80%	9.80%
2008								
2013								
2018	19.00%	2.70%	27.10%	2.80%	11.70%	15.20%	12.10%	9.50%
2023 projetée	20.33%	2.85%	26.88%	2.59%	11.88%	14.51%	11.50%	9.47%
2028 projetée	21.94%	2.96%	26.53%	2.49%	12.15%	14.02%	10.56%	9.34%
2033 projetée	23.62%	3.07%	26.11%	2.40%	12.40%	13.52%	9.68%	9.19%
2038 projetée	25.37%	3.18%	25.65%	2.30%	12.62%	13.01%	8.86%	9.02%
2043 projetée	27.18%	3.28%	25.13%	2.20%	12.82%	12.48%	8.08%	8.84%

Tableau 5-15. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal Est – Enquêtes 1998-2003-2018

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	16.00%	2.90%	14.90%	4.00%	9.50%	24.10%	14.00%	14.70%
2003	17.40%	2.70%	13.60%	4.60%	10.60%	20.70%	15.70%	14.60%
2008								
2013								
2018	21.30%	3.70%	10.00%	4.70%	16.60%	20.70%	9.60%	13.30%
2023 projetée	22.60%	3.79%	8.97%	4.89%	18.77%	19.47%	8.70%	12.80%
2028 projetée	23.72%	3.96%	7.95%	4.94%	21.14%	18.50%	7.61%	12.18%
2033 projetée	24.72%	4.11%	6.99%	4.96%	23.64%	17.45%	6.61%	11.52%
2038 projetée	25.59%	4.23%	6.10%	4.95%	26.25%	16.35%	5.71%	10.82%
2043 projetée	26.31%	4.33%	5.29%	4.91%	28.96%	15.22%	4.89%	10.09%

Tableau 5-16. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Montréal Ouest – Enquêtes 1998-2003-2018

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	14.90%	3.10%	16.30%	3.60%	8.40%	24.80%	14.00%	15.00%
2003	15.40%	3.40%	16.30%	3.60%	10.10%	20.50%	15.70%	15.10%
2008								
2013								
2018	20.30%	4.90%	9.10%	4.70%	16.00%	18.80%	8.60%	17.50%
2023 projetée	21.32%	5.40%	7.73%	4.87%	18.42%	16.92%	7.60%	17.74%
2028 projetée	22.29%	5.87%	6.37%	5.06%	20.85%	15.36%	6.38%	17.83%
2033 projetée	23.07%	6.31%	5.19%	5.20%	23.38%	13.81%	5.30%	17.74%
2038 projetée	23.66%	6.73%	4.20%	5.29%	25.97%	12.30%	4.36%	17.50%
2043 projetée	24.06%	7.11%	3.36%	5.34%	28.60%	10.86%	3.56%	17.11%

Tableau 5-17. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Rive-Sud Proche – Enquêtes 1998-2003-2018

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquanteans	Jeunes familles
1998	12.90%	2.50%	16.50%	3.30%	6.20%	25.00%	17.00%	16.60%
2003	16.70%	2.20%	15.70%	2.40%	7.80%	21.70%	18.10%	15.40%
2018	24.50%	3.10%	11.30%	3.80%	14.30%	17.00%	10.90%	15.20%
2023 projetée	27.83%	3.10%	9.97%	3.65%	16.93%	14.81%	9.49%	14.23%
2028 projetée	30.78%	3.16%	8.58%	3.68%	19.78%	12.82%	7.95%	13.26%
2033 projetée	33.52%	3.17%	7.28%	3.64%	22.75%	10.92%	6.56%	12.17%
2038 projetée	35.95%	3.13%	6.08%	3.56%	25.78%	9.16%	5.33%	11.00%
2043 projetée	38.04%	3.05%	5.01%	3.42%	28.81%	7.58%	4.27%	9.81%

Tableau 5-18. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Laval – Enquêtes 1998-2003-2018

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquanteans	Jeunes familles
1998	15.00%	2.80%	15.00%	3.80%	7.00%	25.90%	13.60%	16.90%
2003	16.40%	2.70%	14.00%	2.90%	9.10%	23.20%	15.80%	16.00%
2008								
2013								
2018	19.60%	4.80%	9.30%	4.30%	15.20%	20.10%	9.20%	17.40%
2023 projetée	20.56%	5.30%	8.13%	4.27%	18.04%	18.34%	8.36%	17.00%
2028 projetée	21.23%	5.92%	6.95%	4.37%	21.03%	16.69%	7.20%	16.62%
2033 projetée	21.67%	6.55%	5.88%	4.42%	24.26%	15.03%	6.13%	16.07%
2038 projetée	21.90%	7.16%	4.92%	4.42%	27.68%	13.38%	5.17%	15.37%
2043 projetée	21.89%	7.75%	4.07%	4.38%	31.25%	11.80%	4.31%	14.55%

Tableau 5-19. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Couronne Nord – Enquêtes 1998-2003-2018

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquanteans	Jeunes familles
1998	11.30%	2.10%	14.10%	2.50%	4.40%	34.00%	15.50%	16.20%
2003	13.80%	1.80%	13.00%	2.30%	5.80%	29.60%	17.50%	16.30%
2008								
2013								
2018	24.60%	2.90%	10.20%	3.00%	11.40%	20.80%	12.50%	14.60%
2023 projetée	28.58%	2.93%	9.01%	2.98%	13.85%	17.59%	11.50%	13.56%
2028 projetée	32.61%	3.04%	7.82%	2.97%	16.45%	14.64%	10.10%	12.37%
2033 projetée	36.48%	3.08%	6.65%	2.90%	19.17%	11.95%	8.71%	11.06%
2038 projetée	40.05%	3.07%	5.55%	2.77%	21.91%	9.57%	7.36%	9.71%
2043 projetée	43.20%	3.01%	4.55%	2.61%	24.61%	7.53%	6.12%	8.37%

Tableau 5-20. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – Couronne Sud – Enquêtes 1998-2003-2018

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquanteans	Jeunes familles
1998	13.10%	1.90%	13.70%	2.70%	5.60%	31.50%	15.10%	16.30%
2003	16.30%	1.80%	12.00%	2.70%	6.60%	27.00%	17.80%	15.80%
2008								
2013								
2018	23.80%	2.80%	9.80%	3.20%	12.20%	21.10%	12.00%	15.10%
2023 projetée	26.94%	2.98%	8.73%	3.26%	14.30%	18.36%	11.14%	14.30%
2028 projetée	29.81%	3.19%	7.73%	3.28%	16.66%	15.97%	9.90%	13.45%
2033 projetée	32.56%	3.38%	6.75%	3.27%	19.17%	13.71%	8.69%	12.48%
2038 projetée	35.11%	3.53%	5.82%	3.21%	21.77%	11.62%	7.52%	11.43%
2043 projetée	37.38%	3.64%	4.96%	3.11%	24.42%	9.72%	6.43%	10.34%

5.4 Prédiction de la composition de la population de ménages par type de secteur

Les prévisions sont aussi effectuées sur la base des types de secteur. Contrairement aux régions, ce découpage est variable. Ainsi, le type associé à un SR ou SDR peut évoluer à travers le temps. Il sera donc nécessaire, pour chaque année projetée, de valider l'appartenance du secteur à un TS afin de poursuivre la démarche.

5.4.1 Par type de secteur TS avec cinq enquêtes OD

Les tableaux présentant les résultats de la prévision de la composition de la population de ménages pour chaque type de secteur (TS), sur la base des données des enquêtes de 1998, 2003, 2008, 2013 et 2018 sont présentés ci-dessous.

Tableau 5-21. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS1 : Les vieilles banlieues

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	17.60%	2.80%	15.30%	4.10%	9.50%	20.70%	15.70%	14.30%
2003	18.80%	2.60%	14.10%	3.40%	10.30%	18.60%	17.80%	14.30%
2008	20.80%	3.00%	9.20%	3.80%	12.80%	19.00%	15.40%	15.90%
2013	23.00%	3.10%	7.10%	4.00%	13.40%	17.80%	14.30%	17.30%
2018	23.20%	3.80%	9.90%	4.00%	12.80%	19.30%	10.80%	16.30%
2023 projetée	25.20%	3.80%	6.50%	3.90%	14.70%	17.60%	10.70%	17.50%
2028 projetée	26.60%	4.00%	5.50%	3.90%	15.70%	17.00%	9.50%	17.90%
2033 projetée	27.90%	4.20%	4.60%	3.80%	16.60%	16.20%	8.40%	18.20%
2038 projetée	29.10%	4.50%	3.80%	3.80%	17.60%	15.40%	7.40%	18.50%
2043 projetée	30.30%	4.70%	3.10%	3.70%	18.50%	14.60%	6.50%	18.70%

Tableau 5-22. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS2 : Les hypercentraux de Montréal

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	10.40%	0.80%	45.90%	1.60%	6.60%	10.60%	17.90%	6.20%
2003	10.30%	1.40%	45.50%	1.40%	6.50%	9.60%	19.80%	5.50%
2008	14.00%	1.50%	35.40%	1.70%	8.50%	12.40%	18.80%	7.70%
2013	19.30%	1.80%	28.20%	1.90%	9.20%	11.60%	20.70%	7.40%
2018	16.50%	1.60%	40.10%	1.80%	7.50%	11.90%	14.60%	6.00%
2023 projetée	21.40%	2.20%	30.10%	1.90%	8.90%	12.50%	16.10%	6.90%
2028 projetée	24.40%	2.60%	27.20%	1.90%	9.20%	12.70%	15.10%	6.90%
2033 projetée	27.60%	2.90%	24.40%	1.90%	9.50%	12.80%	14.10%	6.80%
2038 projetée	30.90%	3.30%	21.70%	1.90%	9.70%	12.80%	13.00%	6.70%
2043 projetée	34.40%	3.70%	19.10%	1.90%	9.80%	12.70%	12.00%	6.50%

Tableau 5-23. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS3 : Les jeunes banlieues

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	10.90%	2.60%	13.70%	2.70%	3.90%	34.00%	14.40%	17.80%
2003	12.50%	2.50%	13.10%	2.50%	4.20%	30.80%	16.50%	17.90%
2008	15.00%	2.90%	9.60%	2.60%	5.00%	30.50%	15.00%	19.40%
2013	16.60%	2.80%	7.70%	2.70%	6.40%	27.50%	15.30%	21.00%
2018	18.50%	4.10%	10.20%	2.90%	6.60%	27.50%	11.20%	19.00%
2023 projetée	21.10%	3.90%	7.40%	2.80%	7.70%	25.00%	11.90%	20.30%
2028 projetée	23.50%	4.20%	6.50%	2.70%	8.70%	23.10%	10.90%	20.40%
2033 projetée	26.00%	4.50%	5.60%	2.70%	9.70%	21.20%	10.00%	20.30%
2038 projetée	28.50%	4.80%	4.80%	2.60%	10.80%	19.30%	9.10%	20.10%
2043 projetée	31.10%	5.10%	4.10%	2.60%	11.80%	17.40%	8.20%	19.70%

Tableau 5-24. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS4 : Les centraux de Montréal et de la proche banlieue

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	14.50%	2.60%	23.10%	3.70%	9.30%	20.20%	15.50%	11.20%
2003	14.70%	2.30%	24.90%	2.90%	9.50%	17.20%	17.70%	10.80%
2008	17.00%	2.80%	18.90%	3.20%	12.10%	18.20%	15.20%	12.70%
2013	20.10%	3.10%	14.80%	3.60%	13.50%	17.60%	15.30%	12.00%
2018	19.80%	2.90%	21.30%	3.20%	12.10%	18.40%	11.70%	10.70%
2023 projetée	22.40%	3.10%	16.40%	3.20%	14.30%	17.20%	12.00%	11.40%
2028 projetée	24.20%	3.30%	15.10%	3.10%	15.40%	16.70%	11.00%	11.20%
2033 projetée	26.10%	3.40%	13.80%	3.00%	16.50%	16.10%	10.00%	11.00%
2038 projetée	28.00%	3.50%	12.60%	2.90%	17.60%	15.50%	9.10%	10.80%
2043 projetée	30.00%	3.60%	11.40%	2.80%	18.60%	14.80%	8.30%	10.50%

Tableau 5-25. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS5 : Les vieux centres régionaux

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	19.50%	1.70%	18.10%	3.40%	20.30%	12.90%	14.40%	9.60%
2003	20.60%	1.80%	14.60%	3.40%	19.60%	13.70%	16.40%	9.90%
2008	22.60%	2.20%	9.10%	3.40%	26.30%	13.40%	12.80%	10.30%
2013	25.80%	2.00%	6.90%	3.50%	25.20%	11.90%	13.30%	11.40%
2018	26.10%	2.70%	10.70%	3.80%	22.60%	13.10%	10.60%	10.30%
2023 projetée	28.40%	2.70%	6.40%	3.60%	25.50%	12.30%	10.20%	10.90%
2028 projetée	30.10%	3.00%	5.20%	3.70%	26.10%	11.90%	9.20%	11.00%
2033 projetée	31.70%	3.20%	4.20%	3.60%	26.60%	11.40%	8.20%	11.00%
2038 projetée	33.30%	3.40%	3.40%	3.60%	27.00%	10.90%	7.30%	10.90%
2043 projetée	34.90%	3.70%	2.80%	3.60%	27.40%	10.40%	6.50%	10.80%

Tableau 5-26. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS6 : Les jeunes sans enfant du centre-ville de Montréal

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	10.30%	0.80%	59.40%	0.60%	5.70%	6.80%	12.10%	4.30%
2003	11.50%	0.60%	61.50%	1.10%	5.20%	5.70%	11.90%	2.50%
2008	17.20%	0.30%	39.60%	1.10%	13.80%	7.70%	13.60%	6.70%
2013	21.30%	1.80%	30.10%	2.20%	16.10%	9.50%	13.60%	5.40%
2018	12.80%	1.70%	53.40%	1.20%	12.80%	6.20%	7.80%	4.10%
2023 projetée	18.60%	1.80%	34.50%	2.00%	21.30%	7.60%	9.00%	5.20%
2028 projetée	19.40%	2.20%	29.40%	2.20%	26.30%	7.30%	7.80%	5.20%
2033 projetée	19.70%	2.70%	24.60%	2.50%	31.80%	7.00%	6.70%	5.10%
2038 projetée	19.70%	3.10%	20.10%	2.70%	37.50%	6.50%	5.60%	4.90%
2043 projetée	19.20%	3.60%	16.10%	2.90%	43.30%	5.90%	4.60%	4.60%

5.4.2 Par type de secteur TS avec les enquêtes de 1998-2003 et 2018

Les prévisions sont aussi réalisées en excluant les données des enquêtes de 2008 et 2013, toujours en raison des fluctuations étonnantes observées dans certaines parts de ménages, notamment TM3. Ces résultats sont présentés ci-dessous pour les six types de secteurs.

