



HAL
open science

Articulation temporelle des mobilités individuelles et impact CO2 dans les différents espaces résidentiels en France (des citoyens vertueux, mais uniquement en semaine ?)

Quang-Nguyen Nguyen

► To cite this version:

Quang-Nguyen Nguyen. Articulation temporelle des mobilités individuelles et impact CO2 dans les différents espaces résidentiels en France (des citoyens vertueux, mais uniquement en semaine ?). Sociologie. UNIVERSITE PARIS-EST, 2014. Français. NNT: . tel-01214796

HAL Id: tel-01214796

<https://hal.science/tel-01214796>

Submitted on 13 Oct 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE PARIS - EST

École doctorale Organisations, Marchés, Institutions (OMI)

Thèse de Doctorat
Sciences Economiques

Quang-Nguyen NGUYEN

Articulation temporelle des mobilités individuelles et impact CO2
dans les différents espaces résidentiels en France
(des citoyens vertueux, mais uniquement en semaine ?)

Soutenue le 16 Décembre 2014

Thèse dirigée par
M. Jean-Loup MADRE (Directeur de Thèse)
M. Laurent HIVERT (Encadrant).

Composition du jury :

M. Yves BUSSIÈRE, *Professeur, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*, Rapporteur
M. Jean-Pierre NICOLAS, *Chargé de Recherche CNRS, HDR au LET-ENTPE*, Rapporteur
M. François LEGENDRE, *Professeur, Université Paris-Est-Créteil*, Examineur
M. Christophe RIZET, *Directeur de Recherche, Ifsttar / AME / Dest*, Examineur
M. Pierre TAILLANT, *Economiste, Service Transports et Mobilité, Ademe*, Financeur
M. Jean-Loup MADRE, *Directeur de Recherche, Ifsttar / AME / Dest*, Directeur de Thèse
M. Laurent HIVERT, *IDTPE, Ifsttar / AME / Dest*, Encadrant

Remerciements

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé au laboratoire *Dynamiques Economiques et Sociales des Transports (Dest)* du département *Aménagement Mobilités Environnement* de l'Ifsttar. Je tiens à remercier l'ensemble du laboratoire pour la qualité de l'accueil, des conditions de travail et des renseignements qui m'ont été offerts au cours de ces trois années. J'apporte ici mes remerciements à l'Ademe pour l'aide financière qu'elle a apportée au projet de recherche BETTI (dans lequel ma thèse s'insère), et particulièrement à mon allocation de recherche.

Je voudrais adresser ma plus sincère gratitude à mon Directeur de Thèse Jean-Loup Madre ainsi qu'à mon Encadrant Laurent Hivert pour avoir pris ma main et m'avoir guidé petit à petit tout au long de ces trois années, jusqu'au terme de ce travail aujourd'hui.

Je souhaite également remercier chacun des membres du jury de m'avoir fait l'honneur d'évaluer ma thèse : le Professeur Yves Daniel Bussière et le Docteur Jean-Pierre Nicolas qui ont eu l'amabilité d'accepter d'en être rapporteurs ; le Professeur François Legendre, Directeur de l'école doctorale OMI et le Directeur de Recherche Christophe Rizet, examinateurs ; et enfin le Docteur Pierre Taillant, Ingénieur Economiste à l'Ademe, qui, malgré la longue distance, a participé au suivi de l'avancement de mes travaux.

J'adresse mes remerciements particuliers à Jimmy Armoogum, Leslie Belton-Chevalier, Akli Berri, Cécilia Cruz, Virginie Dejoux, Ariane Dupont-Kieffer, Pascal Gastineau, Richard Grimal, Jean-Paul Hubert, Clotilde Minster, Francis Papon, Pierre Pistre, Thi Huong Thao Pham, Bernard Quételard, Toky Randrianasolo, Sophie Roux, Pierre Taillant, Irving Tapia-Villarreal, Damien Verry, Zehir Kollu pour leurs conseils en statistiques, économétrie, sociologie, géographie,...

Je remercie également les autres membres du laboratoire Dest pour leurs qualités humaines, leur soutien amical et leurs conseils pertinents durant ces années : Sabina Buczkowska, Laurent Carnis, Quoc-Dat Lam, Katia Letalec, Marina et Phillipe Marchal, Thanh-Tu Nguyen, Hoai-Thu Tu Thi, Manuel Ramos, Jean-Luc Wingert, Christine Rouillon, Hamza Achit, Claire Papaix,... J'adresse ici mes excuses à ceux que j'aurais pu oublier.

Je ne cesserai pas, enfin, d'adresser simplement à ma famille, la petite et la grande, mes remerciements du fond du cœur.

Résumé

Les travaux de cette thèse visent la connaissance et la compréhension de l'articulation temporelle des mobilités individuelles (quotidiennes, de weekend et de longue distance) en France selon les localisations résidentielles, par taille d'aire urbaine et position par rapport au centre du bassin, via l'élaboration d'un diagnostic annuel en termes d'émission de CO₂ afin d'éclairer la question du réchauffement climatique. A la description méthodologique de l'outil, s'appuyant sur les données de l'Enquête Nationale Transports et Déplacements 2007- 2008, succède la présentation de certains résultats marquants, déclinant la répartition de ces émissions selon les lieux d'habitat: Au delà des premières analyses descriptives, une caractérisation typologique des comportements de mobilité a abouti à quatre profils-types selon les budgets d'émissions de CO₂ sur ces trois segments temporels de la mobilité. Chacun de ces comportements-types n'est pas uniquement repérable (ni uniforme) dans un seul type d'espace. Un certain « effet barbecue » est visible mais il n'est sans doute pas suffisamment fort pour pouvoir confirmer que les habitants des (grands) centres villes ruinent nécessairement durant le weekend leurs comportements plutôt vertueux en semaine grâce à l'utilisation de modes moins polluants. Les études de cas selon le genre, les grands voyageurs (grands pendulaires ou transcontinentaux), et certains motifs de déplacements (achat, loisirs), sont des coups de projecteurs qui ont apporté des résultats complémentaires. Enfin, l'analyse des taux d'occupation sur l'exemple de l'automobile pour des déplacements locaux a montré qu'un meilleur remplissage des véhicules est un facteur important de l'efficacité énergétique (et donc du CO₂) des déplacements.

Mots-clés : Mobilité individuelle / émissions de CO₂ / enquêtes ménages déplacements / effet barbecue / articulation temporelle des mobilités / zonage résidentiel

Thesis title:

Temporal structure of individual mobility and its CO2 impact in France according to type of residential area (are citizens virtuous only on weekdays?)

Abstract

My thesis concern is about knowledge and in depth-understanding of the annual distribution of individual mobility in France (distinguishing daily, weekend and long distance trips) according to the residential locations (by category of urban areas) via the development of an annual CO2 emissions assessment, to address the issue of climate change. After a brief methodological description of the tool, using the dataset of the most recent French National Transport Survey (2007-2008), the paper presents some typical results, declining the distribution of CO2 emissions due to this mobility according to the zone of residence: beyond the initial descriptive analyses, a cluster analysis of mobility behavior results in four profiles of mobility according to the CO2-emissions budgets on these three time segments of mobility. It shows that each type of mobility behavior is not available (nor uniform) in only one type of space. A "cocooning effect" can be detected but it is probably not strong enough to confirm that the citizens of (large) city centers during the weekend necessarily ruin their rather virtuous behavior on week days through the use of less polluting modes. Case studies by gender, frequent travelers (pendulous or transcontinental), and some travel purposes (e.g. shopping, leisure) provide additional results. Finally, the analysis of occupancy rates of the car for local travel shows, that more passengers in a vehicle is an important factor for its energy efficiency (and therefore CO2) due to mobility.

Keywords : Individual mobility / CO2 emissions / household travel survey / cocooning / temporal structure of individual mobility / residential areas

Table des matières

Introduction (thématique et problématique)	7
Chapitre I : Etat de l'art sur la thématique « transport et effet de serre » et sur l'articulation temporelle des mobilités	13
I.1. Estimation des émissions du secteur transport et diagnostics environnementaux des mobilités	13
<i>I.1.1. Les méthodes d'estimation des facteurs d'émissions</i>	13
<i>I.1.2. Outils de diagnostics énergie-émissions à partir des enquêtes de mobilité</i>	15
I.2. Articulation temporelle des mobilités et « effet barbecue »	18
Chapitre II : Méthodologie	37
II.1. Structure des données de l'Enquête Nationale Transports et Déplacements 2007-2008.....	37
<i>II.1.1. Présentation de l'enquête</i>	37
<i>II.1.2. Estimation des émissions de CO2 à partir de l'ENTD</i>	42
II.2. Reconstitution à l'année de la mobilité individuelle.....	43
<i>II.2.1. Idée principale</i>	43
<i>II.2.2. Taille d'échantillon et effet de bord de la période observée</i>	45
<i>II.2.3. Apurements supplémentaires, filtrages spécifiques à la longue distance</i>	46
<i>II.2.4. Imputations, réaffectations entre les différents segments de mobilité</i>	47
II.3. Déterminants géographiques.....	49
Chapitre III : Résultats globaux	55
III.1. Mobilité des résidants français selon leur zone de résidence, une première approche descriptive	55
III.2. Typologie des comportements de mobilité basée sur les profils d'émissions.....	62
<i>III.2.1. Classification ascendante hiérarchique</i>	63
<i>III.2.2. Profil-types des comportements d'émission et de mobilité individuelle</i>	67

III.3. Analyse des résultats selon leurs principaux déterminants	71
III.3.1. Déclinaison dans l'espace, zonage résidentiel.....	71
III.3.2. Déterminants socio-économiques et démographiques (genre, âge, situation professionnel,...) : qui sont-ils ?.....	77
III.3.3. Y a-t-il finalement des compensations, voire un « effet barbecue » ?	81
III.3.4. Quel rôle des variables spatiales face aux autres déterminants ?.....	87
III.3.5. Les autres caractéristiques des mobilités (mode, motif,...).....	94
Chapitre IV : Quelques thématiques particulières	105
IV.1. Retour sur les déplacements à longue distance	105
IV.1.1. Des différences de genre très marquées sur ce segment seulement ?.....	105
IV.1.2. Grands pendulaires ou transcontinentaux.....	111
IV.2. Motifs de déplacements, deux cas particuliers	113
IV.2.1. Les pratiques d'achats	113
IV.2.2. Les mobilités de loisirs	118
IV.3. Taux d'occupation des voitures particulières : un levier (plutôt inattendu mais à considérer) pour les politiques de réduction des émissions de CO2	120
IV.3.1. Présentation théorique : insérer le taux d'occupation dans l'approche ASIF.....	120
IV.3.2. Résultats selon les classes et les zones de résidences.....	122
Conclusion générale.....	135
1. Résultats.....	135
2. Extensions et pistes de recherche.....	137
Références bibliographiques	141
Annexes	147

Introduction (thématique et problématique)

Le réchauffement climatique engendré par l'effet de serre est le grand défi mondial de notre époque. Les catastrophes naturelles, le climat inhabituel et les scénarios inquiétants dessinés par les scientifiques pour le futur (travaux du Groupe d'Experts Intergouvernementaux sur l'Evolution du Climat, GIEC, dénommé IPCC pour « *Intergovernmental Panel on Climate Change* » selon son appellation à l'international)¹ sont des alertes que nous ne pouvons pas négliger. Afin d'y répondre, la France accorde un soutien prioritaire aux politiques sur le climat au niveau mondial, depuis la convention-cadre des nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC, en 1995) et le protocole de Kyoto (signé fin 1997) mais aussi au niveau national, lorsque la France a pris l'engagement devant la communauté internationale de « diviser par un facteur 4 ses émissions de gaz à effet de serre du niveau de 1990 d'ici 2050 », objectif traduit dans la loi d'orientation sur l'énergie en mai 2004, puis validé dans le Grenelle Environnement en 2007.

L'effet de serre est un processus naturel résultant de l'absorption du rayonnement solaire dans l'atmosphère² qui influence les différents flux thermiques contribuant à l'équilibre des températures au sol et en altitude. Sous l'effet de l'action anthropique notamment (même si la responsabilité de l'action de l'homme fait encore parfois un peu polémique), la teneur en gaz à effet de serre dans l'atmosphère augmente, particulièrement depuis les années 1950. Ses conséquences au niveau planétaire global ont été définies et évaluées par le panel d'experts du GIEC. Le premier rapport se penchant sur le changement climatique futur date de 1990 ; les suivants datent de 1995, 2001 et 2007, [IPCC, 2001 et 2007]) dans les domaines de l'hydrologie et des ressources en eau, de la sécurité alimentaire, des écosystèmes terrestres, de la santé humaine,... Les rapports produits sont utilisés comme références pour les négociations dans le cadre des conférences internationales sur les gaz à effet de serre.

¹ cf. notamment le 5^e rapport du GIEC (entamé en septembre 2013, et dont la synthèse devrait paraître fin octobre 2014) sur les changements climatiques et leurs évolutions futures, qui rassemble les travaux scientifiques réalisés depuis 2007.

² Schématiquement, une partie du rayonnement solaire est réfléchi, tandis que l'autre est absorbée dans l'atmosphère terrestre et sera en partie re-réfléchi dans la couche atmosphérique pour être une nouvelle fois absorbée dans la terre, entraînant un réchauffement du climat, d'où, par analogie au phénomène produit par les parois d'une serre, le nom d'effet de serre.

Au sein de ces émissions, le secteur des transports joue un rôle notable, d'une part parce que c'est le secteur dont la contribution est la plus importante, et d'autre part parce que c'est aussi le secteur dont l'évolution est la moins maîtrisée, et donc la plus inquiétante.

En France en 2012, le secteur des transports génère 27% des émissions de gaz à effet de serre (en tonnes-équivalent CO₂ selon les catégories GIEC aux émissions de gaz à effet de serre ; elles sont composées essentiellement de dioxyde de carbone (96 %) ³. Si l'on se concentre sur le seul dioxyde de carbone, le même rapport d'évaluation des émissions du CITEPA indique que le secteur transport contribue à 36% des émissions (de CO₂) et qu'il est le seul secteur en hausse sur la période 1990-2012, avec + 8,8%.

Une autre façon de souligner l'importance relative des différents secteurs peut être rappelée en citant le programme habitat de l'ONU (2007) qui souligne schématiquement que : « les villes sont responsables de 80% des émissions de gaz à effet de serre ; elles proviennent pour moitié des combustibles fossiles (c'est à dire des transports) et pour l'autre moitié de l'énergie consommée par les immeubles et les appareils ménagers ».

La maîtrise, voire la réduction, des émissions de gaz à effet de serre de ce secteur des transports représente donc un enjeu stratégique de premier plan sur le long terme (puisque cette contribution sectorielle est notable, tout en présentant l'évolution la plus préoccupante).

Parmi les principaux outils destinés à réduire ces émissions de gaz à effet de serre des transports, on peut distinguer trois niveaux d'intervention suivant la séquence :

- mesures purement techniques (amélioration de l'efficacité énergétique des carburants et des véhicules, véhicule électrique, etc.) ;
- mesures « comportementales » (report modal, éco-conduite, etc.) ;
- et mesures politiques à proprement parler (standards d'émissions, différenciation des taxes, taxe carbone, marché des permis à polluer, péages routiers, etc.).

Dans cette thèse, nous nous intéressons spécifiquement aux transports de personnes et aux mesures « comportementales » ou plus exactement, on étudie

³ selon l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre en France de 1990 à 2012, [CITEPA, MEDDE, 2014], cité sur le Portail internet du MEDDE qui confie au CITEPA l'élaboration des inventaires d'émissions au niveau national.

les comportements de mobilité individuelle. Ils dépendent de plusieurs éléments : niveau de vie, situation personnelle ou professionnelle, localisation résidentielle, etc. Le champ est celui des ménages qui résident en France métropolitaine.

Afin d'estimer ce qu'émet la mobilité individuelle dans un diagnostic le plus exhaustif possible, il faut pouvoir tenir compte des mobilités locales ainsi que des mobilités à longue distance, en se donnant par exemple comme ambition de reconstituer exhaustivement une année de mobilité.

Or, dans la littérature, si nous avons trouvé des travaux portant sur l'estimation annuelle de la consommation énergétique (et l'émission de CO₂) de chaque individu ou ménage pour son logement, c'est à dire pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et l'électricité spécifique,... on ne trouve en revanche que relativement peu de travaux élaborant des diagnostics annuels, à quelques exceptions notables près, comme :

- Les bilans énergétiques et modélisations transport-habitat du projet ETHEL (Energie Transport Habitat Environnement Localisations) du LET [Raux et al., 2005, 2006];
- Les travaux Let-Certu entrepris sur la mobilité dans l'année, à partir des données de la dernière enquête nationale transports et déplacements [Longuar et al., 2010], [Nicolas et al., 2013] ;
- La recherche de l'INRETS et du CEREN sur les émissions de CO₂ intersectorielles « logement + transport », [Hivert et al., 2006], [Hivert, 2007].

Il est à noter qu'en dehors de la deuxième référence (les travaux Let-Certu dont la problématique est la plus proche de la nôtre), la reconstitution d'une année de mobilité se justifie par l'aspect intersectoriel des recherches, le diagnostic transport devant pouvoir être confronté au diagnostic annuel logement.

Dans ce travail, nous nous appuyons sur des données transport, en l'occurrence celles de l'Enquête Nationale Transport et Déplacements de 2007-2008 (ENTD). Cette enquête décrit l'ensemble de la mobilité et permet de distinguer trois segments de déplacements pour chaque individu: les déplacements locaux dans la semaine (c'est à dire à moins de 80 km du domicile), les déplacements locaux de fin de semaine (samedi et dimanche, à moins de 80 km du domicile) et les déplacements à longue distance (tous les autres déplacements qui s'éloignent de plus de 80 km du domicile). Comme leur fréquence diffère beaucoup, ils sont décrits à plusieurs endroits du questionnaire en faisant plus ou moins appel à la mémoire des enquêtés ; nous montrerons

comment articuler ces différents éléments d'information en évitant les doubles comptes et les « angles morts ». En s'appuyant sur cette enquête, nous voulons combler une lacune dans le bilan des consommations énergétiques des ménages.

La reconstitution sur une année de la mobilité individuelle nous permet de comprendre comment les trois segments s'articulent dans le temps (de l'année), tout en se demandant si cette articulation diffère selon les espaces de résidence, autrement dit en cherchant à fournir une analyse spatiale des comportements de mobilité individuelle, en estimant le diagnostic annuel d'émission de CO₂ avec un double objectif de connaissance scientifique et éventuellement d'aide à la décision.

La question posée dans cette thèse est donc : quels sont, selon les territoires dans lesquels les individus résident, les impacts environnementaux (en termes d'émission de CO₂) respectifs de leurs pratiques de mobilité : dans la semaine, en fin de semaine et à longue distance ? De façon schématique, la problématique traitée ici se réfère à ce que [Orfeuil, Soleyret, 2002] avaient qualifié « d'effet barbecue », en se demandant spécifiquement si les citadins, par volonté de s'échapper le plus souvent possible de l'espace dense et pollué dans lequel ils travaillent et résident en semaine, ne « ruinteraient » pas leurs efforts vertueux de la semaine en devenant fortement émetteurs le weekend et durant les périodes où ils partent à longue distance (alors que les résidents des zones les plus excentrées, bien que notablement émetteurs en semaine, n'auraient pas besoin de quitter leur espace de proximité en weekend, voire en vacances, car résidant déjà « au grand air »).

Comme ces trois types de mobilité obéissent à des temporalités contrastées (fréquences hebdomadaires, saisonnières,...), nous devons reconstituer les diagnostics environnementaux d'une année de déplacement pour chaque individu, afin d'estimer les poids respectifs de ces trois temps de mobilité et d'étudier la façon dont ils s'articulent dans les différents espaces de résidence. Pour ce faire, nous tâcherons de classer ces comportements en menant une analyse typologique de ces impacts environnementaux CO₂ des déplacements selon les types d'espace de résidence, en prenant aussi en compte les autres déterminants socio-économiques et démographiques des individus et de leurs ménages. Le parti que nous prenons ici consiste à vouloir montrer, à partir d'une typologie des seules émissions de CO₂ des mobilités individuelles et de leur distribution au cours de l'année, si les comportements de mobilité, et leur articulation à l'année, sont fortement différenciés selon les lieux de résidence, ou pour le dire encore plus

schématiquement si des profils-types d'émissions sous-tendent nécessairement certains espaces particuliers.

Dans un premier chapitre, nous survolerons une partie de la littérature portant sur la mesure des impacts des transports en termes d'émissions de gaz à effet de serre, avant de détailler plus précisément un certain nombre de travaux traitant spécifiquement de l'articulation temporelle des mobilités individuelles et de ce fameux « effet barbecue ».

Le second chapitre décrit les différents éléments méthodologiques que nous avons eu besoin de mettre en œuvre pour mener ce travail : à la description des données de mobilité et de l'estimation de leurs émissions de CO₂ que l'on trouve dans l'ENTD succède celle de la façon dont nous avons réussi à reconstituer une année de mobilité à partir des recueils disponibles sur les trois segments ainsi qu'une description des déterminants disponibles pour mener à bien nos analyses descriptives et typologiques.

Le troisième chapitre présente les résultats globaux de ce travail. Une première analyse descriptive montre comment les trois segments de mobilité s'articulent dans les différentes zones du découpage en aires urbaines de la France. S'en suit la présentation de la typologie obtenue pour les profils-types d'émissions et donc de comportements de mobilité. Les différentes classes de cette typologie sont analysées selon leurs déterminants spatiaux, mais aussi socio-économiques et démographiques, avant de répondre plus spécifiquement à la question des compensations entre émissions des différents segments. L'analyse est complétée en décrivant aussi comment les classes se déclinent aussi selon d'autres caractéristiques propres aux mobilités, comme les modes et motifs, puis les nombres de voitures et de permis du ménage.

Le quatrième chapitre enfin se focalise sur quelques thématiques particulières. Est tout d'abord approfondie la question des déplacements à longue distance, en cherchant d'une part à savoir si le genre de l'individu induit une différence de comportement pertinente, puis d'autre part en s'efforçant de distinguer, sur ce segment à longue distance, ce qui relève des pratiques des « grands pendulaires » (montrant une récurrence assez fréquente ou nombreuse de déplacements domicile-travail à plus de 80 km du domicile) de ce qui relève d'un créneau vraiment à part, mais apparu dans l'enquête, d'individus présentant plusieurs déplacements transcontinentaux au cours du mois où la longue distance est précisément décrite. Dans un second temps, certains motifs particuliers seront analysés, avec deux focus portant sur les pratiques d'achats et les mobilités de loisirs. Enfin, une attention particulière sera portée ici aux taux d'occupation des

voitures particulières dans le cadre des mobilités locales, dont le rôle central – presque aussi important que les paramètres technologiques - qu'il peut jouer sur les émissions de CO2 a été nettement souligné, depuis [Tapia-Villarreal et al., 2014].

Au delà de ces quatre chapitres, le mémoire s'achève comme il se doit par une conclusion générale, retraçant les apports de ce travail, esquissant quelques recommandations et pistes de prolongement.

Chapitre I : Etat de l'art sur la thématique « transport et effet de serre » et sur l'articulation temporelle des mobilités

Ce chapitre dresse une brève revue de littérature se rapportant aux études, outils, méthodes liés de près ou de loin à notre travail de thèse. Il comporte deux parties distinctes :

La première partie se concentre sur les méthodes de mesure des impacts des transports en termes d'émission de gaz à effet de serre (que nous noterons GES par la suite), ou précisément sur les outils et méthodes avec lesquels sont estimés les facteurs d'émissions permettant de convertir des données d'activités de transport (dans ce cas) en quantité d'émissions et de consommation énergétique (et notamment sur les facteurs qui ont permis l'estimation des émissions de CO₂ dans les fichiers de la dernière Enquête Nationale Transports et Déplacements (ENTD) de 2007-2008, qui sont utilisés dans notre approche, cf. chapitre II, § II.1.2) ainsi que sur les concepts, méthodes, et outils de diagnostics environnementaux des mobilités qui appliquent ces facteurs d'émissions aux recueils standards de mobilité (que sont les enquêtes de déplacements), locaux ou nationaux.

La deuxième partie présente les références de travaux que nous avons trouvés, au demeurant assez peu nombreuses, se rapportant spécifiquement au sujet l'articulation temporelle des mobilités individuelles, et particulièrement à celui de l'« effet barbecue » évoqué dans notre problématique.

I.1. Estimation des émissions du secteur transport et diagnostics environnementaux des mobilités

I.1.1. Les méthodes d'estimation des facteurs d'émissions

Nous commençons par une courte revue des méthodes, décrivant les outils de facteurs d'émissions les plus à jour qui peuvent nous permettre de mesurer la contribution des activités de transport aux émissions de polluants nocifs et de GES.

COPERT 4 (**CO**mputer **P**rogramme to calculate **E**missions from **R**oad **T**ransport) est Le logiciel très connu en Europe⁴ qui permet d'estimer les

⁴ La série des travaux Copert / Artemis constitue le modèle de facteurs d'émissions le plus à jour, dont l'utilisation est recommandée dans tous les travaux européens sur le sujet.

émissions pour tous les modes du transport routier par des équations permettant de déduire des facteurs d'émissions, basé sur « *the EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook* » [European Environment Agency, 2009], publié par l'Agence Européenne pour l'Environnement.

Pour le décrire sommairement, ce modèle (et logiciel) estime des facteurs de consommation énergétique et d'émissions de divers polluants nocifs (CO, NOx, COV, et Ps)⁵ et de GES en fonction des caractéristiques des moteurs des véhicules de différentes catégories (voitures particulières, utilitaires légers, poids lourds et deux roues motorisés) pour différents types de carburants, tranches de cylindrées et normes d'émissions maximales (donc années de mise en circulation) et en tenant compte de plusieurs cycles de conduite (en urbain, sur route et sur autoroute, en fournissant des équations qui varient avec la vitesse du véhicule). Copert4 prend également en compte deux régimes de fonctionnement moteur (à froid et à chaud), et, ajout par rapport à la version précédente Copert3, tient également compte optionnellement mais de façon plus systématique des émissions évaporatives de COV (et hydrocarbures imbrûlés) et des émissions abrasives de particules (de pneus, de freins et de chaussée)... Il est utilisé sur plusieurs échelles différentes, du local à l'international, d'un trajet à l'estimation annuelle. Copert 4 est la 4ème version (2007) depuis Copert85 (datant de 1989), il est le fruit d'un effort de collaboration de différents laboratoires spécialisés à l'échelle européenne (cf. les projets MEET, COST 319, PARTICULATES, et ARTEMIS).

Copert4 reprend en fait une partie des travaux de recherche menés pour une autre méthodologie européenne de calcul des émissions pour tous les modes de transport, ARTEMIS (*Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems*, [Boulter et McCrae eds, 2007], [André et al. 2008]), projet prolongeant lui-même deux autres modèles européens d'inventaire qui avaient été développés précédemment : d'une part le projet Européen MEET (*Methodologies for Estimating air pollutant Emission from Transport*) , projet (et Action COST 319) basé sur la méthodologie Copert3, et d'autre part le modèle d'émissions helvético-allemand HBEFA (*Handbook emission factors for road transport*, [FOEN, 2010]). Dans le cadre du projet Artemis (et du logiciel Artemis/HBEFA), les auteurs mettent à plat toutes les questions de détermination des parcs automobiles

⁵ Soit CO - monoxyde de carbone, NOx - oxydes d'azote, COV - composés organiques volatils, et Ps - particules à l'échappement.

statiques et en circulation (toutes catégories de véhicules routiers) pour élaborer une modélisation statistique des parcs et trafics à prendre en considération.

Le Rapport Deloitte [Ademe, 2008] apporte des compléments pour les autres modes de transport non routiers, notamment ferré et aérien. Il est basé sur les travaux d'estimation des facteurs moyens des émissions selon des études de cas. Ce rapport a été utilisé comme source complémentaire à Copert4 pour l'estimation des émissions de CO2 dans l'ENTD 2007/2008 (pour les modes ferrés comme métro, tram, train,.. et aériens).

Plus récemment, la Base Carbone, développée par l'Ademe, [Ademe, 2012] est une base nationale de données publiques regroupant un ensemble de facteurs d'émissions et de données issues de différentes sources. C'est en ce sens qu'elle sert de référence, car elle maintient à jour ce que peuvent fournir ces différentes sources. Elle est initialement issue des travaux du Bilan Carbone [Ademe, Mies, 2007], et elle prend en compte tous les modes (pas uniquement le routier), y compris le ferré, l'aérien et la voie d'eau.

1.1.2. Outils de diagnostics énergie-émissions à partir des enquêtes de mobilité

Au delà de ces références ayant couvert l'état de l'art sur les facteurs d'émissions, nous décrivons maintenant une lignée de travaux – dont cette thèse est une continuation - portant sur les méthodes et outils de diagnostics environnementaux de la mobilité⁶, qui font le pari d'une démarche empirique basée sur les recueils standards et classiques que sont les enquêtes locales ou nationales de la mobilité. Cette démarche est celle qui consiste à estimer les consommations et émissions de chaque déplacement de chaque individu d'un échantillon enquêté ; dès lors toutes les sommations, au niveau individuel, ménage, puis à l'échelle d'une région urbaine ou du pays entier sont réalisables, mais aussi toutes les analyses désagrégées en fonction des caractéristiques des mobilités, des véhicules et des individus (avec tous les déterminants classiques, socio-économiques, démographiques et géographiques tenant compte de typologies ou zonages résidentiels notamment).

⁶ *Nous ne prétendons donc pas ici faire une revue de littérature exhaustive de tous les outils opérationnels utilisant les modèles de facteurs d'émissions. Nous nous concentrons ici sur les outils s'appuyant sur les enquêtes de mobilité, et pas sur ceux qui s'appuient sur des comptages ou estimations de flux de trafic, comme IMPACT-ADEME [Ademe, 2003] ou CopCETE [Cete Normandie-Centre, 2010], adaptant IMPACT-ADEME à Copert4 pour les études routières en France.*

L'ancêtre de toutes ces approches est celle du BET (Budget-Energie-Transport), développée initialement par J.P. Orfeuil à l'IRT à la fin des années 70 et au début des années 80, à la suite des deux chocs pétroliers, [IRT et al., 1984], [Orfeuil, 1984]. Cette approche étudie et analyse la dépense énergétique (en nombre de litres de carburant consommés) de la mobilité individuelle quotidienne (tous modes et tous motifs, un jour ordinaire de semaine) dans sept agglomérations françaises de tailles très différentes (d'Evreux à Paris) à partir de leurs enquêtes de déplacements, permettant des analyses désagrégées en exhibant des différences entre groupes de ménages en fonction de leur composition démographique et de leurs revenus, des catégories sociales et âges individuels, et aussi des localisations résidentielles, en confirmant le rôle notable que joue la densité urbaine dans la formation de la dépense énergétique pour se déplacer (mais aussi la distance, les deux influant sur la desserte en transport collectifs)⁷. Dès ces premiers travaux, deux points importants sont à souligner :

- la nécessité de prendre en compte les mobilités sous forme de distances parcourues (voyageurs*kilomètres) et non plus seulement les nombres de déplacements ;
- et jauger les quantités d'énergie quotidiennement consommées pour se déplacer (le budget-énergie-transport) au regard des kilomètres parcourus et temps passés par les individus (budgets-distance et budgets-temps, qui resteront des variables d'analyses de tous ces types de diagnostics).

Puis, dès le milieu des années 90, la préoccupation se tourne de l'énergie vers les problèmes de pollution nocive et de qualité de l'air. Les travaux d'Orfeuil sont repris et enrichis dans la même équipe de recherche, avec le soutien financier de l'Ademe : nous avons le BEP (Budgets Energie Pollution) [Hivert, 1994, 1995], qui ajoute à la précédente estimation énergétique des équations permettant d'estimer, à partir des facteurs d'émissions connus à l'époque (travaux de l'INRETS dans le cadre du projet MEET), les émissions polluantes des déplacements et donc de la mobilité urbaine, quotidienne et individuelle, toujours à partir des mêmes sources d'Enquêtes Ménages-Déplacements (le standard Certu

⁷ Sur le lien entre la consommation énergétique et la densité, ces travaux seront suivis de près en 1989 par de célèbres travaux plus « macro » de deux chercheurs Australiens, ayant collecté pour 32 métropoles du monde les quantités de carburant vendues et les populations et surfaces de ces métropoles, afin d'en tirer une courbe spectaculaire, restée fameuse, mais aussi notablement controversée pour ses nombreux défauts et les conclusions un peu trop abusives qu'on peut avoir tendance à en tirer sur la densification... [Newman, Kenworthy, 1989]

pour toutes les régions urbaines). La prise en compte des rejets polluants impose cette fois-ci de se pencher également sur les vitesses des déplacements, et plus seulement sur les distances.

