

**Outil d'aide à l'exploration des changements dans les comportements
de mobilité des montréalais**

Hubert Verreault, Associé de recherche, Polytechnique Montréal

Catherine Morency, Professeure agrégée, Polytechnique Montréal

Chaire Mobilité, Polytechnique Montréal

Communication préparée pour la séance suivante :

Meilleures pratiques de planification des transports urbains

du Congrès de 2014

de l'Association des transports du Canada,

à Montréal (Québec)

Résumé

Peu importe le type de modèle utilisé, la prévision de la demande de transport s'appuie souvent sur une analyse détaillée des grandes tendances. La fiabilité des prévisions est donc étroitement liée à la capacité de faire ressortir les tendances importantes observées dans ces enquêtes ainsi qu'à la possibilité d'en expliquer les orientations possibles. Dans la région de Montréal, de grandes enquêtes sur la mobilité de la population existent depuis 1970. Cet article a comme objectif de présenter un outil de consultation des tendances de la mobilité se basant sur les enquêtes de 1987 à 2008. Plusieurs indicateurs sont disponibles et sont basés sur l'objet déplacement et l'objet chaîne de déplacements. Quelques tendances observées de la mobilité des individus dans la région de Montréal y sont aussi présentées. Plusieurs constats ressortent de l'étude des tendances. Parmi celles-ci, l'année 1998 semble être un point d'inflexion pour plusieurs d'entre elles. Cet article permet aussi de constater que les chaînes de déplacements semblent moins sensibles aux changements de tendances que les indicateurs basés sur les déplacements.

1. Introduction

Au Québec, les enquêtes régionales Origine-Destination (OD) assurent la collecte de données de mobilité de façon récurrente. À Montréal, ces enquêtes sont effectuées aux cinq ans depuis plus de 40 ans et recueillent des données détaillées sur tous les déplacements effectués lors d'un jour de semaine d'automne auprès d'un échantillon de 4-5% de la population résidente. Ces données permettent d'analyser l'évolution des comportements de mobilité et alimentent le développement des modèles régionaux de transport. Peu importe le type de modèle utilisé, la prévision de la demande de transport s'appuie souvent sur une analyse détaillée des grandes tendances. La fiabilité des prévisions est donc étroitement liée à la capacité de faire ressortir les tendances importantes observées dans ces enquêtes ainsi qu'à la possibilité d'en expliquer les orientations possibles. Afin de mieux comprendre ces tendances, un outil interactif a été créé afin d'assister l'exploration des tendances à long terme, sur une période de 20 ans. Cet outil a été développé dans le contexte d'un projet de R&D réalisé en collaboration avec le ministère des transports du Québec (MTQ) et visant à formuler des recommandations sur les modèles de prévision de la demande de transport. Cette application utilise les données provenant de quatre grandes enquêtes OD de la région de Montréal (1987, 1993, 2003, 2008) et propose une série d'indicateurs (plus de 50) qui témoignent de différents aspects de la mobilité quotidienne. Cet outil offre d'une part la possibilité d'explorer des indicateurs selon différentes segmentations : spatiale, basée sur la région de domicile, le genre et l'âge de l'individu. Les indicateurs témoignant de la mobilité portent sur deux objets : le déplacement et la chaîne de déplacements, tels que les taux de mobilité, les parts modales, les distances, les motifs ou les durées d'activités. Il permet d'autre part d'évaluer si les différences entre les hommes et les femmes sont significatives (pour chaque groupe d'âge et région, pour une enquête donnée) et si les différences entre deux enquêtes consécutives sont significatives (pour chaque groupe d'âge, genre et région), et ce pour chacune des segmentations disponibles.

En s'appuyant sur l'outil ainsi que les constats qu'il permet d'établir, cette communication propose de présenter l'évolution des principales tendances de mobilité des vingt dernières années dans la région de Montréal. En plus des changements sociodémographiques tels que le vieillissement de la population, la diminution de la taille des ménages et la hausse de la motorisation, plusieurs indicateurs de mobilité ont évolué depuis 1987, et pas toujours de façon constante ni dans le même sens selon les années (exemple : augmentation de 1987 à 1998 puis diminution de 1998 à 2008). Toutefois, ces indicateurs ne varient pas toujours de la même façon et certains sont plus

sensibles que d'autres. Ainsi, de façon générale, il semble que les indicateurs basés sur l'objet chaîne de déplacements sont plus stables que les indicateurs basés sur les déplacements. Il est plausible de croire que ceux-ci soient moins sensibles aux adaptations méthodologiques, qui ont été néanmoins rares, apportées aux enquêtes à travers le temps, aux micro-changements dans les comportements de mobilité ou dans les comportements de déclaration des comportements. La communication présentera l'outil et illustrera son utilisation par l'analyse de certaines tendances.

2. Contexte

L'analyse des tendances est un élément clef dans le processus de prévision de la demande en transport. Dans la région de Montréal, les modèles de prévision utilisés se basent sur les déplacements des individus. Le processus actuel de la prévision de la demande dans la région de Montréal s'appuie sur d'abord sur des prévisions démographiques qui sont, depuis quelques années, soutenues directement par le MTQ. Certaines autres tendances ayant une incidence sur les comportements de mobilité sont aussi incluses telles que la concentration des emplois dans certaines zones ou la progression de la motorisation des femmes. A priori, les comportements de mobilité ne sont pas directement modifiés et leur évolution dans le temps est surtout absorbée par les évolutions démographiques et structurelles. Cependant, avant d'inclure des tendances observées dans le processus de prévision de la demande, il faut tout d'abord être capable de les reconnaître et de mesurer si elles sont significatives. L'efficacité de la prévision de la demande est donc étroitement liée à la possibilité d'identifier les tendances et variables de segmentation pertinentes.

L'étude des enquêtes Origine-Destination (OD) montréalaises permettent de voir l'évolution de quelques facteurs d'influence. Les faits saillants de l'enquête OD 2008 (1) nous révèlent quelques constats au niveau de l'évolution de la démographie dans les 20 dernières années dans la grande région de Montréal (GRM).

- Croissance de la population : de 2.9 millions en 1987 à 3.5 en 2008 à territoire comparable 1987;
- Hausse de la motorisation : 1.2 millions en 1987 à 1.8 millions d'automobiles en 2008, en hausse de 50 %;
- Hausse de la motorisation par ménage de 1.06 automobile par ménage en 1987 à 1.23 en 2008;

- Baisse de la taille du ménage de 2.56 en 1987 à 2.38 en 2008 à territoire comparable 1987.