Tableau 5-27. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS1 : Les vieilles banlieues (excluant OD 2008 et 2013)

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	17.60%	2.80%	15.30%	4.10%	9.50%	20.70%	15.70%	14.30%
2003	18.80%	2.60%	14.10%	3.40%	10.30%	18.60%	17.80%	14.30%
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	23.20%	3.80%	9.90%	4.00%	12.80%	19.30%	10.80%	16.30%
2023 projetée	24.50%	4.00%	8.80%	3.90%	13.60%	18.60%	9.90%	16.60%
2028 projetée	25.90%	4.30%	7.70%	3.90%	14.50%	18.10%	8.70%	16.90%
2033 projetée	27.10%	4.60%	6.80%	3.90%	15.20%	17.60%	7.70%	17.10%
2038 projetée	28.40%	4.90%	5.90%	3.80%	16.00%	17.00%	6.70%	17.30%
2043 projetée	29.50%	5.20%	5.10%	3.70%	16.80%	16.30%	5.80%	17.50%

Tableau 5-28. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS2 : Les hypercentraux de Montréal (excluant OD 2008 et 2013)

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquantennaires	Jeunes familles
1998	10.40%	0.80%	45.90%	1.60%	6.60%	10.60%	17.90%	6.20%
2003	10.30%	1.40%	45.50%	1.40%	6.50%	9.60%	19.80%	5.50%
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	16.50%	1.60%	40.10%	1.80%	7.50%	11.90%	14.60%	6.00%
2023 projetée	18.20%	2.00%	38.50%	1.80%	7.70%	12.10%	13.90%	5.90%
2028 projetée	20.40%	2.30%	36.60%	1.80%	7.80%	12.40%	12.90%	5.80%
2033 projetée	22.70%	2.60%	34.70%	1.80%	8.00%	12.70%	11.90%	5.70%
2038 projetée	25.20%	2.90%	32.70%	1.80%	8.10%	12.90%	10.90%	5.60%
2043 projetée	27.70%	3.20%	30.70%	1.80%	8.10%	13.00%	9.90%	5.50%

Tableau 5-29. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS3 : Les jeunes banlieues (excluant OD 2008 et 2013)

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquanteans	Jeunes familles
1998	10.90%	2.60%	13.70%	2.70%	3.90%	34.00%	14.40%	17.80%
2003	12.50%	2.50%	13.10%	2.50%	4.20%	30.80%	16.50%	17.90%
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	18.50%	4.10%	10.20%	2.90%	6.60%	27.50%	11.20%	19.00%
2023 projetée	20.80%	4.50%	9.30%	2.90%	7.30%	25.60%	10.60%	19.10%
2028 projetée	23.20%	5.00%	8.40%	2.90%	8.10%	23.90%	9.60%	19.00%
2033 projetée	25.70%	5.40%	7.60%	2.80%	9.00%	22.10%	8.60%	18.70%
2038 projetée	28.20%	5.90%	6.80%	2.80%	9.90%	20.20%	7.70%	18.40%
2043 projetée	30.80%	6.40%	6.00%	2.70%	10.90%	18.40%	6.80%	17.90%

Tableau 5-30. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – TS4 : Les centraux de Montréal et de la proche banlieue (excluant OD 2008 et 2013)

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquanteans	Jeunes familles
1998	14.50%	2.60%	23.10%	3.70%	9.30%	20.20%	15.50%	11.20%
2003	14.70%	2.30%	24.90%	2.90%	9.50%	17.20%	17.70%	10.80%
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	19.80%	2.90%	21.30%	3.20%	12.10%	18.40%	11.70%	10.70%
2023 projetée	21.20%	2.90%	20.90%	3.00%	12.80%	17.70%	11.00%	10.50%
2028 projetée	22.80%	3.00%	20.20%	2.90%	13.50%	17.30%	10.00%	10.30%
2033 projetée	24.50%	3.00%	19.40%	2.80%	14.30%	16.90%	9.10%	10.00%
2038 projetée	26.20%	3.10%	18.60%	2.70%	15.10%	16.40%	8.20%	9.80%
2043 projetée	27.90%	3.20%	17.70%	2.60%	15.80%	15.90%	7.40%	9.50%

Tableau 5-31. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – T55 : Les vieux centres régionaux (excluant OD 2008 et 2013)

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquanteans	Jeunes familles
1998	19.50%	1.70%	18.10%	3.40%	20.30%	12.90%	14.40%	9.60%
2003	20.60%	1.80%	14.60%	3.40%	19.60%	13.70%	16.40%	9.90%
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	26.10%	2.70%	10.70%	3.80%	22.60%	13.10%	10.60%	10.30%
2023 projetée	27.70%	3.00%	9.30%	3.80%	22.90%	13.10%	9.90%	10.40%
2028 projetée	29.40%	3.30%	8.00%	3.80%	23.20%	12.90%	8.80%	10.40%
2033 projetée	31.10%	3.70%	7.00%	3.90%	23.50%	12.60%	7.90%	10.30%
2038 projetée	32.70%	4.10%	6.00%	3.90%	23.70%	12.30%	7.00%	10.30%
2043 projetée	34.30%	4.40%	5.20%	3.90%	23.80%	12.00%	6.20%	10.20%

Tableau 5-32. Évolution de la part de chaque type de ménages dans la population totale de ménages à chaque enquête – T56 : Les jeunes sans enfant du centre-ville de Montréal (excluant OD 2008 et 2013)

Année	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
	Soixantennaires	Famille multigénérationnelle	Jeunes couples, colocs ou célibataires	Adultes et personnes âgées	Retraités	Très jeunes familles	Cinquanteans	Jeunes familles
1998	10.30%	0.80%	59.40%	0.60%	5.70%	6.80%	12.10%	4.30%
2003	11.50%	0.60%	61.50%	1.10%	5.20%	5.70%	11.90%	2.50%
2008	-	-	-	-	-	-	-	-
2013	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	12.80%	1.70%	53.40%	1.20%	12.80%	6.20%	7.80%	4.10%
2023 projetée	13.40%	1.90%	51.40%	1.40%	15.10%	5.90%	7.00%	3.80%
2028 projetée	13.70%	2.30%	48.40%	1.60%	18.40%	5.70%	6.10%	3.80%
2033 projetée	13.80%	2.80%	45.10%	1.70%	22.20%	5.40%	5.20%	3.80%
2038 projetée	13.80%	3.30%	41.50%	1.80%	26.40%	5.10%	4.40%	3.70%
2043 projetée	13.60%	3.90%	37.70%	2.00%	31.00%	4.70%	3.70%	3.60%

5.5 Projection de la typologie de secteurs

Contrairement aux 8 grandes régions qui demeurent constantes à travers les enquêtes, l'appartenance à un type de secteur peut changer à travers le temps. Ainsi, il est nécessaire, dans une perspective de prévision, de pouvoir prédire l'appartenance d'un SR (ou SDR ou tout autre découpage utile) à un type de secteur, à partir des données de population projetée à différentes années horizons. Alors qu'il sera essentiel de mettre à jour la typologie avec la mise en disponibilité d'une nouvelle enquête (calée sur un nouveau recensement), celle-ci n'est pas mise à jour dans une perspective de prévision et les secteurs sont associés aux types pré-définis sur la base des variables projetées.

Pour associer un type de secteur à la population projetée d'un secteur de recensement, un calcul de distance est effectué. Pour ce faire, la distance est calculée entre chacun des centres des types de secteurs et le secteur de recensement dont le TS doit être déterminé. Le type de secteur dont le centre est le plus près du secteur de recensement est celui qui sera assigné au secteur de

recensement. Le Tableau 5-33 illustre le processus de projection de la typologie de secteurs avec les facteurs de pondération projetés en 2021 (disponibles dans le fichier de l'enquête OD 2013). Ici, le vecteur projeté p du secteur # 2452017 est illustré. Ensuite, la distance euclidienne est calculée entre le vecteur projeté et les centres des six types de secteurs TS1 à TS6. Le secteur ayant la plus faible distance entre son centre et le vecteur projeté est celui qui sera choisi. Dans cet exemple, le vecteur projeté du secteur # 2452017 sera associé au secteur TS1.

Tableau 5-33 Illustration de la projection de la typologie de secteurs

	x0p	x1p	x2p	x3p	x4p	
Secteur # 2452017	-0,903	-0,475	-1,214	-0,751	0,648	

	x0c	x1c	x2c	x3c	x4c	Distance entre c et p
TS1	-0,494	-0,037	-0,032	-0,567	0,249	1,45
TS2	1,269	-1,194	0,179	1,968	-0,532	3,36
TS3	-0,646	1,162	0,107	-0,276	-0,890	2,71
TS4	0,929	0,000	-0,053	0,319	0,010	2,53
TS5	-0,145	-0,972	-0,904	-0,657	2,031	1,71
TS6	1,726	-2,055	5,257	1,861	-0,616	7,45

La Figure 5.2 illustre les changements d'appartenance à un type de secteur entre 2013 et 2023. Les plus grands mouvements entre les secteurs sont de TS₁ vers TS₃ et de TS₂ vers TS₄.

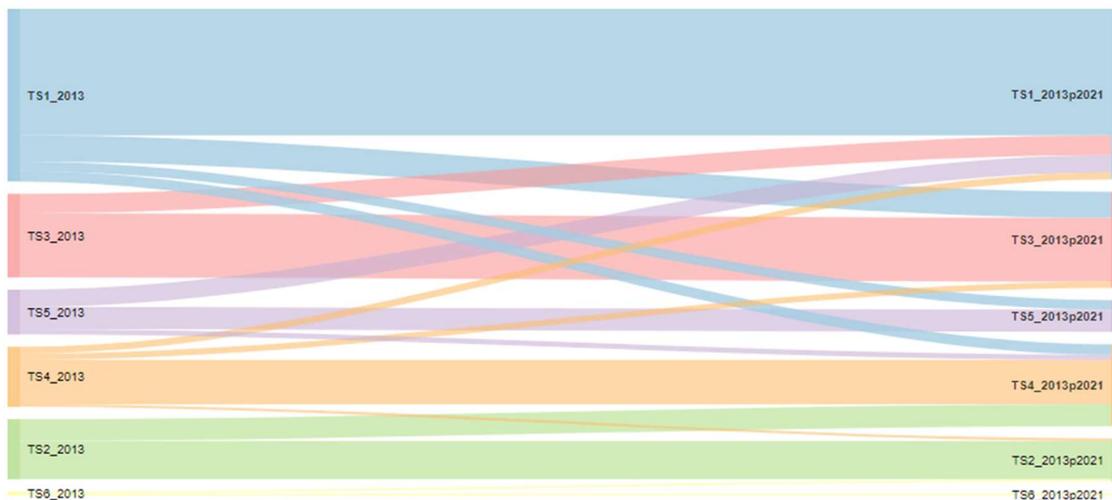


Figure 5.2 Diagramme de Sankey illustrant les changements dans les secteurs projetés en 2023

La Figure 5.3 montre quant à elle les secteurs ayant changé de type de secteur entre 2011 (2013) et la projection de 2021 (2023). Les changements majeurs en banlieue sont TS₁ vers TS₃, mais plusieurs secteurs empruntent le chemin inverse et migrent de TS₃ vers TS₁.