En développant plusieurs études de cas, à Grenoble, Paris, Lille et Bordeaux, la méthode s'affine et est re-baptisée provisoirement BEED puis DEED (pour Budget puis Diagnostic Energie Environnement des Déplacements) en 1995 [Gallez, 1995, 1996], [Gallez, Hivert, 1998] en conservant l'idée principale du concept budgétaire, et de l'estimation des consommations et émissions des individus ou des ménages en s'appuyant sur les recueils de mobilité existants. La dernière publication de ce premier cycle de travaux date de 1998 et s'intitule « DEED : mode d'emploi » ; elle retrace et illustre les quatre études de cas, reprenant l'analyse des consommations et émissions des déplacements individuels quotidiens, en prenant en compte des caractéristiques des véhicules et des conditions de circulation dans un périmètre de région urbaine. Le DEED permet un diagnostic des consommations d'énergie, des émissions polluantes issues des transports suivant les caractéristiques des déplacements et modes, mais aussi suivant tous les déterminants importants des mobilités, socio-économiques, démographiques et géographiques des individus et ménages. Gallez, Hivert et Orfeuil présentent également l'approche de manière illustrative dans [Madre, Bussière, 2002].

Le début des années 2000, alors que les progrès technologiques sur les moteurs ont drastiquement réduit les rejets polluants et que le principal problème qui subsiste sur le long terme devient celui de la réduction des émissions de GES plutôt négligées jusqu'alors, est marqué par plusieurs avancées :

- l'opérationnalisation des outils de recherche en différents logiciels (IMPACT-ADEME, puis ADEME-DEED, qui verra le jour en 2005 mais, trop difficile à mettre en œuvre, sera rapidement abandonné, pour différentes raisons) ;
- l'équipe de recherche ERA Mob (associée au laboratoire DEST) au Cete Nord-Picardie revisite le DEED de la région urbaine de Lille, puisqu'une nouvelle enquête déplacements a vu le jour (1998 après 1987), [Quételard, 2002], [Noppe et al., 2003] (nous pouvons noter que l'outil présente encore plus d'intérêt en évolution comparative) ;
- L'utilisation par d'autres équipes et laboratoires de recherche de la méthodologie DEED, notamment le LET (ENTPE et Université de Lyon 2) pour des enquêtes de mobilités sur Lyon mais aussi Paris.

- En 2004, pour une appréhension plus globale des impacts, l'Ademe charge le cabinet B2K Consultants d'évaluer la pertinence et la faisabilité d'une mise en commun des diagnostics développés jusqu'alors indépendamment pour les voyageurs (approche DEED par l'INRETS) et marchandises (modèle FRETURB par le LET). La mise en commun et la sommation des différentes émissions s'avère délicate, pour ne pas dire quasiment impossible...

Plus récemment encore, le DEM (nouvelle appellation pour « Diagnostic Environnemental de la Mobilité ») a été réalisé en 2008-2009 par l'équipe EraMob (Dest et Cete Nord-Picardie) sur le cas de la métropole Lilloise à la demande de la Communauté urbaine (LMCU), à partir des données d'une nouvelle enquête déplacements (2006) et d'une enquête cordon (2007) autour de l'agglomération. Le DEM est basé sur la méthode DEED en élargissant les estimations réalisées pour la mobilité quotidienne des résidents à celles des autres trafics, échange, transit, y compris non résident et marchandises [Merle et al., 2009]. Le projet BETTI (« Pour des Bilans Environnementaux Transports dans les Territoires, Intégrés ») dans lequel cette thèse s'insère, vise également à standardiser cette méthode DEM pour pouvoir l'utiliser dans d'autres agglomérations.

1.2. Articulation temporelle des mobilités et « effet barbecue »

L'étude systématique des comportements de mobilité a commencé dans la deuxième moitié du dernier siècle. À cette époque, sa mission était l'aide à la planification des grands réseaux d'infrastructures (ferrés et routiers) pour faire face à la forte croissance de l'urbanisation et de l'auto-mobilisation des ménages. Actuellement, la réduction des émissions de GES constitue un des enjeux environnementaux majeurs. Donc, il est nécessaire de mesurer globalement la mobilité et ses déterminants.

Quand nous parlons de l'articulation temporelle des mobilités, c'est-à-dire entre les trois segments (en semaine, en fin de semaine et à longue distance), nous pensons à « l'effet barbecue », que l'on peut schématiquement décrire de la façon suivante. Les Parisiens, auraient, en weekend et en vacances, un comportement de déplacement fortement émetteur qui contre-balancerait largement un comportement plus vertueux en semaine ; à l'inverse, les résidents des zones périurbaines et rurales ne présenteraient pas un bilan aussi défavorable. « Tout se passe comme si le barbecue dans le jardin s'inscrivait en substitut possible des pratiques de week-end à la campagne, voire de tourisme

aérien lointain dont les Parisiens sont les premiers consommateurs», selon [Massot, Orfeuill, 2007].

L'article [Orfeuill, Soleyret, 2002] relate, à notre connaissance, le premier travail de recherche sur l'effet barbecue en France ; s'appuyant sur l'Enquête Transports et Communications de 1993-1994, il étudie la mobilité en trois segments temporels (semaine, weekend et longue distance) et analysé ces trois segments et la mobilité globale selon divers déterminants : revenu, position dans le cycle de vie, localisation résidentielle (par taille d'agglomération et localisation résidentielle au sein de l'agglomération). Leurs résultats principaux indiquent d'une part l'absence de compensation des budgets-distance entre semaine et fin de semaine, mais d'autre part l'interaction non négligeable entre mobilité locale et à longue distance, variable surtout en fonction de la localisation résidentielle. D'après ces auteurs :

(1) On doit parler plus de local que d'urbain, ils définissent classiquement la mobilité locale à moins de 100 km du domicile (en distance parcourue)⁸.

(2) Ils indiquent que les jours de semaine où l'on travaille ne restituent pas toute la mobilité quotidienne, et qu'il faut s'intéresser aussi aux weekends, aux grands pendulaires (migrations alternantes lointaines) et aux voyages à longue distance sans nuitées hors de la résidence principale.

(3) Il faut s'intéresser à l'influence de tous les déterminants : ne pas se contenter du revenu pour la longue distance versus la position dans l'agglomération pour analyser la mobilité locale.

(4) Il faut être prudent quant aux généralisations des conclusions selon les segments du marché des déplacements : influence de l'éloignement et de la densité pour la mobilité locale ; s'intéresser à la mobilité globale peut les remettre en question en raison de phénomènes de vases communicants (grands pendulaires, par exemple), et ils notent enfin que les exploitations de l'Enquête Transport sur le marché des déplacements à longue distance, [Gouider, 1999], semblent indiquer que les espaces résidentiels où la mobilité locale est faible sont aussi pour partie ceux où la mobilité à longue distance est la plus élevée.

⁸ On peut utiliser classiquement la définition de la mobilité locale comme « à moins de 100 km du domicile en distance parcourue », ou bien « à moins de 80 km du domicile à vol d'oiseau ».

Nous pouvons souligner des différences sensibles avec le point de vue que nous adoptons ici dans notre travail, notablement induites par les différences de l'enquête nationale elle-même entre ses deux dernières éditions :

- sont désormais considérés comme locaux, dans l'ENTD et dans notre approche, les déplacements dont l'origine et la destination sont comprises dans un cercle de rayon 80 km (à vol d'oiseau) centré sur le domicile ;
- les trois segments séparent désormais les mobilités locales durant les cinq jours ouvrés de semaine, les mobilités locales de weekend de l'ensemble restant qualifié de mobilité à longue distance (et qui inclut donc certaines mobilités de weekend). Les trois segments – et leurs éventuelles articulations - sont analysés simultanément, alors que dans l'article de 2002, seule l'articulation locale entre semaine et weekend était considérée, avant un paragraphe traitant l'ensemble de la longue distance ;
- et enfin, en 2007-2008 c'est la même personne (individu Kish) qui est interrogée sur les trois types de mobilité, alors qu'il s'agissait de deux personnes différentes (deux Kish) tirées au sort indépendamment lors de l'édition précédente (1993-1994). Il en ressort qu'à l'époque de l'article de 2002, le parti pris de l'analyse imposait de ne considérer que le très petit échantillon des mêmes personnes qui avaient tirées au sort les deux fois pour être interrogées à la fois sur leur mobilité locale et à longue distance ; et ce très petit échantillon devait être repondéré pour fournir une image représentative de la population. Dans notre approche à l'inverse, l'échantillon répondant est sensiblement plus grand puisque le dispositif prévoit que c'est systématiquement la même personne qui répond pour le local et la longue distance.

Les auteurs analysent différents segments, et ces analyses posent différentes questions :

- Taille des marchés (notamment pour le segment à longue distance) : il faut noter que les auteurs ne s'intéressent qu'à la mobilité mécanisée, en excluant évidemment la marche, et par suite établissent des tailles de marchés en véhicules-kilomètres et des voyageurs-kilomètres, centrés sur la voiture, semblant ne pas tenir compte de la concurrence du train, de l'avion et d'autres modes collectifs ; ils ne considèrent pas non plus les déplacements ayant lieu au cours du séjour d'un voyage à longue distance, puisque leur recueil n'est pas prévu ;

- Dynamisme des marchés : la grande différence entre les segments observés en 1981/82 et en 1993/94 a montré la nécessité d'une analyse en évolution. Mais il ne semble pas précisé explicitement dans l'article, lorsqu'il traite d'évolution, si toute la mobilité mécanisée (y compris train, avion) est considérée ;
- Les structures de population sur chaque segment de marché : les auteurs examinent l'influence de la position dans le cycle de vie, du revenu et de la localisation résidentielle sur la mobilité des personnes (mesurée en distance parcourue) dans les différents marchés tous modes mécanisés ; sur le rôle de la position dans le cycle de vie, les auteurs montrent également que le budget distance des personnes de plus de 65 ans est significativement faible et que leur usage du transport public local est notablement faible en fin de semaine ;
- Dans l'analyse par motifs : les auteurs soulignent le poids des loisirs sur la longue distance et au total, tandis que les motifs obligés ont un poids plus grand sur le local ; dans les analyses par motifs, comme par modes, ils ne prennent apparemment pas en compte les retours au domicile, auxquels il est difficile d'attribuer un motif précis.

Sur le rôle de la localisation résidentielle, les auteurs ont montré :

- En mobilité locale de semaine : le rôle important de la taille du bassin et de la position dans le bassin (centre, banlieue, et éventuellement extérieure à proximité (périphérie, rural hors influence urbaine)) ;
- En mobilité locale de fin de semaine : ils affirment d'une part que les écarts en fonction de la taille d'agglomération ne sont pas significatifs (de façon un peu plus inattendue), mais que d'autre part les écarts selon la position dans l'agglomération n'indiquent pas de compensation entre semaine et fin de semaine : l'éloignement rend la mobilité obligatoire et routinière de fin de semaine plus importante, tandis que la mobilité de loisir est à un niveau comparable à celui observé dans les autres tissus, avec des disparités plus faibles que pendant la semaine⁹. Deuxièmement, la part du local de fin de semaine dans le total de la semaine est légèrement plus forte dans les centres que dans les autres tissus mais cela ne suffit pas à induire de compensation (mais des écarts très marqués en TC);

⁹ *Sans anticiper sur la présentation de nos propres résultats, il faut dire ici que nous trouvons quelque chose de sensiblement différent, les écarts en fonction de la localisation nous apparaissant significatifs (mais cela ne suffit pas pour affirmer une compensation).*

- En mobilité à plus de 100 km (longue distance), ils indiquent des écarts très significatifs :
- A l'inverse de ce qui se passe en local, la distance parcourue croît avec la taille de l'agglomération de résidence (et l'Île-de-France se détache nettement comme seule région présentant de très « forts » voyages longue distance, plus par la portée des voyages que par leur fréquence) ;
- La distance parcourue est bien plus élevée pour les centres que dans les banlieues ou périphéries ;
- Ce sont les activités de loisirs qui structurent les écarts ;
- La part de l'automobile diminue quand la taille d'agglomération augmente.

Ensuite, les auteurs analysent l'influence du revenu ; il a une très forte incidence sur les trois segments, de sorte qu'il structure la mobilité globale bien plus fortement que les localisations résidentielles. Le revenu a un impact majeur sur les pratiques de voyage pour l'ensemble des marchés¹⁰.

L'effet combiné du revenu et du lieu de résidence est analysé dans l'article en milieu de cycle de vie (entre 25 et 64 ans). Avec la distance au centre, la mobilité locale tend à augmenter, la longue distance tend à diminuer. Dans chaque type de lieu de résidence, les deux types de mobilité locale (en semaine et en fin la semaine) augmentent de manière significative avec le revenu, en particulier lorsque l'on compare les plus faibles revenus aux revenus moyens. Mais les voyages interurbains augmentent plutôt, quant à eux, considérablement lorsque l'on compare les revenus moyens aux revenus les plus élevés.

A un niveau de revenu fixé, la fréquence des voyages est similaire en région parisienne et en province (à l'exception des groupes les plus aisés vivant dans la ville de Paris qui sont très atypiques). Si l'on s'en tient à la voiture, au sein de chaque groupe de revenu, mobilité locale et longue distance ne se compensent que dans une très faible mesure. L'utilisation de la voiture reste plus élevée dans les zones périphériques que dans les zones centrales et cette tendance est particulièrement forte dans la région parisienne. Les voyages à longue distance des habitants de l'agglomération parisienne sont peu fréquents, car il y a très peu de pendulaires longs. Ils ont avancé différentes hypothèses explicatives : plus de visites à la famille, mais moins qu'ailleurs de courts séjours, plus de résidences

¹⁰ On peut ici souligner que nous trouvons la même tendance sur nos analyses centrées sur l'ENTD 2007-2008.

secondaires pour les weekends, des vacances, particulièrement à l'étranger,... en analysant les motifs de déplacements.

Pour conclure, cet article nous apporte, sur la base des anciennes données, plusieurs idées et différentes hypothèses à tester à la lumière de la dernière enquête nationale (ENTD 2007-2008). Il souligne, s'il en était besoin, la nécessité d'une analyse de la mobilité globale et de l'articulation temporelle de différents types de mobilité.

En continuant à rechercher d'autres publications sur l'effet barbecue à la suite de cet article, nous trouvons que [Nessi, 2012] et plus récemment [Louvet et al. 2014], étudient ce phénomène sur le motif de loisir en particulier. Ces références figurent dans la synthèse d'un programme de recherche du PUCA « vivre en ville et hors des villes » auquel a participé le bureau d'études 6T, sous la direction de Nicolas Louvet. Ce dernier article cité en référence montre la liaison entre le motif de loisir et le « rapport au cadre de vie » en considérant la mobilité comme compensation entre les déplacements domicile-travail et des déplacements de weekend, de vacances, selon différentes localisations résidentielles en Île-de-France et à Rome. A Rome, ce phénomène de compensation est beaucoup moins net, en raison d'un niveau « médiocre » de service de transport collectif, de la proximité de la mer et de facteurs culturels : par exemple, « les romains pratiquent beaucoup de tourisme patrimonial local dans un cadre vert et aéré » [Louvet et al., 2014, p122].

Le mémoire de thèse de [Nessi, 2012] développe différentes analyses très détaillées. Elle compare les déplacements domicile-travail avec trois types de déplacements de loisirs (excursion, loisir en weekend de une à trois nuitées et vacances) en fonction de la localisation résidentielle (centre, péricentre et périurbain), la mobilité étant mesurée en kilométrage parcouru par personne et par an. Elle confirme que les habitants des centres vont plus loin pour le motif loisirs et plus près pour le motif domicile-travail. Elle analyse aussi l'influence du niveau de revenu sur les déplacements de loisirs (toujours en kilomètres parcourus) : ce sont les citadins au niveau de revenu moyen qui parcourent le plus de distances pour leurs loisirs. Plus de détails sur la nature des déplacements de loisirs (tourisme, repos et besoin de nature, visites), et la part de ce type de déplacements est beaucoup plus élevée chez les habitants du centre que chez ceux de banlieue ou de périphérie.

Ces travaux ont plusieurs limites, ils traitent seulement de quelques quartiers en Île-de-France, et à Rome, seulement sur le motif loisirs en comparant avec le

motif domicile-travail, sur la seule base de kilomètres parcourus par personne et par an (ce qui est toutefois plutôt un avantage concernant l'estimation des émissions polluantes). Leurs résultats ne permettent pas de confirmer de phénomène de compensation entre les trois segments globaux de mobilité.

Le rapport de projet de fin d'études d'Ingénieur de [Lepetit, Yvernoiseau, 2012], s'appuyant sur l'article initial d'Orfeuill et Soleyret, fournit tout d'abord un bon résumé de la théorie de l'effet barbecue. Puis en termes d'application, ils ont élaboré une méthodologie assez complète, regroupant à la fois des suivis par GPS et des entretiens en profondeur de personnes aux profils variés, résidant d'une part dans le pôle urbain et d'autre part dans la couronne périurbaine de Tours. Leur échantillon s'en trouve cependant très restreint : partant de quelques dizaines de personnes, ils ne conservent finalement, après ajout complémentaire, que 18 personnes, « représentatives » du territoire Tourangeau étudié, pour lesquelles les informations qu'ils souhaitaient sont complètes.

Les émissions de leurs déplacements sont ensuite estimées à partir d'un calcul simplifié (émissions nulle pour les modes doux, émission unitaire multipliée par la distance pour chaque mode considéré (voiture, bus, TER et TGV), mais tenant compte aussi de la vitesse pour la voiture, selon une source Ademe). La trop petite taille d'échantillon et trop grande variabilité (par exemple des fins de semaine) ne leur permet pas de valider une hypothèse de compensation de type « effet barbecue » entre la semaine et le weekend. Ils proposent enfin d'uniformiser leur démarche par un outil de type calculette, intégrant des critères économiques, sociaux et environnementaux, ambitionnant de minimiser les coûts et impacts, et donc d'être un outil d'aide à la décision (sic) pour savoir où s'implanter sur le territoire.

Du côté anglophone jusqu'à présent, nous n'avons trouvé qu'un seul document qui étudie le phénomène de l'effet barbecue [Norland, Holden, Lafferty, 2005]. L'impact environnemental de la consommation énergétique des ménages de la région d'Oslo (Greater Oslo Region) a été étudié pour voir comment leur consommation énergétique pour le logement et les transports (déplacements quotidiens et voyages de loisirs en avion) varie quant aux conditions de vie (type de logement, distance au centre-ville et aux services, densité de population et de transport) en particulier pour les ménages du réseau « consommation verte » (« green consumer ») qui les engage et conseille sur un mode de vie plus respectueux de l'environnement. Cette étude donne des résultats remarquables :

- La densité urbaine et la distance au centre ville ont une forte influence sur le niveau des déplacements quotidiens et le lien est en outre significatif entre la densité et les voyages de loisir en avion : les ménages habitant la ville-centre semblent limiter leur demande de déplacements quotidiens et faire plus de voyages de loisir en avion, notamment ceux du réseau « consommation verte ». Ce phénomène évoque l'hypothèse d'un mécanisme de compensation proche de l'effet barbecue.
- Ceux qui ont un jardin privé consomment en moyenne moins d'énergie que les autres. Nous pouvons penser que leurs habitants y passent du temps pour se reposer et jardiner. JP. Orfeuil arrivait à la même conclusion en comparant les types d'habitat (appartement et maison individuelle), [Orfeuil, Soleyret, 2002].

Nous noterons toutefois que cette référence compare les déplacements quotidiens avec les voyages de loisir en avion en fonction de la densité urbaine de la région d'Oslo mais pas l'ensemble des déplacements individuels en fonction des caractéristiques territoriales.

L'articulation temporelle des mobilités n'engendre pas seulement l'effet barbecue, mais pose des questions plus générales sur les relations entre les déplacements locaux et à longue distance [Grimal, 2013], comme souligné au préalable dans la communication [Madre, Maffre, 1999] qui avait été présentée dans une conférence, soutenue par deux comités du TRB, tenue à Washington DC en juin-juillet 1999¹¹ traitant déjà de ce thème. Cette conférence a été une première, et une occasion unique pour promouvoir une vision intégrée du « continuum de la mobilité des personnes », présenter des résultats d'enquêtes et élaborer des objectifs d'amélioration des données et méthodes pour les enquêtes futures, en identifiant des priorités de recherche, et suggérer des applications politiques et stratégiques pour l'analyse des mobilités. Dans l'une des deux allocutions introductives, Martin Wachs, directeur de l'institut des études de transport à l'université de Californie, en fit, comme souligné dans les actes, une présentation stimulante (sic), en examinant cinq questions, parmi lesquelles nous pouvons déjà remarquer à l'époque :

¹¹ Cette conférence avait pour thème : *comment les deux enquêtes sur les déplacements quotidiens et sur les voyages à longue distance (toutes deux réalisées par le Ministère des transports US) peuvent-elles être utilisées conjointement pour développer une description complète de la mobilité des résidents aux Etats-Unis ?*

- L'émergence de nouvelles tendances dans la relation entre transport et forme urbaine ;
- La nécessité de mieux examiner le lien entre transport et réchauffement climatique, impliquant des recueils capables de réaliser des estimations environnementales ;
- L'équité qui, selon lui, s'imposera comme l'un des thèmes majeurs des politiques de transports de ce début de siècle, impliquant aussi d'améliorer les outils d'analyses.

Les actes de la conférence indiquent que les discussions lors de la session où chercheurs européens et australiens ont apporté leurs expériences (sur les enquêtes coordonnées sur les différents segments de la mobilité, sans séparation artificielle) ont été particulièrement utiles pour améliorer la conception des enquêtes américaines.

Malheureusement, la seule expérience d'enquête combinée sur la mobilité quotidienne et à longue distance aux Etats-Unis a été réalisée dans la foulée de la conférence de juin 1999, c'est-à-dire en 2001 ; elle a donc été très perturbée par les événements du 11 septembre, notamment pour son volet longue distance, dont l'échantillon s'est avéré trop étroit pour les applications prévues.

Nous parlerons ici plus spécifiquement de l'intervention [Madre, Maffre, 1999] basée sur l'expérience des dernières enquêtes nationales transports françaises d'alors (1981-1982 et 1993-1994). A l'inverse des Etats-Unis, la France a fait le choix de traiter les mobilités quotidiennes et à longue distance dans la même grande enquête, même si c'est avec différents instruments de mesure et aussi des techniques différentes d'échantillonnage car la longue distance est moins fréquente et moins uniformément répartie dans la population. Il s'agit – comme on le sait déjà - d'interviews sur les déplacements de la veille et du dernier weekend d'une part, sur les voyages à longue distance des trois derniers mois d'autre part, sans oublier un carnet voiture sur sept jours. Même s'il alourdit la longueur de l'entretien (impliquant souvent de ne plus interviewer qu'une seule personne), ce regroupement présente plusieurs avantages (par exemple dans le fait que le descriptif socio-économique du foyer, de ses membres et de ses véhicules, est réalisé une seule fois, mais aussi par le fait que des informations peuvent être vérifiées par croisement de différents instruments).

L'analyse de la mobilité globale qui en découle, dans cette communication, est menée en deux temps : d'abord par une typologie des déplacements (certains

sont typiques de la mobilité locale, comme la mobilité des scolaires en transport en commun, d'autres sont propres à la longue distance (loisir en avion), d'autres enfin sont mixtes (déplacements professionnels en voiture ou train), puis par une typologie des individus en fonction de la distribution de leurs déplacements dans les classes de la première analyse.

L'article présente et compare ensuite la conception des deux dernières enquêtes transport de l'époque menées en France (en 1981-1982 et 1993-1994), avant de discuter les principaux avantages et inconvénients d'observer deux types de mobilité dans la même enquête, du point de vue de la précision des estimations et de la conception de l'enquête. De fait, ces deux enquêtes ont constitué une « première », où comportements de mobilité quotidienne et de longue distance ont été analysés conjointement pour les mêmes personnes [Maffre et Volatier, 1998]. L'article présente les principaux résultats de cette analyse menée deux fois à douze ans d'intervalle : l'étalement urbain et la diffusion de l'automobile modifient certains profils types d'automobilistes en zones peu denses. Y sont aussi discutés le seuil de 80 km à vol d'oiseau du domicile pour définir la longue distance et la combinaison optimale d'instruments afin de couvrir tous les types de mobilité (du local à l'international, en passant par le régional et l'interrégional).

La conclusion précise que la compréhension de la notion de déplacement ou voyage diffère pour les interviewés sur les segments du quotidien et de la longue distance. De plus, certains (pour ne pas dire la plupart) des déplacements ne sont pas aisés à classer dans l'une ou l'autre catégorie. Il en ressort que la bonne unité pour rendre les choses cohérentes et comparables est celle de la distance parcourue (ce qui, remarquons-le, est évidemment également celle qui nous est la plus essentielle dans la réalisation de diagnostics environnementaux). Le papier montre également que la combinaison des instruments permet d'obtenir un niveau uniforme et correct de précision (environ 5%) sur les deux segments de mobilité, l'estimation la moins précise se situant en deçà du seuil de 80 km, c'est-à-dire pour le segment de la mobilité régionale qui est donc moins bien couvert ; cela pourrait d'ailleurs inciter à abaisser le seuil à 50 km. En dehors du recueil sur longue période, il semble important de recueillir des informations sur les habitudes de voyage. L'article souligne également la lacune du non recueil des déplacements courts sur les lieux de séjour inhabituels. La fusion des instruments dans une même enquête a permis d'évaluer la sous-déclaration des courts déplacements de weekend (que l'on peut corriger par re-pondération), mais aussi de comparer les deux dernières éditions de l'enquête, notamment via le carnet voiture.

Au total, l'articulation des instruments est recommandée en raison des avantages découlant de la vérification croisée des données recueillies, et bien sûr, par le fait qu'elle permet l'appréhension d'une mobilité globale, essentielle si l'on vise l'exhaustivité d'un diagnostic d'émission de CO₂ par exemple.

Notons enfin que ce papier est également cité dans [Grimal, 2013] qui, pour insister lui aussi sur la nécessité d'une approche globale de la mobilité, à propos « des mobilités plus homogènes ou plus diversifiées » rappelle que les migrations pendulaires de longue distance sont plus fréquentes que par le passé, en citant également [Orfeuill, Soleyret, 2002] qui soulignent que les déplacements à longue distance pèsent d'un poids croissant dans la mobilité globale.

« Chaque Français émet en moyenne 2 tonnes de CO₂ par an pour effectuer ses déplacements » a été publié par [Longuar et al., 2010] dans « La mobilité des Français, panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008 », la collection «La Revue» du Service de l'Observation et des Statistiques (SOeS) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD). Ce travail¹² a traité la question l'impact de CO₂ des comportements individuels de mobilité (sur le budget distance et le budget de CO₂), basé sur les données de l'ENTD 2007-2008 et aussi de l'ETC 1993-1994 pour l'analyse longitudinale des évolutions de la mobilité. Leur conclusion finale indique cette moyenne individuelle du niveau d'émission de CO₂ engendré par an pour se déplacer « en cumulant » (après déduction de l'éventuel double compte si la partie mobilité locale comportait quelques déplacements à longue distance, voir aussi chapitre II) les deux parties de déplacements individuels locaux et à longue distance : « Les Français émettent 1,92 tonnes de CO₂ par personne et par an pour leur mobilité ».

En détaillant leurs analyses, ils soulignent le rôle de la mobilité locale et quotidienne : la mobilité locale est la première responsable des émissions de CO₂ du transport voyageur, avec une proportion au total 98,7 % des déplacements de l'ensemble et près de 60 % des distances parcourues. Par mode de transport, ils montrent que la voiture est responsable de plus de 70% du total des distances parcourues (86% au local 51% à longue distance), ce qui se traduit au niveau des émissions par 96% de l'ensemble des émissions de CO₂ au niveau local et 56% de celles de la longue distance (et aussi, en termes de parts de mobilité à longue

¹² Le premier de ce type effectué sur l'ENTD. C'est d'ailleurs grâce à eux que les fichiers d'enquête ont été livrés avec l'estimation du CO₂ des déplacements et voyages (voir chapitre II).

distance, le mode avion (respectivement train) représente 30% (respectivement 14%) des déplacements et 40% (respectivement 4%) des émissions de CO₂).

En analysant les principaux déterminants « classiques » que sont le revenu, la localisation résidentielle, la situation professionnelle et la tranche d'âge, les auteurs montrent plusieurs résultats concernant les budgets-distance et CO₂, par semaine et par année.

Ils indiquent que ce sont les actifs qui émettent le plus; les retraités de plus de 75 ans sont moins mobiles, mais, les jeunes retraités (moins de 75 ans) émettent plus que la moyenne ensemble à cause de leur équipement et usage automobile.

Selon le niveau de revenu, la mobilité totale croît quand le niveau de revenu augmente. Le revenu joue un rôle très important sur la mobilité individuelle, notamment sur la part de mobilité à longue distance. Aux niveaux les plus aisés, la mobilité locale reste stable mais la mobilité à longue distance est fortement augmentée.

Selon la localisation résidentielle, en analysant sur le découpage en 13 sous-groupes en fonction des aires urbaines (notées AU) selon leur taille (moins 100 000 habitants, de 100 à 500 000, plus 500 000 habitants et Paris) et le type de commune en leur sein (centre pôle urbain, banlieue, commune polarisée et l'espace à dominante rurale), les auteurs nous montrent des résultats particulièrement notables :

- Sauf dans le cas de Paris, les budgets de CO₂ de la mobilité locale sont plus élevés que ceux de la longue distance;
- Les Parisiens émettent le moins de CO₂, tandis que les résidents du périurbain des AU plus de 500 000 habitants émettent le plus;
- C'est dans les grands centres pôles urbains qu'on a tendance à effectuer plus de mobilité à longue distance;
- On émet plus, toutes mobilités confondues, dans les communes polarisées (par exemple quasiment 2,8 tonnes/hab./an dans les communes polarisées des AU de plus de 100 000 habitants) que dans les banlieues et centres pôles urbains; dans les communes des espaces à dominante rurale ainsi que dans les communes multi-polarisées, le niveau individuel annuel reste très proche de la moyenne nationale.

Les auteurs précisent encore leurs analyses sur chaque partie de la mobilité, locale et à longue distance en fonction ces déterminants : les émissions de CO₂ de la mobilité locale dépendent notamment de la localisation et la situation

professionnelle. Et les émissions de CO₂ de la mobilité à longue distance dépendent en premier lieu du niveau de revenu, suivi par la tranche d'âge. Ils montrent également différents niveaux d'émissions selon différents types de localisation résidentielle. Sur les déplacements locaux, un homme actif motorisé au centre de Paris parcourt environ 169 km par semaine et émet 25,5 kg de CO₂, contre 193 km et 32,4 kg pour un résident rural, les rapports étant du même ordre parmi les femmes actives. Les Parisiens émettent jusqu'à deux fois plus de CO₂ que les habitants de province pour leur mobilité à longue distance (903 kg par an et par personne contre seulement 565 kg en province), Et pour l'ensemble, la mobilité des Parisiens dégage des émissions plus faibles (1 298 kg de CO₂ par an et par personne, contre une moyenne de 1 924 kg). Leur seule mobilité locale dégage en effet de très faibles émissions, en raison d'une utilisation massive des transports en commun.

Sont ensuite détaillés les motifs de déplacements, en analysant en particulier les proportions en émissions de CO₂ des motifs professionnels. Ils représentent 57 % (des émissions de CO₂) dans la semaine, 21% le samedi, 15% le dimanche et 13% sur la partie de déplacements à longue distance. Ces résultats s'expliquent par différents paramètres comme la longueur, la fréquence et l'utilisation récurrente de la voiture avec des taux d'occupation faibles (voir aussi notre analyse particulière au chapitre IV). C'est quasiment le contraire, pour la mobilité à longue distance avec une grande proportion de trajets en train.