Ces variables ont une influence sur la prévision des comportements de mobilité de la population. En plus, le vieillissement de la population aura aussi un impact non négligeable car cette population se déplace de manière différente (mode, motif, distance, heure). Ces constats sur le vieillissement de la population ne feront que prendre de l'importance dans les prochaines années. Entre 1987 et 2008, la population de 50 ans et plus est passé de 25% à 32 % de la population totale du territoire. (1) Les prévisions démographiques de l'Institut de la statistique du Québec prévoient que la proportion de la population de la RMR de Montréal qui a 55 ans et plus passera de 22.4% en 2006 à 33% en 2031. (2) Celle de 65 ans et plus, passera de 13.2% en 2006 à 21.9% en 2031 de la population totale pour le même territoire. (2)

3. Système d'information géographique

Les enquêtes OD montréalaises se déroulent environ au 5 ans depuis 1970. Ce sont des enquêtes de grande envergure, couvrant un échantillon de 4% et 5% de la population totale. Le chef du ménage, la personne qui connaît le mieux les informations sur les déplacements des autres membres du ménage, doit répondre pour tous les autres individus. De l'information détaillée à propos de la structure du ménage, des caractéristiques des individus et de l'ensemble des déplacements effectués (origine, destination, heure de départ, motif, mode,...) sont amassés. L'unité temporelle d'étude est la journée moyenne de semaine tandis que la période enquêtée l'automne.

Dans le cadre de cette étude, les enquêtes utilisées sont celles de 1987, 1998, 2003 et 2008. Le cadre méthodologique utilisé ainsi que la forme et le type de questions posées pour ces enquêtes se ressemblent beaucoup. Ceci facilite l'interprétation de la comparaison des indicateurs utilisés dans cette étude. Le nombre de déplacements déclarés dans chacune des enquêtes varient entre 300 000 et 400 000 déplacements.

L'enquête de 1993 a été retirée de l'analyse car des changements méthodologiques rendent la comparaison plus difficile à interpréter pour cette étude. Aussi, le territoire d'enquête a fortement évolué depuis 1987 et a suivi l'urbanisation du territoire de la région. (Voir Tableau 1)

4. Présentation de l'outil

L'objectif principal de l'outil est de permettre de visualiser et d'étudier certaines grandes tendances de la mobilité de la population afin de mieux les reconnaître et de les comprendre. Il permet aussi de faire ressortir certaines tendances qui ne sont pas actuellement intégrées dans les processus de prévision de la demande en transport. Un autre objectif est de déterminer la significativité des tendances en regard de l'échantillon qui est disponible.

Variables de segmentation

Tel que précisé précédemment, les habitudes de déplacements de la population dépendent de plusieurs facteurs d'influences et sociodémographiques. Les tendances observées peuvent aussi changer selon le niveau de résolution utilisé. Les résultats sont donc disponibles en fonction de plusieurs variables de segmentation.

- Âge des individus (segmentation en cohorte de 5 ans)
- Genre des individus (homme ou femme)
- Région de domicile (8 régions et la grande région de Montréal (GRM))

Les 8 régions d'analyse sont présentées dans la Figure 1.

Ces variables de segmentation permettent aussi de séparer d'une certaine façon l'effet de l'évolution de la démographie et celui des habitudes de déplacements des personnes dans l'évaluation des tendances.

Liste des indicateurs

Plusieurs types d'indicateurs sur la mobilité des individus sont disponibles pour consultation dans l'outil. Principalement, les indicateurs sont basés sur l'objet déplacement ou chaîne de déplacements. Les types d'indicateurs suivants sont disponibles :

- Taux de mobilité par personne par jour, segmenté selon le motif d'activité ou le mode de transport;
- Nombre de chaînes d'activité par personne par jour, segmenté selon motif principal, le mode principal de transport ou le type de chaîne;
- Part modale des déplacements selon le mode de transport;

- Durée moyenne d'activité par personne par jour, segmentée selon le motif d'activité;
- Durée moyenne d'activité par chaîne, segmentée selon le motif d'activité;
- Durée moyenne d'une activité, segmentée selon le motif d'activité;
- Distance moyenne à vol d'oiseau par chaîne;
- Distance moyenne à vol d'oiseau par déplacement;
- Indicateurs décrivant la complexité d'une chaîne;

Il y a en tout près de 60 indicateurs différents à consulter. De plus, l'ensemble de ces indicateurs sont disponibles selon les variables de segmentation précédemment discutées.

Représentativité des tendances observées

L'outil permet facilement de visualiser s'il y a une évolution de différents indicateurs de mobilité à travers le temps. Il est cependant difficile de déterminer si la variabilité observée est significative. Afin de valider l'existence d'une tendance dans la mobilité, il faut tout d'abord s'assurer que les différences observées sur un indicateur sont statistiquement significatives. Pour ce faire, le test statistique de t_Student a été utilisé. Ce test permet de comparer deux indicateurs en déterminant s'ils proviennent d'une même population. S'ils proviennent d'une même population, ils ne peuvent être considérés statistiquement différents. Dans le cas inverse, les indicateurs peuvent être considérés différents. Les hypothèses du test sont les suivantes :

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Équation 1 : Hypothèses du test de t-Student sur l'égalité de deux moyennes.

Les équations utilisées pour le test sont les suivantes :

$$t = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sigma \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \text{ où}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Équation 2 : Équations du calcul de la statistique de t-Student.

L'utilisation du test paramétrique demande que les échantillons étudiés suivent une distribution normale. Cependant, le test demeure robuste lors le nombre d'observations est grand, ce qui est le cas les enquêtes OD, malgré l'utilisation de variables de segmentations.

Dans un premier temps, une comparaison Homme/Femme est effectuée afin de déterminer si leurs comportements peuvent être considérés différents pour une même cohorte. Dans un deuxième temps, une comparaison entre deux enquêtes consécutives est effectuée afin de déterminer s'il y a eu une réelle évolution des comportements de mobilité.

Utilisation de l'outil

L'outil se divise en trois panneaux accessibles sur la page principale. Il est possible de changer en tout temps la région de domicile ainsi que l'indicateur étudié.

Le premier panneau présenté à la Figure 3 permet de visualiser l'indicateur choisi en fonction des 4 enquêtes disponibles dans l'outil. Les indicateurs sont segmentés en fonction de cohortes de 5 ans et du genre de la personne.

Le second panneau présenté à la Figure 4 permet de déterminer si les différences observées entre les hommes et les femmes sont statistiquement significatives. Pour que les indicateurs soient considérés statistiquement différents, il faut que la statistique t-Student en valeur absolue soit supérieure à 1.96. Sur la Figure 2, lorsque les courbes se retrouvent entre les deux bornes, les comportements de mobilité des hommes et des femmes ne peuvent être considérés différents.

Le troisième panneau présenté à la Figure 3 permet de déterminer si les différences observées, par cohorte et par genre, entre deux enquêtes successives sont statistiquement significatives. De façon semblable à la figure précédente, lorsque le résultat du test de t-Student se situe entre -1.96 et 1.96, les différences observées entre deux enquêtes ne sont pas statistiquement significatives. À ce moment, on peut considérer que l'indicateur n'évolue pas de façon significative pour une même cohorte et genre. De plus, si la valeur du test statistique est négative, la tendance de l'indicateur est à la hausse. De façon inverse, si la valeur est positive, la tendance est à la baisse.