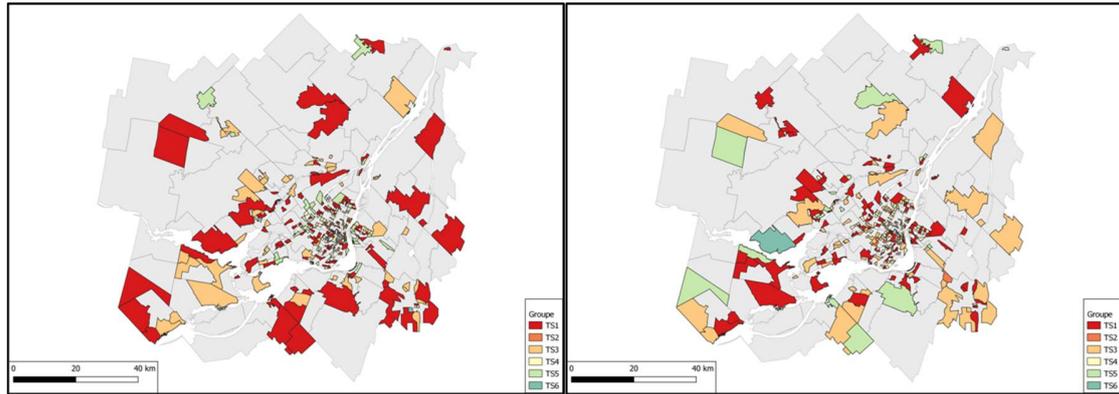


Figure 5.3 Secteurs ayant changé de type de secteur entre 2011 (à gauche) et 2021 projeté (à droite)

5.6 Comparaison simple des résultats des projections

Pour comparer les résultats obtenus des différentes projections réalisées avec les différents exercices de prévision des compositions de ménages, une estimation du nombre total de ménages qui en résulterait est réalisée en utilisant la taille moyenne des ménages associés à chaque TM soit globalement (pour le premier ensemble de projection), soit par région (pour le deuxième ensemble de projection, soit par TS (pour le troisième ensemble de projection). Ainsi, la taille moyenne des ménages appartenant à chaque type est estimée pour pouvoir déduire un nombre total de ménages dans les populations projetés. Ce sont les tailles moyennes de 2018 qui sont utilisées (voir valeurs au Tableau 5-34). Pour permettre l'estimation d'un nombre de ménages, il est nécessaire d'utiliser les prévisions démographiques (personnes). Par exemple, le nombre de ménages dans la population projetée, selon une approche globale, sera estimée comme suit :

$$NbMén^H = \frac{Pop^H}{TailMoy^{2018}}$$

Pour faire l'estimation en tenant compte de la composition selon les types de ménages, l'estimation se fait comme suit :

$$NbMén^H = \frac{Pop^H}{\sum_{TM=1}^8 PC_{TMi} * TailMoy_{TMi}}$$

Il s'agit, grosso modo, de calculer la taille moyenne pondérée des ménages en tenant compte de la composition de la population de ménages en TM et de l'utiliser pour déduire un nombre total de ménages.

Le Tableau 5-35 présente les estimations de taille de la population de ménages pour différentes projections de composition, sur la base de la population de personnes projetées (4 808 329 personnes en 2023 – selon les facteurs de prévision disponibles dans l'OD 2013). Ainsi, selon ces estimations, le nombre de ménages en 2023 se situerait entre 2 036 798 et 2 151 310, un écart de 114 512 ménages entre les valeurs minimales et maximales. Tel qu'observé dans ce tableau, le nombre de ménages estimé sur la base des compositions par TS est nettement moindre qu'avec les deux approches, ce qui pourrait s'expliquer par la prise en compte du changement dans les attributs démographiques des secteurs et le changement de type de certains secteurs.

Selon les prévisions démographiques, la population (personnes) devrait croître de 7.87% entre 2018 et 2023 (projection basée sur les facteurs 2023 de l'OD 2013) pendant que la population de ménages aurait une croissance située entre 7.99% et 14.06%, selon les estimations faites ci-dessus.

Tableau 5-34 Tailles moyennes de ménages utilisées pour estimer un nombre total de ménages dans la population projetée

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
Global	1.50	3.91	1.58	2.66	1.37	3.98	1.45	3.28
R1	1.30	3.45	1.46	2.37	1.24	3.62	1.30	2.86
R2	1.35	3.69	1.57	2.54	1.27	3.81	1.32	3.16
R3	1.48	4.04	1.62	2.68	1.34	3.94	1.45	3.30
R4	1.51	3.98	1.60	2.66	1.39	4.04	1.45	3.45
R5	1.52	3.90	1.58	2.66	1.42	3.96	1.44	3.26
R6	1.56	4.14	1.60	2.70	1.41	4.07	1.51	3.43
R7	1.59	4.05	1.60	2.74	1.41	4.04	1.55	3.23
R8	1.59	3.88	1.63	2.70	1.45	4.05	1.55	3.28
TS1	1.56	3.99	1.61	2.70	1.44	4.01	1.52	3.35
TS2	1.29	3.49	1.58	2.44	1.22	3.58	1.29	2.94
TS3	1.62	4.07	1.65	2.75	1.46	4.11	1.56	3.33
TS4	1.36	3.79	1.56	2.55	1.30	3.89	1.34	3.16
TS5	1.49	3.81	1.53	2.64	1.34	3.94	1.44	3.20
TS6	1.30	3.01	1.45	2.35	1.19	3.71	1.26	2.99

Tableau 5-35 Taille de la population de ménages projetée selon les différentes compositions projetées pour l'année 2023

	Ménages	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7	TM8
Global									
Toutes enquêtes	2 136 329	533 448	70 065	231 627	72 144	337 069	343 082	246 046	302 849
1998-2003-2018	2 127 777	508 398	72 690	304 027	71 758	308 878	356 483	223 284	282 259
Somme 8 régions									
Toutes enquêtes	2 151 310	540 666	70 126	237 741	72 866	349 994	335 899	246 084	297 934
1998-2003-2018	2 135 545	511 481	72 856	308 721	72 130	317 480	351 337	222 369	279 172
Somme 6 TS									
Toutes enquêtes	2 045 831	483 905	70 893	216 276	68 030	275 852	375 259	237 143	318 092
1998-2003-2018	2 036 798	462 806	74 433	281 723	67 471	250 540	387 284	215 247	297 226

6 T5 – Synthèse de population

Cette tâche vise à créer des populations totalement énumérées de personnes et ménages, pour l'année donc des ensembles complets de personnes et ménages permettant de représenter les populations de référence respectives. En pratique, cela consiste à construire une liste de personnes et ménages ayant des facteurs de pondération de 1 et dont les totaux sont cohérents avec les contraintes de nombre de personnes et ménages obtenus soit des recensements, soit des prévisions démographiques.

6.1 Méthodologie

L'énumération des ménages ou des personnes a été effectuée à l'aide du package 'IPFR'⁴ du logiciel R. La fonction `synthesize()` permet de décomposer un fichier comportant des éléments associés à un poids (qui peut ne pas être en valeur entière) en un fichier ne comportant que des éléments unitaires. L'objectif est donc de créer un fichier de personnes comportant, pour 2018, 4 457 320 personnes et un fichier de ménages comportant 1 886 170 ménages.

Les données nécessaires afin d'utiliser la fonction comporte un identifiant unique de ménage ou de personne, le facteur de pondération et le poids moyen selon un découpage géographique. Le secteur municipal a été utilisé dans le cadre de cette étude. Bien que la méthodologie assure que le nombre de ménages ou de personnes créés correspondra avec le référentiel, il se peut que de légères différences soient observées pour des sous-groupes, notamment en lien avec la nécessité de gérer les facteurs de pondération qui sont fractionnaires. Il est cependant possible d'inclure des contraintes sur les sous-groupes à la fonction.

Le fichier de résultats comprend une population de ménages ou de personnes totalement énumérés comportant l'identifiant unique de personne ou de ménage, de sorte que le lien entre le donneur soit toujours disponible.

6.2 Analyse des résultats

6.2.1 Illustration avec un extrait de fichier

Afin d'illustrer les résultats, les échantillons de ménages et de personnes de l'enquête OD 2018 ont été utilisés. Chaque personne ou ménage échantillonné a donc été décomposé de sorte à créer un fichier de personnes ou de ménages ayant tous un poids de 1. Après les calculs, un fichier de personnes ou de ménages comprenant respectivement 4 457 320 et 1 886 170 enregistrements est obtenu. Ces totaux coïncident parfaitement avec les populations pondérées obtenues avec l'aide de l'enquête OD.

Le Tableau 6-1 présente un exemple des résultats obtenus lors de la décomposition d'une personne. Le donneur étudié possédait un facteur de pondération de 23,51 initialement. Après la procédure, 24 clones de cette personne ont été produits.

⁴ <https://cran.r-project.org/web/packages/ipfr/index.html>

Tableau 6-1 Liste des clones créés pour la personne 479199001

Identifiant unique de la personne	Identifiant du clone	Identifiant unique de la personne (donneur)	Identifiant du ménage (donneur)
2	1	479199001	479199
90515	2	479199001	479199
192918	3	479199001	479199
257105	4	479199001	479199
532255	5	479199001	479199
572486	6	479199001	479199
781422	7	479199001	479199
857150	8	479199001	479199
923267	9	479199001	479199
931468	10	479199001	479199
1194190	11	479199001	479199
1339455	12	479199001	479199
1644289	13	479199001	479199
1710164	14	479199001	479199
1883233	15	479199001	479199
2148861	16	479199001	479199
2375292	17	479199001	479199
2597254	18	479199001	479199
2613238	19	479199001	479199
2949734	20	479199001	479199
3212307	21	479199001	479199
3292064	22	479199001	479199
3905000	23	479199001	479199
3981033	24	479199001	479199

Dans le cadre de cette expérimentation, aucune contrainte sur les sous-groupes n'a été utilisée. Lorsque la distribution de la population obtenue, à l'échelle de la GRM, est comparée avec celle provenant de l'échantillon pondéré selon le genre et l'âge, il y a donc quelques différences mineures qui sont observées (Figure 6.1). Il en est de même pour la distribution des ménages selon la taille de ceux-ci (Figure 6.2). Les écarts observés entre les distributions sont en moyenne inférieure à 0,01% par sous-groupe.

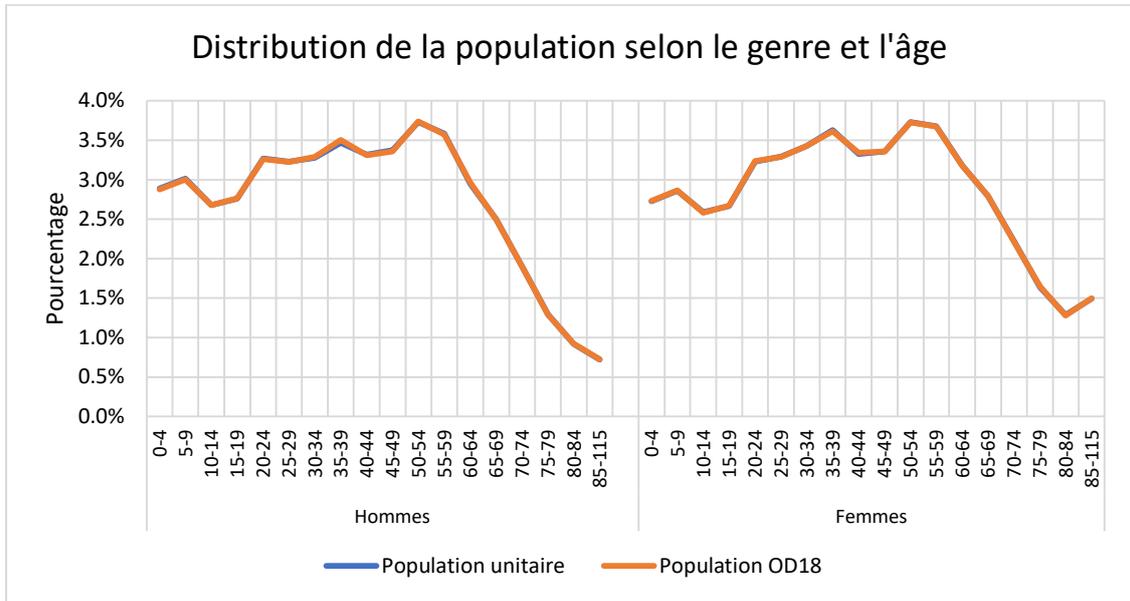


Figure 6.1 Comparaison de la distribution de la population selon le genre et l'âge entre la population unitaire et celle de l'enquête OD 2018

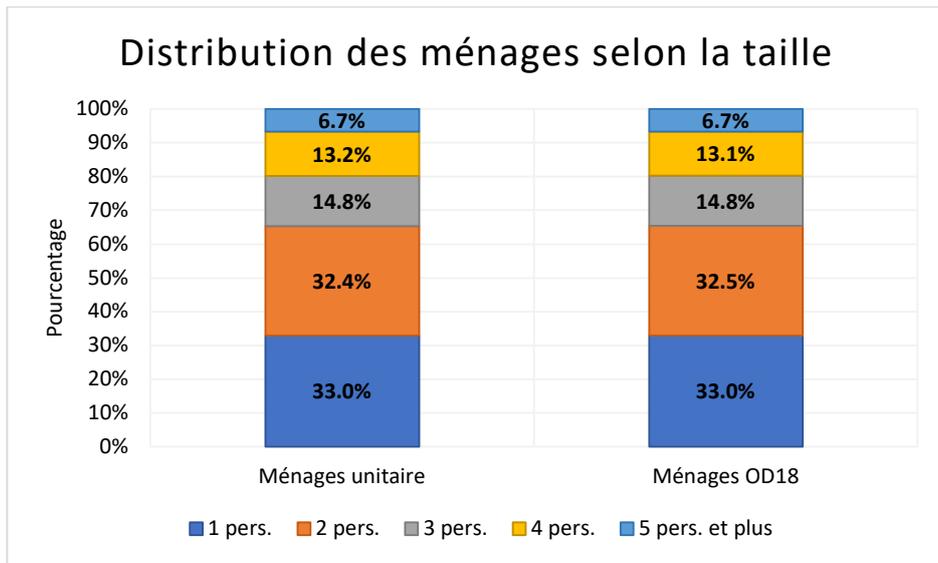


Figure 6.2 Comparaison de la distribution des ménages selon la taille entre les ménages unitaires et ceux de l'enquête OD 2018

6.3 Approche pour population projetée

La méthode présentée précédemment permet de construire une liste de personnes et ménages permettant de reconstruire les propriétés de populations de référence. La synthèse de population est souvent utilisée pour construire l'échantillon de données à utiliser comme intrant dans un modèle d'activité par exemple. Les contraintes, qui correspondent aux totaux à répliquer avec les individus synthétiques créés, peuvent être globales (population d'un territoire complet) ou stratifiées selon différents niveaux d'agrégation (zones spatiales, segments démographiques, etc.). Dans la méthode présentée, il a été choisi de valoriser l'exercice de pondération des

enquêtes qui assure déjà la reconstruction des populations de différentes strates (géographiques et démographiques).