Enfin, les auteurs montrent la dynamique du niveau des émissions annuelles individuelles en comparant les résultats des deux dernières enquêtes transports (l'ETC 1993-1994 et l'ENTD 2007-2008). En 14 ans, les émissions de CO₂ par individu ont augmenté de 22% (de 89 à 108 Mt de CO₂), dont 17% (de 65 à 77 Mt) pour la mobilité locale et 33% (de 24 à 31 Mt) pour la mobilité à longue distance. En dehors de la croissance démographique (à + 5,9 % entre 1994 et 2008), cette augmentation des émissions peut s'expliquer par l'augmentation de la mobilité (en kilomètres parcourus, en nombre de déplacements et en émissions, voire en émissions unitaires pour la mobilité locale).

Ce résultat dynamique est affiné par des résultats d'autres auteurs (Sami Louati et Frédéric Ouradou, du SOeS). Ils indiquent que pour la période de 1990 à 2001, les émissions de GES dues au transport augmentent de 1,6 % en moyenne par an, puis se sont stabilisées sur la période 2001-2004 avant de baisser sur la période 2004-2007 (- 0,7 % par an) puis fortement baisser en 2008 (- 4,6 %). Pour mesurer l'efficacité énergétique, il est intéressant de calculer des émissions unitaires. Après trois années de hausse (1990-1993), elles ont baissé assez

fortement sur la période 1993-2000, puis plus lentement sur la période 2000-2005, et enfin de façon très prononcée sur la période 2005-2008 (-2,4%). D'autre part à partir d'un travail du Citepa, cette étude détaille les dynamiques par modes, avant de préciser que les principaux déterminants des émissions de GES sont à trouver dans le niveau de circulation et les progrès technologiques qui le compensent en partie (moteurs plus économes, et introduction des biocarburants).

Soulignons une nouvelle fois que ce travail montre de nombreux résultats intéressants à partir des budgets distances et budgets de CO₂ en fonction de leurs différents déterminants et aussi en évolution longitudinale, mais en ne considérant que deux parties (locale et à longue distance) de la mobilité, là où il nous semble important de couvrir les trois segments pour traiter de l'effet barbecue ou l'articulation temporelle de la mobilité.

En continuant sur le sujet de l'évolution temporelle, les mêmes auteurs traitent de l'analyse dynamique des émissions de CO₂ liées à la mobilité individuelle sur les 14 ans qui séparent les deux dernières enquêtes, dans [Nicolas J.P. et al., 2012]. Ce travail analyse plusieurs sous-groupes de population en fonction des motifs de déplacements, mais aussi des déterminants de l'individu : le statut, l'âge, le cycle de vie, le genre, le niveau de revenu, la densité résidentielle, l'accès à l'automobile,...

Après avoir décrit la méthode d'estimation des émissions de CO₂ pour l'analyse des évolutions des sous-groupes de population, la première partie montre des effets contraires entre deux parties de la mobilité locale et à longue distance en analysant des répartitions des motifs (professionnel / personnel), des modes de transport (véhicule particulière, avion, train, etc.), soulignant que « Mobilité locale et à longue distance s'avèrent donc très différentes selon leurs fréquences, leurs motifs et les modes utilisés. Les émissions de CO₂ qu'elles génèrent ne s'expliqueront donc pas de la même manière ». Il en découle deux typologies individuelles distinctes.

La deuxième partie montre l'augmentation des émissions de CO₂ sur la période, détaillant ces dynamiques sur les deux segments, en fonction de leurs caractéristiques (en nombres de déplacements, en distances et en émissions) et déterminants (modes de transport, taux d'occupation).

Les deux parties suivantes montrent des analyses des dynamiques sur des déterminants explicatifs de chaque partie (locale et à longue distance), soulignant plusieurs résultats intéressants : l'évolution de l'automobile chez les seniors ; les

évolutions démographiques et comportementales des différents groupes en périurbain, en banlieue et au centre (avec des taux de croissance de 9,6 et 4,1 contre 1,9) ; le renforcement de l'usage de l'automobile sur la période ; la stabilité des budgets de CO2 malgré la progression des distances parcourues ; la baisse généralisée des émissions dans tous les groupes, sauf pour les retraités ; etc.

Toujours centrée sur les données de l'ENTD 2007-2008 et en repartant des mêmes points de méthode d'estimation des émissions de CO2 des mobilités, la communication de deux de ces auteurs [Nicolas, Verry, 2013] à la 13^e Conférence internationale WCTR nous présente un travail de modélisation (à base de régressions logistiques) sur les déterminants (revenu, diplôme, type de ménage, situation professionnelle, genre, etc.) de la mobilité et de ses émissions de CO2.

Se concentrant sur « les gros émetteurs »¹³, le premier modèle souligne le rôle prédominant de la situation professionnelle, montrant qu'un actif a deux fois plus de chances d'appartenir à ce groupe qu'un retraité de plus de 75 ans. La motorisation et localisation résidentielle sont aussi des déterminants importants. Les *odds ratio* (sur-risques) pour la variable de localisation résidentielle montrent que les résidents des zones rurales et périurbaines ont deux fois plus de chances d'être forts émetteurs que ceux des centres.

Le second modèle sépare ces plus forts émetteurs en trois sous-groupes :

- « Les voyageurs fréquents », à la plus forte mobilité quotidienne, dont deux déterminants les plus significatifs sont le revenu (4 fois plus de chances d'appartenir à cette classe pour les plus aisés que pour les plus pauvres) et le niveau de diplôme (deux fois plus de chance pour les Bac+5 par rapport aux sans diplôme). Dans ce groupe, la longue distance semble indépendante de la localisation résidentielle.
- « Les navetteurs », à la plus forte mobilité à longue distance, dont les déterminants les plus significatifs sont la situation professionnelle (3 fois plus de chance d'appartenir à ce groupe pour les actifs), la motorisation et la localisation résidentielle (résidents des zones centrales ont deux fois moins de chance d'être dans ce groupe que les périurbains et ruraux).

¹³ En se focalisant sur la partie haute de la distribution (le quintile supérieur des 20% les plus émetteurs), cette façon de procéder évite l'écueil lié à la non exhaustivité du recueil des voyages à longue distance, que nous décrivons au chapitre suivant.

- « Les hyper mobiles », aux mobilités fortes sur les deux segments, dont les déterminants sont le diplôme (Bac+5 avec deux fois plus de chance que les sans diplôme), la motorisation et le revenu (quatre fois plus de chances dans le troisième tercile que dans le premier).

Ces résultats copieux, bien que limités à la fraction des plus forts émetteurs de CO₂, nous fournissent plusieurs pistes et hypothèses pour réaliser nos propres travaux sur les mêmes données de la dernière enquête nationale transports.

On peut enfin mentionner une autre référence [Crozet, 2014], qui, sur les mêmes données de l'ENTD 2007-2008, met également en regard les différenciations spatiales et la variabilité des comportements de mobilité.

Ce chapitre retrace une réflexion centrée sur la question de la mobilité individuelle en ville (et pas sur celle de la forme urbaine ou de la modélisation de la ville, comme le titre pourrait le laisser penser) à l'horizon 2050. L'objectif des travaux de recherche résumés ici (réalisés par Enerdata et le Let) était de déboucher sur des scénarios prospectifs de la mobilité des personnes à l'horizon 2050, sous la contrainte du facteur 4. Avant de décrire ces trois scénarios dans sa dernière partie, l'auteur s'appuie sur des analyses rétrospectives en comparant les résultats des deux dernières Enquêtes nationales de transport (ETC 1993-1994 et ENTD 2007-2008) sur les deux segments de la mobilité longue distance et de la mobilité locale. Il estime des facteurs d'évolutions basés sur le taux de croissance du produit intérieur brut (PIB), de la population de l'ensemble et des différentes catégories sociales (selon le statut d'activité, la situation professionnelle, le revenu) et aussi le lieu de résidence.

Soulignant les différences des indicateurs de la mobilité sur la dernière enquête selon les espaces de résidence, il montre d'une part un budget distance plus élevé dans les villes-centres que dans les zones rurales, mais d'autre part il met en évidence des résultats deux fois moindres des villes-centres (par rapport aux zones rurales) en termes de distance parcourue, d'émissions de CO₂ et de vitesse.

Déclinant les parts modales, il indique que sur la mobilité automobile, il y a également un fort écart entre les zones de résidences, puisque les parts sont respectivement de : seulement 47% dans les villes-centres, contre 63% dans les banlieues, 70% dans les petites villes et 81% dans les zones rurales, en nombre de déplacements. A l'inverse, la marche à pied obtient une part de 34% dans les villes-centres, contre respectivement 24%, 21% et 12% dans les autres espaces

cités ci-dessus. Et en transports en commun, le score des villes-centres est de 13% contre 9% dans les banlieues et 3% dans les petites villes.

Ensuite, il analyse le rôle du niveau d'accessibilité (la densité urbaine, la vitesse de transport) sur l'évolution de la mobilité, à forme urbaine inchangée.

En comparant les ratios entre le premier et le troisième quartile des budgets temps et des budgets distances sur ces zones, il confirme que subsiste pourtant une forte diversité des comportements de mobilité à l'intérieur de chacun de ces types résidentiels, s'opposant ainsi à une vision trop monolithique ou schématique qui prétendrait que l'espace oriente totalement une mobilité-type, comme pourrait le laisser supposer le titre un peu provocateur de [Gallez, Orfeuil, 1998] : « dis-moi où tu habites, je te dirai comment tu te déplaces ».

Chaque zone, ou classe, regroupe donc nécessairement une importante variété de comportements. Ce qui n'entre pas nécessairement en contradiction avec le fait que d'autres travaux ([Hubert, 2009], [Roux, 2012]), menés plus ou moins récemment sur la même ENT-D, tendent à montrer que les caractéristiques de localisation peuvent prendre de plus en plus d'importance, notamment possiblement en contraste par rapport au revenu. Nous reviendrons sur les poids relatifs de ces déterminants dans le chapitre III.

La seconde partie du chapitre [Crozet, 2014] résume enfin trois scénarios pour 2050, issus des réflexions d'Enerdata et du Let, l'un tendanciel et deux autres alternatifs, prenant en compte des changements possibles de politiques publiques et de comportements de mobilité, sous la contrainte du facteur 4.

Conclusion du chapitre

Nous avons passé en revue plusieurs travaux de recherche sur les comportements de mobilité, plus précisément sur l'articulation temporelle et sur les émissions de gaz de l'effet de serre, qui nous donnent un premier cadrage, et aussi des hypothèses qu'il faut continuer à tester sur les données récentes.

Grâce aux données de l'ENT-D 2007-2008, où sont recueillis les principaux types de déplacements (locaux et longue distance) pour chaque individu, nous pouvons reconstituer la mobilité sur une année entière. Nous pouvons ainsi décrire les comportements de mobilité et les articulations temporelles entre les trois segments (locaux dans la semaine, locaux de fin de semaine et longue distance) en estimant les niveaux d'émissions de CO₂ liées aux transports pour différentes catégories de population.

Le chapitre suivant présente les méthodes proposées et les traitements de données élaborés pour atteindre notre objectif. Nous verrons notamment que la reconstitution d'une année complète sur les trois segments pose un certain nombre de problèmes liés aux recueils et à leurs éventuelles lacunes ou limitations.

Chapitre II : Méthodologie

II.1. Structure des données de l'Enquête Nationale Transports et Déplacements 2007-2008

II.1.1. Présentation de l'enquête

Tous les dix à quinze ans environ, la France réalise une enquête nationale sur les transports de personnes. La dernière enquête a eu lieu en 2007-2008 et porte le nom d'Enquête Nationale Transports et Déplacements (ENTD). L'objectif de cette enquête, comme des précédentes, est la connaissance des déplacements des ménages résidant en France métropolitaine et de leur usage des moyens de transport tant collectifs qu'individuels. Elle décrit tous les déplacements, quels que soient leur motif, leur longueur, leur durée, le ou les modes de transport utilisés, la période de l'année. Pour comprendre les comportements liés à la mobilité, elle s'intéresse aussi aux possibilités d'accès aux transports collectifs et aux moyens de transport individuels dont disposent les ménages.

Elle permet d'avoir une vision globale et cohérente de tous les modes et situations de transport de personnes, d'observer les comportements des habitants de toutes les tailles d'agglomérations (y compris les petites villes et les zones rurales, qui sont peu couvertes par les Enquêtes Ménage Déplacements locales) et d'estimer des indicateurs de mobilité tout au long de l'année. Pour une description plus détaillée de l'ENTD, on pourra se reporter à [Armoogum et al, 2007, 2011].

L'ENTD a été réalisée de mars 2007 à avril 2008, la collecte étant étalée sur 12 mois (en 6 vagues d'enquête) afin de prendre en compte la saisonnalité qui marque la mobilité. Elle a été organisée de façon à avoir un même nombre d'enquêtes au long de la semaine en visant une équi-répartition des jours enquêtés (du lundi au vendredi). L'enquête est répartie sur deux visites effectuées par l'enquêteur en face-à-face chez le ménage enquêté.

En première visite, l'enquêteur recueille les données sur la composition du ménage (état civil, activité professionnelle, diplômes, revenus,...) et le logement (localisation résidentielle, stationnement,...) ; il recense également le parc des véhicules du ménage (voitures, motos, vélos,...) et leur usage ; il enregistre la description des déplacements réguliers contraints (domicile-travail, domicile-école,...), les capacités et les pratiques de mobilité. Puis, en fin de visite,

l'enquêteur tire au sort un individu, appelé « Kish »¹⁴ (qui répondra sur sa mobilité) et un véhicule (parmi les voitures et deux roues du ménage) ; il remet alors au ménage le carnet véhicule, sur lequel tous les déplacements de ce véhicule spécifique seront exhaustivement collectés sur une période de sept jours.

Définitions utilisées

Pour mémoire, nous rappelons ici les définitions classiques, utilisées dans l'enquête et dans toute la suite de ce travail :

- *Déplacements locaux* (par rapport à la résidence) : ce sont ceux dont l'origine et la destination sont inclus dans un cercle de 80 km à vol d'oiseau centré sur le domicile.
- *Déplacements à longue distance* : ce sont ceux dont l'origine et/ou la destination au moins est située à l'extérieur de ce même cercle ou entre deux lieux d'hébergement hors du domicile.
- *Voyage* : il est constitué d'au moins deux déplacements à longue distance et se termine par le retour à la résidence principale ; il s'étale sur une période incluant de zéro à plusieurs nuitées passées à l'extérieur du domicile.
- *Mode de transport principal (du voyage)* : si le voyage est un simple aller-retour, le mode principal est celui du déplacement aller. Si le voyage comporte plus de deux déplacements, c'est le mode le plus lourd (du déplacement le plus long en kilomètres parcourus).

Au cours de la deuxième visite, l'individu Kish est interrogé d'une part sur tous ses déplacements d'un jour de semaine (la veille de la deuxième visite ou à défaut le dernier jour où il a été mobile) et au cours du dernier weekend (un samedi ou/et un dimanche selon la région de l'enquête ou à défaut le jour du weekend où l'enquêté est mobile).

Et d'autre part, il est interrogé éventuellement sur ses voyages à longue distance au cours des trois derniers mois écoulés avant la première visite. Mais il s'avère que seules les quatre dernières semaines présentent des données précisément exploitables, avec une description détaillée de chaque déplacement.

La deuxième visite comporte aussi les interrogations sur l'attitude et la sécurité routière, la santé,... ainsi que la récupération du carnet véhicule, le

¹⁴ Du nom du statisticien américain Leslie Kish, spécialisé dans les méthodes de sondages et d'enquêtes.

déchargement du GPS suivi d'un mini-questionnaire précisant les raisons des jours sans traces, les modes et motifs d'un échantillon de déplacements.

L'individu Kish, qui a 6 ans ou plus, est tiré à probabilités inégales afin d'interroger de préférence la personne qui fait le plus de voyages à longue distance : en effet cette pratique est très inégalement répartie dans la population (70% des répondants n'ont fait aucun voyage au cours des 4 dernières semaines, et moins de 5% des individus réalisent 35% des voyages à longue distance). Le tirage du ménage surreprésente les ménages multi-motorisés, qui sont les plus mobiles, et ceux qui vivent dans les zones rurales, pour lesquels l'ENTD est pratiquement la seule source d'information.

Pour les déplacements d'un jour de semaine, l'enquêteur pose des questions décrivant chaque déplacement dans l'ordre chronologique ; il s'agit de la veille de la deuxième visite (ou du dernier vendredi si l'enquête a lieu le lundi). Dans le cas où l'enquêté est immobile ce jour-là, le dernier jour où il a été mobile est décrit. Mais dans ce cas, ce jour n'est pas le jour de référence, et ses déplacements ne sont pas pris en compte lors de la pondération ; leur poids est donc nul (cf. Tableau II.1 qui résume comment la pondération du Kish peut être considérée en fonction des jours pour rétablir une semaine).

Pour les déplacements du weekend, l'enquêté décrit le samedi ou le dimanche avec une probabilité égale s'il a été mobile les deux jours ; dans le cas où il n'est sorti de chez lui que le samedi ou le dimanche, c'est ce jour qu'il décrit. Et le poids de ce jour est égal à 2 dans le premier cas (l'enquêté est mobile les deux jours du weekend), tandis qu'il est égal à 1 dans le deuxième cas. Par exception, suite aux demandes locales, les deux jours de fin de semaine sont décrits en Île-de-France et dans les Pays de la Loire (Tableau II.1).

Jour de semaine	Jour de référence		5 x PONDKI
	Dernier jour avec déplacements (hors jour de référence)		0 x PONDKI
Jour de week-end	Île-de-France et Pays de la Loire		1 x PONDKI
	France métropolitaine hors Île-de-France et Pays de Loire	Mobile les 2 jours	2 x PONDKI
		Mobile 1 seul jour	1 x PONDKI

Note : POIDS_JOUR - Pondération des déplacements locaux selon le jour d'enquête

Tableau II.1 : Valeurs de poids respectifs POIDS_JOUR

Pour les déplacements à longue distance, les voyages sont succinctement décrits au cours des trois derniers mois. Sur cette période de 13 semaines exactement, seules sont renseignées les données suivantes : date de début et de

fin, voyage organisé ou non, destination principale, mode principalement utilisé et celui utilisé en France ou pour aller à l'étranger.

Un redressement est effectué a posteriori par la maîtrise d'ouvrage de l'enquête afin de fournir une image des voyages à longue distance réalisés dans l'année. Ce correctif a notamment pour ambition de réduire le « biais de mémoire » (par oubli de certains voyages à longue distance au cours des 13 dernières semaines puisque l'enquêté doit remonter dans ses souvenirs qui peuvent être vieux de trois mois)¹⁵. Indépendamment de cet effet mémoire, il faut noter que ces premières descriptions des voyages au cours des trois derniers mois nous sont apparues trop incomplètes, pour le niveau de précision dont nous avons besoin.

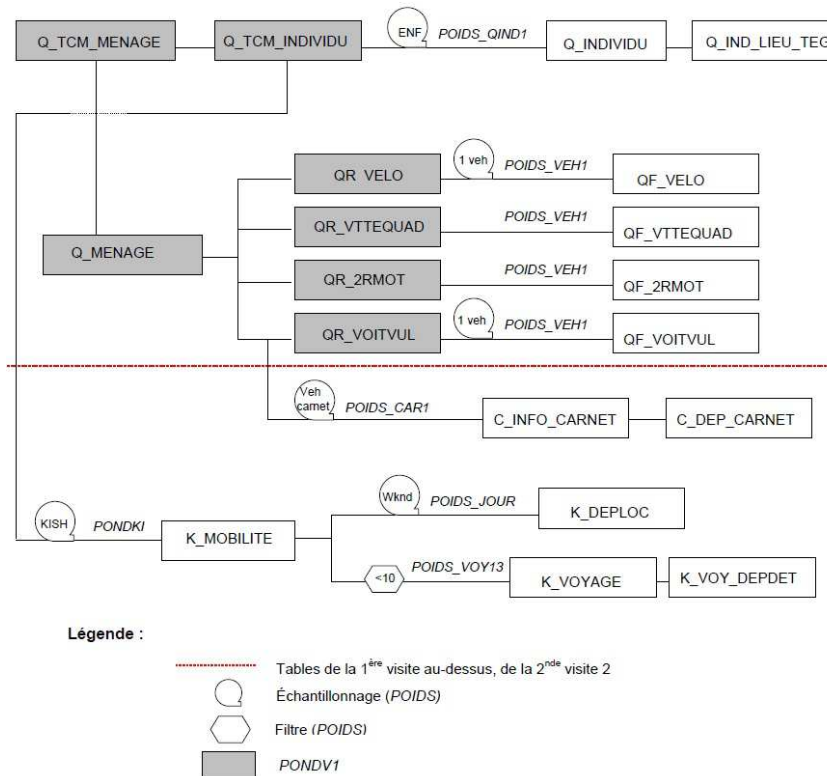
Les voyages au cours des 4 dernières semaines ont, quant à eux, été décrits plus exhaustivement, déplacement par déplacement (9 déplacements décrits au maximum), avec le détail des données de mobilité habituellement recueillies (origine et destination, dates et heures, distance, mode(s), motif mais aussi émission de CO2, comme indiqué au §II.1.2, etc.). Au vu de nos objectifs, il a donc été décidé, conformément au rapport technique de l'ENTD [Armoogum et al., 2011], de considérer cette description détaillée des voyages, déplacement par déplacement. Ce qui impose de ne pouvoir travailler que sur les 4 dernières semaines.

Enfin en termes d'effectifs, parmi les 18 632 individus Kish qui ont répondu à la deuxième visite de l'enquêteur, on dénombre 5 670 individus qui ont réalisé au moins un voyage à longue distance au cours des 4 semaines précédant la première visite (les 12 962 individus Kish restants sont immobiles pour la longue distance au cours de ce dernier « mois » de 4 semaines, ce qui n'exclut pas qu'ils ont pu en réaliser à une autre date).

Notre échantillon permet donc de considérer 8 499 voyages à longue distance réalisés au cours des 4 dernières semaines ; cette période de temps se trouvera donc multipliée par un facteur 13 pour rétablir une année complète. A ces déplacements à longue distance, il faudra ajouter les 120 882 déplacements quotidiens réalisés (un jour de semaine, et un ou deux jours de weekend) par les mêmes 18 632 individus Kish, pondérés comme indiqué au tableau II.1.

¹⁵ De fait, l'appréhension des voyages à longue distance par enquête pose « par principe » un dilemme qu'on voit mal comment résoudre : pour s'approcher au mieux de l'exhaustivité, il faut en effet viser une période écoulée suffisamment large « pour en trouver », et d'autre part suffisamment étroite pour réduire le biais de l'effet mémoire (plus la période est longue, et plus le risque d'oubli est grand), [Armoogum, Madre, 1997, 1998], [Armoogum, 2002].

Organisation schématique des données de l'ENTD 2007-2008



Source : [Armoogum et al, 2011]

Figure II.1 : Diagramme récapitulatif des tables de l'ENTD 2007-2008

Dans la version informatisée que nous avons utilisée, l'ENTD 2007/2008 comporte 19 tables SAS¹⁶ ; nous avons utilisé des données dans les 7 tables suivantes :

K_MOBILITE : table synoptique sur la mobilité locale de l'individu Kish pendant la semaine précédant la deuxième visite, ainsi qu'une description succincte sur les voyages à longue distance au cours des 13 semaines précédant la première visite et questions générales sur l'individu Kish de chaque ménage.

K_DEPLOC : table détaillée des déplacements locaux pendant un jour de semaine et un jour (ou deux) de weekend.

K_VOYAGE: table des voyages avec informations complémentaires sur ceux qui se sont terminés au cours des 4 semaines précédant la première visite.

¹⁶ Le langage de commandes SAS, pour Statistical Analysis System, est un langage de programmation créant et manipulant des tables de données à l'aide de procédures.

K_VOY_DEPDET : table détaillée des déplacements à longue distance (plus complète, voir sa description en §II.1.2), composant les voyages à longue distance des 4 dernières semaines.

Les données caractérisant les ménages et les individus se trouvent quant à elles dans les tables Q_MENAGE (logement, stationnement, parc de véhicules à disposition) ; et Q_INDIVIDU (trajet domicile-travail, « motilité », accidents). Tous les individus du ménage y répondent, mais un seul enfant scolarisé de 6 ans ou plus est échantillonné.

Q_TCM_MENAGE et Q_TCM_INDIVIDU ¹⁷ contiennent, pour finir, les informations socio-démographiques propres au ménage et à l'individu.

II.1.2. Estimation des émissions de CO2 à partir de l'ENTD

Les valeurs des émissions de CO2 de tous les déplacements ont été estimées par le Laboratoire d'Economie des Transports (Let, de l'Université de Lyon 2 et de l'ENTPE) et le Centre d'Etudes et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement (Cerema, qui était encore alors Certu) et sont intégrées aux fichiers de l'enquête. Précisons simplement ici que ces calculs sont fondés sur le modèle d'émissions Copert 4 (cf. §I.1) [European Environment Agency, 2009] pour les émissions du transport routier, et sur les facteurs moyens d'émissions figurant dans le rapport Deloitte [Ademe, 2008] pour les autres modes. Le détail des calculs figure dans [Certu, 2012]¹⁸.

Il convient ici de souligner que, s'inspirant de la méthode précédemment initiée par l'INRETS comme le BEED ou DEED [Gallez, Hivert, 1998], puis le DEM et DEEM [Merle et al., 2009], [Hivert et al., 2014] (cf. §I.1) et par souci de simplification, la méthode impute lors de déplacements réalisés en voiture, 100% des émissions de CO2 au conducteur du véhicule et zéro à son ou ses éventuels passagers, ce qui ne rend pas bien compte de l'enjeu du taux d'occupation des

¹⁷ TCM signifiant Tronc commun des questionnaires de l'INSEE auprès des Ménages.

¹⁸ Contrairement à ce qui était ambitionné initialement, il n'a pas été possible, dans le temps imparti par la thèse, de reconstituer l'ensemble des estimations des émissions polluantes (CO, COV, NOx, Ps, au delà des émissions de CO2 pour les GES) à partir du modèle d'émissions de Copert 4, la version SAS de DEM développée dans le cadre de la recherche BETTI afin de standardiser ce type d'estimations l'a d'ailleurs été en parallèle du déroulement de la thèse.

véhicules, auquel nous consacrerons une étude spécifique, plus loin dans la thèse¹⁹ (cf. §3 au Chapitre IV).

De même, des taux d'occupation moyens sont fixés arbitrairement pour les véhicules de transports collectifs (bus, métros...), alors que dans la version récemment standardisée du DEM pour les enquêtes locales, il est tenu compte des taux d'occupation moyens sur chaque réseau local, issus de la base de données TCU des transports collectifs urbains du Certu. Les émissions de CO₂ des modes de transport électriques et des modes doux et actifs (la marche, le vélo, la trottinette, les rollers,...) sont elles aussi comptabilisées à zéro.

II.2. Reconstitution à l'année de la mobilité individuelle

II.2.1. Idée principale

Disposant des données sur un jour dans la semaine, sur un jour de fin de semaine et sur les déplacements et voyages à longue distance au cours des quatre dernières semaines, il « suffit » de les multiplier par les nombres correspondant dans l'année de jours ordinaires, de jours de weekend, ainsi que par le facteur 13 pour la longue distance (pour obtenir 52 semaines), afin de reconstituer un an de mobilité individuelle. En pratique, comme nous le décrivons brièvement ci-dessous, la mise en œuvre de ce principe s'avère un peu délicate, d'une part à cause du décompte précis des types de jours, et d'autre part afin d'éviter les risques de doubles comptes.

Notons N_{voy} le nombre de jours de voyage à longue distance d'un individu au cours des quatre dernières semaines (il prend en compte les jours d'aller et de retour). N_{voy} comporte 3 parties $N_{\text{voy}1}$, $N_{\text{voy}2}$ et $N_{\text{voy}3}$ qui sont le nombre de jours de voyage de semaine, de samedi et de dimanche. Alors, nous avons :

$N_{\text{Sem}} = (20 - N_{\text{voy}1})$, c'est le nombre de jours du segment de déplacements locaux de semaine.

$N_{\text{Sam}} = (4 - N_{\text{voy}2})$ et $N_{\text{Dim}} = (4 - N_{\text{voy}3})$, qui sont respectivement les nombres de jours du segment de déplacements locaux des samedis et des dimanches.

¹⁹ Note : le nombre de personnes accompagnées lors d'un déplacement en voiture ou en deux roues motorisés est une information qui figure dans l'enquête pour chaque déplacement. Malheureusement, cette variable n'a pas été correctement apurée et s'est avérée inutilisable. Par contre, le mode de transport indiqué pour chaque déplacement permet de distinguer conducteur et passagers.

Dès lors, Nvoy , Nsem, Nsam et Ndim décrivent de manière homogène les différentes catégories de déplacements au cours des 28 jours précédant l'interrogation de l'individu Kish ; ils peuvent être multiplié par le facteur 13 afin de reconstituer une année complète (52 semaines) de mobilité individuelle, sur les trois segments de déplacements : local de semaine, local de fin de semaine et à longue distance.

Dans l'ENTD, il y a plusieurs variables de poids permettant de redresser l'échantillon, selon qu'il s'agit respectivement du ménage, de l'individu, du véhicule, du déplacement selon la période observée (cf. tableau II.1) ; il y a quasiment une variable de poids spécifique pour chaque élément. Chaque segment de mobilité, locale et à longue distance, a sa propre variable de pondération : PONDKI pour les déplacements locaux des individus Kish et POIDS_VOY13 (variable de pondération des voyages sur les treize dernières semaines) pour les déplacements à longue distance. Cela engendre des difficultés dès lors que nous traitons ensemble les deux parties locales et à longue distance, notamment dans le cadre d'une démarche consistant à redresser à la population de France métropolitaine la reconstitution à l'année de la mobilité de chaque individu en comptant les deux types de déplacements locaux et longue distance. Quel facteur de pondération utiliser ?

Commençons tout d'abord par rappeler que le coefficient de pondération POIDS_VOY13 (et son homothétique POIDS_ANNUEL = 4 * POIDS_VOY13, afin de comptabiliser 52 semaines) a été construit pour fournir une image des voyages à longue distance réalisés sur 13 semaines, puis sur l'année entière, notamment avec un correctif permettant de redresser les oublis, comme décrit précédemment (§ II.1.1). Mais ce coefficient ne peut servir que pour la description succincte (table K_MOBILITE) des voyages sur la période : il s'avère incompatible avec la description de détail, puisque celle-ci se focalise sur les 4 dernières semaines (tables K_VOYAGE et K_VOY_DEPDET) en négligeant les deux mois précédents.

Puisque notre analyse, visant l'articulation de la mobilité individuelle à l'année et nécessitant le descriptif le plus précis de cette mobilité, ne peut exploiter seulement que les données décrites en détail pour les voyages sur les 4 dernières semaines, nous sommes contraints de n'utiliser que PONDKI, simples poids respectifs des individus Kish, pour les déplacements à longue distance comme pour les déplacements locaux.

En acceptant cette façon de procéder, nous pouvons garder l'idée originale de l'ENTD 2007-2008 de recueil des deux parties de la mobilité sur un même individu (déplacements locaux et à longue distance, voir aussi §I.2 ou [Madre,

Maffre, 1999]), mais nous introduisons un biais : autant il y a désormais moins besoin de corriger l'effet mémoire (l'enquêté se souvient mieux du dernier mois écoulé), mais, à l'inverse, autant on risque de manquer l'observation de voyages plus longs que la période, puisque nous avons été contraint de la choisir plus courte. Ainsi, par exemple, ce choix nous oblige notamment à n'estimer la proportion des non mobiles à longue distance que sur 4 semaines.

Nous traiterons donc finalement ensemble les segments « local » et « longue distance » de mobilité individuelle avec le seul coefficient de pondération PONDKI, le poids du Kish. Le champ traité devient finalement uniquement celui des 4 dernières semaines, qui rend les segments compatibles ; malgré le biais mentionné ci-dessus, c'est le seul moyen de rendre compte de la répartition (très inégale) de la mobilité à longue distance, en pouvant extrapoler « France entière ».