5. Résultats

La section suivante présente quelques tendances de mobilité. Seulement quelques indicateurs sont présentés pour la grande région de Montréal (GRM). La première section se concentre sur les indicateurs basés sur l'objet déplacement tandis que la deuxième se concentre sur l'objet chaîne de déplacement. Dans le cas de cette étude, la chaîne de déplacements peut être définie comme l'ensemble des déplacements effectués par une personne jusqu'au retour au point d'ancrage. Le point d'ancrage de la chaîne est le domicile de la personne.

Objets déplacements

La Figure 4 présente l'évolution du nombre de déplacements par personne par jour. Cet indicateur semble diminuer pour l'ensemble des cohortes à partir de 1998. La Figure 5 permet de constater que les différences sont significatives entre les hommes et les femmes pour les cohortes de 40 ans et plus à partir de 1998. Cependant, cette tendance semble s'atténuer car en 2008, les différences ne sont pas significatives avant 50 ans. La Figure 6 permet de confirmer que la tendance est à la baisse entre 1998 et 2008 pour l'ensemble des cohortes de 65 ans et moins.

La Figure 7 présente l'évolution du nombre de déplacements motif travail par personne par jour. Cet indicateur semble être en diminution pour les hommes tandis qu'il est en augmentation chez les femmes. La Figure 8 permet de constater que les différences sont fortement significatives entre les hommes et les femmes pour l'ensemble des cohortes. Les femmes se déplacent donc moins que les hommes. On remarque cependant que cette différence est de moins en moins significative avec les années. La Figure 9 permet de constater que l'indicateur est à la baisse chez les hommes entre 20 ans et 50 ans tandis qu'il est à la hausse chez les femmes d'environ 45 ans et plus.

La Figure 10 présente l'évolution du nombre de déplacements effectués à la marche par personne par jour. Cet indicateur semble être stable entre 1987 et 2008, sauf pour les personnes de 5 à 15 ans où une baisse est apparente. La Figure 11 permet de constater que les femmes marchent généralement plus que les hommes. Les différences entre les deux groupes sont significatives de 25 à 75 ans pour la majorité des enquêtes. Cette tendance semble assez stable dans le temps. Les différences ne sont pas significatives entre les deux sexes pour les 5 à 20 ans. La Figure 12 indique que les différences ne sont pas ou très peu significatives pour la majorité des cohortes entre 2003 et 2008. La tendance est cependant à la baisse chez les personnes de 5 à 15 ans.

Objet chaîne de déplacements

La Figure 13 présente l'évolution du nombre de chaînes de déplacements par personne par jour. Il semble y avoir une légère diminution avec les années, sauf pour les personnes de 5 à 15 ans où la diminution est plus forte. La Figure 14 permet de constater que les différences entre les hommes et les femmes sont de moins en moins significatives à travers le temps. La Figure 15 indique que l'indicateur est à la baisse depuis 1998 pour la majorité des cohortes.

La Figure 16 présente l'évolution de la durée moyenne des chaînes de déplacements par personne par jour. L'indicateur semble être à la baisse chez les hommes et à la hausse chez les femmes, sauf chez les 5 à 15 ans où l'indicateur est en forte hausse. La Figure 17 permet de constater que les différences entre les hommes et les femmes sont très significatives à partir de 20 ans. La Figure 18 permet aussi de valider la hausse significative de l'indicateur chez les 5 à 15 ans.

La Figure 19 présente l'évolution de la proportion de personnes effectuant une chaîne simple par jour. L'indicateur semble être à la hausse chez l'ensemble des cohortes. La Figure 20 permet de constater que les différences entre les hommes et les femmes sont significatives entre 20 et 40 ans. La Figure 21 permet de constater la significativité de la hausse de l'indicateur pour l'ensemble des cohortes entre 1998 et 2008.

6. Constats et perspectives

Plusieurs constats généraux peuvent être tirés des figures précédentes. Premièrement, la majorité des indicateurs étudiés ont évolué depuis 1987; on peut croire qu'ils vont continuer à évoluer dans les prochaines années. À ce titre, l'année 1998 semble être un point d'inflexion important dans les tendances de mobilité pour plusieurs indicateurs. La significativité des différences semblent aussi moins grande lors de l'étude d'indicateurs basés sur les chaînes de déplacements.

Il ne faut pas oublier que le processus actuel de prévision de la demande se base sur la prévision des déplacements. Les figures précédentes ont permis de conclure que ce type d'indicateur a une grande variabilité dans le temps. Il est possible que l'utilisation des chaînes d'activité dans le processus permette de mieux prévoir la demande étant donné la moins grande variabilité de ces indicateurs.

L'outil présenté dans cet article a permis de soulever plusieurs nouvelles questions. Des ajouts à l'outil permettraient de faire ressortir encore plus d'informations sur les tendances de la grande région de Montréal. Cette étude se basait uniquement sur les informations des déplacements pendant une journée de semaine. L'étude de données

de fin de semaine permettrait d'obtenir une vision plus globale des changements observés dans les comportements de mobilité. Des enquêtes de fin de semaine existent en 1998 et 2008 pour la grande région de Montréal.

Plusieurs autres variables peuvent avoir une influence sur la mobilité des individus telles que le prix de l'essence, le revenu du ménage, le type de ménage ou la motorisation du ménage et il serait intéressant de les intégrer à l'outil afin de les mettre en relation avec les tendances observées. Il serait aussi possible d'ajouter des tests statistiques afin de déterminer si les tendances observées pour chacune des régions sont semblables et de faire ressortir des spécificités propres aux régions. L'utilisation de méthodes statistiques de décomposition des effets permettraient de conforter la méthodologie utilisée dans l'outil et de faire ressortir de nouvelles variables qui pourraient avoir un effet sur les comportements de mobilité.

Remerciements

Les auteurs voudraient remercier le secrétariat de l'enquête OD pour l'accès aux données historiques des enquêtes OD dans la région de Montréal ainsi que le ministère du transport du Québec pour leur soutien dans le cadre d'un projet de recherche sur les modèles d'activités.

Bibliographie

- (1) Agence Métropolitaine de transports (2008). La mobilité des personnes dans la région de Montréal : Faits saillants. AMT, 28 pages
- (2) Institut de la statistique du Québec (2009). Perspectives démographiques du Québec et des régions, 2006-2056 Édition 2009. ISQ, 133 pages.