Dans le contexte de la démarche de prévision actuellement en place au MTO, on peut imaginer l'application de la méthode de synthèse à partir d'un fichier d'enquête pré-enrichi de facteurs de pondération projetés donc calés sur des populations projetées. Sur cette base, les étapes suivantes peuvent être envisagées :

- 1) Synthèse de la population de personnes à partir des facteurs de pondération projetés i.e. création d'une liste de personnes totalement énumérée permettant de reconstruire les prévisions démographiques à différents horizons.
- 2) Actualisation du type de secteur associé à chaque secteur de planification (SR ou SM par exemple).
- 3) Application d'une approche d'allocation d'un type de ménage à chaque personne.
- 4) Composition des ménages (étape dont les stratégies possibles sont discutées au chapitre 4
- 5) Spatialisation des ménages sur la base d'un fichier projeté de logements (étape qui exigera du développement méthodologique).

7 T6 – Spatialisation des ménages

L'étape précédente permet, grosso modo, de générer une liste totalement énumérée de personnes et ménages mais n'assure pas la variabilité locale de leurs propriétés. Les totaux sont respectés mais la structure spatiale demeure agrégée dans la mesure où le lieu de domicile n'a pas été modifié (ni les systèmes d'activités mais ceci sera traité ultérieurement). Cette étape vise donc à proposer une méthode permettant de spatialiser les ménages totalement énumérés à travers des lieux plausibles de résidence.

7.1 Méthodologie générale

Dans un fichier d'enquête OD typique, on suppose que Fexp ménages « habitent » au même endroit. Ceci n'est pas si problématique pour les analyses réalisées à un haut niveau d'agrégation mais ce l'est significativement pour les analyses plus microscopiques reliées notamment aux mesures d'accessibilité ou aux affectations. Cette tâche cible spécifiquement l'enjeu d'agrégation spatiale des lieux de domicile des ménages.

Un projet précédent avait permis d'illustrer les impacts de cette agrégation et d'exposer des pistes potentielles de désagrégation spatiale. Les méthodes n'étaient toutefois pas concluantes en raison de l'absence de données permettant de guider la spatialisation. La méthode proposée dans ce projet valorise les données d'immeubles fournies par le MTQ et qui offrent une information sur la localisation des logements disponibles sur le territoire de l'enquête OD 2018.

Selon cette base de données, il y aurait 2 070 954 logements disponibles sur le territoire de l'OD2018 (Excluant Kanawake). La Figure 7.1 présente la densité des logements disponibles dans cette base de données. On compte en outre 1 886 170 ménages (Excluant Kanawake) sur le territoire de l'enquête (selon l'OD 2018 donc la population de 2016), ce qui donnerait un taux d'inoccupation des logements de 8,9%.

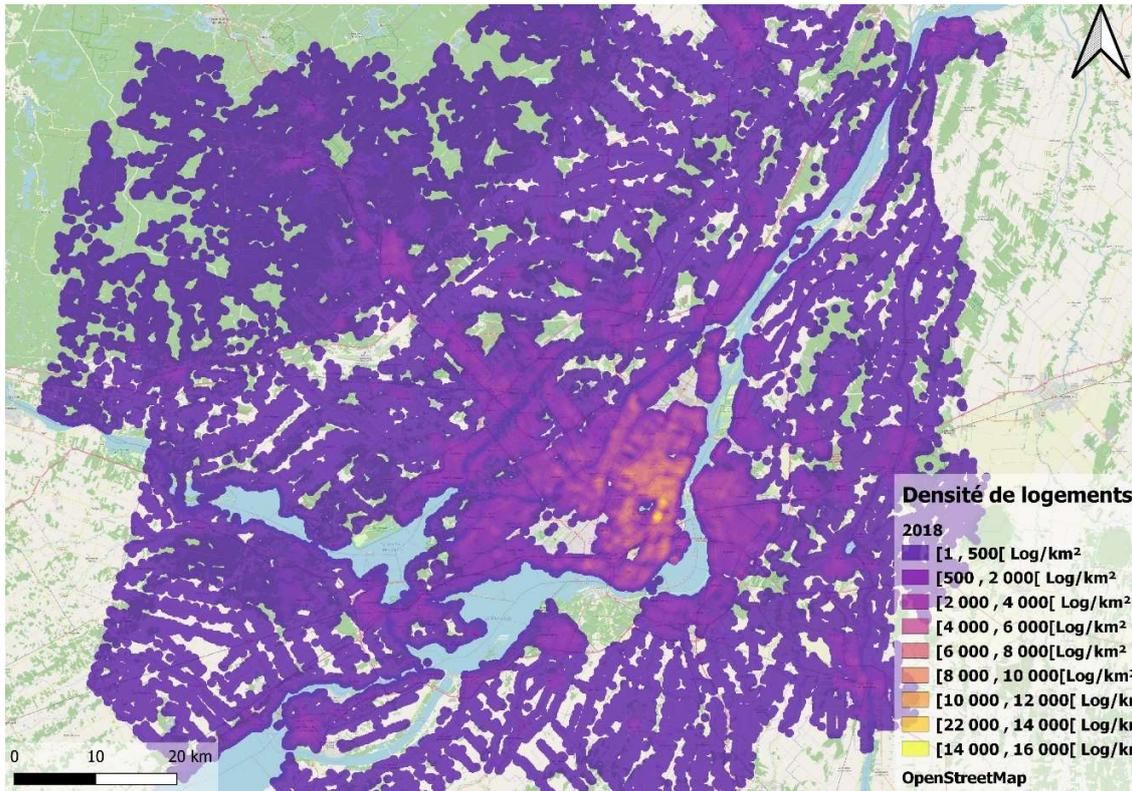


Figure 7.1 Densité de logements selon la base de données de logements 2018

7.1.1 Étapes et enjeux méthodologiques

La méthode développée pour procéder à la désagrégation spatiale des ménages prend comme données d'entrée les ménages totalement énumérés, incluant le nombre de clones créés pour chaque ménage observé ainsi que les coordonnées du lieu de domicile. Il s'agit ensuite d'identifier, pour chacun de ces ménages, les logements candidats pour accueillir les différents clones tout en assurant une mixité spatiale des clones. L'allocation d'un logement, parmi la liste des candidats, se fait par tirage aléatoire.

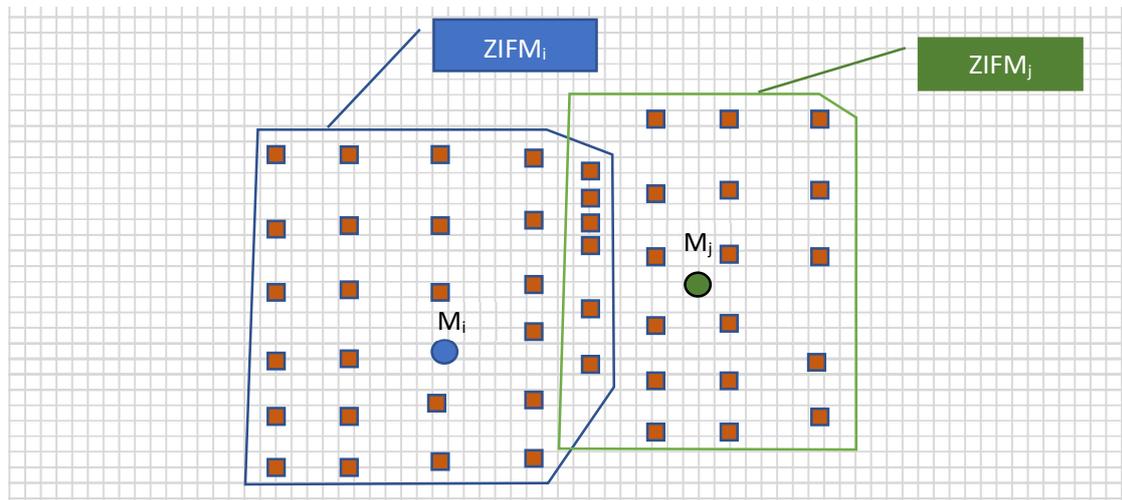
Les principales questions méthodologiques sont :

- Comment identifier la liste des logements candidats pour chaque ensemble de clones (créés par un ménage observé)?
 - Nombre de logements à choisir
 - Stratégie de sélection
- Comment attribuer un logement à chaque clone?
- Quelles contraintes considérer (respect des totaux de ménages par secteur par exemple?)

7.1.2 Composantes spatiales de l'approche

Dans l'illustration ci-dessous, M_i correspond à un ménage échantillonné dans l'OD et positionné aux coordonnées originales de domicile. Via la synthèse de population, ce ménage se transforme en X ménages clones $C_x M_i$ dont le nombre approche la valeur originale du facteur de pondération $FacLog$ associé à ce ménage. Initialement, tous les $C_x M_i$ ont les mêmes coordonnées de domicile et il s'agit de téléporter chacun vers une unité de logement localisée dans la zone d'influence ZIF

de chaque ménage (ZIFM_i correspondra donc à la zone d'influence du ménage i). Chaque ZIF contiendra donc un ensemble d'unités de logement {UL} qui deviendront les lieux candidats d'habitation des clones. En outre, pour assurer la mixité spatiale des clones, une UL pourra appartenir à plusieurs ZIF; celles-ci ne correspondent donc pas à des zones mutuellement exclusives.



Le facteur de pondération d'un ménage est un témoignage direct du taux d'échantillonnage de ce type de ménage dans la strate spatiale de pondération, en l'occurrence le secteur municipal (pour 2018). Ainsi, plus le facteur de pondération est élevé, moins le taux d'échantillonnage est élevé et plus la zone d'influence de ce ménage devrait être grande. Toutefois, il n'est pas possible simplement de prendre autant d'unités de logement que de clones associés à chaque ménage puisque ceci ne permettrait pas de générer la mixité spatiale de ménages souhaités. En contrepartie, on peut supposer une plus forte similarité des ménages (et des comportements) lorsque ceux-ci vivent dans des conditions spatiales similaires (donc, lorsqu'ils sont à proximité).

Dans ce contexte, il a été jugé pertinent d'utiliser à la fois le nombre de clones créés (dont le témoignage du taux d'échantillonnage d'un type de ménage) et le taux d'échantillonnage moyen (de la strate de pondération ou de l'enquête globale) pour déterminer le nombre d'UL candidats pour chaque ménage.

Ainsi, le nombre d'UL à inclure dans la ZIF de chaque ménage sera estimé comme suit pour chaque ménage M_i:

$$UL \in ZIFM_i = \text{Arrondi. sup} \left(CM_i * \frac{N}{n} \right)$$

Où N est la population de ménages de la strate de référence (ou du territoire complet – 3.98% en 2018 par exemple, selon le scénario) et n est le nombre de ménages échantillonnés dans cette même strate.

7.2 Illustration de la méthode de désagrégation spatiale par cas contrastés

La méthode décrite n'a pas été implantée à grande échelle mais a été expérimentée pour quelques ménages localisés dans des TS contrastés. Son application à grande échelle exigera un

travail d'optimisation pour rendre son exécution plus efficace et pour permettre la comparaison de différentes simulations, sous différentes contraintes.

Ainsi, pour mettre à l'épreuve la méthode proposée, deux ménages appartenant à des TS différents ont été sélectionnés. Pour chacun, les vingt plus proches voisins sont aussi sélectionnés. L'ensemble de l'expérimentation compte donc 42 ménages observés. Chacun de ceux-ci a permis, via la synthèse de population, de générer des clones pour lesquels une unité de logement sera affectée.

Les deux TS utilisés dans le cadre de cette expérimentation sont les TS1 (secteur peu dense) et TS2 (secteur dense). Les ménages considérés pour le TS1 se situent dans le secteur de Mirabel tandis que les ménages pour le TS2 se situent près du centre-ville de Montréal.

La Figure 7.2 illustre les 21 ménages choisis pour le secteur TS1 tandis que la Figure 7.2 illustre ceux pour le secteur TS2.