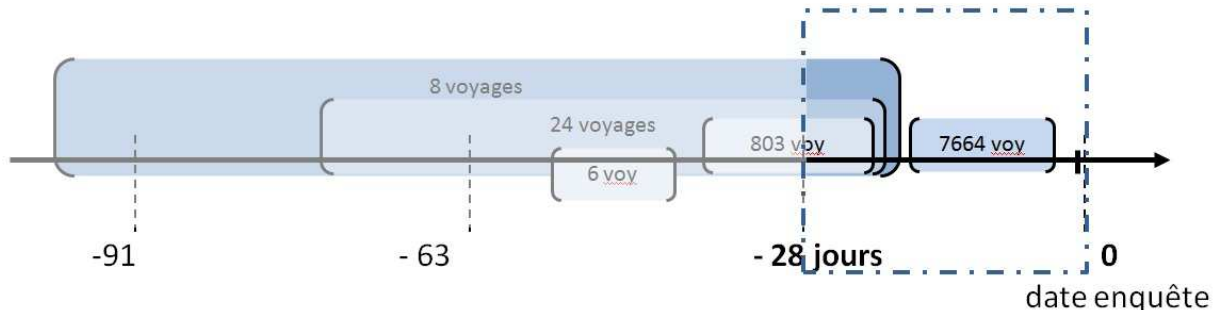
En conclusion, pour les déplacements à longue distance, nous redressons la mobilité sur un an par la variable de pondération PONDKI et en multipliant par un facteur 13. Au total, nous pouvons donc estimer la mobilité sur une même période de 4 semaines en prenant en compte l'ensemble des trois segments de déplacements (local de semaine, local de fin de semaine et à longue distance). Les trois termes (et la somme) pourront être à la fin multipliés par un facteur 13 pour extrapoler à une année de 52 semaines. Cette opération permet de réaliser les traitements et analyses ci-après (une fois considérés les effets de bords et imputations des paragraphes suivants) en les fondant sur les résultats annuels de chaque individu.

II.2.2. Taille d'échantillon et effet de bord de la période observée

Au total en valeurs brutes, l'ENTD 2007/2008 ne nous permet de considérer que 8 499 voyages réalisés par 5 670 individus (c'est dire qu'environ un tiers de l'échantillon des 18 632 individus a été mobile à longue distance) observés au cours des 4 dernières semaines, afin d'utiliser la description fine de ces voyages, déplacement par déplacement. La relative faible taille de cet échantillon constitue une difficulté pour l'analyse, en termes de significativité, lorsque nous allons réaliser des diagnostics sur des petits groupes issus de la classification ou bien en croisant différentes caractéristiques socio-éco-démographiques et géographiques.

Il y a en outre un effet de bord à considérer, dès lors que le voyage commence avant le début de la période observée (4 semaines précédant la première visite de l'enquêteur). Donc, pour éviter un double compte (en multipliant

par le facteur 13 pour obtenir l'exhaustivité d'une année), il faut enlever la partie du voyage située en dehors de la période observée, c'est-à-dire plus de 28 jours avant la visite de l'enquêteur (Figure II.2).



Source : ENTND 2007-2008

Figure II.2 : Distribution des 8 505 voyages (brut) selon l'échelle du temps, de 4 semaines (28 jours), à 9 semaines (63 jours) et 13 semaines (91 jours) avant la visite de l'enquêteur

Nous prenons seulement en compte la partie résiduelle allant du début de la période observée (de -28 jours) à la fin du voyage, qui est par définition incluse dans la période observée. L'algorithme, qui correspond à une simple troncature, est simple : En vérifiant chaque voyage, si le jour où il commence est avant le jour de début de la période observée (le jour de première visite -28), nous avons enlevé les déplacements (de ce voyage à longue distance) dans la période antérieure ; et le jour de début du voyage est remplacé par le jour de début de la période observée.

II.2.3. Apurements supplémentaires, filtrages spécifiques à la longue distance

Nous notons enfin brièvement plusieurs autres types d'anomalies dans le fichier, représentant heureusement relativement peu de cas, comme par exemple :

- Horaires de début ou de fin de déplacement manquants, ne permettant pas de réaliser les imputations nécessaires (2 individus) ;
- Chevauchements dans l'agencement temporel de quelques voyages au cours des 28 jours, qu'il n'est pas possible de corriger ;
- Présences, dans le fichier décrivant en détail les déplacements à « longue distance », de déplacements qui ne correspondent pas à la définition d'un déplacement à longue distance (cf. §I.1.1). Il en va ainsi de certains déplacements « courts » compris dans la période d'un voyage, alors qu'un traitement spécifique par imputation leur sera

réservé par la suite (les imputations de type 2 et de type 3, cf. §II.2.4.). Nous devons les enlever pour éviter tout risque de double compte.

Quelques corrections ont pu être effectuées, mais dans la plupart des cas, il n'y avait pas d'autre solution que d'éliminer les quelques observations erronées. Au total, 79 déplacements à longue distance ont été éliminés parmi 18 718 déplacements que contient K_VOY_DEPDET, la table qui les décrit de façon détaillée.

II.2.4. Imputations, réaffectations entre les différents segments de mobilité

D'autres problèmes se posent également (mais de manière parfois systématique dans ce dispositif d'enquête), pouvant induire des « manques » ou inversement des « doubles comptes » :

- Type 1 : Lors du recueil des déplacements de semaine et du dernier weekend (la veille, et le dernier samedi ou dimanche), on ne peut exclure qu'aient pu être décrits dans la mobilité quotidienne des déplacements à longue distance selon la définition. Il convient de ne pas les comptabiliser dans la mobilité locale, sous peine de compter deux fois des éléments qui ne devraient exister que dans le segment « longue distance ».
- Type 2 : Dans le fichier des voyages à longue distance, ne sont comptabilisés que les jours de longs déplacements ; si un séjour contient plusieurs nuitées sur place, la mobilité « locale » sur le lieu du séjour reste, comme c'est généralement le cas dans ce dispositif d'enquête puisque l'interrogation est « centrée » sur la résidence, un point aveugle non recueilli dans l'enquête, et donc un manque qui ne doit pas être négligé dans la reconstitution du bilan annuel, notamment en termes d'émissions.
- Type 3 : De même, le jour d'un long déplacement, ne sont pas pris en compte dans l'enquête les éventuels déplacements locaux avant (relatifs au domicile) et après (relatifs au lieu de destination du long déplacement), et cela constitue un autre manque qui ne devrait pas être négligé non plus.

Pour remédier à ces trois défauts, nous avons réalisé trois types d'imputations, alors qu'à notre connaissance, aucun traitement antérieur à notre

travail de thèse n'avait même abordé le problème, pour cette enquête nationale ou pour toute autre édition antérieure²⁰:

- Pour le type 1 : On remplace ces journées de mobilité qui ne sont pas à proprement parler de mobilité locale, par des journées d'individus similaires ou très proches (en quelque sorte des jumeaux ou des clones, dont on fait l'hypothèse que leur mobilité sera relativement semblable en termes de catégories géographiques, démographiques et socio-économiques), en utilisant une méthode d'imputation de type « Hot Deck » avec une vérification au préalable du nombre d'observations concernées (afin d'obtenir confirmation qu'on peut trouver des « jumeaux » dans tous les cas).
- Pour le type 2 : Sur la durée du séjour, on ajoute au lieu de destination une mobilité analogue à la mobilité locale de l'individu en tenant compte du motif du voyage (personnel/professionnel) avec un taux (établi statistiquement sur la même catégorie d'individus en les observant à d'autres périodes) de sous-mobilité (ou respectivement de sur-mobilité) selon les différents cas : sous-mobilité dans le cas où l'individu (actif) effectue un voyage de loisirs/vacances, et sur-mobilité dans le cas où l'individu effectue un voyage professionnel alors qu'il était en congé lors du recueil de sa mobilité locale. Et les trois autres cas imputés avec un taux égal à 1²¹.

Situation	Motif de voyage	Jour de référence	Taux appliqué
Inactif			1
Actif	voyage professionnel	jour de travail	1
		jour en congé	sur-mobile
	voyage personnel	jour de travail	sous-mobile
		jour en congé	1

Tableau II.2: Taux appliqué

- Pour le type 3 : Une mobilité « locale », en amont et en aval du déplacement à longue distance, est ajoutée à l'individu, le jour de son départ, comme à celui de son retour au domicile. Il est tenu compte des

²⁰ C'est de fait l'exigence d'exhaustivité du bilan environnemental qui rend ces opérations nécessaires.

²¹ Les taux de sur-mobilité ou sous-mobilité sont estimés à partir de ratio quotidiens moyens pour le nombre de déplacements, le budget-distance, le budget-temps ou le budget d'émission de CO2 pour les actifs (au travail ou en congé), en fonction de leur genre (masculin/féminin) et de la taille de l'unité urbaine de leur lieu de résidence.

horaires de déplacements (nombre d'heures depuis 4 heures du matin jusqu'au départ longue distance, puis nombre d'heures depuis l'arrivée longue distance jusqu'à 23 heures), en appliquant des taux de sur- et sous-mobilité analogues à ceux du Type 2.

A l'issue de ces différentes imputations, nous disposons donc des valeurs (nombres de déplacements, voyages, budgets distances et durées, mais également totaux d'émissions de CO₂) par individu répartis sur les trois segments de mobilité en fonction des nombres de jours décrits en §II.2.1 (Nvoy, Nord, Nsam, Ndim) sur 28 jours²², puis redressés à l'année par multiplication par 13.

II.3. Déterminants géographiques

Afin de réaliser nos analyses liées au pouvoir explicatif des variables géographiques, nous devons disposer d'un repérage clair des lieux de résidence. Pour des raisons liées à l'anonymisation des observations, le code de la commune de résidence des individus n'est pas renseigné dans les fichiers distribués publiquement. Mais, plusieurs variables précises peuvent néanmoins être utilisées pour décrire ces localisations résidentielles, en fonction des tailles de bassins et des endroits dans lesquels se situent les résidences à l'intérieur de ces bassins. Elles se rapportent à deux notions distinctes :

L'unité urbaine (UU, ou agglomération) qui repose sur le nombre d'habitants et la continuité du bâti, dont la distance entre deux bâtis doit être inférieur 200 m.

L'aire urbaine (AU), qui prend en compte l'attractivité des communes en termes d'emploi, et dont la nomenclature décline les espaces à dominante urbaine, pôles et périurbain (couronnes périurbaines et communes multi-polarisées), en les distinguant de l'espace à dominante rurale (communes rurales et petites unités urbaines).

Parmi les nombreuses variables fournies dans les fichiers de l'ENTD 2007-2008 permettant de caractériser cette localisation, nous travaillerons sur les quatre variables suivantes, construites à partir des valeurs du Recensement de la Population de 1999 (noté RP99) :

NUMCOM_UUCAT, la catégorie d'unité urbaine de la résidence principale selon RP99 :

²² Note : Nord sera au maximum de 20 jours de semaines, Nsam et Ndim de 4 chacun, tous nombres de jours auxquels il faut retirer Nvoy, nombre de jours de voyage à longue distance.

Ville centre
Banlieue
Ville isolée
Commune rurale

Tableau II.3 : Les valeurs du NUMCOM_UUCAT

TU99, la tranche d'unité urbaine selon RP99 :

Valeur	Signification de la modalité
0	Commune rurale
1	Unité urbaine de moins de 5 000 habitants
2	Unité urbaine de 5 000 à <10 000 habitants
3	Unité urbaine de 10 000 à < 20 000 habitants
4	Unité urbaine de 20 000 à < 50 000 habitants
5	Unité urbaine de 50 000 à <100 000 habitants
6	Unité urbaine de 100 000 à <200 000 habitants
7	Unité urbaine plus de 200 000 habitants
8	Unité urbaine de Paris

Tableau II.4 : Les valeurs du TU99

NUMCOM_ZHU, le type de zonage urbain de la résidence principale, selon RP99 :

Valeur	Signification de la modalité
00	Espace à dominante rurale
01	Commune polarisée d'une AU jusqu'à <100 000 habitants
02	Pôle urbain d'une AU jusqu'à <100 000 habitants
03	Commune multi-polarisée
04	Commune polarisée d'une AU de plus de 100 000 habitants
05	Banlieue pôle urbain d'une AU de plus de 100 000 habitants
06	Centre pôle urbain d'une AU de plus de 100 000 habitants
07	Commune polarisée de l'AU de Paris
08	Banlieue de Paris
09	Paris

Tableau II.5 : Les valeurs du NUMCOM_ZHU

A partir de ce découpage initial en 10 tranches de ce type de zonage urbain, nous avons formulé un découpage simplifié (TypAU)²³ distinguant les villes centres, les banlieues et les zones périurbaines, en tenant compte de la taille de l'aire urbaine (Tableau II.6) :

²³ Nous procédons à ce type de réduction du zonage afin d'utiliser des découpages garantissant des effectifs plus importants dans chacun des tranches exhibées.

Valeur	Signification de la modalité
00	Espace à dominante rurale
13	Commune de moins de 100 000 habitants
04	Commune polarisée d'une AU de plus de 100 000 habitants
05	Banlieue pôle urbain d'une AU de plus de 100 000 habitants
06	Centre pôle urbain d'une AU de plus de 100 000 habitants
07	Commune polarisée de l'AU de Paris
08	Banlieue de Paris
09	Paris

Tableau II.6 : Découpage croisant taille d'aire urbaine et zones concentriques (TypAU)

Et enfin TAU99, la tranche d'aire urbaine selon RP99, les zonages en aires urbaines et en aires d'emploi de l'espace rural :

Valeur	Signification de la modalité
00	Communes hors aire urbaine
01	Aire urbaine de moins de 15 000 habitants
02	Aire urbaine de 15 000 à 20 000 habitants
03	Aire urbaine de 20 000 à 25 000 habitants
04	Aire urbaine de 25 000 à 35 000 habitants
05	Aire urbaine de 35 000 à 50 000 habitants
06	Aire urbaine de 50 000 à 100 000 habitants
07	Aire urbaine de 100 000 à 200 000 habitants
08	Aire urbaine de 200 000 à 500 000 habitants
09	Aire urbaine de 500 000 à 10 millions habitants
10	Aire urbaine de Paris

Tableau II.7 : Les valeurs du TAU99

A partir de ces 11 tranches de taille d'aire urbaine, nous avons simplifié en regroupant quelques tranches. A l'issue de ce regroupement (découpage TaiAU), nous considérons : les communes hors aire urbaine, puis les aires urbaines avec des seuils à 100, 200 et 500 mille habitants et en distinguant l'aire urbaine de Paris.

Valeur	Signification de la modalité
00	Communes hors aire urbaine
16	Aire urbaine de moins de 100 000 habitants
07	Aire urbaine de 100 000 à 200 000 habitants
08	Aire urbaine de 200 000 à 500 000 habitants
09	Aire urbaine plus de 500 milles habitants
10	Aire urbaine de Paris

Tableau II.8 : Découpage simplifié en taille d'aire urbaine (TaiAU)

Nous avons également créé, dès nos premières exploitations, une variable de zonage résidentiel détaillée en 14 zones (cf. premières analyses descriptive au §III.1) qui croise la taille de l'aire urbaine (TAU99) et le type de zonage urbain de la résidence principale (NUMCOM_ZHU). Y ont été effectué quelques regroupements nécessaires, afin que chaque catégorie résultant de ce zonage résidentiel ne compte pas moins de 2% de la population ; sont ainsi par exemple regroupées les communes polarisées des aires urbaines de moins de 100 000 habitants. Il est parfaitement compatible avec la croisement entre TypAU et TaiAU, les deux variables « réduites » que nous avons indiquées aux tableaux II.6 et II.8.

ZoneAU		Type de zonage urbain de la résidence principale							Total	
		Rural	Tous com. AU <100K hab.	Péri-urbain AU >100K hab.	Banlieue urbaine AU >100K hab.	Centre pôle urbain AU >100K hab.	Péri-urbain AU Paris	Banlieue de Paris		Paris
Tranche de taille de l'AU	Hors AU	17,9%								17,9%
	< 100K hab.		21,1%							21,1%
	100K - 200K hab.			2,1%	2,3%	3,2%				7,6%
	200K - 500K hab.			5,0%	5,2%	5,7%				15,9%
	>500K hab.			3,6%	8,8%	6,2%				18,6%
	AU de Paris						2,5%	12,8%	3,6%	18,9%
	Total	17,9%	21,1%	10,7%	16,4%	15,1%	2,5%	12,8%	3,6%	56,17 M

Source : ENTD 2007-2008

Tableau II.9: Zonage résidentiel de la population selon le type et la taille d'aire urbaine

Nous avons enfin créé une dernière variable de zonage résidentiel détaillée en 8 zones qui croise la taille de l'unité urbaine (TU99) et le type de zonage urbain de la résidence principale (NUMCOM_UUCAT).

Valeur	Signification de la modalité
1	Banlieue d'UU de < 200 mille hab.
2	Ville centre d'UU de < 200 mille hab.
3	Banlieue d'UU de 200 mille - 2 million hab.
4	Ville centre d'UU de 200 mille - 2 million hab.
5	Banlieue de Paris
6	Ville de Paris
7	Ville isolée
8	Commune rurale

Tableau II.10 : Zonage résidentiel simplifié en 8 zones

Conclusion du chapitre

Les éléments de méthode que nous avons présentés dans ce chapitre nous permettent la reconstitution à l'année de la mobilité individuelle et un redressement de l'échantillon à la population de la France (métropolitaine) entière. Nous acceptons de ne considérer que les quatre dernières semaines, car le descriptif portant sur 13 semaines s'avère incomplet (données manquantes pour les deux mois précédents). Ce faisant, nous introduisons vraisemblablement un biais (nous ne tenons compte que de la simple pondération du Kish, mais ni poids_voy13 ni poids_annuel) mais qui nous permet de conserver l'idée originale de l'ENTD 2007-2008 qui consiste à pouvoir considérer les deux parties de déplacements (locaux et à longue distance) dans un seul travail et pour un seul même individu. Dès lors, la seule période de 28 jours sera multipliée par 13 pour estimer une année entière.

Diverses imputations (trois types afin d'éviter les doubles comptes et de combler les angles morts des mobilités locales au cours des séjours et les jours de longs déplacements) sont également nécessaires, afin de se rapprocher au mieux de ce qui en théorie pourrait être un recueil annuel exhaustif. Ce travail préparatoire nous permet ainsi de réaliser les études sur l'articulation en temporelle de mobilité individuelle (entre les trois segments des déplacements locaux dans la semaine, locaux de fin de semaine et à longue distance).

La constitution des différentes variables géographiques nous permettra par la suite de décliner cette articulation selon les différents espaces (ou types d'espaces) de résidence en et hors aire urbaine.

Chapitre III : Résultats globaux

A partir des méthodes que nous avons présentées dans le chapitre précédent, nous pouvons reconstituer à l'année tous les déplacements individuels de chaque individu Kish. L'analyse de ces résultats nous permet de réaliser des diagnostics environnementaux (d'émission de CO₂) sur les mobilités individuelles annuelles dans un contexte national. Précisément, nous voudrions identifier les profil-types d'émission France entière, puis déterminer leurs caractéristiques selon les déterminants socio-économiques, démographiques mais aussi géographiques (localisation résidentielle). Pour ce faire, nous avons utilisé la méthode d'analyse statistique « Classification ascendante hiérarchique » (notée CAH dans toute la suite). Mais auparavant, nous commençons par une analyse descriptive des mobilités des résidents en France métropolitaine selon leur zone de résidence afin d'avoir une vue d'ensemble du niveau des émissions de CO₂ liées à ces mobilités individuelles et de la manière dont elles se déclinent dans l'espace.

Ce chapitre comporte trois grandes sections :

Premièrement, une analyse de la mobilité individuelle (nombre de déplacements, budgets distance et temps, et émission de CO₂) selon le type et la taille d'aire urbaine, suivant le découpage en 14 zones présenté au chapitre II (cf. §II.3).

Deuxièmement, l'élaboration de la typologie et l'analyse des profil-types d'émissions (et donc de mobilité individuelle) par la classification statistique CAH.

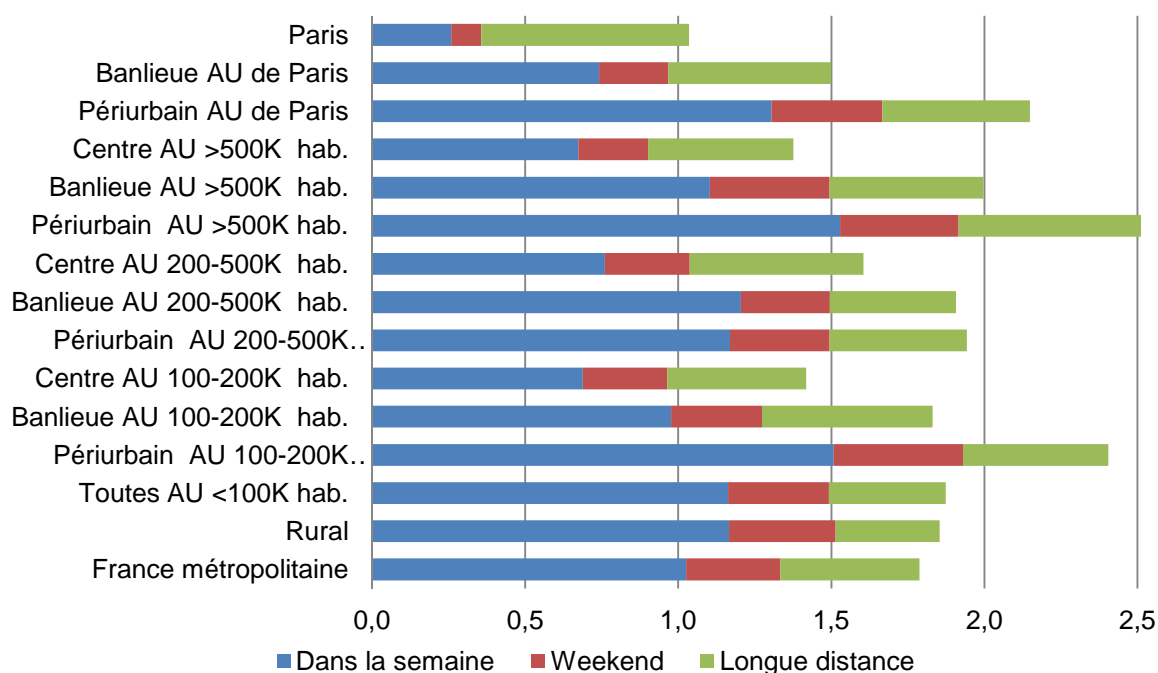
Troisièmement, des analyses en profondeur complètent ces résultats sur le thème de l'articulation temporelle des mobilités en fonction de critères spatiaux et éventuellement selon des déterminants socio-éco-démographiques. Nous esquissons aussi une réponse à la question de compensation, dans le bilan CO₂, entre les trois segments de mobilité des habitants de différents types d'espaces résidentiels : villes-centres, banlieues, zones périurbaines et rurales, afin d'apporter un éclairage sur ce fameux « effet barbecue ». (cf. chapitre I, §I.2).

III.1. Mobilité des résidents français selon leur zone de résidence, une première approche descriptive

Pour rappel, [Longuar et al, 2010] ont donné une idée de la répartition des émissions de CO₂ générées par les mobilités des Français à courte et longue distance, à partir de la même source de données, l'ENTD 2007-2008. Cependant, leur analyse ne distingue pas les jours de semaine et de fin de semaine pour les

déplacements locaux. Si le double compte global des voyages à longue distance qu'on pourrait trouver dans les déplacements de la veille et du dernier weekend est évité, ils ne comptabilisent pas non plus la mobilité courte distance effectuée au cours des voyages, ni ne réaffectent de segments de mobilité comme nous le pratiquons dans notre approche (cf. chapitre II, §II.2). Leur résultat global indique une émission totale d'un peu moins de 2 tonnes de CO2 par an (plus exactement 1,92 tonne) pour chaque Français, estimation compatible avec celle du SOeS et de l'Insee à partir des comptes nationaux²⁴, avec une répartition globale de 70% en local et 30% en longue distance. Suivant cette même idée, nous analysons ici les niveaux d'émissions de CO2 individuels selon différentes zones de résidence. Notre nomenclature comporte 14 zones en croisant la taille et le type d'aire urbaine avec la proximité de son centre (cf. chapitre II, §II.3).

La figure (et le tableau) ci-après indique les moyennes individuelles des émissions de CO2 par zone selon les trois segments de mobilité : longue distance (en vert), locale dans la semaine (en bleu) et locale en fin de semaine (en rouge).



Source : ENTD 2007-2008

Figure III.1: Emissions de CO2 (t. CO2 / an) par individu des zonages résidentielles

²⁴Selon [Lenglard et al., 2010], chaque Français émettrait en moyenne 6,7 tonnes de CO2 par an pour sa consommation, dont un peu moins d'un tiers (2,01 tonnes, soit 31%) proviendrait des seuls transports.

Zonage résidentiel en aire urbaine		Population (millions d'habitants)	Moyenne individuelle (t.CO2/an)			
			Sem	WE	Lg dis	Total
1	Rural	10,08	1,17	0,35	0,34	1,85
2	Toutes AU <100K hab.	11,85	1,16	0,33	0,38	1,87
3	Périurbain AU 100-200K hab.	1,20	1,51	0,42	0,47	2,40
4	Banlieue AU 100-200K hab.	1,29	0,98	0,30	0,56	1,83
5	Centre AU 100-200K hab.	1,77	0,69	0,28	0,45	1,42
6	Périurbain AU 200-500K hab.	2,78	1,17	0,33	0,45	1,94
7	Banlieue AU 200-500K hab.	2,94	1,20	0,29	0,41	1,91
8	Centre AU 200-500K hab.	3,19	0,76	0,28	0,57	1,60
9	Périurbain AU >500K hab.	2,00	1,53	0,39	0,60	2,51
10	Banlieue AU >500K hab.	4,97	1,10	0,39	0,50	2,00
11	Centre AU >500K hab.	3,49	0,67	0,23	0,47	1,38
12	Périurbain AU de Paris	1,38	1,30	0,36	0,48	2,15
13	Banlieue AU de Paris	7,20	0,74	0,23	0,53	1,50
14	Paris	2,02	0,26	0,10	0,68	1,04
Ensemble France métropolitaine		56,17	1,03	0,31	0,45	1,79

Source : ENTD 2007-2008 - Champ : Sem : déplacements locaux de semaine ; WE : déplacements locaux de fin de semaine ; Lg dis : déplacements à longue distance

Tableau III.1: Emissions de CO2 annuelles par individu selon le zonage résidentiel

France entière selon notre estimation, la moyenne individuelle totale s'élève à 1,79 tonne de CO2 par an et par habitant (contre 1,92 dans la dernière référence citée [Longuar et al, 2010])²⁵, avec une répartition de 58% en semaine, 17% le weekend (en local, sans longue distance) et 25% en longue distance.

Nous observons que les émissions annuelles de CO2 des habitants des centres sont plus faibles que la moyenne nationale, tandis que celles des habitants des zones périurbaines sont plus élevées. Le niveau d'émissions de CO2 chez les banlieusards progresse avec la taille de l'aire urbaine. Ce que nous pouvons expliquer par l'allongement des distances du domicile aux lieux des activités (bureau, école, mais aussi aménités, pour achats, loisirs, etc.).

Les Parisiens représentent un cas particulier presque extrême, avec 1,04 tonne de CO2 par personne par an, soit 40% de moins que la moyenne nationale, avec les deux tiers du CO2 émis lors de voyages à longue distance.

En considérant les parts entre les trois segments, on note que les émissions individuelles locales un jour de semaine - à la seule exception de Paris intramuros

²⁵ Plusieurs différences de méthode peuvent expliquer cet écart, en particulier la seule prise en compte des derniers 28 jours.

– atteignent toutes ou dépassent la moitié du bilan individuel annuel (de 49% dans les centres des grandes aires urbaines, à près de 63% dans le périurbain des plus petites et dans le milieu rural). A l'inverse, plus de la moitié des émissions des Parisiens sont imputables à leurs voyages à longue distance (0,68 tonne par an (soit 66%), contre 0,26 tonne (soit 25%) pour les déplacements locaux dans la semaine et 0,10 tonne (soit 10%) pour les déplacements locaux en fin de semaine).

Ces valeurs confirment donc un « certain » effet barbecue, qui distingue les résidents de Paris des habitants des autres zones. Nous pouvons confirmer la tendance selon laquelle les centres des pôles urbains émettent le moins de CO₂, suivis par les banlieues et le milieu rural, puis par les communes polarisées et les milieux périurbains qui émettent le plus.

Les tableaux de la page suivante détaillent les valeurs moyennes de ces nombres de déplacements et voyages, budgets-distance, budgets-durée et budget d'émission de CO₂, selon ces différents espaces.

Pour les segments locaux, les nombres de déplacements journaliers varient peu : de 2,8 à 3,3 autour de la moyenne à 3,0 un jour de semaine. Le weekend, ces valeurs sont un peu plus faibles, de 2,0 à 2,5 autour de 2,3 en moyenne. Les budgets distances d'un jour de semaine sont plus faibles dans les centres, puis dans les banlieues, tandis que ceux des périurbains sont les plus élevés. Le weekend, ces budgets distance varient de 11,4 (chez les Parisiens) à 28,3 km (chez les périurbains de l'AU de Paris) ; ils sont aussi relativement plus faibles dans les centres et les plus élevés chez les périurbains. Le ratio des budgets distances²⁶, estimé pour comparer jour de weekend et jour de semaine, varie de 75% (périurbain de l'AU de Paris) à 127% (centres des AU de 100 à 200 000 habitants) et ceux des centres (sauf Paris) sont les plus élevés. Dans leur mobilité locale, les habitants des centres vont plus loin le weekend que dans la semaine.

Le temps total consacré à la mobilité de la semaine varie entre 46 et 74 minutes, celui du weekend varie de 43 à 54 minutes. Il dépend de la taille de l'aire urbaine, et les aires urbaines de plus de 500 000 habitants et l'AU de Paris ont les plus élevés ; les communes polarisées et le rural sont en retrait malgré de longs parcours dans des zones peu denses.

²⁶ Valeur du budget-distance d'un jour de fin de semaine divisé par la valeur du budget distance un jour de semaine au tableau III.2.