Tableaux

Tableau 1 : Évolution des taux d'échantillonnage des enquêtes OD

Enquête	1987	1998	2003	2008
Population	2 930 000	3 499 000	3 613 000	3 940 000
Taux d'échantillonnage	4.68%	4.64%	4.70%	4.10%
Territoire (km²)	3 300	5 400	5 520	8 200

Figures

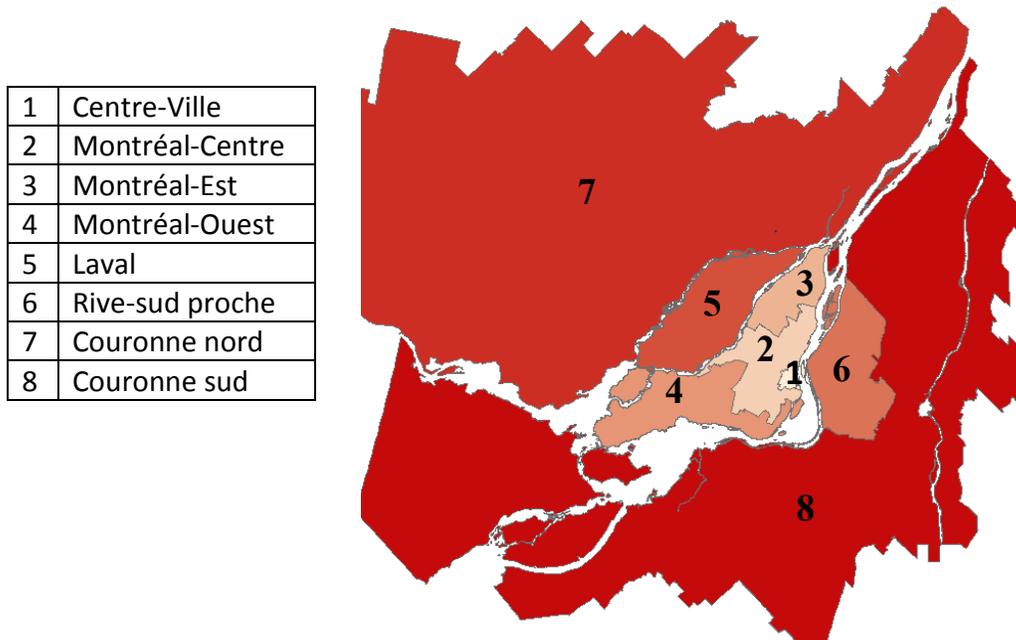


Figure 1 : Les 8 grandes régions d'analyse disponibles dans l'outil

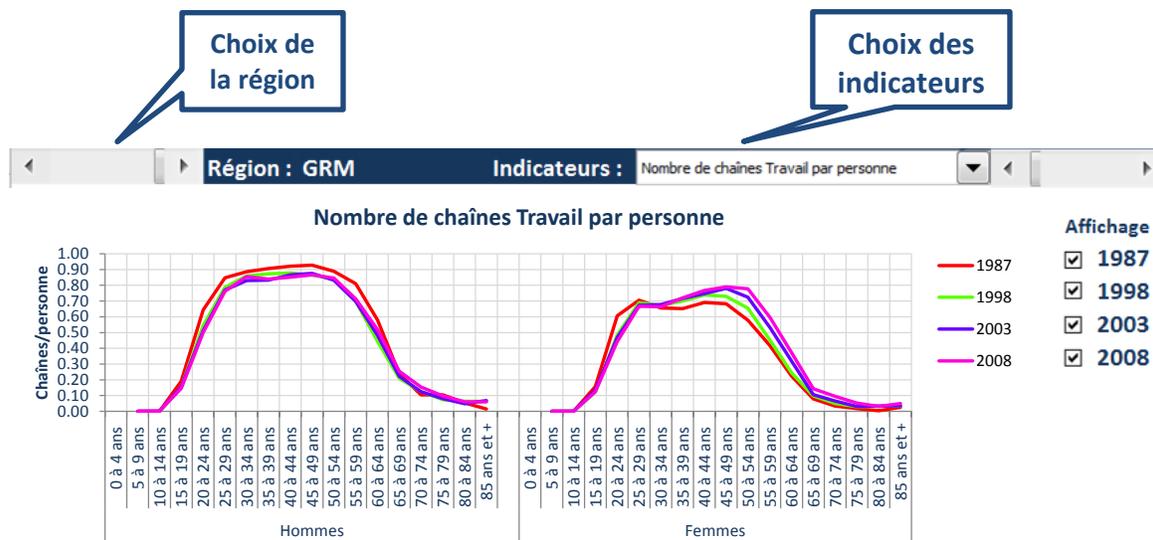


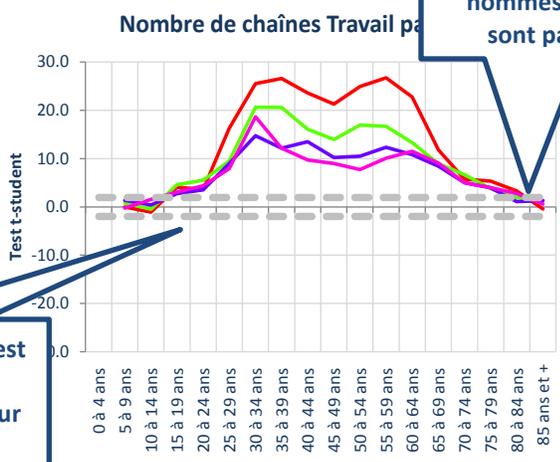
Figure 2 : Section Visualisation des indicateurs

Différences : Homme/Femme

$t > 0 \rightarrow H > F$

$t < 0 \rightarrow F > H$

Si la statistique t (t-Student) est négative, la moyenne de l'indicateur est plus élevé pour les femmes que pour les hommes (raisonnement inverse si positive).



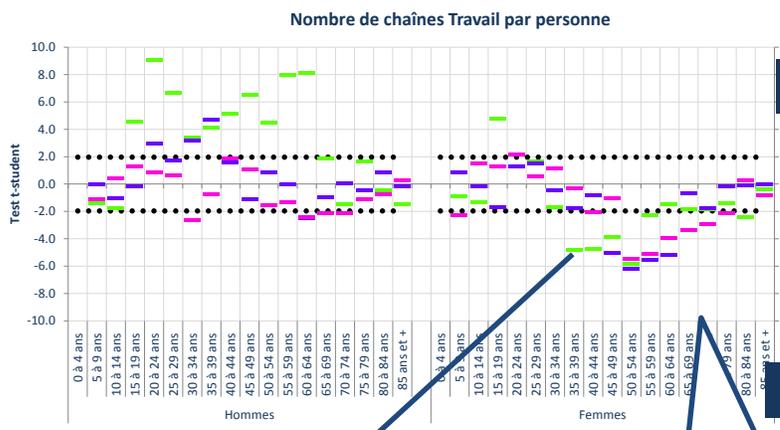
Si la statistique t (t-Student) est comprise entre -1.96 et 1.96, les différences entre les hommes et les femmes ne sont pas significatives.

- Affichage**
- 1987 1987
 - 1998 1998
 - 2003 2003
 - 2008 2008

Activer/désactiver l'affichage

Figure 3 : Section Comparaison statistique Homme/femme

Différences : Enquête/Enquête suivante



$t > 0 \rightarrow \text{Enq.} > \text{Enq. suivante}$

- 1987_1998
- 1998_2003
- 2003_2008
- Test : 1987_1998
- Test : 1998_2003
- Test : 2003_2008

$t < 0 \rightarrow \text{Enq. suivante} > \text{Enq.}$

Si la statistique t (t-Student) est positive, la moyenne de l'indicateur est plus élevé pour l'enquête par rapport à celle suivante (raisonnement inverse si négative).

Si Couleur, l'indicateur n'est pas significativement différent entre deux enquêtes consécutives.