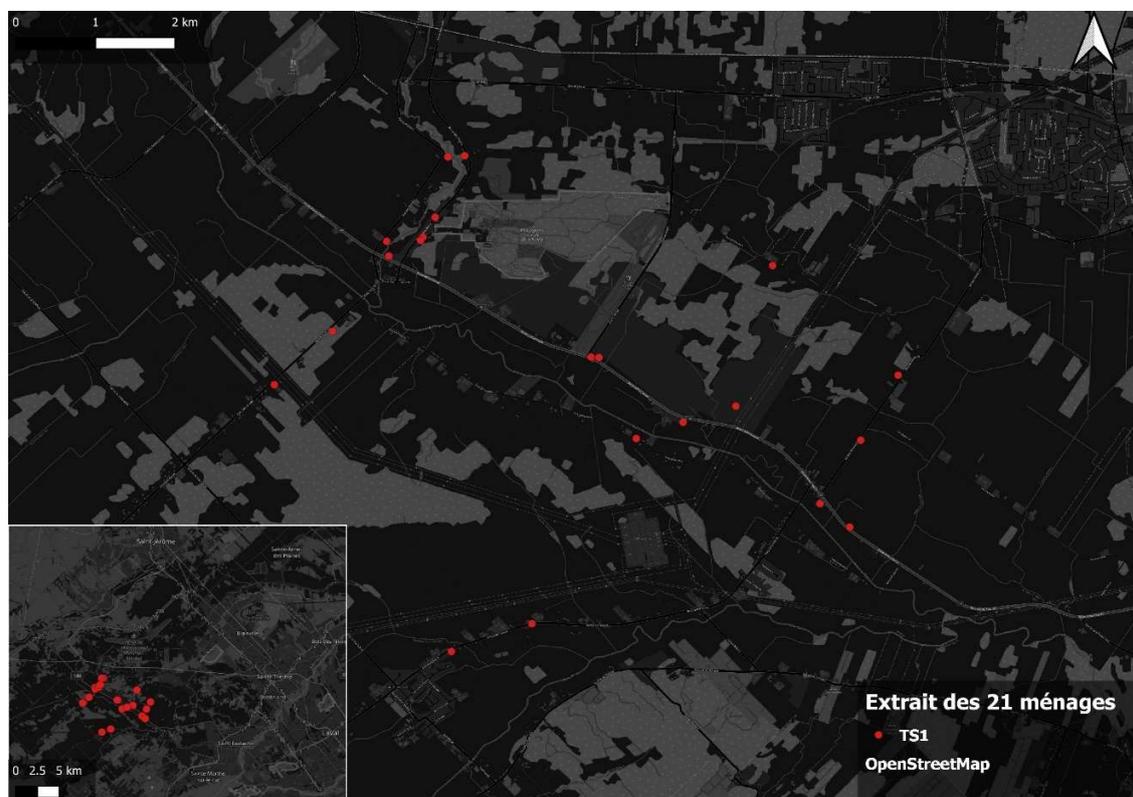


Figure 7.2 Illustration des 21 ménages observés du TS 1



Figure 7.3 Illustration des 21 ménages observés du TS 2

Pour chacun de ces 42 ménages, une zone d'influence est délimitée par la sélection des UL candidates. Le nombre de logements dans la ZIF est déterminé en fonction du nombre de clones par ménage (CM) et en fonction du taux d'échantillonnage des ménages dans la GRM (3,98%). Le Tableau 7-1 présente pour chacun des ménages considérés du TS1 le nombre de clones, le nombre d'unités de logements dans la ZIF ainsi que la superficie de la ZIF. Cette superficie est calculée en utilisant une enveloppe convexe des X unités de logement se trouvant les plus près de la position initiale des ménages. Parmi les ménages étudiés, la superficie moyenne de la ZIF est de 30,6 km². Le nombre maximal de logements dans la ZIF est de 1707 logements.

Tableau 7-1 Statistiques des 21 ménages observés du TS1

IDMénage	Nombre de clones	Nombre de logements dans la ZIF (UL)	Superficie de la ZIF (km ²)
272977	68	1707	51,5
282059	52	1306	55,3
300030	13	327	11,7
308728	53	1331	87,1
323797	11	277	24,4
327921	9	226	23,7
341920	9	226	37,7
382628	12	302	29,4
388339	13	327	24,4
403592	16	402	12,8
434502	8	201	21,0
451648	8	201	14,5
454896	7	176	9,2
521624	20	502	14,3
563233	8	201	22,5
598096	18	452	22,8
601824	8	201	0,5
605481	67	1682	111,0
633439	14	352	36,5
647082	14	352	6,9
806873	17	427	25,3

Le Tableau 7-2 présente, pour chacun des ménages considérés du TS2, le nombre de clones, le nombre d'unités de logement dans la ZIF ainsi que la superficie de la ZIF. Parmi les ménages étudiés, la superficie moyenne de la ZIF est de 0,05 km². Le nombre maximal de logements dans la ZIF est de 2310 logements. La forte densité de logements dans le secteur étudié explique que cette superficie moyenne est largement inférieure à celle estimée pour le TS1. De plus, certains ménages ont une ZIF de 0 km². Pour ces ménages, l'ensemble des unités de logement de leur ZIF se situe à l'intérieur d'un ou de deux bâtiments et donc, il est impossible d'estimer une superficie.

Tableau 7-2 Statistiques des 21 ménages observés du TS2

IDMénage	Nombre de clones	Nombre de logements dans la ZIF (UL)	Superficie de la ZIF (km ²)
117968	71	1782	0,083
125788	9	226	0,000
232133	15	377	0,002
234733	17	427	0,000
611172	77	1933	0,070
616762	89	2234	0,118
619934	15	377	0,002
644467	20	502	0,002
651483	92	2310	0,085
662473	75	1883	0,080
806594	83	2084	0,117
806619	13	327	0,000
806949	7	176	0,000
807459	83	2084	0,117
807620	15	377	0,000
807911	13	327	0,000
807975	22	553	0,000
808271	81	2033	0,117
809290	76	1908	0,093
850397	27	678	0,003
864128	84	2109	0,093

Les Figure 7.2 et Figure 7.3 illustrent respectivement les ZIF pour le secteur TS1 et TS2 pour l'ensemble des ménages étudiés. Tel que mentionné précédemment, les ZIF ne sont pas mutuellement exclusives.

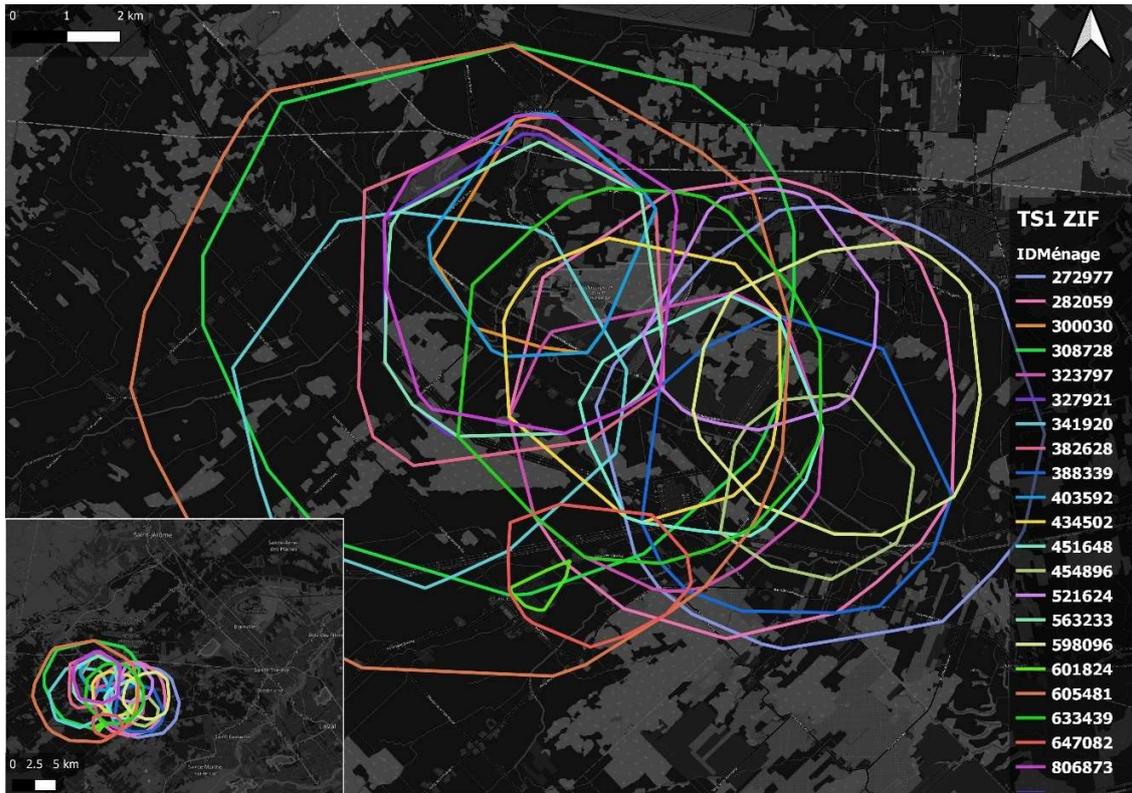


Figure 7.4 Illustration des zones d'influence des 21 ménages du TS1



Figure 7.5 Illustration des zones d'influence des 21 ménages du TS2

Après avoir calculé les ZIF et le nombre de clones pour chacun des ménages, il est possible d'attribuer les clones de chaque ménage aux logements se situant à l'intérieur de la ZIF. Chaque clone est donc assigné à un logement de façon aléatoire. Chaque logement à l'intérieur de la ZIF possède la même probabilité d'être attribué à un clone d'un ménage spécifique. Néanmoins, un logement déjà attribué à un clone, peu importe le ménage donneur, n'est donc plus disponible pour les autres clones. La Figure 7.6 illustre les logements attribués aux clones des 21 ménages du secteur TS1. Les logements attribués aux clones du secteur TS2 sont difficiles à illustrer car ils se situent tous dans quelques tours à condos du secteur étudié. La Figure 7.7 illustre néanmoins le nombre de clones attribués à chaque paire de coordonnées.