Zonage résidentiel en aire urbaine		Jour de semaine (du lundi au vendredi)				Jour de fin de semaine			
		Nb dép.	B-dis (km)	B-dur (mn)	B-CO2 (kg)	Nb dép.	B-dis (km)	B-dur (mn)	B-CO2 (kg)
1	Rural	2,8	27,6	46,3	4,67	2,3	25,2	44,9	3,52
2	Toutes AU <100K hab.	3,0	27,2	49,9	4,77	2,3	24,0	44,1	3,47
3	Périurbain AU 100-200K hab.	2,9	30,5	49,6	5,08	2,2	25,0	42,6	3,73
4	Banlieue AU 100-200K hab.	3,0	24,9	47,8	4,50	2,4	22,0	46,8	3,38
5	Centre AU 100-200K hab.	3,2	17,5	48,4	3,18	2,4	22,3	46,0	3,07
6	Périurbain AU 200-500K hab.	2,9	29,1	50,7	5,14	2,3	25,0	43,7	3,55
7	Banlieue AU 200-500K hab.	3,3	25,1	53,8	5,06	2,4	21,2	43,3	3,31
8	Centre AU 200-500K hab.	3,1	16,3	50,8	3,11	2,3	18,4	44,0	2,78
9	Périurbain AU >500K hab.	3,2	35,3	56,9	5,89	2,4	28,1	47,7	3,79
10	Banlieue AU >500K hab.	3,2	24,2	56,6	4,49	2,4	24,3	47,7	3,48
11	Centre AU >500K hab.	3,3	18,1	60,7	3,00	2,5	20,8	54,1	2,42
12	Périurbain AU de Paris	2,8	37,5	62,5	5,65	2,0	28,3	46,5	3,85
13	Banlieue AU de Paris	2,8	21,7	67,5	3,06	2,1	16,9	46,3	2,31
14	Paris	2,8	13,9	73,8	1,02	2,1	11,4	54,2	0,96
Ensemble France métropolitaine		3,0	25,0	56,0	4,11	2,3	22,1	46,3	3,06

Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Mobilité locale ; Nb dép. : nombre de déplacements ; b-dis : budget-distance en km ; b-dur : budget-durée (en mn) ; b-CO2 : budget émission de CO2 (en kg)

Tableau III.2 : Mobilité locale individuelle par jour selon le zonage résidentiel

Zonage résidentiel en aire urbaine		Segments à longue distance			
		Nb voy.	B-dis (mille km)	B-dur (heures)	B-CO2 (tonnes)
1	Rural	4,9	3,3	46,2	0,34
2	Toutes AU <100K hab.	5,4	4,1	55,9	0,38
3	Périurbain AU 100-200K hab.	6,2	5,7	79,3	0,47
4	Banlieue AU 100-200K hab.	5,5	5,0	55,9	0,56
5	Centre AU 100-200K hab.	5,0	4,6	60,4	0,45
6	Périurbain AU 200-500K hab.	5,6	4,7	56,9	0,45
7	Banlieue AU 200-500K hab.	5,6	4,1	52,1	0,41
8	Centre AU 200-500K hab.	6,4	6,1	68,8	0,57
9	Périurbain AU >500K hab.	5,8	5,6	67,9	0,60
10	Banlieue AU >500K hab.	5,6	4,7	59,6	0,50
11	Centre AU >500K hab.	6,9	5,3	65,7	0,47
12	Périurbain AU de Paris	4,5	5,1	66,9	0,48
13	Banlieue AU de Paris	4,6	5,4	65,4	0,53
14	Paris	5,7	7,6	83,5	0,68
Ensemble France métropolitaine		5,4	4,7	59,2	0,45

Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Nb voy. : nombre de voyages ; b-dis : budget-distance en km ; b-dur : budget-durée (en mn) ; b-CO2 : budget émission de CO2 (en kg)

Tableau III.3 : Mobilité individuelle à longue distance par an

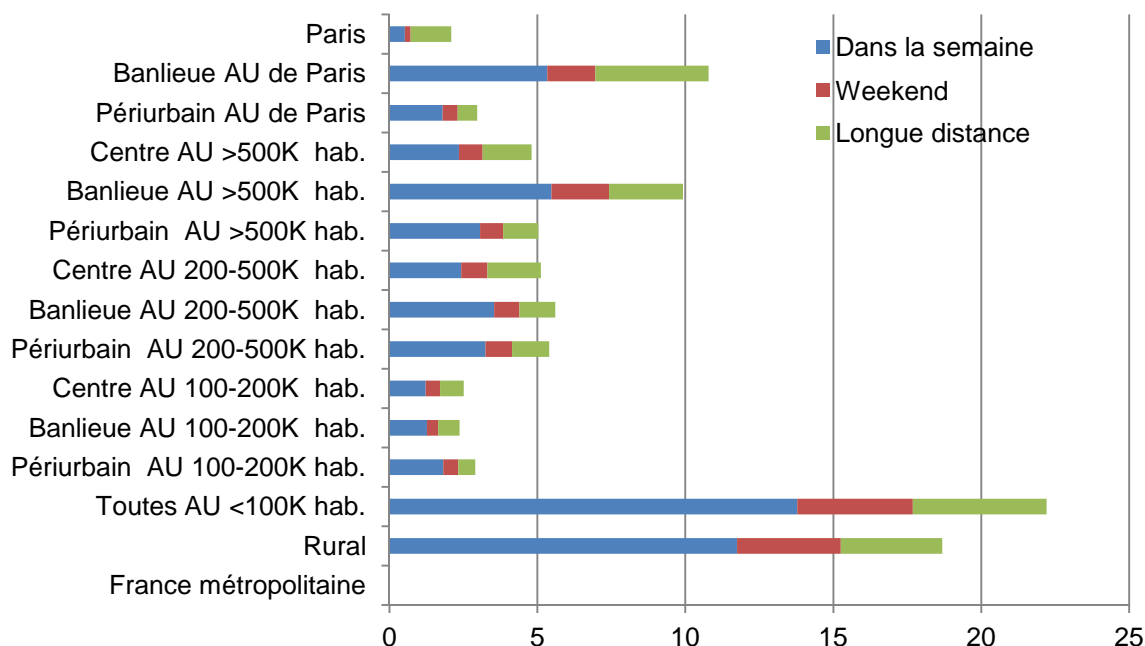
(rappel : 13 fois l'observation des 28 derniers jours) selon le zonage résidentiel

Les émissions moyennes de CO₂ pour les déplacements locaux d'un jour de semaine varient de 1,0 kg de CO₂/jour à 5,9 kg de CO₂/jour. Elles sont les plus faibles chez les habitants des centres des pôles urbains et les plus élevées chez ceux du périurbain. Celles des banlieues et du rural sont à un niveau intermédiaire. Le weekend, elles varient de 1,0 à 3,9 kg de CO₂/jour et il y a peu de contraste : les périurbains sont les plus émetteurs, les habitants des centres et des banlieues émettent moins, notamment ceux des centres des grandes aires urbaines et de la banlieue parisienne. Le rural occupe une position médiane. Les fortes émissions en périurbain résultent de distances parcourues élevées et de la dépendance à l'automobile, faute d'alternative collective. Cela est confirmé par les chiffres du budget distance individuel par jour.

Ainsi, en budget distance et budget CO₂, les centres sont à un niveau plus faible, puis les banlieues et les périurbains sont les plus élevés ; en budget temps, quasiment quelle que soit la taille des aires urbaines, l'ordre est quelque peu bouleversé puisque, contrairement à ce qui se passe pour les jours de semaine, les résidents des centres mettent plus de temps que ceux des zones périurbaines. Le weekend, les habitants des centres passent un peu plus de temps dans les transports.

Sur le segment des déplacements à longue distance, les habitants des centres sont toujours au-dessus de la moyenne, ce qui n'est pas forcément toujours le cas pour les résidents des banlieues et des zones périurbaines. Exception faite des aires urbaines de 100 000 à 200 000 habitants, les autres centres présentent souvent des valeurs élevées (parfois même plus élevées que les périurbains), notamment en budget distance et budget de CO₂, et y compris avec des nombres de voyages parfois significativement bien plus élevés que pour les zones de banlieues. Le rural est toujours au minimum.

En regardant les totaux en masse (figure III.2 et tableau III.4 ci-après), c'est à dire en tenant compte de chaque population, pour visualiser les émissions de CO₂ de chaque zone, nous constatons que le rural, les petits pôles urbains (moins de 100 000 habitants), les banlieues des grandes aires urbaines (Paris et celles de plus de 500 000 habitants) sont en tête des émetteurs de CO₂, largement en raison de leur poids démographique.



Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Ensemble de la mobilité individuelle.

Figure III.2: Masse de CO2 (Mt CO2/an) émise selon le zonage résidentiel

Zonage résidentiel en aire urbaine		Population (M. pers)	Total par zone (Mt.CO2/an)			
			Sem	WE	Lg dis	Total
1	Rural	10,08	11,7	3,5	3,4	18,7
2	Toutes AU <100K hab.	11,85	13,8	3,9	4,5	22,2
3	Périurbain AU 100-200K hab.	1,20	1,8	0,5	0,6	2,9
4	Banlieue AU 100-200K hab.	1,29	1,3	0,4	0,7	2,4
5	Centre AU 100-200K hab.	1,77	1,2	0,5	0,8	2,5
6	Périurbain AU 200-500K hab.	2,78	3,2	0,9	1,2	5,4
7	Banlieue AU 200-500K hab.	2,94	3,5	0,9	1,2	5,6
8	Centre AU 200-500K hab.	3,19	2,4	0,9	1,8	5,1
9	Périurbain AU >500K hab.	2,00	3,1	0,8	1,2	5,0
10	Banlieue AU >500K hab.	4,97	5,5	1,9	2,5	9,9
11	Centre AU >500K hab.	3,49	2,4	0,8	1,7	4,8
12	Périurbain AU de Paris	1,38	1,8	0,5	0,7	3,0
13	Banlieue AU de Paris	7,20	5,3	1,6	3,8	10,8
14	Ville de Paris	2,02	0,5	0,2	1,4	2,1
France métropolitaine		56,17	57,6	17,3	25,5	100,4

Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Ensemble de la mobilité individuelle ; Sem : déplacements locaux de semaine ; WE : déplacements locaux de fin de semaine ; Lg dis : déplacements à longue distance

Tableau III.4: Emissions de CO2 en masse selon le zonage résidentiel

Cette approche globale en tonnes par zones nous fait porter un regard totalement différent de celui des valeurs moyennes par habitant (figure III.1) sur ce diagnostic : ainsi, les habitants de l'espace rural et des petites aires urbaines

émettent au total respectivement 18,7 et 22,2 Mt.CO2/an, soit une quarantaine de pourcent du bilan national, mais aussi 3,4 et 4,5 tonnes pour la longue distance, soit deux à trois fois plus que la population de Paris intramuros. Il convient de bien souligner cet « effet de masse ».

Nous pouvons confirmer la tendance selon laquelle les habitants des centres de pôles urbains émettent le moins de CO2 par tête, suivis par ceux des banlieues, les ruraux et les périurbains qui émettent le plus. Mais, en masse, les petites aires urbaines et le rural sont les plus émetteurs de CO2. La confrontation de ces deux approches, à la moyenne ou selon les masses interpelle à la fois sur l'effet barbecue et sur les politiques à envisager si l'on souhaite réduire les émissions de CO2 des mobilités.

Dès lors que l'on s'interroge sur le type de mesures de politique de transport à envisager pour réduire les émissions, il faut finalement se demander clairement, au vu des grandes masses, où il semble plus judicieux (pertinent et rentable) de porter l'effort : se concentrer sur les Parisiens (ce qui exigerait de chacun un effort important pour moins de longue distance), ou sur les plus petites aires urbaines et le milieu rural (ou différentes voies d'accompagnement par de nouveaux services sont peut-être à envisager), voire même dans les banlieues des plus grandes aires urbaines (Paris et au dessus de 500 000 habitants) où de « petits efforts » pourraient être envisagés sur tous les fronts, à longue distance comme en local ?

III.2. Typologie des comportements de mobilité basée sur les profils d'émissions

A l'extrême, on peut considérer que tous les individus et leurs comportements de mobilité sont a priori différents les uns des autres. Nous tentons ici cependant de regrouper des comportements proches, ayant des caractéristiques similaires, en quelques classes de mêmes «type». Nous pouvons réaliser cela avec une méthode statistique de classification automatique. Ce classement est nécessaire pour des analyses approfondies sur les comportements de mobilité en fonction de leurs déterminants socio-économiques, démographiques et géographiques. Dès lors que des profils-types semblent pouvoir être identifiés, l'analyse de leurs déterminants peut permettre d'avancer des (éléments de) réponses à des questions comme : est-ce que certains types de comportements de mobilité semblent liés à (ou ne se produisent que dans)

certaines zones résidentielles ? Ou quel type de comportement est le plus représenté dans chaque type de zone ?...

La démarche empirique que nous développons ici part des émissions (et de l'articulation sous-jacente des mobilités) pour essayer de voir si leurs profils-types permettent de « lire » l'espace. Notre typologie a été réalisée à l'aide d'une «classification ascendante hiérarchique» (CAH).

III.2.1. Classification ascendante hiérarchique

Nous choisissons la classification ascendante hiérarchique (CAH) parce que c'est une technique d'analyse statistique qui est largement utilisée. Elle permet de distinguer des hiérarchies de partitions (taxonomies) et d'estimer la proximité entre des groupes pour aider à choisir des sous-populations relativement homogènes.

a. Algorithme

Le principe de la méthode de classification ascendante hiérarchique est simple :

- Calculer la dissimilarité entre les individus ou des groupes d'individus.
- Les agglomérer progressivement en fusionnant en priorité les groupes les plus proches, avec un indice de proximité en rapport avec la stratégie d'agrégation utilisée.

Dans notre cas, nous avons utilisé la méthode Ward, la plus courante, et la stratégie de choisir toujours les deux éléments plus proches qu'il s'agisse d'un groupe déjà constitué ou d'une observation isolée (la distance de Ward entre deux classes est celle de leurs barycentres au carré, pondérée par leurs effectifs ; mesurant les proximités, la technique tend à regrouper les petites classes entre elles, en réunissant celles dont le regroupement fera le moins baisser l'inertie inter-classes). Au total, la CAH doit fournir des classes homogènes, minimisant la distance intra-classe et maximisant la distance inter-classes.

Nous avons utilisé une macro SAS développée par l'INSEE. [Isnard M., Sautory O., 1994]. L'algorithme mis en œuvre en pratique est relativement simple :

Etape 1 : Calculer la matrice des distances de Ward entre les éléments (les individus ou les groupes les regroupant progressivement) selon l'équation suivante :

$$W = (p_i \cdot p_j / (p_i + p_j)) \cdot d^2(M_i, M_j) \text{ dont, } i, j = 1, n \text{ où :}$$

p_i, p_j sont les poids respectifs des éléments (les individus ou les groupes) i, j .

$d(M_i, M_j)$ est la distance entre 2 barycentres M_i et M_j (des groupes i, j)

Etape 2 : Regrouper et remplacer les deux individus (ou classes) de distance minimale par une classe qui sera représentée par le centre de gravité des individus et affectée de la somme des poids des individus.

Etape 3 : Calculer la perte d'inertie inter-classes (ou gain d'inertie intra-classe) dû au regroupement précédent: il s'agit exactement de l'écart de Ward entre les deux individus (ou classes) regroupés.

Puis, recommencer à l'étape 1. Après $n - 1$ cycles, tous les individus sont regroupés en une classe unique.

Le résultat peut être représenté sur un dendrogramme, arbre binaire qui montre les agrégations successives. La hauteur d'une branche est proportionnelle à la distance entre les éléments regroupés, qui est simplement la perte de variance inter-classes. Ce dendrogramme peut être aussi utile comme aide pour visualiser le nombre de classes où l'on souhaite arrêter le résultat.

b. Variables actives

Le choix des variables actives est une étape importante pour la classification. Non seulement différents choix donnent des distances différentes entre les éléments, mais aussi ils sont les déterminants des classes (dans notre cas, des profil-types) et aboutissent à des résultats différents.

Nous avons essayé plusieurs combinaisons des variables actives, afin de tenir compte de la répartition entre les trois segments temporels de la mobilité individuelle (dans la semaine, samedi, dimanche et à longue distance). Les variables a priori éligibles pour caractériser ces mobilités sont : le nombre de déplacements, le budget distance, le budget temps et le budget de CO₂.

Mais au final, nous avons choisi de ne considérer que les variables constituant quantitativement le budget individuel d'émission de CO₂ de la mobilité sur 28 jours. Il s'agit donc des émissions :

- des déplacements dans la semaine (5 jours ouvrables x 4),
- des samedi (4),
- des dimanches (4),
- de la mobilité à longue distance.

Les raisons de ce choix sont multiples.

Premièrement, notre objectif est l'étude des niveaux d'émissions individuelles de CO2 et de leur articulation temporelle ; il faut donc insérer ces budgets de CO2 des quatre segments de déplacements parmi les variables actives.

Deuxièmement, il faut éviter les multi-colinéarités qui pourraient résulter de la forte corrélation des émissions de CO2 avec les autres variables (la distance parcourue par exemple). Certaines méthodes statistiques, comme l'analyse en composantes principales (ACP) pourraient alors être utilisées dans de tels cas pour considérer ensemble des types de variables très différents (la CAH intervenant à la suite pour réaliser les classes à partir des coordonnées factorielles centrées réduites fournies par cette méthode factorielle). Mais cela présenterait alors deux inconvénients notables (et de nature très différente) à nos yeux :

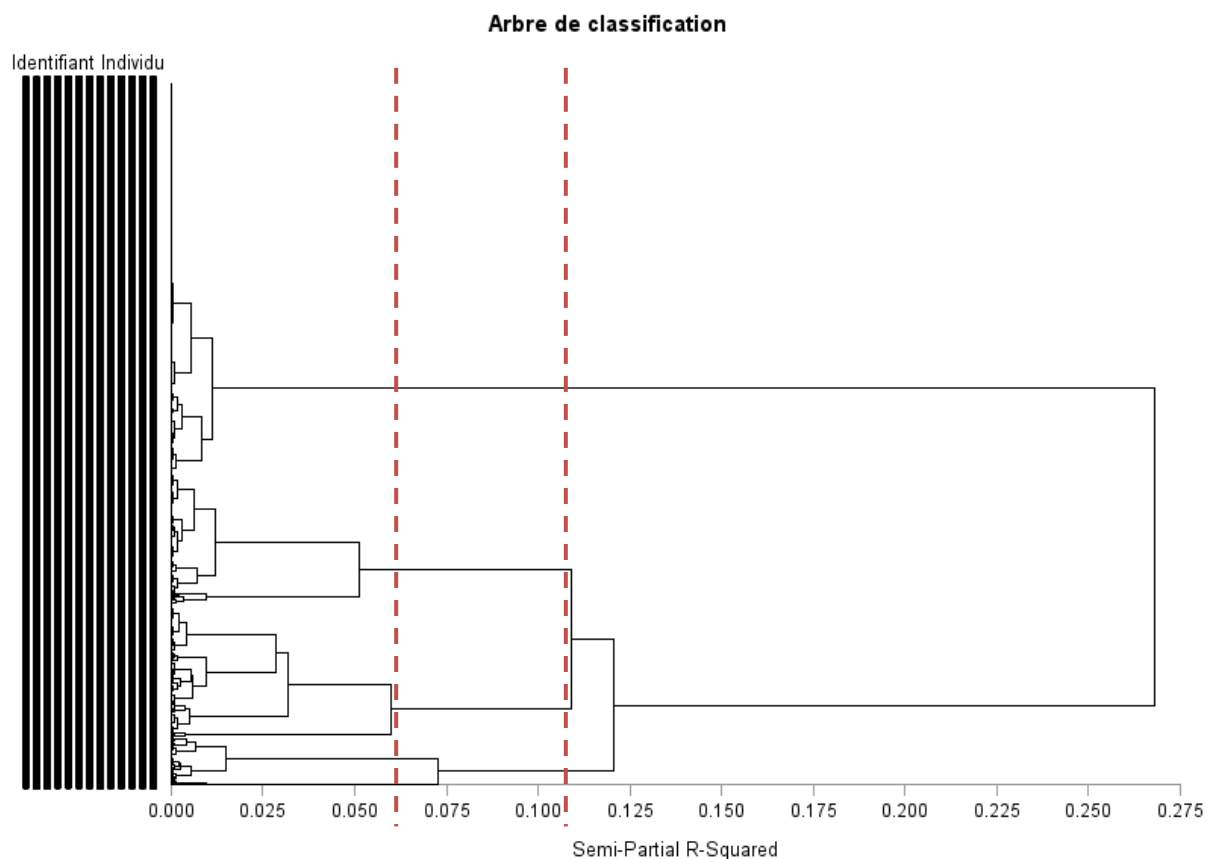
- sur le principe, n'utiliser que les émissions pour élaborer des profils-types nous semble la façon la plus « pure » et « démonstrative » de procéder ;
- en pratique, et c'est essentiel, nous ne souhaitons aucunement centrer-réduire, pour ne pas perdre l'articulation temporelle et quantitative des émissions entre les segments de mobilité²⁷.

Voilà pourquoi nous ne considérons en fin de compte que la combinaison des quatre variables des budgets de CO2 sur les quatre segments. Comme nous allons le voir, ces quatre variables d'émissions de CO2 nous permettent de décrire les comportements de mobilité individuelle. Nécessaires, elles sont également suffisantes pour les travaux d'analyse que nous allons mener, et il n'est pas besoin de retenir des combinaisons plus complexes.

Nous avons donc choisi une combinaison simple, adaptée à notre objectif, même si elle ne constitue bien évidemment pas une description exhaustive, ni une modélisation optimale, des comportements de mobilité.

²⁷ Précisément, si nous normalisons chaque variable des émissions de CO2 dans la semaine, le samedi, le dimanche et à longue distance, leurs sommes ne correspondent plus avec les valeurs annuelles d'émissions individuelles. Nous souhaitons conserver l'échelle quantitative qui relie leurs poids respectifs.

c. Choix du nombre de classes



Source : ENTND 2007-2008

Figure III.3 : Dendrogramme de la classification
avec les quatre variables actives des émissions de CO2

A partir du dendrogramme, nous pouvons choisir de rassembler les individus en 4 ou en 7 classes. Les 7 classes se construisent à partir des 4 classes en séparant en deux les 3 classes 2, 3 et 4.

Mais, la partition détaillée en 7 classes fournit certains très petits effectifs (voir Tableau III.6, le cas 7 classes). Les classes 2.2, 3.2 et 4.2 représentent en effet respectivement une proportion de 1,3%, 1,8% et 0,3% de la population. Elles sont de trop faibles effectifs. Donc, nous travaillons principalement sur la typologie en 4 classes, tandis que celle de 7 classes ne nous sera utile que pour des analyses complémentaires.

III.2.2. Profil-types des comportements d'émission et de mobilité individuelle

a. La partition en 4 classes

En travaillant sur l'ensemble de l'échantillon de 18 632 individus Kish de l'ENTD 2007-2008 et en n'utilisant comme variables actives que les valeurs d'émissions individuelles (les budgets de CO2 annuels des déplacements locaux dans la semaine, des samedis, des dimanches et à longue distance) et la méthode de classification ascendante hiérarchique (CAH) afin de réaliser une ségrégation de la population en groupes d'individus selon leurs comportements d'émissions de CO2, nous nous arrêtons à découpage qui comporte 4 classes. Le résultat figure dans le tableau ci-dessous.

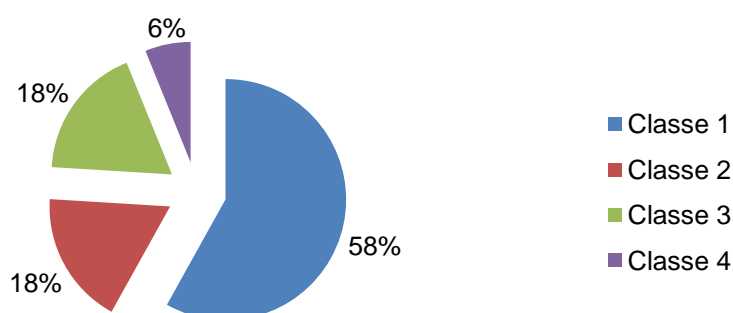


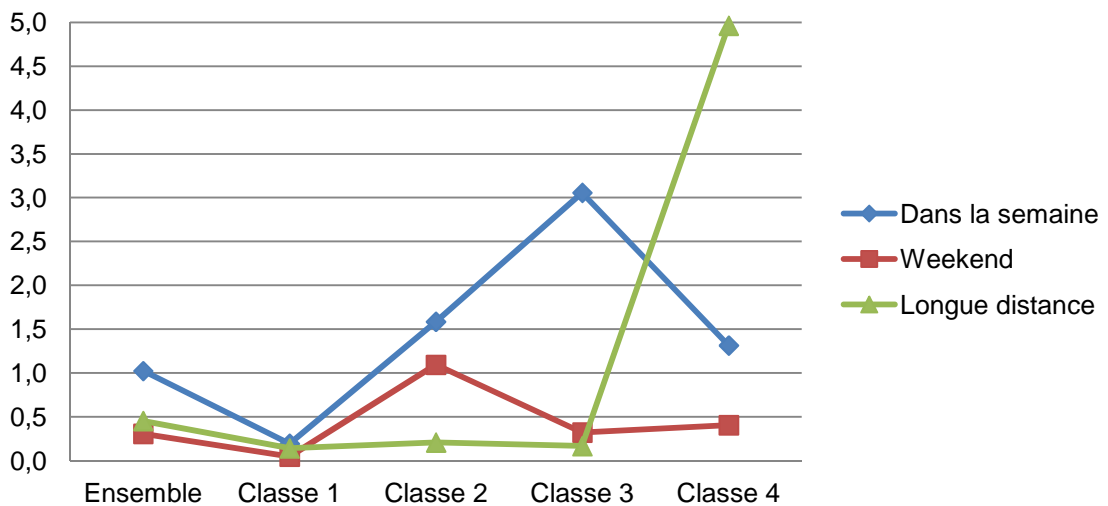
Figure III.4 : Répartition des quatre classes

		Ensemble	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Population		56,17 ^(*)	58,1%	17,9%	17,9%	6,1%
Annuel (tonnes de CO2/an)	En semaine	1,03	0,20	1,59	3,06	1,32
	Weekend	0,31	0,05	1,10	0,32	0,41
	Longue distance	0,45	0,14	0,21	0,17	4,96
	Ensemble	1,79	0,39	2,89	3,55	6,69
Longue distance Annuel	Nombre de voyages	5,4	4,4	3,6	3,6	25,4
	Nombre de nuitées	22,2	19,5	8,7	9,2	124,6
	Nombre de dépl. à lg dis	10,7	8,5	7,0	7,0	52,0
Un jour de semaine	Nombre déplacement/j	3,3	2,6	3,6	4,8	4,1
	Budget distance/j (km)	26,1	13,0	31,2	59,2	39,7
	Budget durée /j (min)	58,2	44,8	60,3	94,2	75,5
	Ratio b-dis/b-dur (km/h)	26,9	17,4	31,0	37,7	31,5
Un jour weekend	nombre déplacement/j	2,5	2,0	3,8	2,5	3,3
	budget distance/j (km)	23,9	14,5	54,0	20,6	34,8
	budget durée /j (min)	49,8	39,4	86,0	42,6	64,9
	ratio b-dis/b-dur (km/h)	28,8	22,1	37,7	29,0	32,2

^(*) Population en France de 6 ans et plus. - Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Lg dis : déplacements à longue distance ; b-dis, b-dur - budget distance, durée

Tableau III.5: Résultat de la classification, valeurs annuelles et quotidiennes des classes

Sous le bilan annuel résultant qui présente de très fortes disparités par classe selon les segments, nous avons également fait figurer quelques statistiques concernant les voyages à longue distance (nombres annuels de voyages, de déplacements et de nuitées), puis les valeurs quotidiennes moyennes (nombre de déplacements, budgets distance et durée, et leur ratio donnant une indication synthétique de la vitesse pratiquée) correspondant aux mobilités locales d'un jour de semaine et d'un jour de weekend (sans longue distance).



Source : ENT D 2007-2008

Figure III.5 : Emissions de CO2 annuel moyen individuel selon les quatre classes

Interprétation des classes

La Classe 1 représente 58,1% de la population. Ce sont les individus qui émettent le moins de CO2 par an, avec seulement 0,39 tonne de CO2/an en moyenne par individu. Et ils sont de fait peu mobiles²⁸, avec en moyenne 2,6 déplacements par jour de semaine ordinaire pour un budget-distance quotidien moitié moins conséquent que celui de l'ensemble. Leur ratio budget distance sur budget durée en semaine donne une indication synthétique de leur vitesse, bien moins élevée que celle des autres classes, suggérant un recours plus important aux modes lents, et possiblement des résidences plus fréquemment en zone dense.

La Classe 2 représente 17,9% de la population. Ses membres réalisent plus de déplacements locaux que ceux de la classe 1, notamment en weekend où ils sont significativement plus mobiles qu'en semaine (avec des budgets distance et

²⁸ Cette classe doit même compter nombre d'individus s'étant déclarés comme immobiles...

durée deux fois plus importants en weekend que l'ensemble). Hors longue distance, leur « vitesse » de weekend est plus élevée que celle de la semaine. Mais eux aussi émettent moins à longue distance que l'ensemble (0,21 contre 0,45 tonne de CO₂ par an et par individu). Leur bilan global moyen s'élève à 2,89 t CO₂/an par individu.

La Classe 3 représente elle aussi 17,9% de la population. Ses membres réalisent le plus de déplacements locaux dans la semaine (avec des valeurs très fortes, notamment en budget distance quotidien), mais moins de déplacements de fin de semaine et à longue distance. Ses membres ont la plus forte part des émissions de CO₂ dûe aux déplacements locaux, avec des « vitesses » bien plus fortes que toutes celles des autres classes, laissant penser à un recours notable à la voiture particulière. Nous notons également que la « vitesse » en semaine est plus élevée que celle de weekend. En moyenne, ils ont émis 3,55 tonnes de CO₂ par an et par individu.

La Classe 4 enfin représente 6,1% de la population. Elle reste un peu au-dessus de la moyenne pour les déplacements locaux mais ses membres émettent surtout beaucoup de CO₂ à longue distance. En moyenne par individu, l'émission totale annuelle est de 6,69 tonnes de CO₂. Au vu de leurs budgets distance et budgets durée, ils sont sensiblement plus mobiles que la moyenne avec des « vitesses » relativement fortes. Pour cette classe 4, il apparaît d'ailleurs aussi clairement dans le tableau un plus grand nombre de voyages dans l'année (25,4 voyages/an) ; c'est dire qu'on a compté près de 2 voyages à longue distance sur les 28 jours observés. Ce qui s'accompagne évidemment d'un plus grand nombre de déplacements à longue distance, 52 déplacements par an, et d'un plus grand nombre de nuitées hors du domicile, 124,6 par an, d'où une moyenne notable de près de 5 nuitées par voyage à longue distance. Ce grand nombre de voyages recouvre enfin une réalité plus complexe que nous tenterons de déchiffrer plus loin au chapitre IV, voir § IV.1.2, entre deux types de mobilité très contrastés. Pour certains, il s'agit de très longs voyages (que nous avons baptisé « transcontinentaux ») avec une durée de « séjour » très variable, tandis que pour d'autres, la récurrence fait sûrement plus penser à une catégorie de « grands pendulaires » (puisque pour certains, 20 voyages « longue distance » peuvent être observés au cours des 28 jours). Ces grands pendulaires sont cependant très peu nombreux dans l'échantillon (on compte, sur les 28 jours, 0,6% des individus qui ont 5 voyages ou plus (maximum 20) sans nuitée à l'extérieur du domicile – et ils se rangent tous dans la classe 4).

b. Cas de 7 classes

Le résultat détaillant plus finement cette typologie comporte sept classes, par séparation de trois des classes précédemment décrites :

- La classe 2 peut être séparée en deux parties, dont l'une est de loin la plus mobile le weekend (classe 2.2) ;
- De manière analogue, la classe 3 se sépare en deux parties dont l'une est bien plus fortement mobile aux jours de semaine (classe 3.2) ;
- Et il y a enfin une partie de la classe 4 (classe 4.2) dont les membres sont les plus grands émetteurs de CO₂ (23,27 t CO₂/an en moyenne individuelle). Le retour au fichier pour l'analyse de leurs voyages indique qu'ils ont, au cours des 28 jours, un ou parfois plusieurs déplacements transcontinentaux.

t CO ₂ /an	Ensemble	Classe 1	Classe 2.1	Classe 2.2	Classe 3.1	Classe 3.2	Classe 4.1	Classe 4.2
Population	56,17M ^(*)	58,1%	16,6%	1,3%	16,1%	1,8%	5,8%	0,3%
En semaine	1,03	0,20	1,56	1,96	2,62	6,93	1,31	1,50
Weekend	0,31	0,05	0,97	2,70	0,24	1,06	0,41	0,38
Lg distance	0,45	0,14	0,21	0,19	0,14	0,38	4,16	21,39
Ensemble	1,79	0,39	2,74	4,84	3,01	8,38	5,87	23,27

Source : ENTD 2007-2008 ; Champs : (*) Individus de 6 ans ou plus résidant en France métropolitaine

Tableau III.6: Résultat de la classification en sept classes en pourcentage de la population et en émission de CO₂

Il nous a paru particulièrement utile de conserver cette partition plus détaillée, car c'est à partir d'elle que nous avons pu concevoir et mettre en évidence la séparation entre grands pendulaires et transcontinentaux mentionnée ci-dessus.

En considérant les sous-classes, nous observons que la classe 2 comporte en fait une variance très importante sur les émissions de CO₂ du weekend, que la classe 3 a aussi des valeurs très différenciées pour la mobilité du jour de semaine, tandis que la classe 4 est le segment le plus disparate à longue distance. Nous pouvons dire qu'en dehors de la classe 1, les trois autres classes présentent des spécificités notables sur l'un des trois segments de mobilité. Cette sous-typologie à sept classes a toutefois le double désavantage de présenter un grand nombre de classes, et en conséquence que certaines d'entre elles sont de bien trop faible effectif pour permettre de détailler les analyses plus avant.