Figure 4 : Section Comparaison statistique de l'évolution des comportements

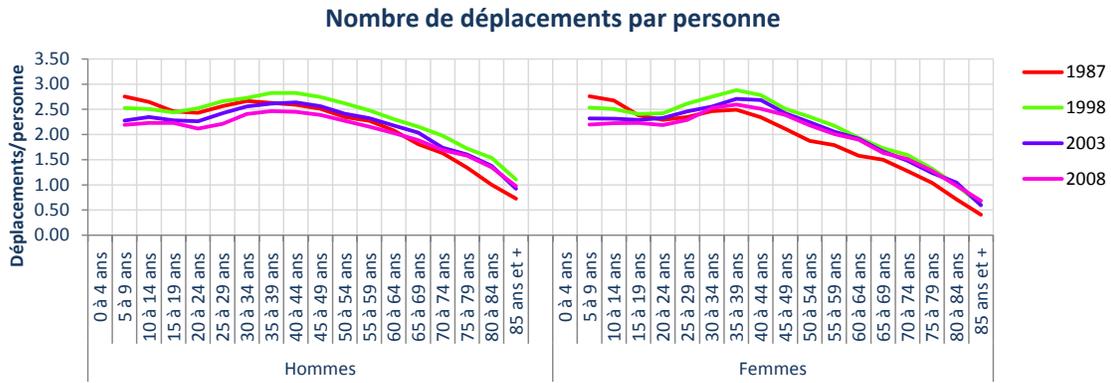


Figure 5 : Évolution du nombre de déplacements par personne par jour

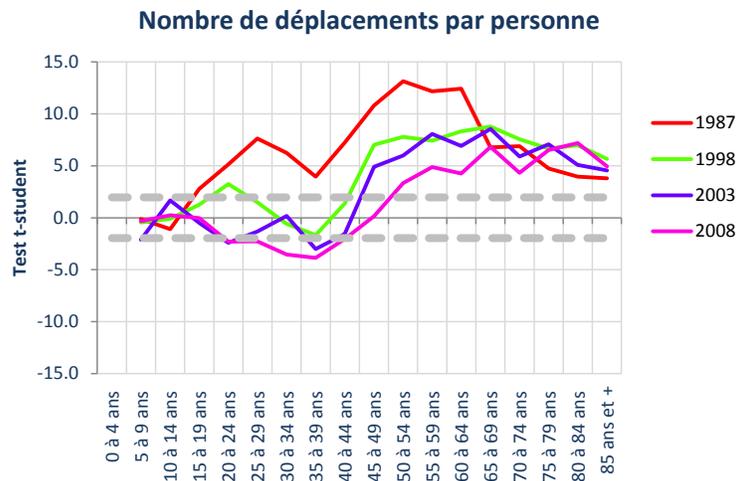


Figure 6 : Résultat du test statistique sur l'égalité entre les hommes et les femmes

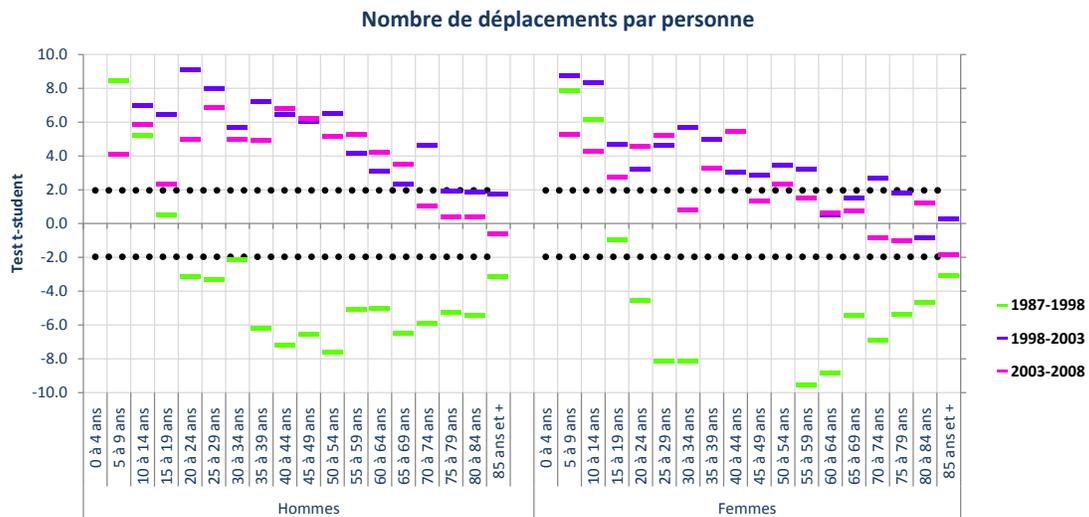


Figure 7 : Résultat du test statistique sur l'égalité des moyennes entre deux enquêtes successives

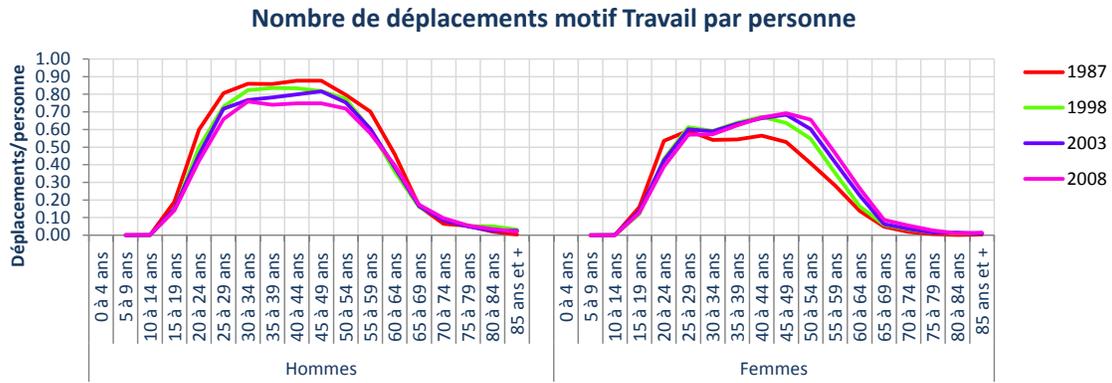


Figure 8 : Évolution du nombre de déplacements motif travail par personne par jour

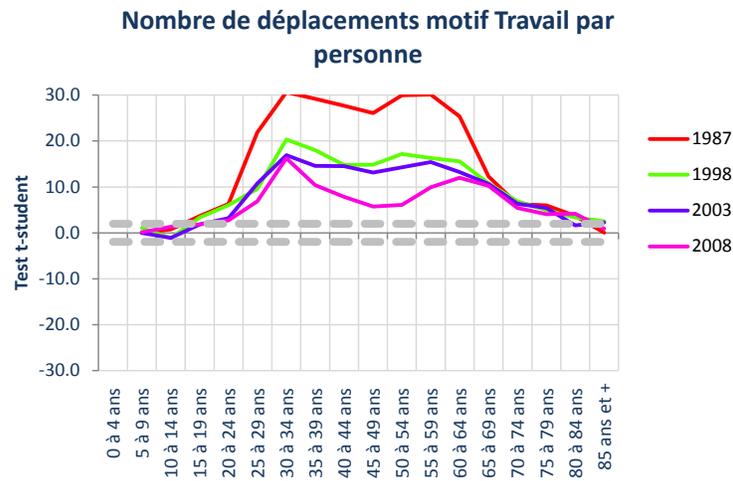


Figure 9 : Résultat du test statistique sur l'égalité entre les hommes et les femmes