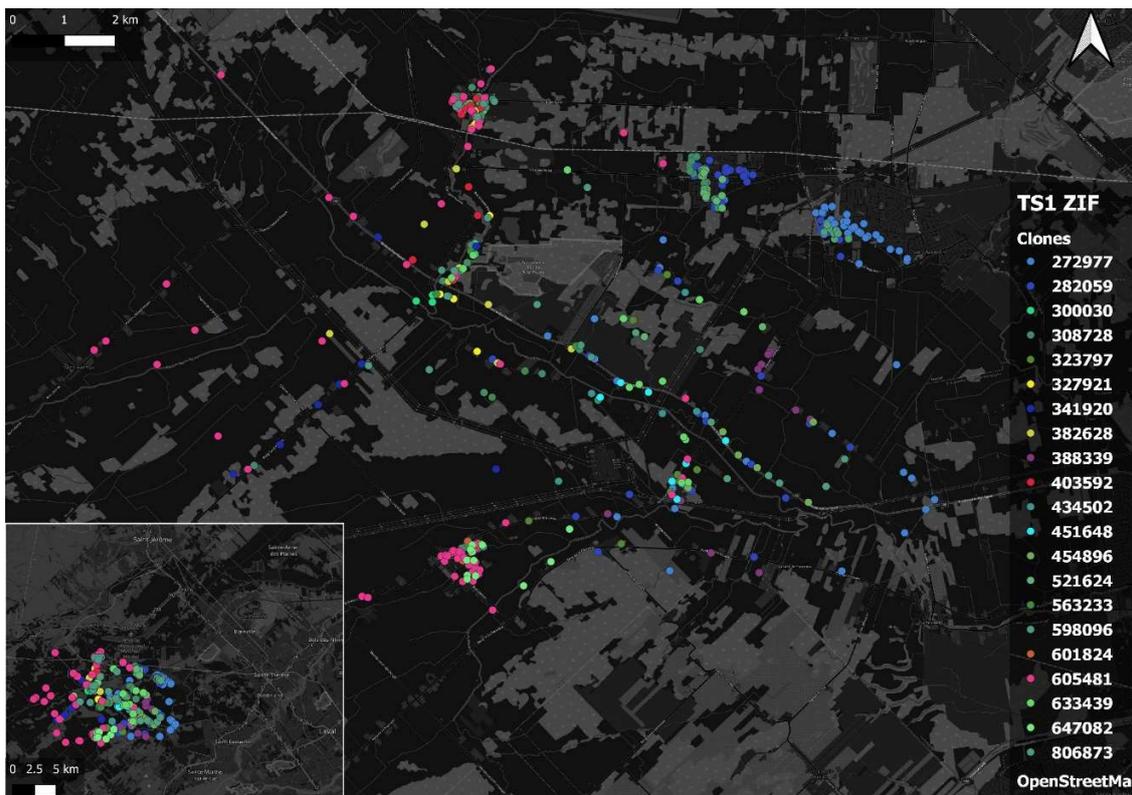


Figure 7.6 Illustration des logements associés aux clones des 21 ménages du TS1

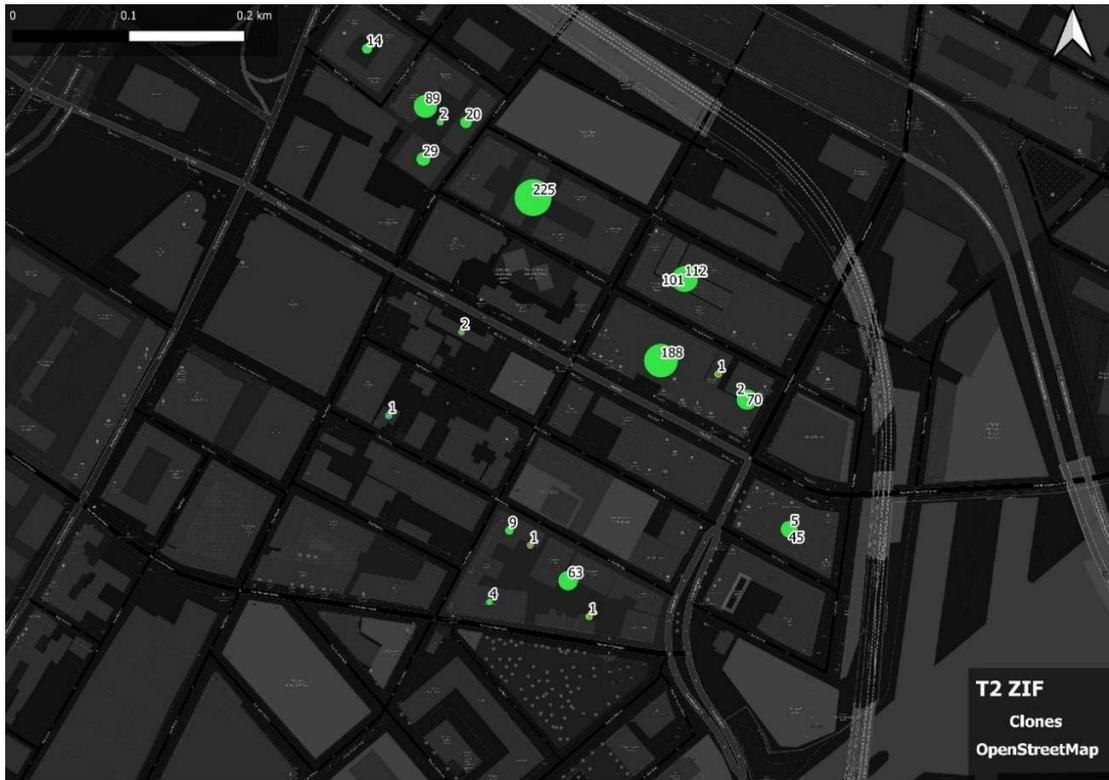


Figure 7.7 Illustration des logements associés aux clones des 21 ménages du TS2

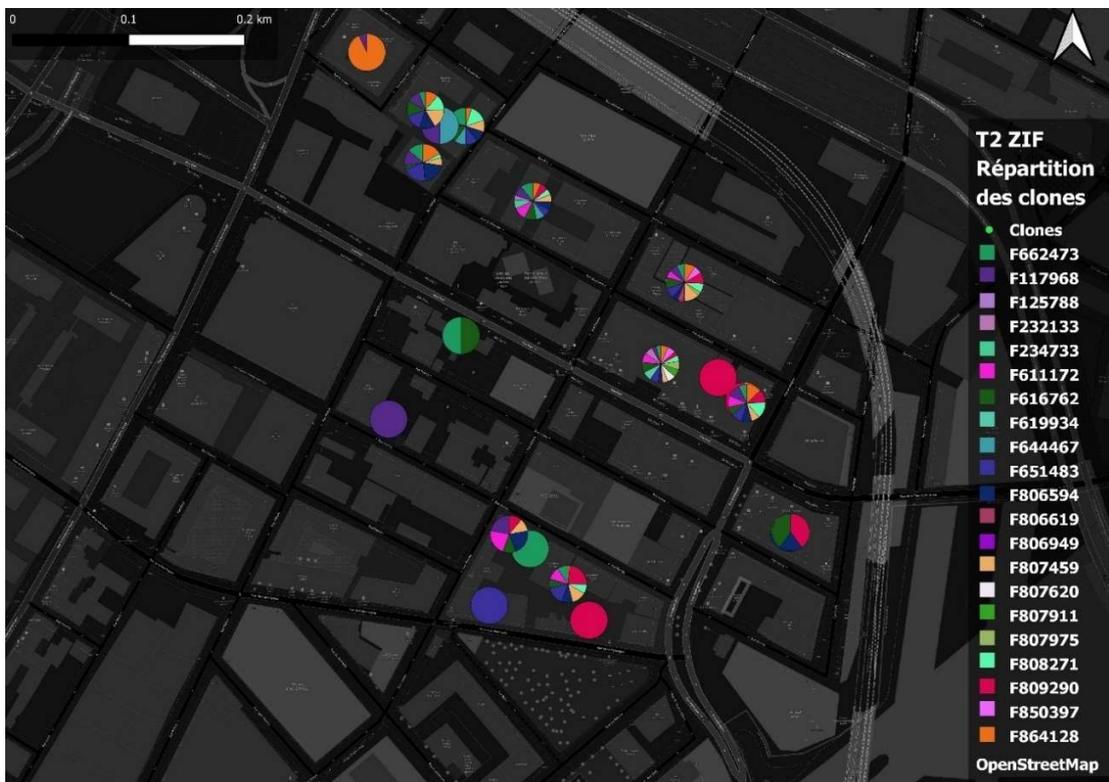


Figure 7.8 Illustration de la répartition des clones dans les bâtiments du TS2

7.3 Perspectives

Certains éléments devront être validés pour assurer une application cohérente de la méthode proposée à l'échelle régionale. En outre, la méthode devra être optimisée pour en assurer l'application efficace à cette échelle. Les éléments qui méritent d'être approfondis sont :

1) Délimitation de la ZIF

Actuellement, le nombre d'unités de logement constituant la zone d'influence de chaque ménage est proportionnel au nombre de clones associés à un ménage ainsi qu'à l'inverse du taux d'échantillonnage. Il faudra analyser la sensibilité des résultats selon le taux d'échantillonnage choisi (pour le territoire complet, par secteur municipal, pas strate de pondération). En outre, les unités de logement sont sélectionnées par proximité euclidienne avec les coordonnées du domicile du ménage initial. Il serait utile de voir si l'utilisation d'une autre métrique (distance Manhattan ou distance réseau) offre des résultats différents.

2) Gestion des conflits

L'application à petite échelle ne permet pas d'évaluer si la méthode (notamment le choix du taux d'échantillonnage) génère des conflits i.e. un manque d'unités de logement dans un ZIF pour accueillir tous les clones. Pour bonifier l'allocation d'une unité de logement, il serait utile de pouvoir tenir compte à la fois du type de logement et du type de ménage mais il n'existe peu de source de données contenant des détails sur les propriétés du logement (plus grands logements pour ménages de type familial par exemple). Ces sources ne sont pas nécessairement suffisantes afin d'atteindre les objectifs des travaux effectués dans cette étude.

3) Validation de la diversification des ménages

Il serait utile de développer une métrique permettant d'évaluer la diversification spatiale amenée par la spatialisation des ménages. On pourrait envisager recourir à un indice d'entropie estimé à différents niveaux d'agrégation qui permettrait de comparer les niveaux de diversité des ménages à différentes échelles (pour différents découpages) et entre secteurs à la suite des différentes spatialisations (sous différentes hypothèses). Les indices d'entropie permettent en effet de résumer la distribution des objets au sein de classes. Lorsque l'indice normalisé d'entropie est utilisé, une valeur de 1 indique une distribution uniforme des ménages parmi les différentes classes alors qu'une valeur de 0 indique que tous les ménages appartiennent à une seule classe. D'autres indicateurs pourraient être utilisés. Encore une fois, disposer d'une source de données contenant des données sur les ménages serait utile. On pourrait par exemple utiliser les données du recensement canadien au niveau des aires de diffusion pour comparer les compositions de ménages (selon la taille).

8 T8 – Perturbation des comportements individuels

Cette tâche consiste à ajouter de l'incertitude aux comportements de mobilité des personnes à la suite de la synthèse et de la spatialisation des ménages. Assurer une diversification complète des comportements individuels de mobilité exigerait de simuler l'ensemble des comportements de mobilité donc passer à travers toutes les étapes d'un modèle classique de prévision de la demande de transport (de type modèle d'activités) soit générer des programmes d'activités, estimer un modèle de distribution permettant d'identifier la localisation des destinations, estimer un modèle de choix modal pour déduire les temps de déplacement en interaction avec des modèles d'affectation (sur l'ensemble des modes de transport), rendre faisables les programmes d'activités à la lumière des temps de déplacement et procéder à plusieurs itérations pour assurer l'équilibre de la totalité du système.

Évidemment, ce projet de recherche n'avait pas comme objectif de redévelopper complètement un modèle de prévision de la demande et vise davantage à bonifier l'approche existante en ciblant certaines limites et en proposant des stratégies permettant d'en réduire les effets sur les résultats obtenus lors de l'utilisation de données d'enquêtes OD (observées ou projetées).

Dans ce contexte, ce chapitre propose une méthodologie simple de perturbation des heures de départ des déplacements qui permet de traiter une des limites associées à l'utilisation des données brutes des enquêtes Origine-Destination.

8.1 Problématique associée à l'heure de départ déclarée

Lors de la collecte des données via une enquête, les répondants sont questionnés quant aux déplacements qu'ils ont effectués la journée ouvrable précédant l'appel. Typiquement, les répondants ont tendance à arrondir l'heure à laquelle ils ont amorcé leurs déplacements, ce qui a comme effet de déformer la distribution des heures de départ. En outre, comme les observations d'enquête sont pondérées (chaque observation est associée à un poids qui permet de reconstruire la population de référence), le phénomène est amplifié et se traduit par une forte concentration de déplacements typiquement autour des heures, demi-heures et quarts d'heures. Ce n'est pas nécessairement problématique lorsque les données sont utilisées pour des analyses agrégées (comme le phénomène d'agrégation spatiale des lieux de domicile) mais cela le devient dès que des analyses plus microscopiques sont réalisées, par exemple, l'affectation de déplacements sur un réseau de transport en commun. Ainsi, une seule observation héritant d'un facteur de pondération de 35 pourrait se traduire par l'ajout d'une charge de 35 passagers sur un seul voyage.

L'étude des comportements de réponse confirme l'ampleur du phénomène associé à l'arrondissement des heures de départ. Sur l'ensemble des heures de départ déclarées (sans pondération), 46.3% sont à l'heure (XXh00) et 27.0% sont à la demi-heure (XXh30). Cela fait presque 3 déplacements déclarés sur 4. Les quarts d'heure occupent respectivement 6.9% (XXh15) et 6.4% (XXh45) des heures déclarées.

Le portrait est plutôt semblable pour l'ensemble des motifs de déplacements. La Figure 8.1 présente la distribution du niveau de précision (selon le nombre de minutes associées à l'heure déclarée, 00 indiquant qu'une heure sans minute a été déclarée, 7h00 par exemple et ainsi de suite) de l'heure déclarée en fonction du motif des déplacements déclarés. Le phénomène

d'arrondi semble plus élevé pour les déplacements non contraints (magasinage et loisir par exemple) mais demeure élevé pour l'ensemble des déclarations. En outre, rares sont les heures déclarées dépassant le niveau de résolution du quart d'heure.

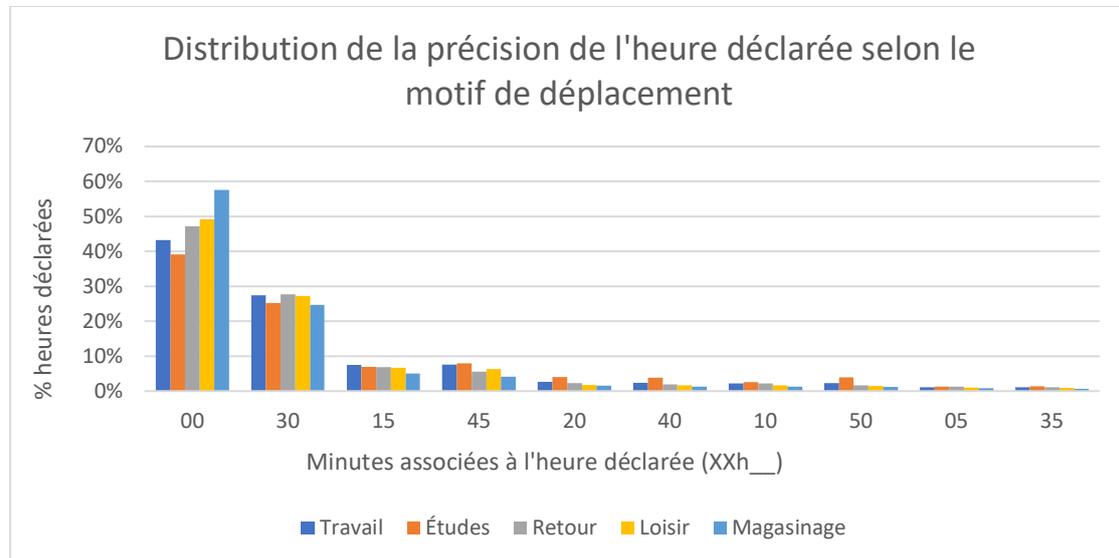


Figure 8.1 Distribution de la précision de l'heure déclarée selon le motif de déplacement (minutes associées à l'heure déclarée) - OD 2018 - observations

Dans ce contexte, il est souhaitable de procéder à un lissage systématique des heures de départ qui, couplé à la synthèse et la spatialisation des ménages, offrira une diversité spatio-temporelle nettement supérieure à celle offerte par les données brutes d'enquêtes OD.

8.2 Méthodologie générale

Le lissage des heures de départ adopte une approche plutôt simple puisqu'il n'y a pas de source parallèle de données permettant de caler des distributions temporelles représentatives des comportements de déplacements.

Le lissage est assez simple : un nombre aléatoire de minutes est ajouté ou soustrait de l'heure de départ déclarée. Ce nombre de minutes est choisi aléatoirement entre -15 minutes et 15 minutes. Par exemple, un déplacement dont l'heure ayant déclaré avoir fait un déplacement à 7h00 pourrait se voir attribuer une heure de départ entre 6h45 et 7h15. Ce lissage aura comme effet de diminuer les pics de départs déclarés, tels qu'illustré précédemment (7h00, 8h00, etc.).

8.3 Résultats

Les sections qui suivent illustrent les effets de l'application de perturbation aléatoire sur les heures déclarées de départ pour différents ensembles de déplacements.

8.3.1 Distributions temporelles globales

La Figure 8.2 présente la comparaison, à travers une journée typique de semaine, entre les distributions obtenues des heures de départ originales et des heures perturbées. Les impacts du lissage sont clairs et ce, à travers la journée.

La Figure 8.3 propose une autre vue sur la différence entre les distributions. Les données sont agrégées en intervalles de 5 minutes puis triées en ordre décroissant (selon le nombre de déplacements contenus dans chaque intervalle), cumulées puis présentées en proportion du nombre total de déplacements. On compte 288 intervalles de 5 minutes par jour. La série représentant les données initiales est nettement plus concentrée confirmant qu'une part importante des heures de départ est concentrée sur peu d'intervalles de cinq minutes. En fait, 15 intervalles de 5 minutes sont suffisants pour cumuler 50% des départs dans les heures observées contrairement à 56 pour les heures de départ perturbées.