III.3. Analyse des résultats selon leurs principaux déterminants

III.3.1. Déclinaison dans l'espace, zonage résidentiel

A partir des variables de localisation présentées au §II.3, nous tentons de voir si certaines des quatre classes privilégient certaines des zones résidentielles, afin de vérifier si la seule connaissance de profils-types d'émissions (et de leur répartition sur les trois segments – déplacements locaux dans la semaine, locaux de fin la semaine et à longue distance - et donc par suite sur les comportements de mobilité) marque certains territoires. C'est à dire que nous cherchons à savoir si les membres des classes résident dans certaines zones spécifiques. Nous cherchons donc à répondre, dans cette partie, aux questions :

- Où sont-ils ? C'est à dire où résident les membres de ces classes ?
- Et plus généralement, une typologie des profils d'émissions permet-elle de lire les espaces de résidence ?

Nous donnons ici des résultats concernant les découpages décrits dans le chapitre méthodologique, à savoir découpage en 8 zones (selon la taille et la catégorie d'unité urbaine), les tailles, les types d'aires urbaines, et enfin le découpage en 14 zones (selon la taille et le type d'aire urbaine), avant de présenter la synthèse concernant les variables géographiques.

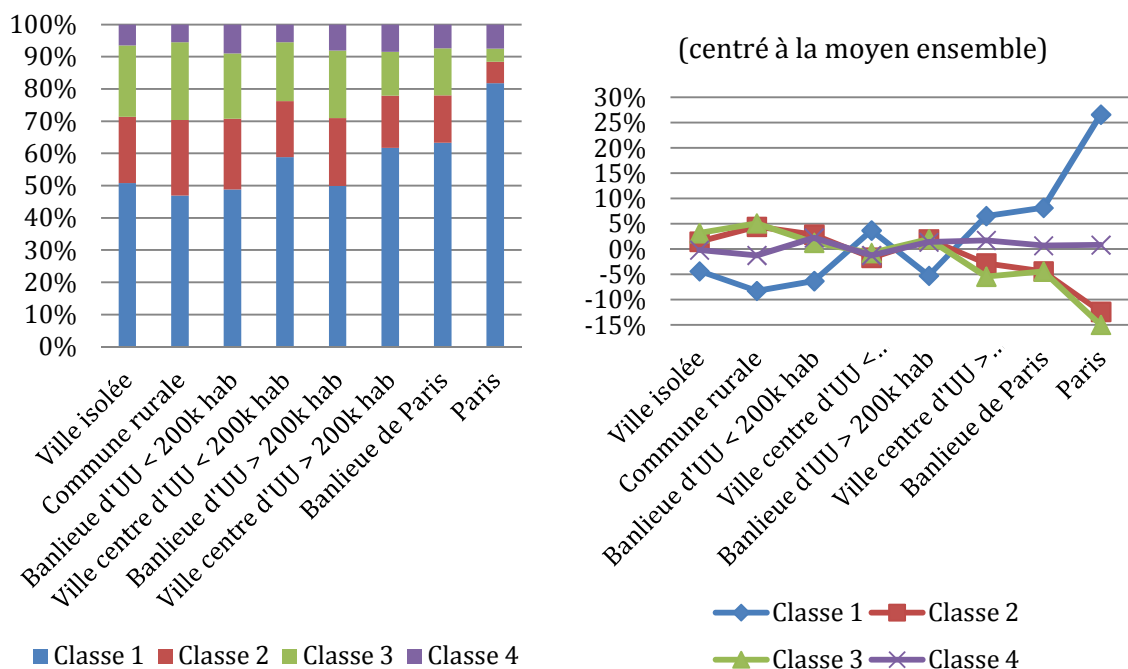
a. Découpage en fonction de la taille et la catégorie d'unité urbaine

La distribution des 4 classes selon le découpage en 8 zones d'unités urbaines est le suivant :

	Découpage en 8 zones selon la taille et la catégorie d'unité urbaine (ZoneUU)								Ensem-ble
	Ville isolée	Commune rurale	UU < 200k hab.		UU > 200k hab.		Paris		
			Banlieue	Centre	Banlieue	Centre	Banlieue	Paris	
Classe 1	50,8%	46,9%	48,8%	58,8%	49,9%	61,7%	63,3%	81,8%	55,2%
Classe 2	20,6%	23,5%	21,9%	17,4%	21,0%	16,2%	14,7%	6,7%	19,1%
Classe 3	22,2%	24,1%	20,3%	18,3%	21,0%	13,6%	14,6%	4,1%	19,0%
Classe 4	6,5%	5,5%	8,9%	5,5%	8,1%	8,5%	7,4%	7,5%	6,7%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Ensemble	19,2%	5,7%	6,7%	34,2%	6,2%	10,9%	9,2%	7,9%	100%

Source : ENTD 2007-2008 ; Champs : UU – unité urbaine ; hab. – habitant

Tableau III.7 : Distribution des classes selon le découpage en 8 zones
(pourcentage colonne)



Source : ENT D 2007-2008.

Figure III.6 : Distribution des classes selon le découpage en 8 zones d'unités urbaines

Les membres de la classe 1 sont surreprésentés dans les villes centres et leur taux de présence augmente avec la taille de l'unité urbaine. Notamment cette classe 1 représente quasiment 82% des habitants pour Paris.

Au contraire, les classes 2 et 3 sont fortement sous-représentées à la ville de Paris (6,7% et 4,1% par rapport de 19% en moyenne pour l'ensemble de la population), et légèrement sous-représentées dans autres villes centres et la banlieue de Paris. Elles sont en revanche surreprésentées pour les communes rurales, les villes isolées (plus fortement pour la classe 3 que pour la classe 2) et les banlieues (sauf la banlieue de Paris).

Ces phénomènes peuvent être expliqués par la densité ou, pour le dire plus précisément, par une moindre et plus éparse offre de services dans les zones peu denses. La classe 4 a une sous-représentation dans les communes rurales et les petites villes centres (moins de 200 000 habitants), et une surreprésentation dans les banlieues, notamment les banlieues de petites unités urbaines, et dans les villes centres des plus grandes.

b. Tailles d'aire urbaine

Par taille d'aire urbaine, la distribution entre les classes se décompose comme suit :

	Taille d'aires urbaines (TaiAU)						Ensemble
	Communes hors AU	AU < 100k hab.	AU de 100k-200k hab.	AU de 200k-500k hab.	AU > 500k hab.	AU de Paris	
Classe 1	50,8%	51,7%	51,2%	50,9%	52,7%	64,2%	55,2%
Classe 2	22,4%	20,0%	22,0%	20,4%	20,0%	14,3%	19,1%
Classe 3	22,2%	22,1%	20,4%	20,9%	19,5%	13,8%	19,0%
Classe 4	4,6%	6,2%	6,5%	7,8%	7,9%	7,8%	6,7%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Source : ENTD 2007-2008. ; Champs : AU – aire urbaine ; hab. – habitant

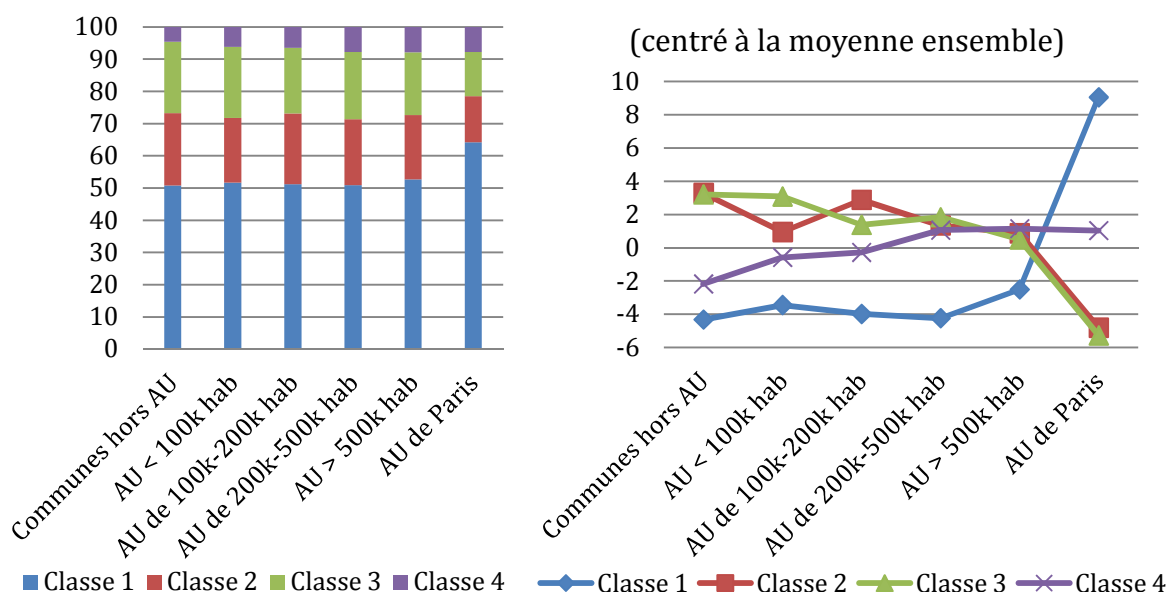
Tableau III.8 : Distribution des classes dans chaque taille d'aire urbaine (pourcentage colonne)

Et réciproquement, la distribution des aires urbaines dans chacune des classes est la suivante :

	Taille d'aire urbaine (TaiAU)						Total
	Communes hors AU	AU < 100k hab.	AU de 100k-200k hab.	AU de 200k-500k hab.	AU > 500k hab.	AU de Paris	
Classe 1	22,4%	11,2%	5,7%	10,5%	16,5%	33,7%	100%
Classe 2	28,5%	12,5%	7,1%	12,2%	18,0%	21,7%	100%
Classe 3	28,4%	13,9%	6,6%	12,5%	17,7%	20,9%	100%
Classe 4	16,4%	10,9%	5,9%	13,2%	20,2%	33,4%	100%
Ensemble	24,3%	11,9%	6,2%	11,4%	17,2%	29,0%	100%

Source : ENTD 2007-2008. ; Champs : AU – aire urbaine ; hab. – habitant

Tableau III.9: Distribution des tailles d'aires urbaines dans chaque classe (pourcentage ligne)



Source : ENTD 2007-2008.

Figure III.7 : Distribution des classes selon la taille d'aire urbaine

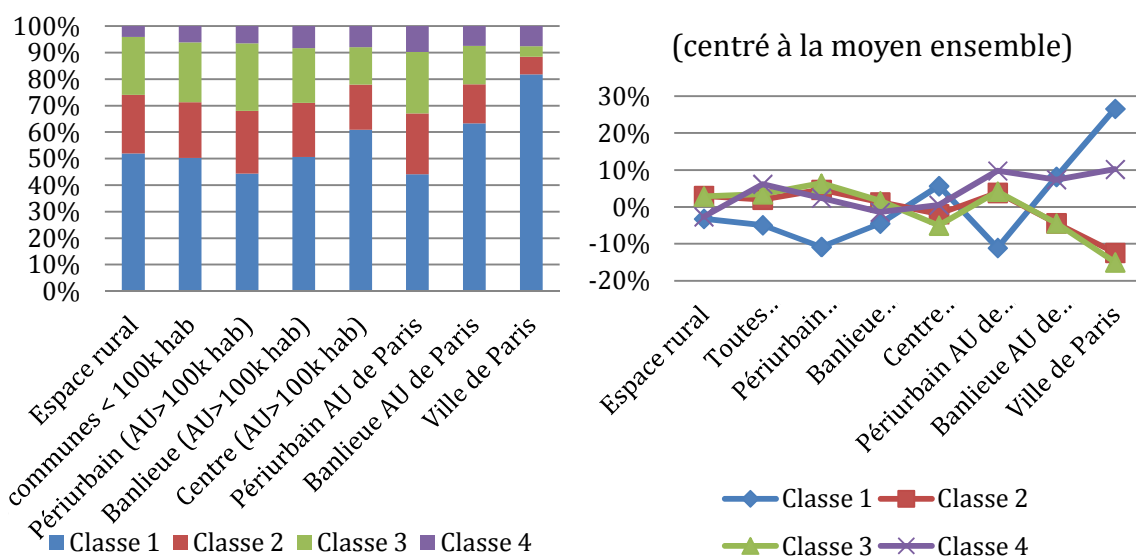
L'écart entre les pourcentages d'une classe avec plusieurs zones est plus lisible dans le diagramme centré (Figure III.7). La classe 1 est surreprésentée fortement dans l'aire urbaine de Paris. En revanche, les classe 2 et 3 y sont nettement sous-représentées, mais sont plus présentes dans les petites aires urbaines et dans les communes hors aires urbaines. Nous retrouvons dans ces classes le fait que les habitants des petites aires urbaines émettent souvent plus de CO2 que ceux des grandes, notamment en raison d'une plus grande dispersion des activités, services, aménités et d'une dépendance accrue à l'automobile. La classe 4 est celle qui présente le moins d'écart à la moyenne mais on peut tout de même remarquer que les écarts y sont positifs et plus grands au delà de la taille de 200 000 habitants (y compris l'aire urbaine de Paris) mais ils sont stables entre eux : la classe des fortes longues distances touche apparemment toutes les grandes aires urbaines, et pas uniquement Paris.

c. Types d'aire urbaine

	Type d'aire urbaine (TypAU)								Ensemble
	Espace rural	Communes <100k hab.	AU>100 000 hab.			AU de Paris			
			Péri-urbain	Banlieue	Centre	Péri-urbain	Banlieue	Paris	
Classe 1	52,0%	50,2%	44,3%	50,7%	60,8%	44,1%	63,3%	81,8%	55,2%
Classe 2	22,1%	21,1%	23,7%	20,4%	17,2%	23,0%	14,7%	6,7%	19,1%
Classe 3	21,9%	22,5%	25,4%	20,6%	14,0%	23,2%	14,6%	4,1%	19,0%
Classe 4	4,1%	6,2%	6,5%	8,4%	8,0%	9,8%	7,4%	7,5%	6,7%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Ensemble	18,9%	17,4%	12,0%	11,5%	11,4%	4,1%	19,2%	5,7%	100%

Source : ENTD 2007-2008. ; Champs : AU – aire urbaine ; hab. – habitant

Tableau III.10 : Distribution des types d'AU sur chaque classe (pourcentage colonne)



Source : ENTD 2007-2008.

Figure III.8 : Distribution des classes selon le type d'aire urbaine

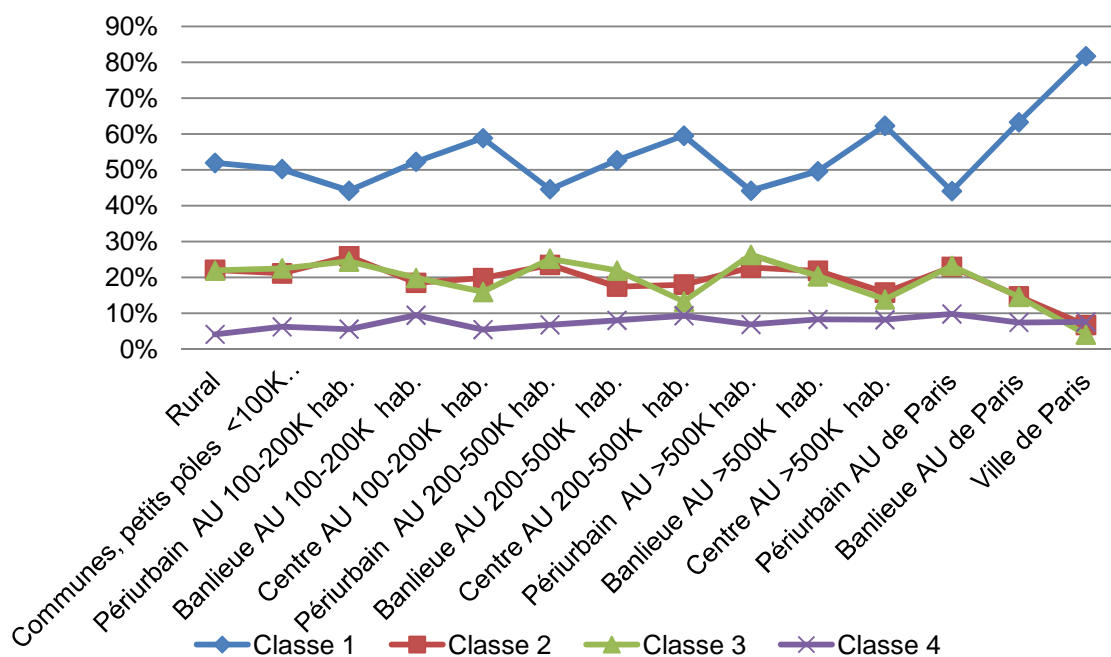
La classe 1 est surreprésentée dans les grands centres pôles d'aire urbaine (notamment Paris) et aussi dans banlieues de l'AU de Paris. Elle est sous-représentée dans les espaces périurbains des grandes aires urbaines, y compris au Paris.

Les classes 2 et 3 sont sous-représentées dans Paris et sa banlieue. Elles sont légèrement sur-présentées pour les zones périurbaines, les petites communes et l'espace à dominante rural. La classe 3 est encore sous-représentée dans les centres d'aires urbaines.

La classe 4 a une surreprésentation de l'aire urbaine de Paris, mais elle est sous-représentée dans l'espace à dominante rurale.

d. Découpage de zonage résidentiel fondé sur les aires urbaines

Selon le découpage en 14 zones présenté précédemment, la figure suivante montre la répartition des membres de chaque classe dans chacune de ces zones.



Source : ENT D 2007-2008.

Figure III.9 : Distribution des classes selon le découpage en 14 zones

Ce graphique nous indique clairement une sorte d'effet « cyclique », en ordonnant pour toutes les classes – à l'unique exception de la classe 4 – une succession régulière dans chaque taille d'aire urbaine entre le périurbain, la banlieue et le centre. En particulier dans la classe 1 les parts sont de plus en plus

fortes (trois par trois) au fur et à mesure que la tranche de taille d'aire urbaine augmente.

Chez les habitants de la ville de Paris, le taux d'appartenance à la classe 1 (les « peu mobiles ») est élevé (et respectivement bas pour les classes 2 et 3). C'est la raison pour laquelle le niveau des émissions de CO₂ à Paris est très bas. Par ailleurs, à Paris les taux de membres des classes 2 et 3 sont les plus faibles (des personnes ayant nombre de déplacements locaux mais peu de déplacements à longue distance). C'est la raison pour laquelle à Paris, la part des déplacements à longue distance est responsable des deux tiers des émissions de CO₂. Au contraire, dans les couronnes périurbaines, la proportion de membres de la classe 1 est la plus petite entre 44,1% et 44,6% (par rapport aux 55,2% de l'ensemble). Et celle des classes 2 et 3 sont les plus grandes (de 22,7% à 25,9% par rapport à une moyenne nationale de 19%).

e. Synthèse sur le rôle des variables géographiques : où résident-ils préférentiellement ?

Des analyses analogues étant menées sur les autres variables caractéristiques de la localisation résidentielle (taille d'unité urbaine et type d'aire urbaine), nous pouvons établir la synthèse schématique suivante (Tableau III.11 ; les symboles + et ++ indique une surreprésentation de tel type de zone dans une classe donnée ; les symboles – et – – traduisent évidemment à l'inverse une sous-représentation). Cette synthèse se traduit littéralement par les faits stylisés du tableau de la page suivante.

Classe 1 : Elle présente une forte sur-représentation de l'aire urbaine de Paris, autant en banlieue qu'en ville centre, mais pas en périurbain; à l'inverse on y note une réelle sous-représentation des zones périurbaines et des communes rurales.

Classe 2 et 3 : Elles présentent des profils géographiques un peu similaires : forte sur-représentation des zones périurbaines (plus de 100 000 habitants, et même un peu à Paris) et rurales, ainsi que des villes isolées (surtout pour la classe 3) et communes de petite taille. Elles se différencient pourtant, la classe 3 ayant plus d'habitants de petites aires urbaines (moins de 100 000 habitants), mais plutôt dans leurs banlieues que dans les villes centres. Nous y notons aussi une sensible sous-représentation de l'aire urbaine et même de l'agglomération de Paris.

Classe 4 : Ce n'est pas celle des espaces ruraux, mais plutôt des zones urbaines, en particulier pour des agglomérations de plus de 200 000 habitants (plutôt plus que l'agglomération parisienne), notamment leurs banlieues, mais elle englobe aussi le périurbain de Paris. Les grands mobiles à longue distance ne sont clairement pas que les Parisiens.

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
<u>Taille et catégorie d'unité urbaine</u>				
Commune rurale	--	++	++	--
Ville isolée		+	++	
Banlieue < 200 000 h	-	+	+	++
Ville centre < 200 000 h		-		-
Banlieue > 200 000 h	-	+	+	++
Ville centre > 200 000 h	+	-	--	++
Banlieue Paris	++	--	--	+
Ville centre Paris	++	--	--	+
<u>Taille d'aire urbaine</u>				
Communes hors aire urbaine	-	++	++	--
Aire urbaine < 100.000 hab.			++	
Aire urbaine de 100.000-200.000 hab.		+		
Aire urbaine de 200.000-500.000 hab.	-		+	+
Aire urbaine > 500.000 hab.				+
Aire urbaine de Paris	++	--	--	++
<u>Type d'aire urbaine</u>				
espace rural		++	++	--
toutes communes < 100 000 hab.		+	+	
périurbain (> 100 000 hab.)	--	++	++	
banlieue (> 100 000 hab.)		+	+	++
Centre (> 100 000 hab.)	+		--	+
périurbain Paris	-	+	+	+
banlieue Paris	++	--	--	+
Paris	++	--	--	+

Tableau III.11 : Synthèse sur le rôle des variables géographiques dans la constitution des 4 classes

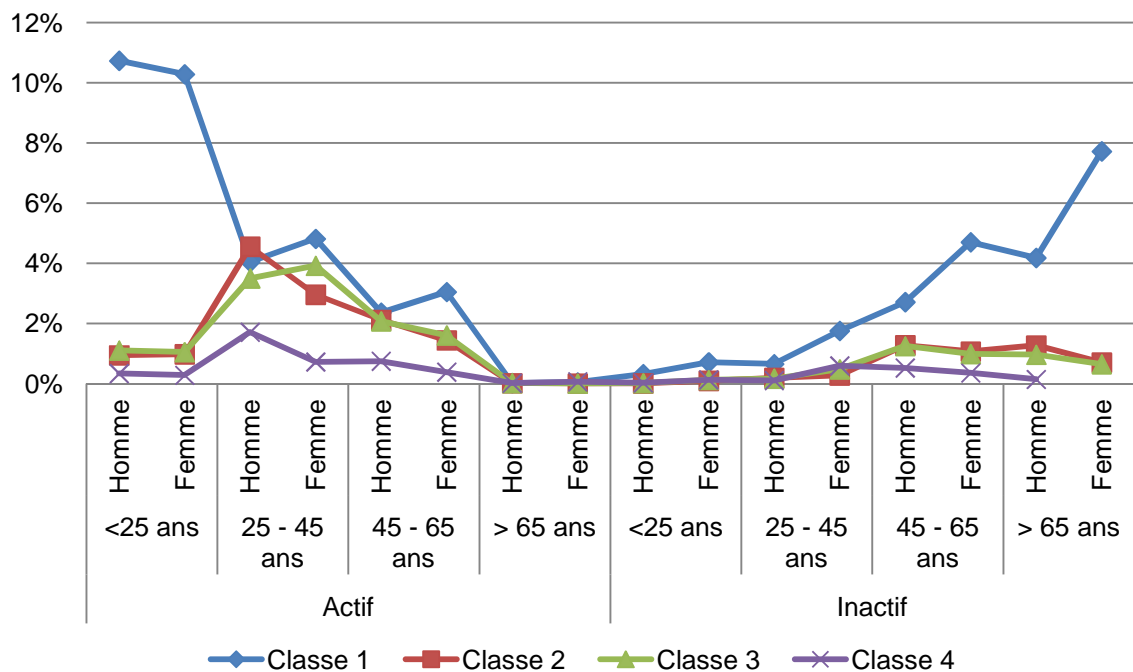
III.3.2. Déterminants socio-économiques et démographiques (genre, âge, situation professionnel,...) : qui sont-ils ?

Il s'agit d'une classification assez simple mais néanmoins nécessaire pour fournir une vision issue des profils de comportement (d'émissions et par suite de mobilité individuelle) selon l'articulation temporelle et les espaces de résidences. Mais les marqueurs géographiques ne sont bien évidemment pas les seuls à caractériser les différentes classes de cette typologie. Nous analysons ci-dessous

d'autres variables qui peuvent s'avérer caractéristiques de certaines des classes, et donc expliquer pour partie ces différents types de comportements.

a. Sexe, âge et statut d'activité

La classe 1 présente une forte proportion de jeunes (moins de 25 ans) et de personnes âgées (de plus de 65 ans). Les classes 2 et 3 présentent de fortes proportions d'actifs (tranche d'âge de 25 à 45 ans et un peu moins forte pour la tranche de 45 à 65 ans qui présente aussi des parts notables de non actifs). Pour la classe 4, sans doute en raison des voyages liés aux vacances, on note une forte représentation d'actifs (entre 25 et 45 ans, avec un taux plus notable chez les femmes que chez les hommes), puis une proportion homogène (actif / inactif) chez les personnes entre 45 et 65 ans.



Source : ENTD 2007-2008.

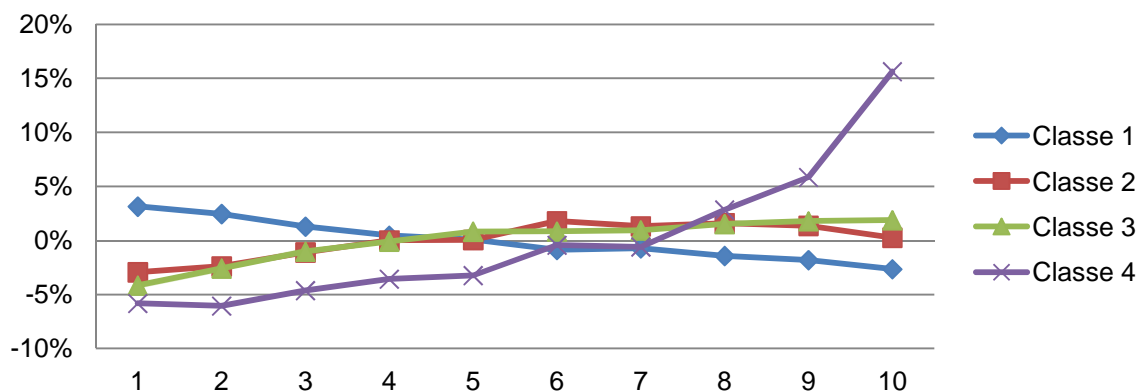
Figure III.10 : Distribution des classes selon des catégories socio-éco-démographiques

b. Déciles de revenus

Le revenu est traditionnellement un des déterminants majeurs des comportements de mobilité. Cette analyse typologique ne fait pas exception.

Le graphique ci-après représente les écarts des % en ligne relativement à ceux de l'ensemble de l'échantillon.

Nous trouvons que la proportion de la classe 1 décroît sensiblement selon le niveau de revenu, ce qui est l'inverse pour la classe 4. Et Les classes 2 et 3 sont quant à elles plus présentes parmi les déciles de 4 à 9 (avec un maximum au 6^{ème}). Il s'agit des habitants les plus mobiles en semaine et au weekend, avec un niveau de revenu supérieur à la médiane.

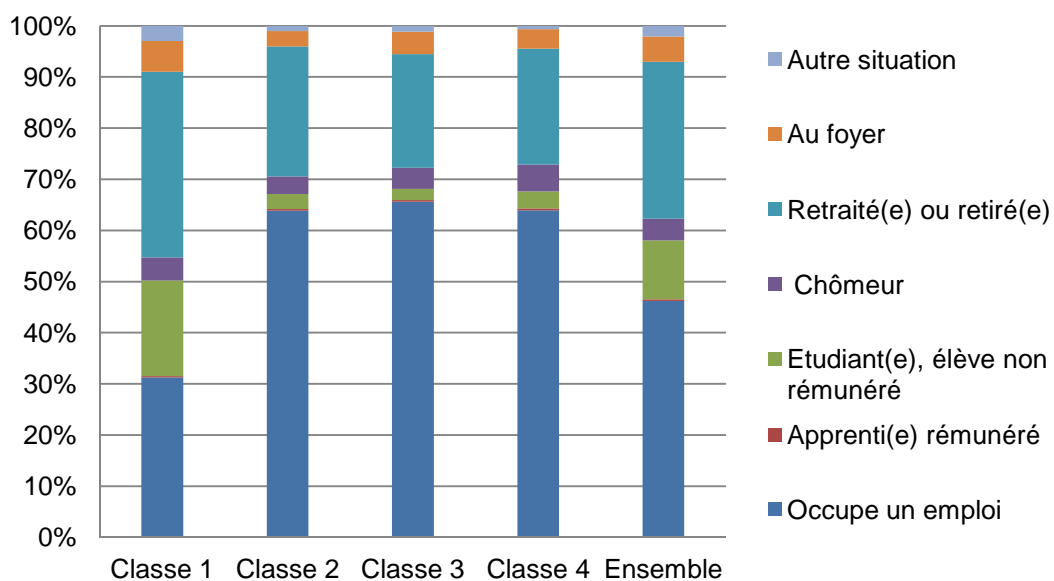


Source : ENTD 2007-2008.

Figure III.11 : Distribution des classes selon les déciles de revenus

c. Situations professionnelles

Les habitants qui sont au foyer, retraités, élèves et étudiants, mais aussi inactifs, sont fortement présents dans la classe 1 des moins mobiles. Au contraire, les actifs se recrutent plus nombreux dans les classes 2, 3 mais aussi 4.



Source : ENTD 2007-2008.

Figure III.12 : Distribution des classes selon les situations professionnelles

d. Synthèse pour ces caractéristiques non spatiales

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
<u>Tranche d'âge</u>				
< 25	++	--	--	--
26 - 45	--	++	++	++
46 - 65	--	++	++	++
> 65	++	--	--	--
<u>Genre</u>				
masculin	--	++		++
féminin	++	--		--
<u>Actif /inactif</u>				
actif	--	++	++	++
non actif	++	--	--	--
<u>Situations professionnelle</u>				
Occupe un emploi		++	++	++
Apprenti(e) rémunéré				
Etudiant(e), élève non rémunéré	++	--	--	--
Chômeur				+
Retraité(e)	++	--	--	--
Au foyer	+	-		-
Autre situation	+	-	-	--
<u>Décile de Revenu</u>				
1	++	--	--	--
2	++	--	--	--
3	+	-	-	--
4				--
5				--
6		+	+	
7		+	+	
8		+	+	++
9		+	+	++
10			+	++

Tableau III.12 : Synthèse sur le rôle des variables non spatiales

La Classe 1 : surreprésente les inactifs, avec de jeunes étudiant(e)s, élèves, mais aussi retraité(e)s, voire autre situation au foyer, avec des niveaux de revenu bas, et une sur-représentation féminine.

Les Classe 2 et 3 : surreprésentent des actifs (donc les âges de 25 à 65 ans) avec une sur-représentation masculine (moins marquée dans la classe 3), avec plutôt des revenus au-dessus de la médiane.

La Classe 4 : surreprésente des habitants aux plus hauts niveaux de revenu (un tiers supérieur, avec une sous-représentation des niveaux inférieurs à la médiane), actifs occupant un emploi (ou même au chômage). Les retraités sont évidemment sous-représentés dans cette classe.

En résumé, chaque classe pourrait être emblématique des...:

Classe 1 : Inactif(ve)s modestes des grands centres urbains, y compris Paris et sa banlieue

Classe 2 : Hommes classes moyennes du rural et du périurbain

Classe 3 : Idem mais sans distinction de genre, pouvant également se trouver dans les villes isolées, voire dans toutes aires urbaines de moins de 100 000 habitants

Classe 4 : Cadres actifs aisés, dans les grandes agglomérations et aires urbaines (y compris Paris et y compris dans leurs banlieues)

III.3.3. Y a-t-il finalement des compensations, voire un « effet barbecue » ?