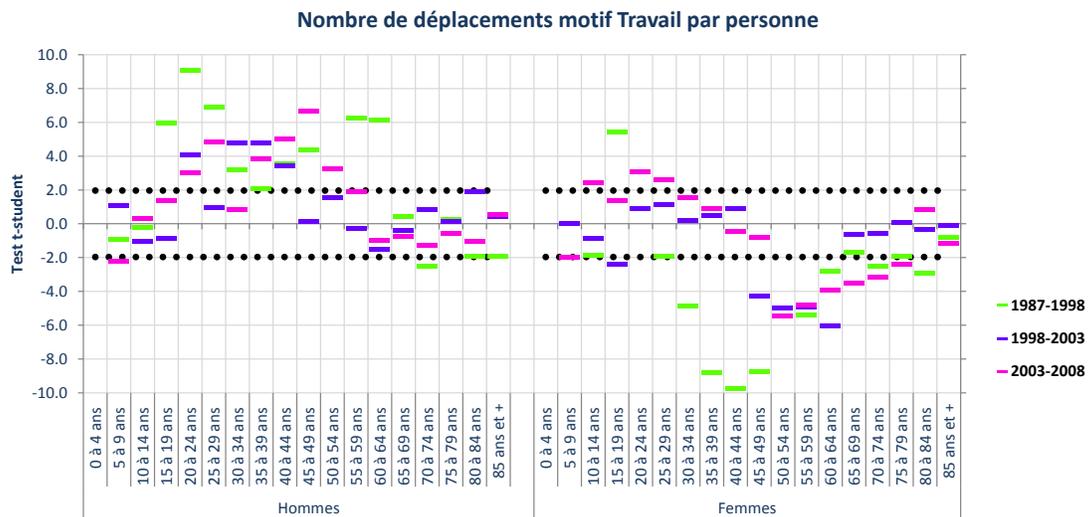


Figure 10 : Résultat du test statistique sur l'égalité des moyennes entre deux enquêtes successives

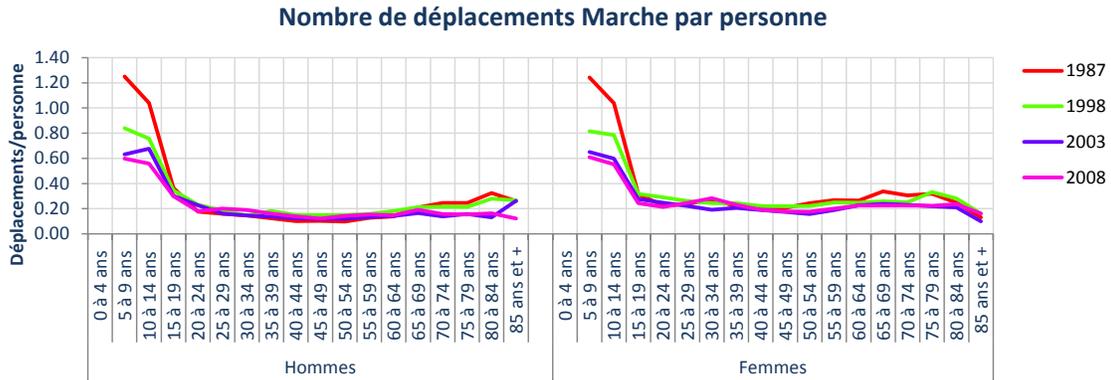


Figure 11 : Évolution du nombre de déplacements effectué à la marche par personne par jour

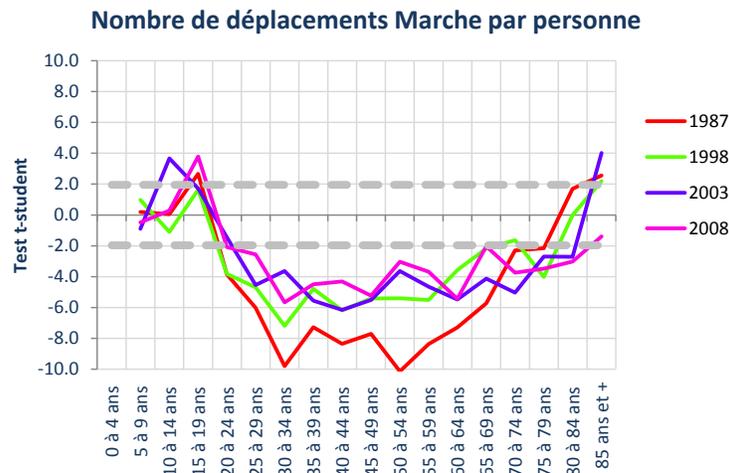


Figure 12 : Résultat du test statistique sur l'égalité entre les hommes et les femmes

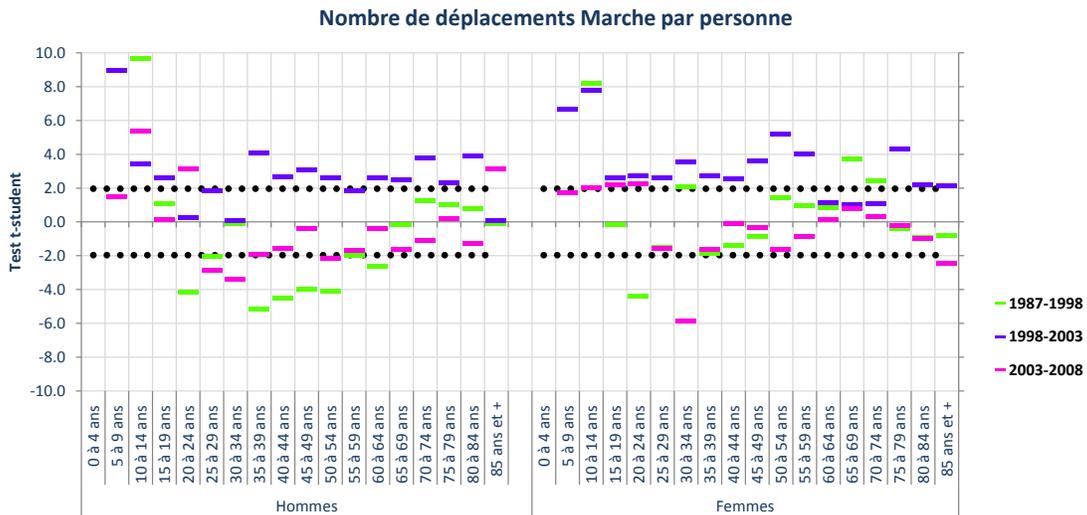


Figure 13 : Résultat du test statistique sur l'égalité des moyennes entre deux enquêtes successives