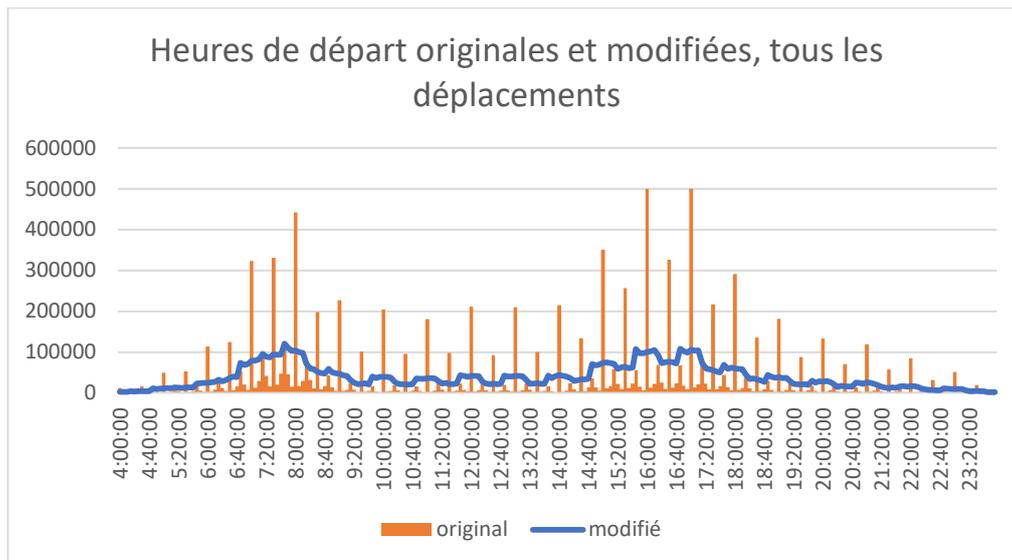


Figure 8.2 Heures de départ originales et modifiées, tous les déplacements

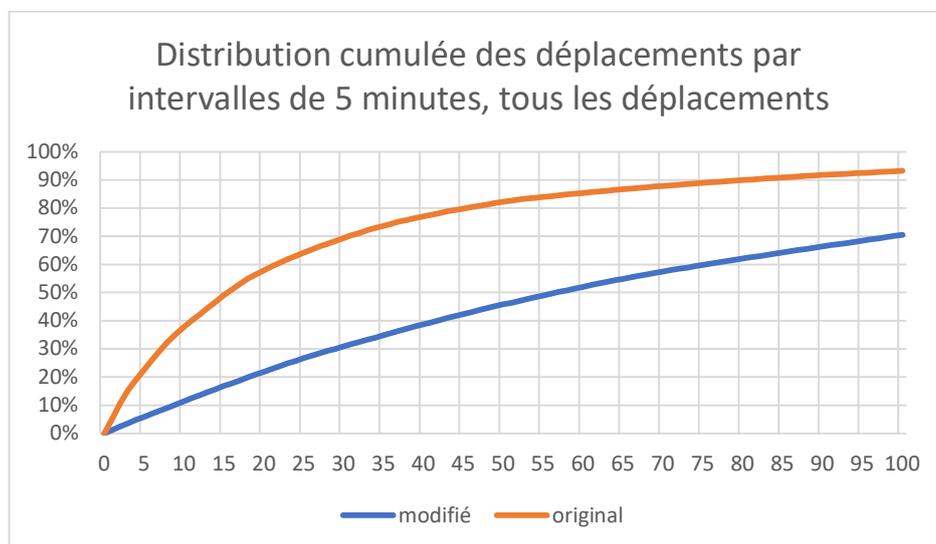


Figure 8.3 Distribution cumulée des déplacements par intervalles de 5 minutes, tous les déplacements

8.3.2 Distributions temporelles des heures de départ par motif de déplacement

Ces mêmes distributions temporelles sont produites pour les déplacements des principaux motifs de déplacements.

La Figure 8.4 présente la comparaison pour les heures de départ des déplacements travail. Les départs pour ces déplacements sont concentrés en pointe du matin et les concentrations autour de 7h et 8h sont très évidentes. La perturbation des heures permet de lisser les départs et de couvrir la plage typique de pointe AM.

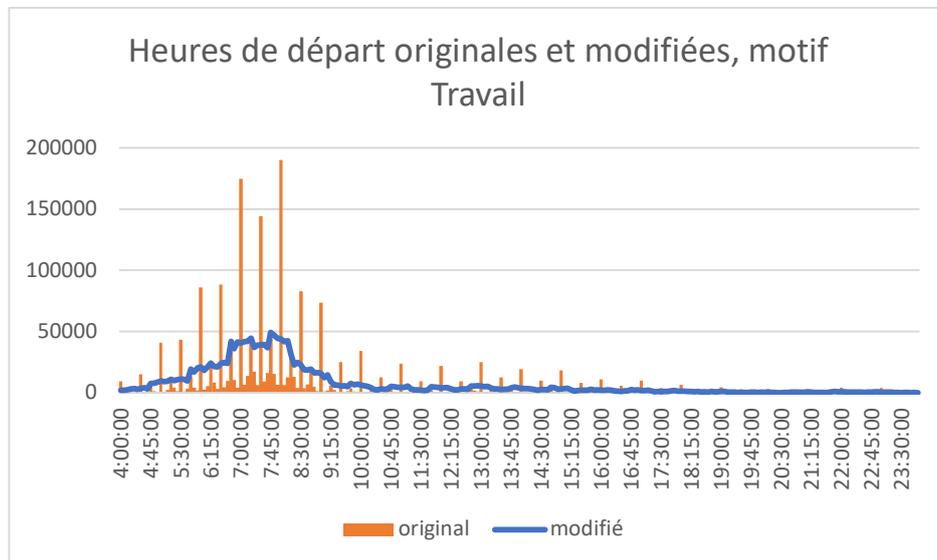


Figure 8.4 Heures de départ originales et modifiées, motif Travail

La Figure 8.5 compare les distributions originales et modifiées des heures de départ pour déplacements études. La plage de concentration est encore plus réduite que pour les déplacements travail et trois heures précises ressortent clairement sans lissage.

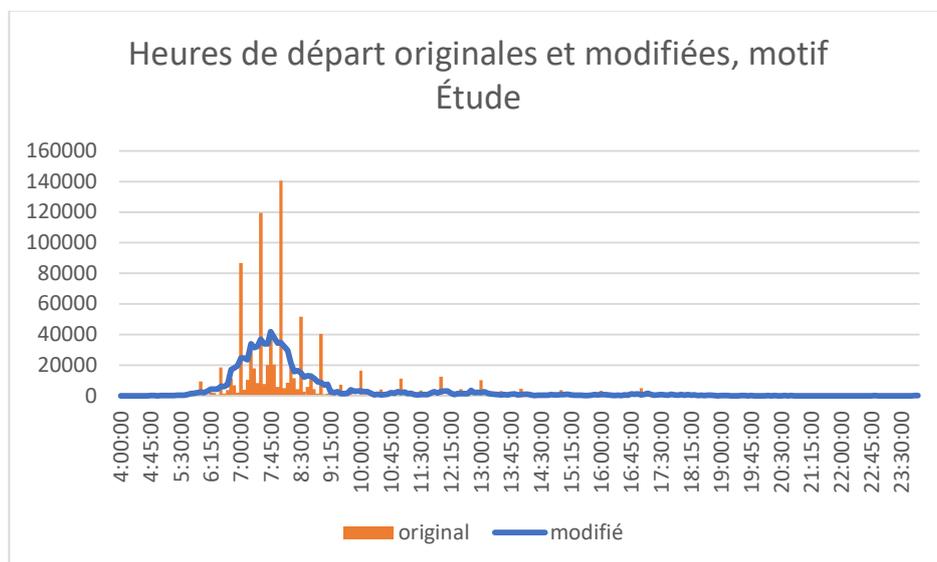


Figure 8.5 Heures de départ originales et modifiées, motif Étude

La Figure 8.6 compare les distributions pour les heures de départ des retours à domicile. La pointe PM est clairement plus étalée et, sans lissage, deux pics sont très apparents soit 16h et 17h.

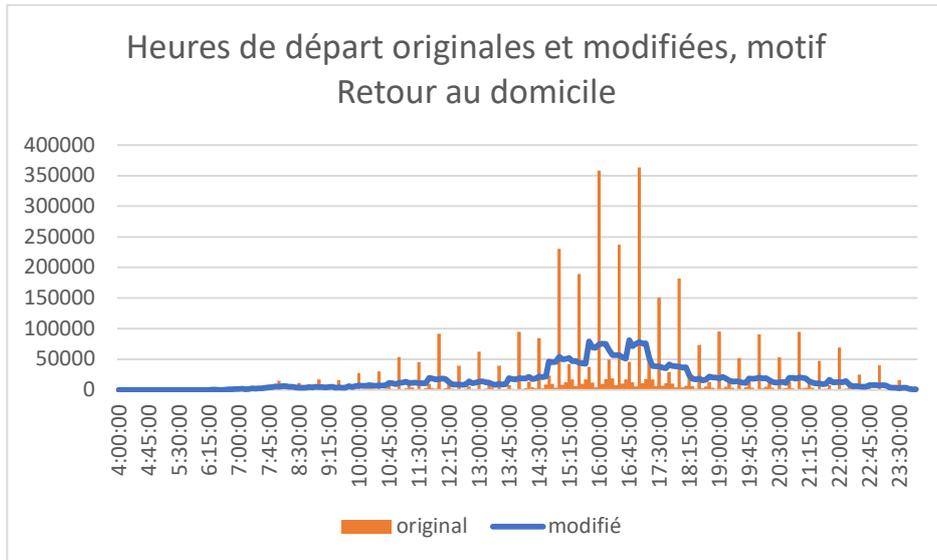


Figure 8.6 Heures de départ originales et modifiées, motif Retour au domicile

La Figure 8.7 présente les déplacements motif loisirs. Les arrondis associés aux heures de départ sont clairs et distribués à travers la journée. Même dans la distribution lissée, on observe un effet escalier qui découle du choix de la plage de perturbation des valeurs (+/- 15 minutes).

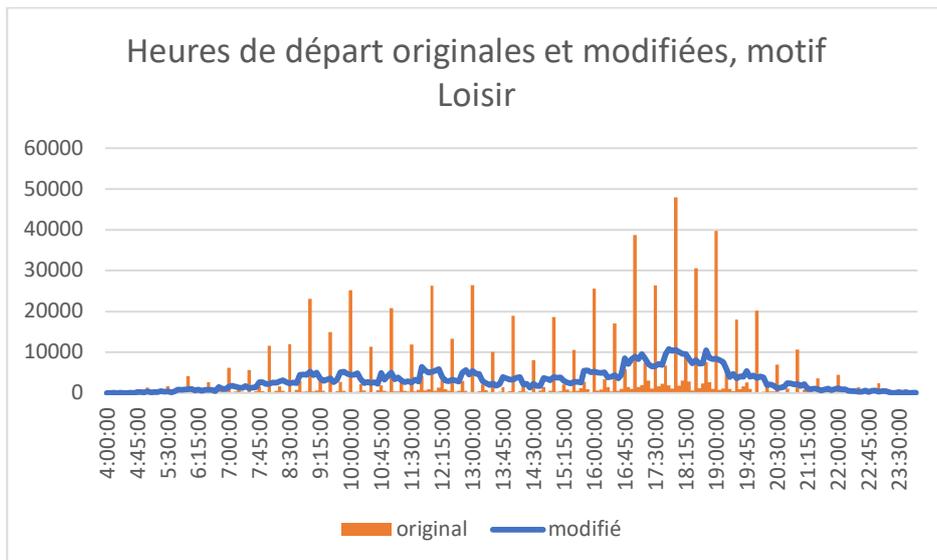


Figure 8.7 Heures de départ originales et modifiées, motif Loisir

La Figure 8.8 présente les déplacements motif Magasinage. Les arrondis associés aux heures de départ sont clairs et distribués à travers la journée. Même dans la distribution lissée, on observe un effet escalier qui découle du choix de la plage de perturbation des valeurs (+/- 15 minutes).

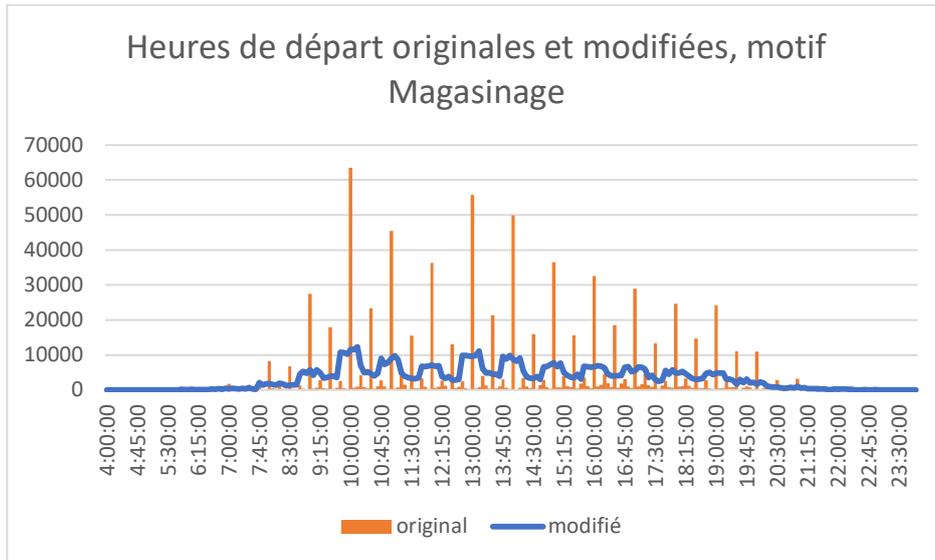


Figure 8.8 Heures de départ originales et modifiées, motif Magasinage

Un tableau permettant de comparer les distributions (points clés) pour l'ensemble des motifs offre une vue plus synthétique des différences (Tableau 8-1). Celui-ci présente le nombre d'intervalles de 5 minutes requis pour cumuler 25%, 50% et 75% des déplacements (selon la même logique que le graphique de la Figure 8.3). Tel qu'attendu, la perturbation des heures de départ permet de distribuer les déplacements sur un nombre plus importants d'intervalles de 5 minutes. En outre, les déplacements contraints demeurent systématiquement plus concentrés (sur un moindre nombre d'intervalles), même après le lissage.