Schématiquement, tel que l'avaient décrit [Orfeuil, Soleyret, 2002], l'effet barbecue correspond à une différenciation entre des zones du périurbain, de la banlieue et du centre, de la compensation entre mobilité de la semaine et mobilité de fin de semaine. Pour rappel, en étudiant ce phénomène, ces auteurs avaient analysé l'indicateur de distance cumulée (budget distance) entre les mobilités locales dans la semaine et fin la semaine, de courte et longue distance à partir des données de la précédente enquête nationale transports, l'ETC 1993-1994, et sans pratiquer toutes les imputations et réaffectations que nous avons effectuées dans notre travail (cf. § I.2). Mais, dans le cadre de notre thèse, nous voulons revenir sur l'ensemble des indicateurs liés aux trois segments des mobilités individuelles (locale dans la semaine, locale de fin de semaine et à longue distance) en prenant comme « entrée » le diagnostic portant sur les émissions de CO₂. Alors, nous commençons par la mobilité locale, en nous demandant s'il existe une compensation entre la semaine et le weekend ? Puis, nous compléterons l'analyse en tenant compte de la longue distance (qui peut éventuellement avoir elle aussi des parts différenciées entre la semaine et le weekend).

Sur la part de déplacements locaux :

Nous estimons les ratios d'émissions de CO₂ entre le weekend et dans la semaine ²⁹ en moyenne annuelle individuelle. Les poids respectifs des

²⁹ en comptabilisant ce que valent les deux jours de weekend parmi les sept de la semaine

déplacements de weekend dans les différents espaces se présentent dans le tableau III.13 ci-après.

Zones résidentielles (zoneAU)		Ratio
	Ensemble	30,0%
1	Rural	29,8%
2	Toutes communes,... <100K hab.	28,3%
3	Périurbain AU 100-200K hab.	28,0%
4	Banlieue AU 100-200K hab.	30,4%
5	Centre AU 100-200K hab.	40,1%
6	Périurbain AU 200-500K hab.	27,8%
7	Banlieue AU 200-500K hab.	24,2%
8	Centre AU 200-500K hab.	36,5%
9	Périurbain AU >500K hab.	25,3%
10	Banlieue AU >500K hab.	35,5%
11	Centre AU >500K hab.	33,8%
12	Périurbain AU Paris	27,8%
13	Banlieue AU de Paris	30,5%
14	Paris	37,8%

Source : ENTD 2007-2008.

Champs : AU – aire urbaine ; hab. – habitant

Tableau III.13 : Ratio « weekend sur ensemble de la semaine » pour les émissions de CO2 des déplacements locaux selon les zones résidentielles (zonage des AU)

Nous remarquons que ce sont les centres des pôles urbains qui ont systématiquement les taux les plus élevés (champs grisés dans le tableau III.13), nettement au delà de la moyenne de l'ensemble à 30%, notamment les pôles des aires urbaines de 100 à 200 000 habitants, où ce ratio atteint son maximum avec 40,1%. Un effet cyclique (« Périurbain<Banlieue<Centre ») analogue à celui du §III.3.1.d peut aussi être observé dans quasiment toutes les tailles d'AU ; seules les banlieues des aires urbaines de 200 à 500 000 habitants font exception en présentant un ratio de 24,2%, plus faible que celui de leurs zones périurbaines à 27,8%. D'où la confirmation d'un « certain » effet barbecue, pour l'heure restreint au local : l'émission de la mobilité locale croît assez systématiquement de la périphérie vers le centre. Même si c'est pour ne s'éloigner que dans le cercle à moins de 80 km du domicile, la propension à émettre le weekend semble plus forte dans les zones centrales que dans les zones périphériques.

Mais, selon les tailles d'unités urbaines (ville centre et sa banlieue) nous ne trouvons pas exactement le même phénomène. L'unité urbaine de Paris (la ville de Paris et sa banlieue) a les ratios les plus élevés à 37,8% (la ville) et 36% (sa banlieue), tandis que le ratio le plus bas est atteint dans le milieu rural (26,9%).

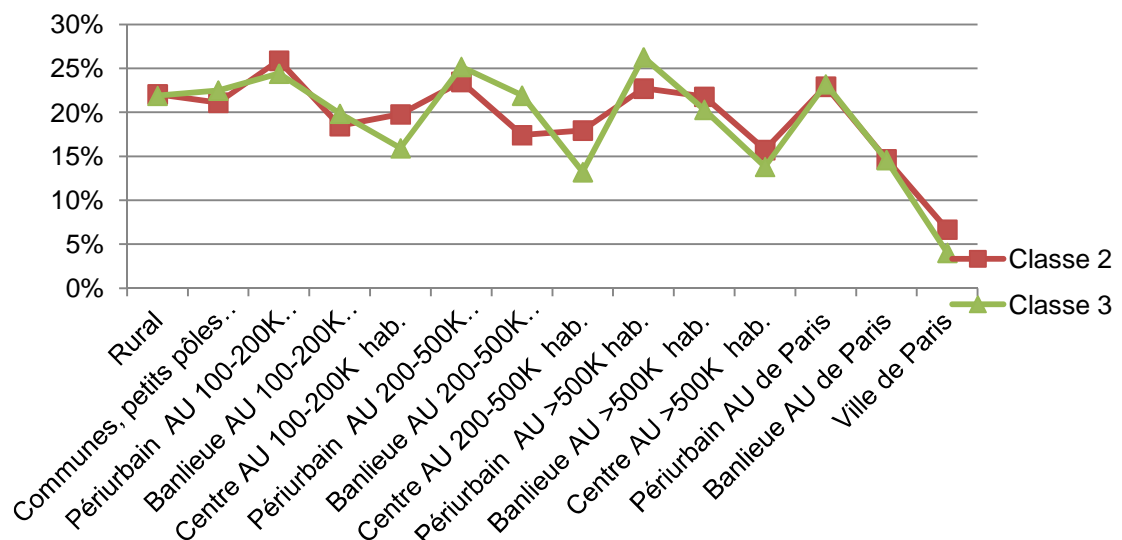
Pour les autres zones, le ratio varie autour de la valeur moyenne d'ensemble, de 29,4% à 31,6%, mettant quasiment sur un pied d'égalité les grandes villes et les petites, les centres et les banlieues. Et spécifiquement, le ratio pour les grandes villes centres (unité urbaine plus de 100 000 habitants) est moins élevé que la moyenne d'ensemble (29,4% contre 30%). (Tableau III.14 ci-dessous).

Zones résidentielles (zoneUU)		Ratio
	Ensemble la France	30,0%
1	Banlieue petite ville	31,6%
2	Centre petite ville	31,4%
3	Banlieue grande ville	30,5%
4	Centre grande ville	29,4%
5	Banlieue de Paris	36,0%
6	Ville de Paris	37,8%
7	Ville isolée	32,5%
8	Rural	26,9%

Source : ENT D 2007-2008. ; Champs : UU – aire urbaine ; hab. – habitant

Tableau III.14 : Ratio « weekend sur ensemble de la semaine » pour les émissions de CO2 selon les zones résidentielles (unités urbaines)

A partir des quatre profils-types d'émissions, nous pouvons mener une analyse plus fine en cherchant la représentation des classes 2 et 3 sur ces zones. Pour rappel, les membres de la classe 2 émettent plus en weekend qu'en semaine, et inversement ceux de la classe 3 émettent plus en semaine. On peut apparemment conclure à l'existence d'un effet barbecue portant sur la classe 2 par rapport à la classe 3 dans des zones centrales ou périurbaines.



Source : ENT D 2007-2008.

Figure III.13 : Distribution des classes 2 et 3 selon les zones résidentielles

Dans la figure ci-dessus, l'examen plus détaillé sur les proportions des classes 2 et 3 sur chaque zone résidentielle des AU nous montre que dans les centres, les proportions de la classe 2 sont plus élevées que celles de la classe 3. Et au contraire, dans les zones périurbaines, les proportions de la classe 3 sont plus élevées que celles de la classe 2 (sauf pour le périurbain de l'AU de Paris). Deux comportements sont donc visibles entre ces deux types d'espaces. Mais l'effet exhibé est donc assez faible. Nous retrouvons ici un résultat assez proche de celui de [Orfeuil, Soleyret, 2002] qui indiquaient qu'il n'y avait pas réellement de compensation « weekend vs semaine » sur les mobilités individuelles chez habitants des centres par opposition à ceux des zones périurbaines.

...et en tenant compte de la longue distance :

Cependant, l'effet barbecue doit également être analysé en tenant compte de ces éventuelles compensations en ajoutant la part des déplacements à longue distance réalisés en fin de semaine ; et pour simplifier, nous comparons avec l'ensemble des émissions de CO2 individuelles. Nous avons donc réalisé un traitement spécifique par individu en comptabilisant les voyages à longue distance de weekend (i.e. commençant un vendredi pour au plus trois nuitées, ou commençant un samedi pour au plus deux nuitées, ou commençant un dimanche pour au plus une nuitée, mais qui peuvent donc tous inclure des voyages à longue distance de plus courte durée). Le résultat annuel est fourni dans le tableau III.15 suivant, incluant tous les individus, y compris ceux qui n'ont aucun voyage longue distance de weekend (calculé sur la période observée de 28 jours, avant redressement à l'année).

	Population (*)	Nvoy	Ndep	B-dis (km)	B-dur (heures)	B-CO2 (t.CO2/an)	Nb de nuitées
Ensemble	56,16 M	1,75	3,44	802,4	10,0	0,066	2,00
Classe 1	58,1%	1,48	2,91	636,0	8,1	0,033	1,83
Classe 2	17,9%	1,46	2,84	676,0	8,6	0,052	1,09
Classe 3	17,9%	1,81	3,53	730,2	9,7	0,060	1,98
Classe 4	6,1%	5,02	9,96	2 958,4	32,2	0,436	6,46

Source : ENTD 2007-2008. ; Champ : (*) Population de 6 ans et plus ; Nvoy : nombre de voyage à longue distance ; Ndep : nombre de déplacements de ces voyages ; b-dis, b-dur, b-CO2 – budget distance, durée et de CO2

Tableau III.15 : Moyennes individuelles annuelles pour des voyages à longue distance de weekend ; ensemble de la population (y compris les zéro voyages de weekend)

Sur ce tableau, la classe 4 se distingue nettement des trois autres, qui sont proches. La raison en est que les moyennes sont calculées sur tous les individus, donc en tenant compte d'un grand nombre de zéros, alors qu'on n'en trouve très peu dans la classe 4. Parmi ces valeurs, certaines méritent cependant d'être soulignées si l'on s'en tient à une définition un peu restrictive de l'effet barbecue sur les compensations entre semaine et weekend : pour l'ensemble de la population, le nombre de voyages de longue distance inclus dans un weekend est de 1,75 par an, avec une émission de 0,066 tonnes de CO₂, soit une quantité représentant juste un peu moins de 4% de la quantité émise pour l'ensemble des jours de semaine !

Si maintenant l'on élimine les zéros, pour s'en tenir aux seuls individus ayant réalisé au moins un tel voyage (sur la période de 4 semaines), le tableau est nettement plus contrasté et appelle plusieurs remarques. (Tableau III.16).

	Population (*)	N voy	N dép.	B-dis (km)	B-dur (heures)	B-CO2 (t.CO2/an)	Nb de nuitées
Ensemble	6 130 574	16,0	31,5	7 352,0	91,4	0,61	18,4
Classe 1	48,9%	16,1	31,6	6 919,3	88,3	0,36	19,9
Classe 2	16,0%	14,9	29,1	6 930,6	88,4	0,53	11,2
Classe 3	19,8%	14,9	29,2	6 038,7	80,4	0,49	16,3
Classe 4	15,3%	18,5	36,7	10 887,0	118,5	1,60	23,8

Source : ENTD 2007-2008.

Champ : (*) Population de 6 ans et plus ayant réalisé au moins un voyage de weekend ;
 Nvoy : nombre de voyages à longue distance ; N dép. : nombre de déplacements de ces voyages ;
 b-dis, b-dur, b-CO2 – budget distance, durée et de CO₂

Tableau III.16 : Moyennes individuelles (annuelles)

pour ceux qui ont des voyages de weekend

Les pourcentages de population concernés diffèrent de ceux globaux des classes : la propension au voyage de weekend n'est plus forte que dans les classes 3 et 4 (Tableau III.15). Pourtant, dès lors que les individus voyagent, le nombre de voyages annuels de weekend est proche de la moyenne, même pour la classe 1. Ces voyages à longue distance ne concernent que 15 à 19 weekends dans l'année, pour des distances parcourues de 6 à 11 000 km, il faut également noter que le nombre de nuitées par voyage est souvent très proche de 1. Le CO₂ émis peut, quant à lui, varier du simple au triple.

Nous pouvons enfin rapporter ce que représentent ces voyages de weekend à l'ensemble des voyages des mêmes individus (qui ont eu au moins un voyage

de weekend dans les 4 semaines). Le rapport peut être estimé grâce aux deux tableaux suivants (Tableau III.17 et 18).

	Population (*)	N voy	N dép.	B-dis (km)	B-dur (heures)	B-CO2 (t.CO2/an)	Nb de nuitées
Ensemble	6 130 574	21,7	145,4	12 901,8	165,0	1,22	51,7
Classe 1	48,9%	19,9	125,2	9 602,2	139,0	0,49	48,6
Classe 2	16,0%	18,3	100,8	9 638,1	132,0	0,89	33,0
Classe 3	19,8%	17,9	104,3	8 876,7	128,0	0,71	38,0
Classe 4	15,3%	35,7	310,1	32 126,4	331,0	4,58	98,8

Source : ENTD 2007-2008.

Champ : (*) La population de 6 ans et plus ; Nvoy : nombre de voyage à longue distance ; Ndep : nombre de déplacements de ces voyages ; b-dis, b-dur, b-CO2 – budget distance, durée et de CO2

Tableau III.17 : Moyennes individuelles annuelles ensemble des déplacements

	Population (*)	N voy	N dép.	B-dis (km)	B-dur (heures)	B-CO2 (t.CO2/an)	Nb de nuitées
Ensemble	6 130 574	74,0%	21,7%	57,0%	55,4%	49,4%	35,6%
Classe 1	48,9%	80,8%	25,3%	72,1%	63,5%	73,5%	40,9%
Classe 2	16,0%	81,5%	28,9%	71,9%	67,0%	59,7%	33,9%
Classe 3	19,8%	83,5%	28,0%	68,0%	62,8%	69,5%	42,9%
Classe 4	15,3%	51,7%	11,8%	33,9%	35,8%	35,0%	24,0%

Source : ENTD 2007-2008.

Champ : (*) La population de 6 ans et plus ; Nvoy : nombre de voyage à longue distance ; Ndep : nombre de déplacements de ces voyages ; b-dis, b-dur, b-CO2 – budget distance, durée et de CO2

Tableau III.18 : Pourcentage du weekend sur l'ensemble des ces individus

Nous y notons ainsi que les weekends représentent schématiquement la moitié des distances, des temps passés et des émissions à longue distance de ces individus. Dans la classe 4 cependant, la proportion est plutôt d'un tiers : c'est dire que, plutôt que des weekends, de longs voyages ou des voyages en semaine s'y taillent la plus grande part.

Mais au total, il est à noter qu'on part en weekend apparemment dans toutes les classes (de 1 à 4), ce qui laisse effectivement entendre que l'effet barbecue serait globalement à nuancer, puisque la tendance, bien que minoritaire, peut se retrouver un peu partout. Et ces weekends représentent quasiment 70% des km parcourus en longue distance dans les classes de 1 à 3, mais avec des émissions de CO2 sensiblement variables d'une classe à l'autre (de 60 à 74%).

En conclusion, le phénomène « effet barbecue » est notablement visible chez les habitants des centre pôles urbaines (notamment à l'AU Paris, mais pas seulement) qui apparaissent plus mobiles que la moyenne, tandis que les habitants des zones périurbaines se comportent plutôt à l'inverse. Mais, il est beaucoup moins évident d'affirmer qu'il y a compensation entre les mobilités en semaine et de fin la semaine.

III.3.4. Quel rôle des variables spatiales face aux autres déterminants ?

Afin de juger de l'importance relative des déterminants géographiques face aux autres variables socio-économiques et démographiques, nous procédons ici à une analyse statistique sur les comportements-types de mobilité individuelle, à l'aide de l'outil régression logistique, en modélisant sommairement l'appartenance aux classes, avec quelques uns des déterminants que nous venons d'exhiber. La méthode suivie ici s'inspire quelque peu de celle qu'ont pratiqué [Bigot et al., 2009] dans une étude du Credoc rapportant des différences de modes de vie aux lieux de résidence, en testant le pouvoir explicatif de variables géographiques (taille d'unité urbaine et zonage en aires urbaines) par rapport aux autres marqueurs influant sur les réponses d'un questionnaire d'opinion. Il peut aussi en partie ressembler à celui de [Nicolas JP., Verry D., 2013], mentionné au chapitre I (§ I.2), même si aucun de ces deux références citées ne fait précéder l'exercice de modélisation d'une classification typologique.

Le modèle que nous utilisons ici est un modèle de régression binomiale. Nous estimons quatre fois le même modèle pour chacun classe : chaque fois, la variable à expliquer prend deux modalités {1 pour l'appartenance à la classe en question, 0 sinon}. Les variables explicatives choisies sont les suivantes :

- Tranche d'aire urbaine (10 catégories)
- Type de localisation résidentielle (dans l'aire urbaine) (4 catégories)
- Niveau de revenu (quartile) (4 catégories)
- Tranche d'âge (4 catégories)
- Statut d'activité (Actif / inactif)
- Genre (Homme / Femme)

Notons que les régressions logistiques développées ici ne visent pas nécessairement le meilleur calage possible de modélisation, notre but est simplement de montrer les poids relatifs des variables géographiques face aux autres.

Ces six variables explicatives sont introduites dans notre modèle. Pour chacune d'elle, il faut choisir une catégorie de référence, par rapport à laquelle les

autres se jaugeront (on ne peut pas caler un modèle comportant toutes les catégories, car il y aurait alors sur-détermination). Nous choisissons d'arrêter les catégories les plus « générales » (les plus souvent rencontrées) comme catégories de référence, Les catégories de référence sont :

- Pour la tranche d'aire urbaine : la catégorie 07, représentant la tranche de taille d'aire urbaine de 100 000 à 200 000 habitants ;
- Pour le type de localisation résidentielle au sein de l'aire urbaine : la catégorie 2, Banlieues ;
- Pour le niveau de revenu (par quartile) : nous choisirons arbitrairement la catégorie 1, c'est à dire le premier quartile ;
- Pour la tranche d'âge (4 catégories) : la catégorie 2, soit la tranche de 25 à 45 ans.
- Pour le statut d'activité : la catégorie actif
- Et enfin pour le genre : la catégorie homme.

Nous avons estimé ces quatre modèles avec le logiciel SAS. Les tests statistiques nécessaires sont correctement vérifiés (test de non nullité simultanée de tous les coefficients, etc.). La qualité globale de ces quatre modèles est résumée dans le tableau ci-dessous avec différents indicateurs. Les pourcentages concordants (i.e. parts d'observations bien prédites par le modèle) et les ratios d'ajustement sur les quatre classes sont les suivants :

Pourcentage concordant	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
	74,9%	66,1%	67,8%	71,6%

Tableau III.19: Pourcentages concordants de modèle sur chaque classe

Rhô-carré	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
	0,165	0,071	0,074	0,092

Tableau III.20: Pseudo R2 de McFadden pour le modèle sur chaque classe

Les variables sont entrées dans le modèle pas à pas (stratégie *stepwise*) : à chaque étape, cette procédure teste l'ajout (mais aussi le retrait) d'une variable supplémentaire qui améliorerait la qualité de l'ajustement, La procédure s'arrête lorsqu'on ne peut plus ni ajouter, ni retirer de variable, et le résultat indique l'ordre dans lequel les variables ont été entrées pour optimiser cet ajustement. La

méthode de test utilisée pour vérifier que chaque ajout est significatif est le test du χ^2 (khi-deux).

Les résultats de ces estimations pour les quatre modèles (un par classe), intégrant progressivement les variables explicatives selon leur rang d'importance que la procédure a déterminé (*stepwise*) sont les suivants (Tableau III.21).

Résumé de sélection des déterminants par « <i>stepwise</i> »									
Rang	Classe 1		Classe 2		Classe 3		Classe 4		
	Variable	Pr > χ^2	Variable	Pr > χ^2	Variable	Pr > χ^2	Variable	Pr > χ^2	
1	tAge	<0,0001	tAge	<0,0001	tAge	<0,0001	NIVIE	<0,0001	
2	NIVIE	<0,0001	SEXE	<0,0001	typRes	<0,0001	tAge	<0,0001	
3	TAU99	<0,0001	TAU99	<0,0001	TAU99	<0,0001	SEXE	<0,0001	
4	SEXE	<0,0001	NIVIE	<0,0001	NIVIE	<0,0001	TAU99	<0,0001	
5	typRes	<0,0001	typRes	<0,0001	actif	<0,0001	typRes	<0,0001	
6	actif	<0,0001	actif	<0,0001	SEXE	<0,0001	actif	<0,0001	

Notations : tAge : tranche d'âge ; NIVIE : niveau de vie ; TAU99 = taille d'aire urbaine ; TypRes : type de localisation résidentielle dans l'aire urbaine ; SEXE : sexe de l'individu ; actif : statut d'activité.

Tableau III.21 : Résultat du niveau d'importance des déterminants

(selon leur ordre d'entrée dans chacun des modèles)

La tranche d'âge apparaît toujours comme l'une des plus déterminantes sur les 4 modèles des 4 classes. Elle est au premier rang pour les classes 1, 2, 3 et au deuxième rang pour la classe 4. Il y a cependant de grandes différences entre les différentes positions de cycle de vie selon chaque comportement-type (les classes). Dans la classe 4, le niveau de revenu est la variable la plus importante, il arrive en deuxième position pour la classe 1. Ce résultat confirme le rôle important de ce déterminant, comme dans bien d'autres travaux [Orfeuill, Soleyret, 2002], [Longuar Z., Nicolas J-P., Verry D., 2010], [Nicolas JP., Verry D., 2013], etc. Le genre se classe relativement haut dans les classes 2 (2^e rang) et 4 (3^e rang). La variable distinguant les actifs des inactifs semble de moindre importance, puisqu'elle se classe toujours au sixième et cinquième rang. (Sa contribution est significative, mais elle est sans doute un peu redondante avec celle du niveau de vie).

Les deux variables géographiques se classent à des positions relativement importantes : TAU99, précisant la taille de l'aire urbaine est toujours au troisième rang pour les classes 1, 2 et 3, et au 4^e rang pour la classe 4. On peut également souligner que cette variable se positionne tantôt devant tantôt derrière le niveau de revenu. Le type de localisation au sein de l'aire urbaine (schématiquement la

position par rapport au pôle central) quant à lui se classe systématiquement en 5^e position pour les classes 1, 2 et 4, mais prend la 2^e place dans la classe 3; on notera pourtant que l'effet taille l'emporte généralement plutôt par rapporta l'effet positionnement dans le bassin.

L'importance des items de chacune de ces variables sur le résultat des modèles peut être vue plus précisément en les transformant en variables binaires, comme résumé dans le tableau suivant, qui permet de juger quantitativement des propensions ou sur-risques (en cotes, ou sur-chances, en anglais *odds-ratios*) d'appartenir à une classe donnée dès lors qu'on a la caractéristique donnée, (Tableau III.22 ci-dessous).

Catégorie	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
tAge 1 vs 2	6,7	0,2	0,3	0,3
tAge 3 vs 2	1,4	0,9	0,8	0,8
tAge 4 vs 2	3,4	0,5	0,4	0,3
SEXE 2 vs 1	1,7	0,6	0,9	0,5
NIVIE 2 vs 1	0,6	1,5	1,4	2,3
NIVIE 3 vs 1	0,5	1,5	1,5	3,7
NIVIE 4 vs 1	0,3	1,5	1,8	6,0
actif 2 vs 1	1,5	0,7	0,7	1,2
TAU99 00 vs 07	1,0	1,0	1,0	0,8
TAU99 01 vs 07	0,7	0,4	3,3	0,7
TAU99 02 vs 07	0,7	1,2	1,4	1,4
TAU99 03 vs 07	0,7	0,7	2,2	0,9
TAU99 04 vs 07	0,6	0,9	1,6	1,9
TAU99 05 vs 07	0,8	1,0	1,1	1,3
TAU99 06 vs 07	0,9	0,9	1,4	0,8
TAU99 08 vs 07	1,0	0,8	1,2	1,2
TAU99 09 vs 07	1,0	1,0	1,0	1,1
TAU99 10 vs 07	2,1	0,6	0,6	1,0
typRes 1 vs 2	1,6	0,8	0,6	0,9
typRes 3 vs 2	0,8	1,2	1,2	0,8
typRes 4 vs 2	0,9	1,1	1,2	1,0

Champ : tAge : tranche d'âge ; NIVIE : niveau de vie ; TAU99 = taille d'aire urbaine ; TypRes : type de localisation résidentielle dans l'aire urbaine ; SEXE : sexe de l'individu ; actif : statut d'activité.

Tableau III.22 : Odds-ratios les déterminants explicatives

Exemples significatifs et grille de lecture (en commençant par regarder la colonne de la classe 1) :

- Les jeunes (moins 26 ans) ont 6,7 fois plus de chances d'appartenir à la classe 1 que les individus de 26 à 45 ans (la catégorie de référence) ; ceux de plus de 65 ans ont 3,4 fois plus de chance d'y appartenir que ceux de la catégorie de référence. En ligne, en comparant aux autres classes, les moins de 26 ans ont 3,33 fois moins de chance que ceux de la catégorie de référence de se trouver dans les classes 3 et 4 et même 5 fois moins de chance d'appartenir à la classe 2 (odds-ratio de 0,2) ;
- Les odds-ratio les plus proches de 1 (par exemple ceux de la troisième tranche d'âge entre 25 et 45 ans, dans quasiment les quatre classes) sont les moins marquants dans l'interprétation du résultat ; mais les plus grands comme les plus petits sont les plus notables. Ainsi :
- Les individus du quatrième quartile de revenu ont une probabilité de 0,3, c'est à dire divisée par 3,33 d'appartenir à la classe 1, par rapport à ceux du premier quartile de revenu.

Ensuite, les femmes ont 1,7 fois plus de chances que les hommes d'appartenir à la classe 1, mais au contraire quasiment deux fois moins de chances que les hommes d'être dans les classes 2 et 4.

Le déterminant de niveau de revenu a la propension à l'inverse de la tranche d'âge : les moins aisés se retrouveront prioritairement dans la classe 1 (puisque les odds-ratios des autres tranches de revenu s'éloignent notablement de 1, avec 0,6, 0,5 et 0,3). A l'inverse les chances d'appartenir à la classe 4 augmentent très fortement avec les tranches de revenu (jusqu'à 6 fois plus de chances d'y être que les moins aisés du premier quartile).

Etre inactif augmente les chances d'appartenir à la classe 1 (1,5 fois) mais aussi à la classe 4 (1,2 fois, peut-être pour les jeunes retraités qui ont une plus grande propension aux voyages ?).

Et enfin, nos variables géographiques indiquent les éléments suivants, par ordre décroissant des effets :

Sur la tranche de la taille d'aire urbaine (TAU99),

- les chances d'appartenir à la classe 3 sont multipliées par 3,3 dans la tranche 1 ; puis par 2,2 dans la tranche 3 ;

- les chances d'appartenir à la classe 1 sont multipliées par 2,1 dans l'aire urbaine de Paris (par rapport à l'aire urbaine de 100 000 à 200 000 habitants, la tranche 7 qui est la catégorie de référence) ;
- les chances d'appartenir à la classe 4 sont multipliées (relativement à la tranche 7) par 1,9 dans la tranche 4 (AU de 25 à 35 000 habitants) ;
- les chances d'être dans la classe 3 sont multipliées par 1,3 dans cette même tranche 4
- à l'inverse, les chances d'appartenir à la classe 2 sont divisées par 2,5 dans la tranche 1 (les AU de moins de 15 000 habitants)
- elles sont divisées par 1,66 pour appartenir à la classe 1 dans la tranche 4 (25-35), comme pour appartenir aux classes 2 et « dans l'aire urbaine de Paris ; les effets suivants ont des sur-risques inférieurs à 1,43.

Les effets les plus notables de la localisation au sein de l'aire urbaine se résument très simplement :

- habiter en ville-centre plutôt qu'en banlieue multiplie par 1,6 le risque d'appartenir à la classe 1 ;
- à l'inverse, habiter en ville-centre divise par 1,25 (respectivement par 1,66) le risque d'appartenir à la classe 2 (respectivement à la classe 3) ;
- les résultats suivants sont de moindre importance : léger sur-risque d'appartenir aux classes 2 et 3 pour les résidents des zones périurbaines, et de l'espace rural et des villes isolées, mais à l'inverse léger sous-risque pour eux d'appartenir à la classe 1, et secondairement à la classe 4.

Ces résultats corroborent et détaillent quantitativement ceux que nous avons vus précédemment dans ce chapitre (voir les synthèses au § III.2).

Plutôt que de montrer des sur-risques de certaines catégories par rapport aux catégories de référence, on peut aussi, afin de montrer des effets plus « purs » (ou plus facilement traduisibles) représenter les variables explicatives comme des booléens, c'est à dire des variables binaires (chaque catégorie devient une variable binaire qui prend 2 modalités 1 ou 0 selon que l'individu présente ou non cette caractéristique). Les résultats des odds-ratios de ce modèle figurent dans le tableau suivant (Tableau III.23).

Variable		Signification de la modalité	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Tranche d'âge	1	< 25 ans	6,7	0,3	-	0,3
	2	25 - 45 ans	-	1,2	3,5	-
	3	45 - 65 ans	1,4	-	2,9	0,8
	4	> 65 ans	3,4	0,6	1,6	0,3
Sexe		Femme	1,7	0,6	0,9	0,5
Niveau de revenu (quartile)	1	1er quartile	2,2	0,7	0,7	-
	2	2e quartile	1,2	1,0	0,9	2,3
	3	3e quartile	-	1,0	-	3,7
	4	4e quartile	0,8	-	1,2	6,0
Actif / Inactif			1,5	0,7	0,7	1,2
Tranche d'aire urbaine (AU)	00	Commune hors AU	1,0	1,0	0,9	0,8
	01	AU < 15 000 hab.	0,7	0,4	2,9	0,7
	02	AU 15 – 20 000 hab.	0,7	1,2	1,2	1,4
	03	AU 20 – 25 000 hab.	0,7	0,7	1,9	0,9
	04	AU 25 – 35 000 hab.	0,6	0,9	1,4	1,9
	05	AU 35 – 50 000 hab.	0,8	-	-	1,3
	06	AU 50 – 100 000 hab.	0,9	0,9	1,2	0,8
	07	AU 100 – 200 000 hab.	-	-	0,9	-
	08	AU 200 – 500 000 hab.	1,0	0,8	1,0	1,2
	09	AU > 500 000 hab.	1,0	1,0	0,8	1,1
	10	AU de Paris	2,1	0,6	0,5	1,0
Type de localisation résidentielle	1	Centre pôle	1,9	0,7	0,6	0,9
	2	Banlieue	1,1	0,9	-	-
	3	Périurbaine	0,9	1,1	1,2	0,8
	4	Rural	-	-	1,2	1,0

Source : ENTD 2007-2008.

Tableau III.23 : Odd-ratios, résultat du modèle régression binaire avec les variables explicatives transformées en booléens

Note : sont surlignés ci-dessus les effets les plus importants (multipliés par au moins 2 en jaune ou divisés par au moins 2 en vert)

Les effets les plus importants, surlignés dans le tableau ci-dessus indiquent :

Pour la classe 1, les individus jeunes (moins 26 ans) et âgés (plus de 65 ans) ont près de 7 fois et 3,5 fois plus de chances d'y être présents. Résider dans l'AU de Paris, ou dans un centre, multiplie ces chances par quasiment 2.

Pour la classe 2, la probabilité d'y appartenir est divisée par 3,3 pour les plus jeunes, et divisée par 2,5 dans les plus petites aires urbaines.