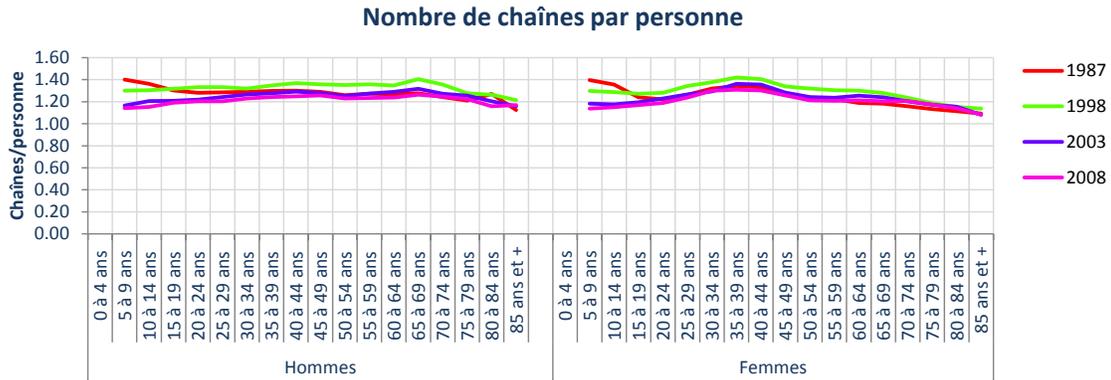


Figure 14 : Évolution du nombre de chaînes de déplacements par personne par jour

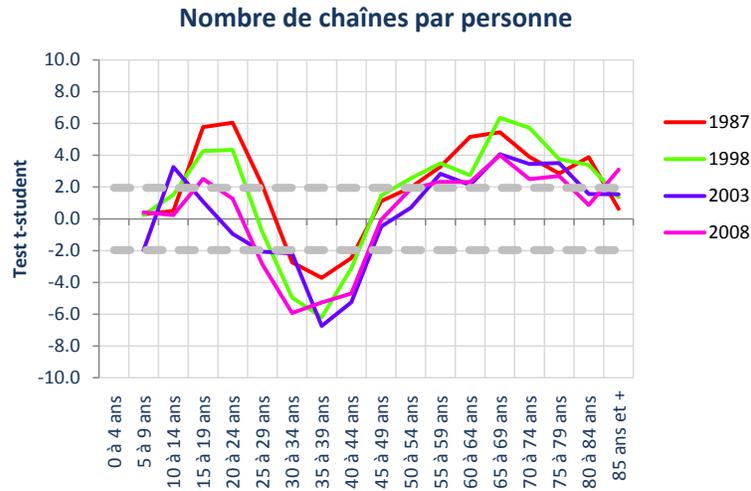


Figure 15 : Résultat du test statistique sur l'égalité entre les hommes et les femmes

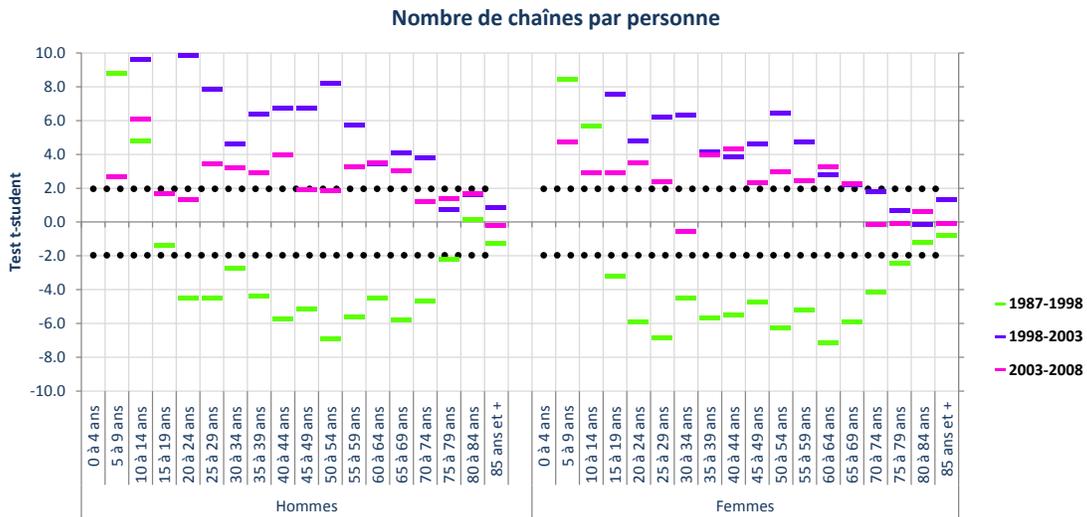


Figure 16 : Résultat du test statistique sur l'égalité des moyennes entre deux enquêtes successives

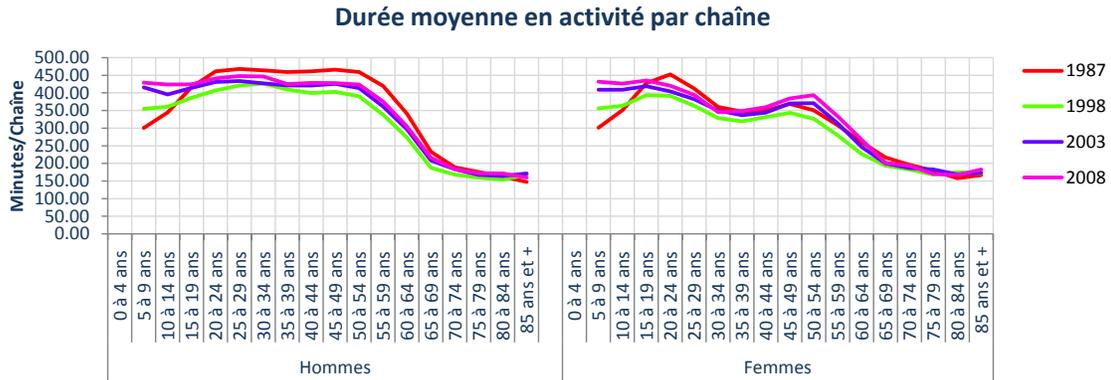


Figure 17 : Évolution de la durée moyenne en activité par chaîne

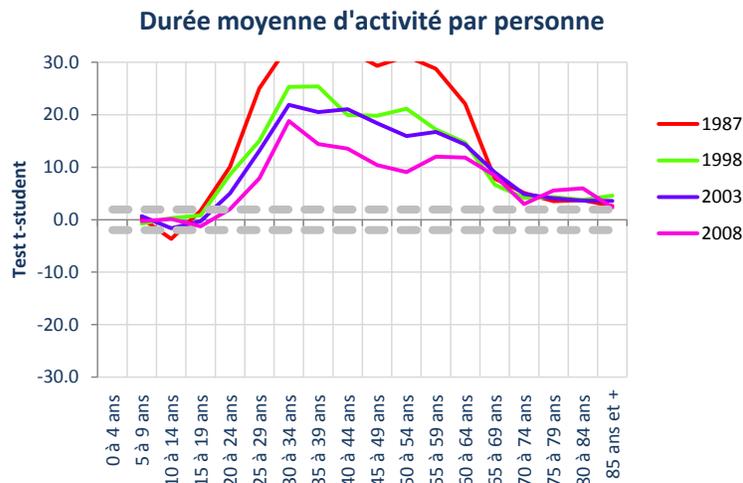


Figure 18 : Résultat du test statistique sur l'égalité entre les hommes et les femmes