Tableau 8-1 Comparaison des distributions originales et modifiées par motif

	Travail		Études		Retour		Loisir		Magasinage	
	Orig	Mod	Orig	Mod	Orig	Mod	Orig	Mod	Orig	Mod
25%	3	11	2	6	4	14	6	22	4	20
50%	9	24	5	13	11	36	14	55	10	48
75%	26	52	17	26	29	82	31	103	21	89

8.4 Perspectives

Comme la plupart des analyses conduites actuellement le sont au niveau des déplacements, la méthode proposée est suffisante pour assurer une diversification temporelle des déplacements. Toutefois, il sera nécessaire de procéder à des validations complémentaires pour confirmer la cohérence dans l'application systématique de cette approche, notamment en assurant un décalage cohérent des heures de départ des déplacements appartenant à la même chaîne de déplacement. Ce n'est pas une étape compliquée à ajouter et pourra l'être sans problème dans une perspective d'opérationnalisation de l'approche proposée. En effet, l'équipe de recherche a déjà développé une approche permettant d'identifier les chaînes de déplacements dans les fichiers d'enquête et pourra tenir compte de cet objet pour l'application finale de la méthode, si souhaité.

De plus, il a été observé que la concentration autour de l'heure est plus forte pour les déplacements non-contraints (loisir et magasinage par exemple). Ainsi, il pourrait être pertinent d'envisager une plage de perturbation plus grande pour les déplacements non contraints puisque ceux-ci semblent souffrir d'un arrondi encore plus important (à travers la journée). Néanmoins, pour confirmer la pertinence de la plage de perturbation, il serait utile de pouvoir compter aussi sur une source de données exogènes étant exemptes du biais de déclaration des heures, par exemple les données d'une enquête GPS ou des données passives d'un système de transport.

9 Synthèses et stratégies d'opérationnalisation

Ce projet a principalement permis de faire progresser trois grandes composantes de la méthodologie globale de bonification de l'approche de modélisation :

- 1) Le développement d'une typologie de ménages et sa prise en compte dans la prévision démographique
- 2) L'étude des systèmes d'activités et l'analyse des impacts du type de ménage d'appartenance sur les comportements individuels
- 3) La génération d'une population synthétique de ménages avec prise en compte de la composante spatiale

Ces trois éléments clés ont été à la base de l'articulation du projet initialement et ont été examinés. Néanmoins, il a été nécessaire de réfléchir à un cadre plus global de bonification de l'approche de modélisation pour clarifier où les éléments initiaux pouvaient s'insérer. D'autres tâches se sont donc révélées requises afin d'assurer la séquence complète de modélisation de la demande à différents horizons. Le schéma méthodologique global a permis de mettre en lumière toute la complexité de l'exercice et de faire ressortir des tâches clés, toutes n'étant pas a priori prévues dans le cadre de ce projet de recherche. Ainsi, ce rapport a proposé des vues complémentaires permettant de raffiner plusieurs de ces étapes en plus de proposer un cadre global articulé autour de dix tâches. Pour chacune, des pistes et démonstrations à différents niveaux d'avancement ont été proposées.

Cette synthèse propose différents éléments permettant d'envisager l'intégration progressive dans la procédure de prévision de la demande de transport du MTQ des différents développements réalisés dans le cadre de ce projet de R&D.

9.1 Contributions aux différentes tâches et perspectives de bonification

9.1.1 Développement d'une typologie de ménages

Cette première tâche, centrale dans les objectifs initiaux du projet, a été abordée en profondeur dans le cadre d'une maîtrise. Différentes expérimentations ont été conduites et ont mené à la proposition d'une typologie structurée autour de 8 types de ménages qui, tout en tenant compte de la taille des ménages, apportent une richesse complémentaire en valorisant des variables estimables à l'aide de prévisions démographiques, ce qui était une contrainte rigide de la problématique. Cette typologie s'est avérée très riche et a d'ailleurs été mise à profit dans différentes recherches de l'équipe de recherche. La publication des données de l'enquête OD 2018 a d'ailleurs permis une actualisation de la typologie qui a été présentée et analysée dans ce rapport.

Il sera d'ailleurs nécessaire d'assurer la mise à jour de la typologie à la publication de toute nouvelle enquête, de refaire l'analyse des tendances et de réestimer le modèle de prévision de la composition de la population de ménages.

9.1.2 Tendances relatives à la population de ménages

Une analyse des tendances quant à la population de ménages a permis de mettre en lumière les transformations survenues à travers le temps ainsi que de soulever un potentiel enjeu relatif à l'échantillonnage de certains types de ménages, particulièrement dans les quartiers centraux. Cet élément devrait très certainement être davantage exploré et, si les enjeux soulevés sont

confirmés, il pourrait être pertinent de corriger le problème à l'aide d'une repondération des enquêtes problématiques en valorisant les données relatives aux propriétés des familles disponibles dans le recensement. C'est aussi dans le cadre de cette tâche qu'une typologie de secteurs, aussi construite autour de données disponibles dans des prévisions démographiques, a été proposée. Cette typologie devrait aussi être actualisée avec la publication d'une nouvelle enquête (ou d'un nouveau recensement). La pertinence de cette typologie a d'ailleurs été analysée à l'aide d'un indice d'entropie normalisée.

9.1.3 Appartenance des personnes aux types de ménages

La modélisation de l'appartenance des personnes aux types de ménages vise à permettre l'enrichissement des prévisions démographiques d'une composante ménage. Ainsi, le nombre de variables utilisables pour cette prédiction demeure contrainte par la capacité de les prédire. C'est pourquoi des expériences de modélisation ont été construites autour des variables d'âge, de genre et de type de secteur (celui-ci valorisant les propriétés démographiques globales de secteurs pour lesquels, logiquement, des prévisions démographiques seraient disponibles). Des arbres de régressions et des modèles logit multinomiaux ont été estimés, les deux offrant des performances correctes sachant que les prévisions viseraient surtout à assurer la construction d'une population de ménages conformes à la composition attendue (selon les 8 types de ménages proposés).

Il serait possible de tester aussi une approche par simulation mais on peut supposer que les résultats seraient similaires aux deux approches présentées puisque s'appuyant sur les mêmes variables.

9.1.4 Projection de la population de ménages

Pour enrichir les prévisions démographiques d'une composante ménage, il a été choisi de projeter la composition de la population de ménages sur la base des répartitions observées à travers le temps. Ainsi, les tendances quant au poids occupé par chaque type de ménage à travers le temps ont été analysées et les enjeux relatifs à deux enquêtes (2008 et 2013) ont été encore soulevés. Différentes projections ont été faites et, en croisement avec la population projetée (telle qu'estimée à l'aide des facteurs projetés de l'enquête OD 2013), des tailles plausibles de population de ménages ont été estimées.

9.1.5 Synthèse de la population

Cette tâche a permis d'expliquer une approche de synthèse de la population de personnes et de ménages qui permet, grosso modo, de préparer une liste totalement énumérée de personnes et ménages disposant d'un facteur de pondération de 1. La méthode permet donc de gérer les facteurs de pondération fractionnaires et de créer des clones à partir des ménages et personnes échantillonnés.

D'autres approches de synthèse de population sont actuellement explorées dans le cadre de la thèse de doctorat de Mohamed Khachman qui devrait se terminer au courant de l'année 2022. Les résultats seront évidemment transmis au MTQ comme complément aux travaux exposés dans ce rapport et aux mémoires des deux autres étudiants impliqués dans le projet.

9.1.6 Spatialisation des ménages

De façon générale, les approches de synthèse disponibles dans la littérature et expérimentées ne contiennent aucune composante spatiale. C'est la raison pour laquelle il faut ensuite procéder à la dispersion spatiale des ménages sinon, tous les clones habitent à la même adresse.

Une méthode de spatialisation tenant compte du nombre de clones créés (ménages synthétiques), du taux d'échantillonnage de l'enquête et de la base de données des immeubles fournie par le MTQ a été proposée et testée sur deux ensembles de ménages vivant dans des contextes contrastés. L'expérimentation à plus grande échelle devra être faite, ce qui exige d'abord l'optimisation de la procédure pour en permettre l'exécution globale.

9.1.7 Création des ménages

Cette tâche n'a pas été expérimentée dans le cadre du projet. Dans une perspective de synthèse de population, il n'est pas nécessaire de recréer des ménages puisqu'ils existent déjà. C'est toutefois requis dans un contexte de prévision. Comme certains modèles ont été proposés pour attribuer un type de ménage à chaque personne, l'étape qui suit consiste à agréger des ménages ayant été associés au même type et vivant à proximité. Une procédure contenant les étapes suivantes pourrait être expérimentée, sur la base des probabilités conditionnelles.

1. Chaque personne synthétique (facteur de 1) se fait attribuer un type de ménage (sur la base de l'âge, du genre) soit par arbre de régression, soit par MNL, soit via une autre approche.
2. En tenant compte de ces mêmes propriétés (âge, genre et TM), attribution d'une taille de ménage. Ici, une approche par simulation (tirage dans une distribution fréquentielle obtenue de l'enquête la plus récente pour différents types de personnes).
3. Tri des personnes appartenant à des ménages de même taille (pour une strate spatiale et un TM donné).
4. Pour chaque strate spatiale (secteur municipal, TS, autre zone – ceci est à expérimenter), sélection aléatoire d'une personne pour amorcer la procédure d'agrégation et estimation du nombre de personnes résiduelles à tirer pour composer le ménage (selon la taille de ménage attribuée).
5. Utilisation de probabilités conditionnelles (fonction des propriétés de la ou des personnes constituant le ménage à ce point) pour tirer la ou les personnes suivantes jusqu'à l'atteinte de la taille souhaitée.
6. Élimination des personnes associées à un ménage et reprise de la procédure.

Évidemment, cette procédure doit être expérimentée pour voir les effets de l'application de certaines contraintes (les probabilités conditionnelles par exemple) et la gestion des inégalités (est-ce que la procédure peut converger).

Il serait aussi possible de formuler le problème comme un problème de minimisation des erreurs dans lequel la cible serait de réduire les écarts entre le centre des types de ménages (le vecteur qui résume les propriétés des ménages qui ont été associés à chacun des 8 types) pour la création de groupes de personnes. Cette étape méritera d'être davantage réfléchi et expérimentée avant de pouvoir formuler des recommandations claires sur son opérationnalisation.

9.1.8 Ajout d'incertitude aux comportements

Dans ce rapport, seule la perturbation de l'heure de départ a été expérimentée. Une façon de bonifier la méthode proposée sera de tenir compte de la structure des chaînes de déplacement pour assurer la cohérence du séquençage des déplacements à la suite de la perturbation des heures de départ. Il serait utile aussi de valider la pertinence d'utiliser des plages de perturbation différentes selon le motif de déplacement.

9.1.9 Programmes d'activités individuels

Cette tâche consiste à attribuer à chaque personne un programme d'activités. Les travaux de Douville ont permis de faire progresser les approches possibles – aucun autre développement n'a été réalisé mais les méthodes développées par Douville (2020) pourraient être implantées. Une des bonifications qui mériteraient d'être explorées est celle de la prise en compte du jour de déplacements et la création de cinq jours types plutôt qu'un seul jour type puisque certains défis de modélisation ont été associés à la présence d'une activité secondaire (loisir après l'activité principale) dont la fréquence, pour un même individu, n'est sans doute pas quotidienne. La prise en compte de la journée permettait de mettre en relief certains patrons plus typiques de certains jours (jeudis et vendredis par exemple).

9.1.10 Simulation complète des comportements

La stratégie de spatialisation utilisée pour spatialiser les lieux de domicile des ménages clonés pourrait aussi être transposée pour traiter les lieux d'origine et de destination des déplacements. Ceci exigerait de pouvoir disposer d'une source de données suffisamment précise pour agir comme proxy de l'intensité des attractions pour différents types d'activités. Ainsi, pour les destinations motifs études, il faudrait pouvoir disposer d'une base de données des institutions d'enseignement incluant un indicateur de taille (nombre d'inscrits par exemple). Pour les destinations travail, une base de données des emplois (nombre d'emplois par localisation) serait requise.

10 Annexes

10.1 Mémoire de Léa Fabre

- Fabre, L. (2018). *Développement d'une typologie de ménages pour enrichir la prévision de la demande de transport* (Mémoire de maîtrise, École Polytechnique de Montréal). Tiré de <https://publications.polymtl.ca/3192/>.

10.2 Mémoire de Julien Douville

- Douville, J. (2020). *Modélisation des systèmes d'activités pour fins de prévision de la demande de transport* (Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal). Tiré de <https://publications.polymtl.ca/5439/>

10.3 Proposition de recherche de Mohamed Khachman

- Khachman, M. (2019). *Méthode de synthèse spatialisée de la population de personnes et ménages pour fins de prévision de la demande de transport*.