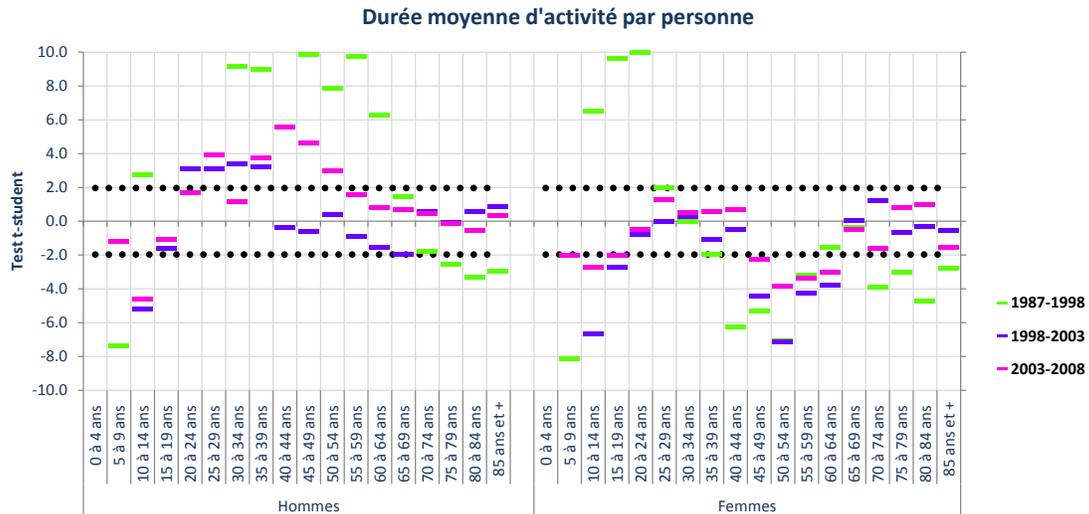


Figure 19 : Résultat du test statistique sur l'égalité des moyennes entre deux enquêtes successives

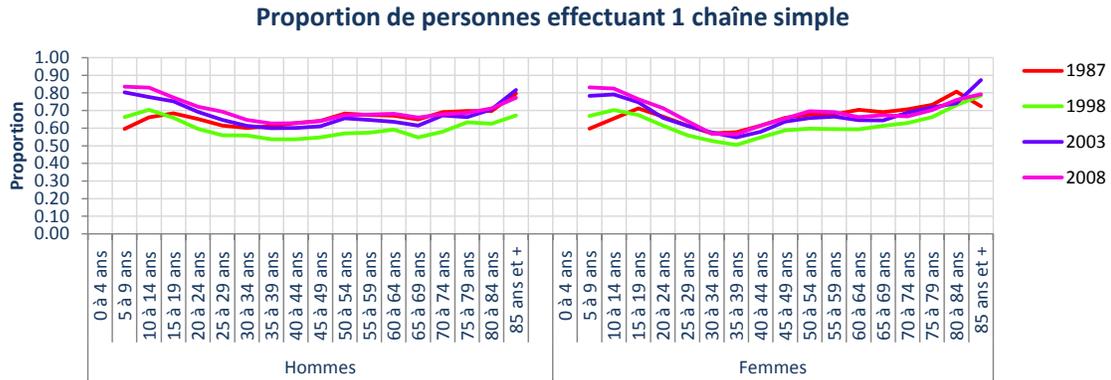


Figure 20 : Évolution de la proportion des personnes effectuant seulement une chaîne simple par jour

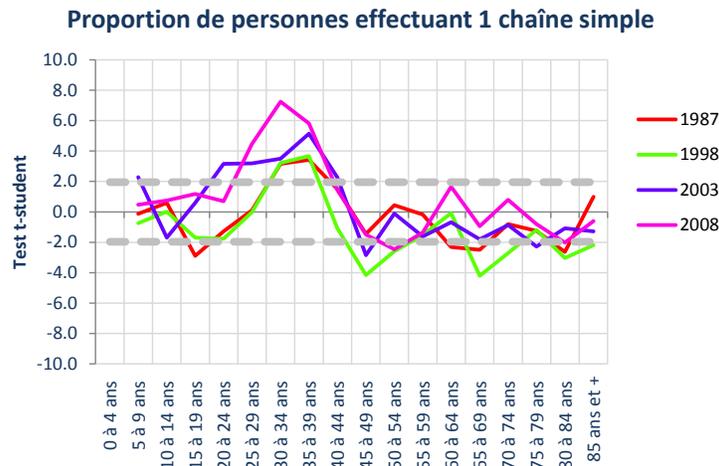


Figure 21 : Résultat du test statistique sur l'égalité entre les hommes et les femmes

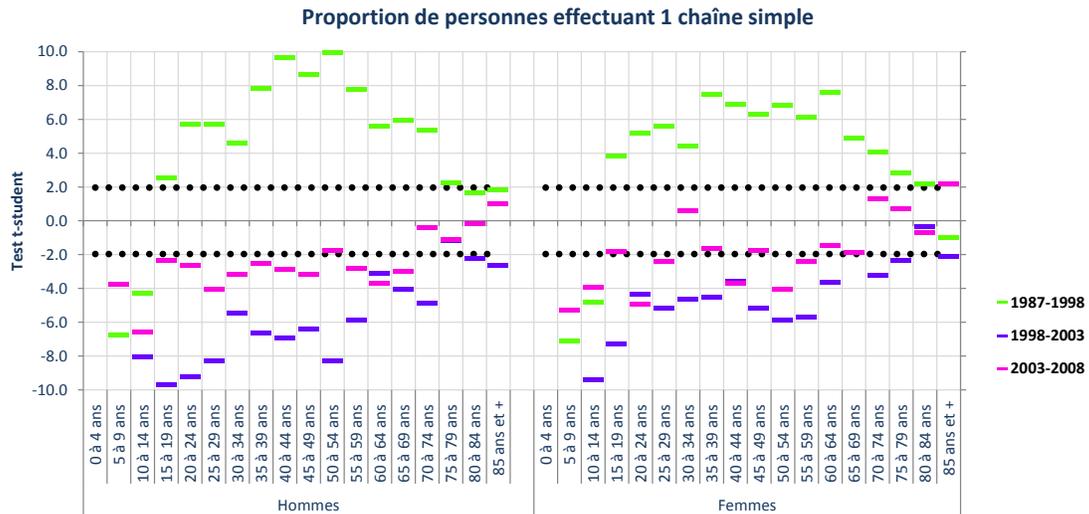


Figure 22 : Résultat du test statistique sur l'égalité des moyennes entre deux enquêtes successives