Pour la classe 3, avoir entre 24 et 45 ans (resp. entre 45 et 65 ans) multiplie par 3,5, resp. quasiment 3) les chances d'y appartenir. Ce dernier sur-risque est équivalent pour les habitants des plus petites aires urbaines, puis égal à 1,9 ans

les AU de 20 à 25 000 habitants, alors que ce sur-risque est divisé par 2 dans l’AU de Paris.

Pour la classe 4 enfin, le risque d’y appartenir est multiplié par 6 (resp. 3,7 et 2,3) si l’individu appartient au 4^e (resp. 3^e et 2^e) quartile de revenu de revenu. Le risque est également multiplié par 1,9 pour les résidents d’AU entre 25 et 35 000 habitants. Enfin, ce risque est divisé par 2 pour les femmes, et divisé par 3,3 pour les plus jeunes et les plus âgés.

Les résultats de ces régressions logistiques nous donnent une confirmation, quantitativement chiffrée, de la synthèse des caractéristiques déterminantes de chaque classe. Ils permettent de mettre en valeur le rôle relatif des variables (et de leurs différentes catégories) de localisation dans les espaces.

III.3.5. Les autres caractéristiques des mobilités (mode, motif,...)

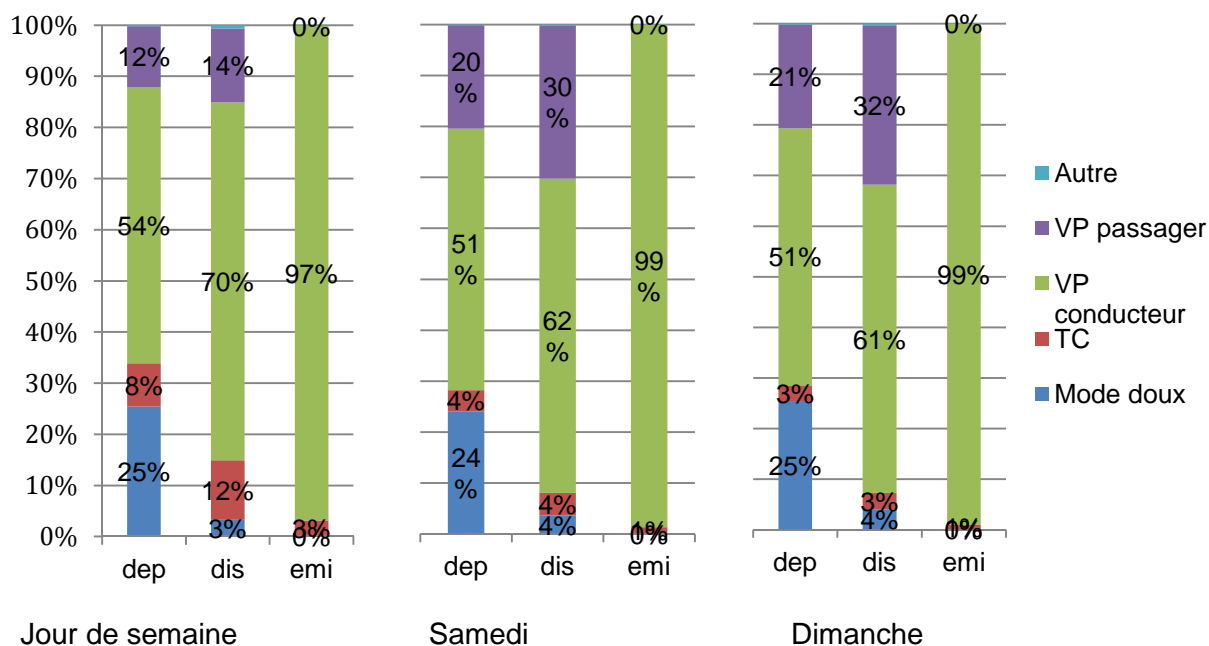
Au delà des caractéristiques des individus et ménages, la formation des émissions dépend bien évidemment aussi des caractéristiques de déplacements et voyages, et le panorama ne serait pas complet si nous n’évoquions pas ces déterminants des mobilités. Cette partie montre quelques résultats sur ces déterminants liés aux mobilités elles-mêmes (modes, motifs, motorisation, permis).

a. Répartitions des modes de transport (sur les valeurs moyennes individuelles)

Nous analysons indépendamment les répartitions des modes de transport principaux utilisés sur les segments locaux (en semaine, mais aussi le samedi et dimanche), et à longue distance. Les modes de transport ont été séparés en une nomenclature simplifiée en cinq catégories :

N°	Note	Signification de la modalité
1	Mode doux	Les modes doux (marche à pied, rollers, trottinette, vélo,...)
2	TC	Transport collectif (bus métro, tramway, RER,...), transport spécialisé, taxi, navette,...
3	VP conducteur	Véhicule particulier (voiture, VUL, voiturette,...) en tant conducteur
4	VP passager	Véhicule particulier en tant passager
5	Autre	Train grand ligne, bateau, avion,...

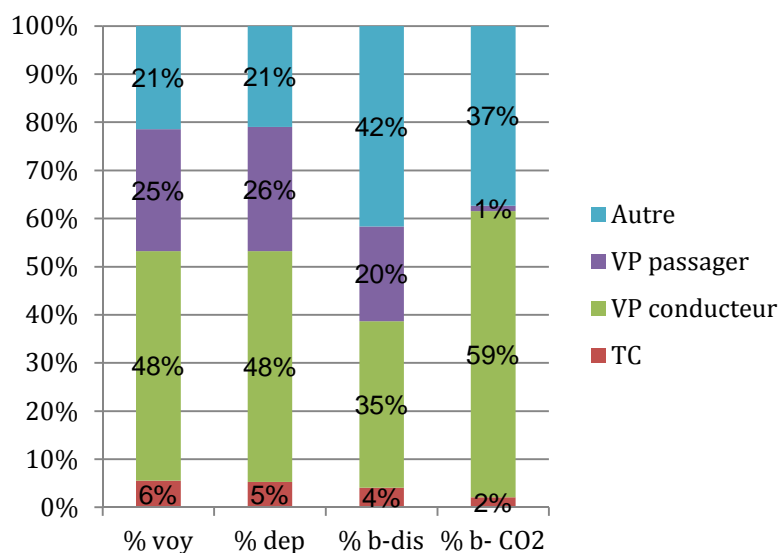
Tableau III.24 : Catégories de modes de transport



Source : ENTD 2007-2008. Dans chacun des segments de semaine, de samedi et de dimanche, les trois cheminées de l'histogramme montrent (de gauche à droite) : dép. : nombre de déplacements ; dis : distance parcourue ; emi : émissions de CO2

Figure III.14: Répartitions modale de la mobilité individuelle locale

Grille de lecture de la figure ci-dessus : un jour de semaine, les déplacements en VP conducteur représentent 54% des déplacements, 70% des distances parcourues et 97% des émissions de CO2. Le samedi et le dimanche, les nombres de déplacements en voitures représentent une part plus basse (51%), de même qu'en distance (61 et 62%), mais une part plus forte en émission de CO2 (99%)



Source : ENTD 2007-2008. Champ : voy. – nombre de voyages ; nuit – nombre de nuitées ; dis – distance parcourue ; emi – émissions de CO2

Figure III.15: Répartitions des modes de transport des voyages (longue distance)

Clairement, le taux d'usage de l'automobile est très élevé, quasi 100% sur les émissions de CO2 sur la partie locale. La voiture prend une proportion de 66% (dans la semaine) à 72% (dimanche) en nombre de déplacements, de 84% à 92% en distance parcourue et de 97 à 99% des émissions de CO2. Au contraire, les modes doux comptent pour 25% des déplacements, quel que soit le jour de la semaine. Dans la semaine, le transport collectif porte une proportion 8% des déplacements, 12% des distances parcourues mais seulement 3% des émissions de CO2. En nombre de déplacements comme en distance parcourue, la part du mode voiture passager est nettement plus forte sur les deux jours de weekend que sur les autres jours de la semaine, ce qui ne transparaît qu'indirectement dans les émissions, puisque celles des passagers sont comptabilisées à zéro.

Membres de la famille, voire groupes d'amis sortent probablement ensemble durant les weekends (et sortent aussi plus loin comme nous l'avons vu précédemment lors de la première analyse de l'effet barbecue). Il faut d'ailleurs donc imaginer un effet fort à étudier spécifiquement en termes de taux d'occupation, que nous traiterons au chapitre suivant (chapitre IV, §IV.3).

Concernant la part de déplacements à longue distance, la voiture (conducteur et passager confondus) prend une proportion notable de 73% en nombre de voyages mais seulement 55% en distance parcourue et 60% en CO2 émis ; la raison de ces proportions moindres se trouvent bien évidemment dans les parts que prennent les autres modes (trains, avions et bateaux) qui, bien que ne comptant que pour 21% des déplacements, représentent 42% des distances et 37% des émissions de CO2.

Ces résultats en nombres, distances et émissions peuvent être détaillés par classes, selon les segments de mobilité. (Tableau III.25). Nous y notons les résultats suivants.

Les membres de la classe 1 sont les plus faibles émetteurs de CO2 parce qu'elle a une forte proportion (en nombre de déplacements, et en distance) d'usage des modes doux et des transports collectifs : Près de 40% en nombre de déplacement en mode doux, 15% dans la semaine et 6,8% au weekend en budget distance. Mais, en terme de budget de CO2, dans cette classe 1, les voitures prennent une proportion seulement 90% par rapport à près de 100% sur les trois autres classes. On y note aussi que la proportion en nombre de la voiture en tant passager est plus élevée que celle de voiture en tant conducteur (et atteint deux fois plus le dimanche, 36% contre 17%). Au contraire, dans la classe 2, il y a seulement 4% de passagers dans la semaine et 2% au weekend. Alors, il y a une

grande proportion de conducteur seul dans cette classe (80% en semaine, et même 90% le weekend pour les conducteurs, et des proportions très faibles de passages, 4 et 2%). Dans les classes 3 et 4, on voit encore que le taux d'occupation des voitures est bien plus élevé en weekend que dans la semaine (cf. chapitre IV, §IV.3).

Classes	Modes	Jour dans la semaine			Samedi			Dimanche		
		dép.	dis	emi	dép.	dis	emi	dép.	dis	emi
CL1	Mode doux	43%	9%	0%	38%	7%	0%	41%	8%	0%
	TC	15%	30%	21%	8%	9%	9%	6%	7%	9%
	VP (cond)	20%	21%	79%	20%	19%	91%	17%	13%	90%
	VP (pass)	22%	38%	0%	34%	65%	0%	36%	71%	0%
	Autre	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<i>Ensemble</i>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
CL2	Mode doux	13%	2%	0%	7%	1%	0%	7%	1%	0%
	TC	3%	6%	1%	1%	1%	0%	0%	1%	0%
	VP (cond)	80%	86%	99%	90%	96%	100%	90%	96%	100%
	VP (pass)	4%	6%	0%	2%	2%	0%	2%	2%	0%
	Autre	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<i>Ensemble</i>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
CL3	Mode doux	5%	0%	0%	15%	3%	0%	18%	4%	0%
	TC	1%	3%	1%	1%	3%	1%	1%	2%	0%
	VP (cond)	91%	94%	99%	71%	69%	99%	66%	65%	100%
	VP (pass)	2%	3%	0%	13%	24%	0%	14%	28%	0%
	Autre	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%
	<i>Ensemble</i>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
CL4	Mode doux	17%	2%	0%	17%	3%	0%	17%	3%	0%
	TC	3%	5%	0%	2%	2%	0%	1%	1%	0%
	VP (cond)	74%	84%	100%	71%	80%	100%	70%	78%	100%
	VP (pass)	6%	9%	0%	10%	15%	0%	11%	18%	0%
	Autre	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<i>Ensemble</i>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Source : ENTD 2007-2008.

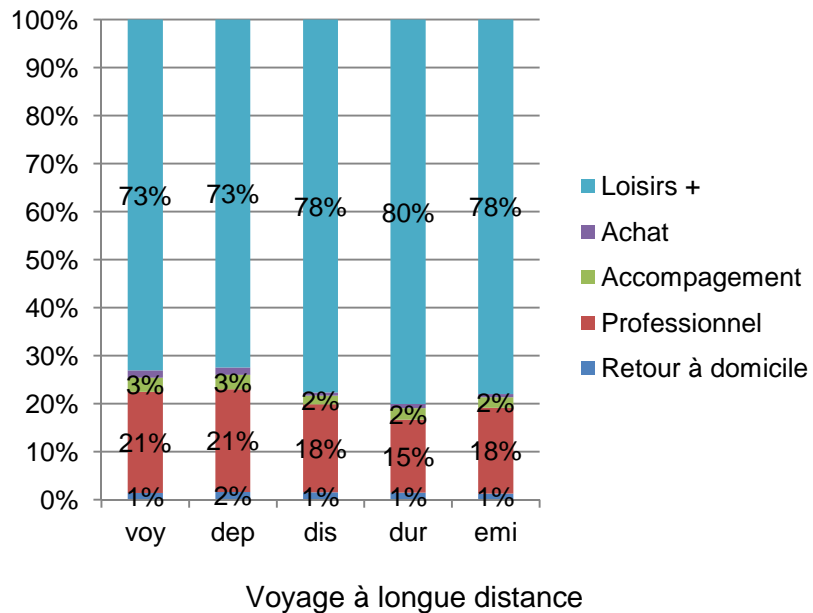
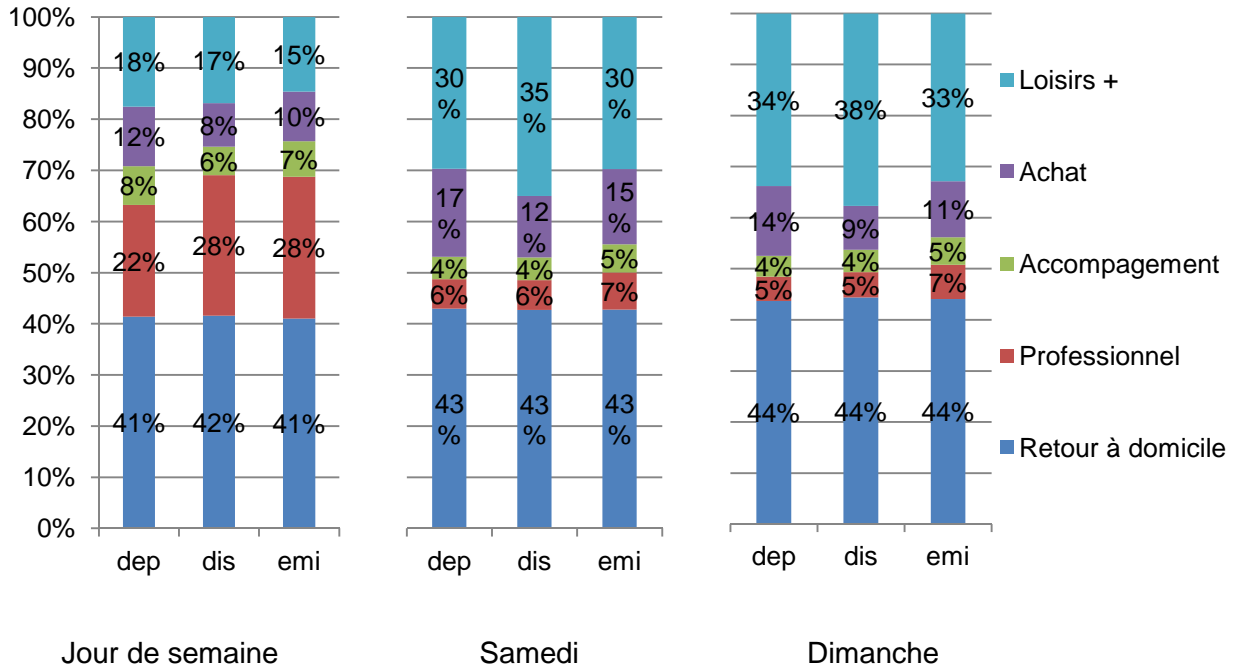
Champ : dép. – nombre de déplacements

dis – distance parcourue ; emi – émissions de CO2

Tableau III.25 : Répartition des modes de transport selon les classes

b. Répartitions des motifs

L'analyse peut également être menée par motifs de déplacements (et de voyages).



Source : ENT D 2007-2008.

Champ : *dép.* : nombre de déplacements ; *dis* : distance parcourue ; *emi* : émissions de CO2

Figure III.16 : Répartitions des motifs de déplacements (ou de voyages)

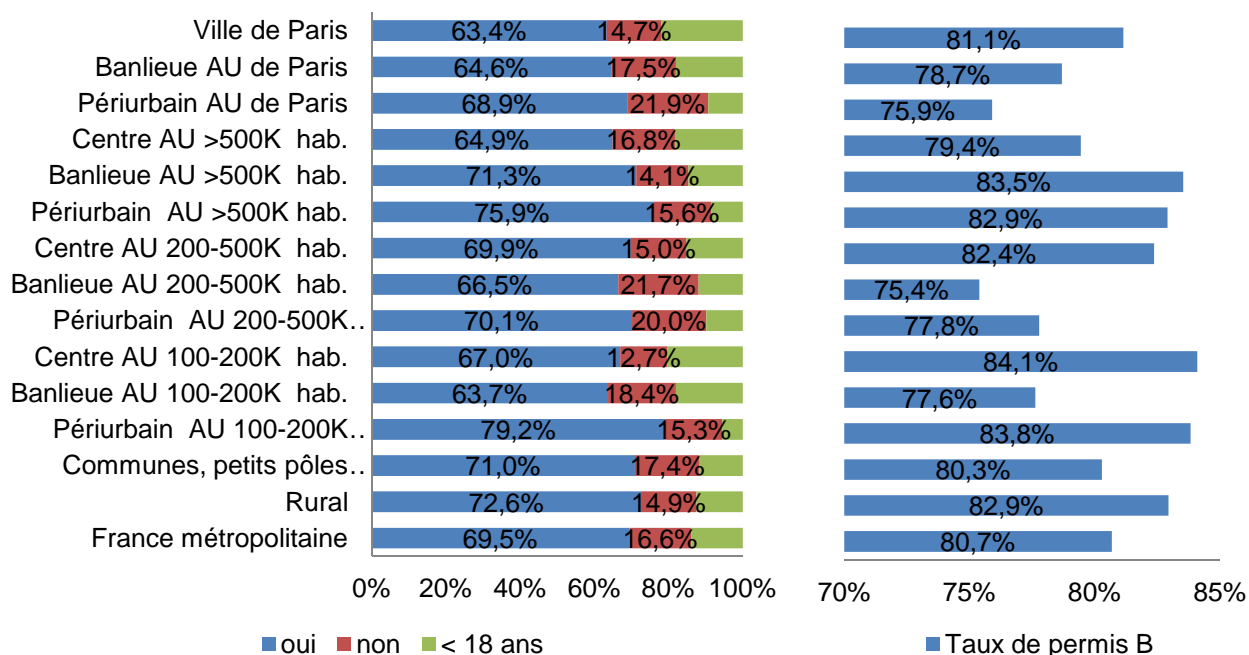
Le motif retour au domicile porte toujours une proportion d'environ 43%, en nombre comme en distance et émissions. En semaine et en mobilité locale, le motif professionnel (y compris domicile-travail et domicile-école) est à 22% en nombre de déplacements et 28% en budget distance ou budget de CO2. Au weekend, il baisse à environ 6% en nombre de déplacements, budget distance et budget CO2. Au contraire, les motifs d'achats et de loisirs sont faibles durant la semaine et plus élevés le weekend ; en nombre de déplacements, le motif achat porte la proportion de 12% au jour dans la semaine, 17% au samedi et 14% au dimanche. Et le motif loisir porte une proportion qui augmente notablement de la semaine (18%) au samedi (30%) et au dimanche (34%). Nous confirmons donc la tendance à faire ses courses le weekend plutôt qu'en semaine, et notamment le samedi ; et les activités de loisir se concentrent évidemment plus volontiers sur le weekend, notamment le dimanche.

Les voyages à longue distance ont été partagés en deux motifs : le loisir (environ les trois quarts) et le professionnel (environ un quart). On peut souligner que nos estimations sont ici compatibles avec celles d'autres travaux comme [Quételard, 2010].

Nous reviendrons encore sur ces différents motifs de déplacements (ou de voyages), dans les études particulières du chapitre IV, § IV.2.

c. Motorisation et permis

Parce que la démographie du parc automobile interfère fortement avec celle de la population, une petite partie d'analyse des classes sur la motorisation est nécessaire. Nous commençons par le taux de permis B dans l'ensemble la population, et parmi les individus majeurs. (Figure III.17)



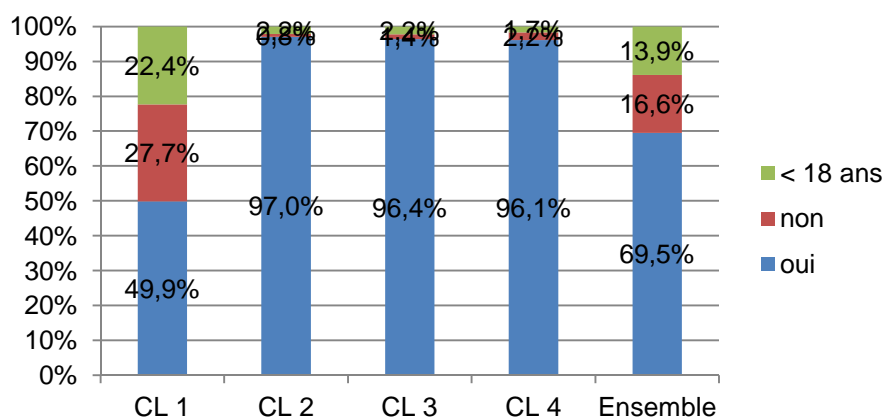
Source : ENTND 2007-2008.

Champ : dép. – nombre de déplacements dis – distance parcourue ; emi – émissions de CO2

Figure III.17 : Taux de permis B

Selon les zonages résidentiels en aire urbaine, le taux de permis B varie de 63,4% (Paris) à 79,2% (dans la couronne périurbaine des AU 100 000 à 200 000 habitants) autour la valeur moyenne France entière de 69,5%. Mais, effet démographique, en se concentrant sur la partie majeure de la population (les plus de 18 ans), la tendance semble s'inverser puisque les taux sont plus élevés pour les centres que dans les zones périurbaines (sauf aux centres des AU de plus de 500 000 habitants). Cette analyse pourrait être prolongée en détail sur l'utilisation réelle des voitures du parc des ménages (fréquence d'utilisation, raison de ne plus être utilisées, etc.), avec des renseignements que nous pouvons trouver dans l'ENTND 2007-2008.

Ces taux de permis peuvent être déclinés dans les quatre classes de notre typologie.

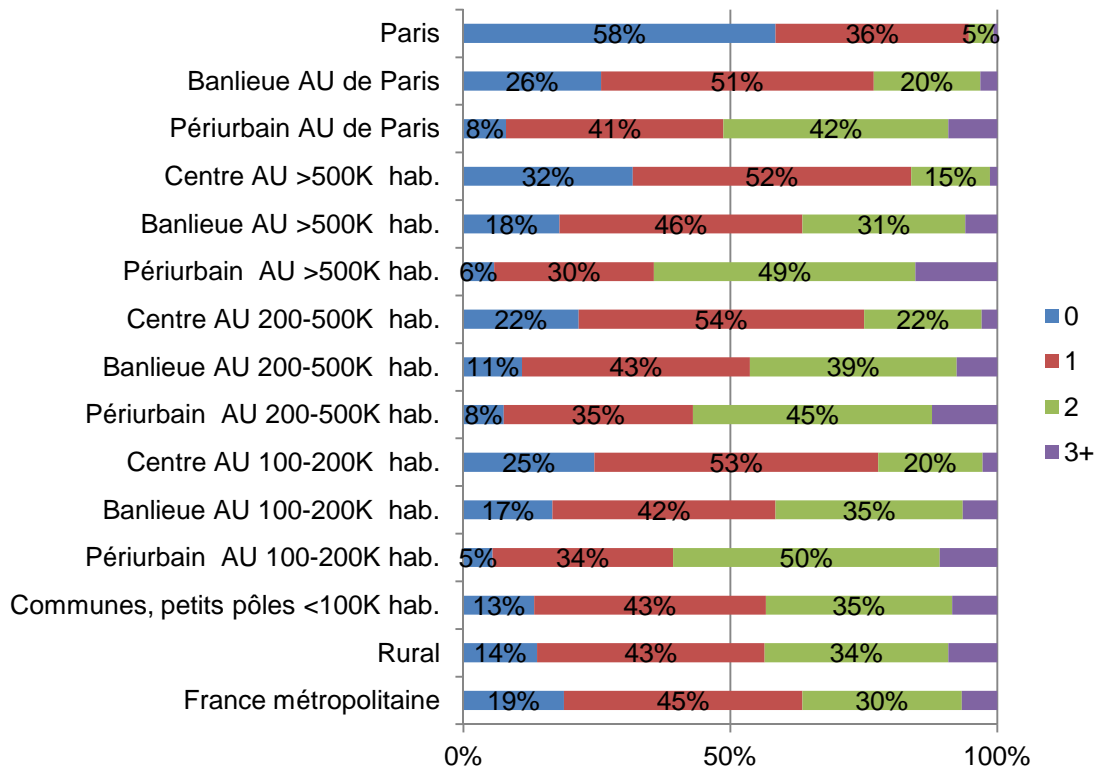


Source : ENT D 2007-2008.

Figure III.18 : Taux de permis B selon les classes d'individus

On ne s'étonnera pas de trouver un taux de permis (50%, contre 96 à 97% dans les autres classes) plus faible dans la classe 1, ce qui permet aussi de mieux comprendre pourquoi c'est la classe la moins émettrice. On rappelle aussi que cette classe est sur-représentée chez les jeunes (avec 22,4% de membres qui ont moins de 18 ans) mais aussi un taux très élevé de membres qui n'ont pas le permis, de 27,7%. Cela nous indique également que le taux de permis aurait pu être introduit comme variable explicative dans les spécifications de régressions logistiques, si l'on avait souhaité améliorer les ajustements.

Sur le niveau de motorisation, en analysant le nombre de véhicules particuliers (la voiture, la voiturette, le véhicule utilitaire léger, etc.) par ménage, nous trouvons que 19% des ménages n'ont aucun véhicule sur l'ensemble de la France entière, 45% ont une, 30% ont deux et 6% ont plus de deux véhicules. Nous retrouvons également ici la tendance « cyclique » (centres pôles > banlieues > périurbain) sur la proportion des ménages qui n'ont pas de véhicule, avec une part plus élevée dans les centres que dans les banlieues, elle-même plus élevée que dans les zones périurbaines. Une tendance analogue est aussi visible sur le taux des ménages mono-équipés (sauf au Paris). En outre pour le multi-équipement des ménages, on peut aussi observer que le taux aux centres pôles est le plus faible et celui des zones périurbaines est le plus élevé. (Figure III.19)



Source : ENTD 2007-2008.

Figure III.19 : Répartition le nombre de véhicules particuliers par ménage

Des analyses sur des caractéristiques de la mobilité dans cette rubrique nous montrent également les différences entre les types des jours et entre les zonages résidentiels. Ces résultats complémentaires sur les caractéristiques des mobilités confirment les résultats principaux de cette thèse sur l'articulation temporelle des mobilités individuelles, se déclinant de façon différenciée dans les différents espaces résidentiels.

Conclusion du chapitre

Ce chapitre rassemble les résultats principaux de nos travaux sur l'articulation temporelle de la mobilité individuelle selon les différents espaces résidentiels. Nous avons réussi à mettre en évidence 4 profils-types de mobilité selon les budgets d'émissions de CO₂ sur les trois segments temporelle de la mobilité : dans la semaine, pendant le weekend (en montrant quelques résultats différenciant le samedi et le dimanche, notamment sur les motifs achats et loisirs) et à longue distance.

Nous avons montré que des comportements typés de mobilité ne se rencontrent pas forcément uniquement dans un seul type d'espace, et avons également explicité les rôles des différents déterminants géographiques et leurs importances relatives par rapport aux autres variables déterminantes, socio-économiques et démographiques sur les profils-types, les comportement-types de mobilité. En observant ces proportions sur chaque type d'espace et de zones résidentielles, nous pouvons expliciter leurs caractéristiques, et l'articulation temporelle des mobilités.

Différents effets que l'on peut assimiler à l'effet barbecue ont pu être (entre) vus, mais ils paraissent bien loin de confirmer l'hypothèse selon laquelle les habitants des (grands) centres villes (et notamment Paris) ruineraient nécessairement durant le weekend leurs comportements plutôt vertueux (grâce à des modes moins polluants) de la semaine écoulée.

Pour rappel, nous soulignons également « l'effet de masse », mettant en évidence le fait qu'il y a une grande différence (à laquelle il faut réfléchir du point de vue des mesures politiques à envisager pour réduire les émissions) à observer les émissions de CO₂ en valeurs moyennes individuelles ou par grandes masses, en tenant compte des populations des différents espaces.

Chapitre IV : Quelques thématiques particulières

Suite aux résultats généraux présentés dans le chapitre précédent, ce dernier chapitre se focalise sur l'approfondissement de quelques thématiques spécifiques. Pour ces coups de projecteur portés sur les voyages à longue distance, sur certains motifs particuliers de déplacement ou sur le taux d'occupation des voitures particulières, notre objectif est un apport de connaissance complémentaire sur les différents comportements de mobilité en fonction des zones de résidence. Les contrastes mis en évidence au chapitre précédent sont-ils encore vérifiés dans les cas particuliers que nous allons présenter ci-dessous ? Autrement dit, les différents comportements-types de mobilité des Français liés à leurs caractéristiques de localisation résidentielle et aussi à leurs autres déterminants socio-éco-démographiques sont-ils toujours observables, ou s'accommodent-ils, dans des cas particuliers comme l'étude spécifique de certains motifs de déplacements précis (notamment les achats et les loisirs) ? Et peut-on apporter des compléments sur le segment des déplacements à longue distance ou au sujet de l'incidence du taux d'occupation des véhicules dans les différentes classes ou zones ?

IV.1. Retour sur les déplacements à longue distance

IV.1.1. Des différences de genre très marquées sur ce segment seulement ?

Au cours de nos recherches bibliographiques, nous avons relevé plusieurs travaux qui ont traité du genre comme un déterminant non négligeable de la mobilité individuelle, comme [Quételard B., 2010], [Nicolas J.-P., Verry D., 2013] et ces références ne sont bien évidemment pas exhaustives. Suite au chapitre précédent où nous avons mis en évidence des différences entre les individus selon plusieurs déterminants; nous montrons ici des contrastes de comportements notables entre femmes et hommes selon différents zonages résidentiels et éventuellement en fonction des autres déterminants socio-éco-démographiques.

Nous commençons par la répartition selon le genre des moyennes annuelles de la mobilité individuelle sur l'ensemble des trois segments et sur celui de la longue distance.

	Population (millions)	Moyennes individuelles annuelles, ensemble des 3 segments			
		Nombre de déplacements	Budget distance (km)	Budget temps (heures)	Budget CO2 (tonnes)
Homme	48,4%	1 114	14 957	398	2,17
Femme	51,6%	1 094	11 910	358	1,43
Ensemble	56,17	1 104	13 385	377	1,79

Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Ensemble des Kish répondant

Tableau IV.1 : Répartition de la mobilité selon le genre, ensemble des 3 segments de mobilité

	Population (millions)	Moyennes individuelles annuelles du segment à longue distance					
		Nb voyages	Nb nuitées	Nb de dép.	Budget distance (km)	Budget temps (heures)	Budget CO2 (tonnes)
Homme	48,4%	6,2	18,0	69,4	5 421,1	65,4	0,61
Femme	51,6%	4,7	15,6	59,3	3 987,8	53,4	0,31
Ensemble	56,17	5,4	16,8	64,2	4 681,9	59,2	0,45

Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Ensemble des Kish répondant

Tableau IV.2 : Répartition de la mobilité selon le genre pour le segment à longue distance

Note : nos résultats présentent certaines différences avec d'autres publiées, par exemple [Grimal, 2010], [Longuar et al., 2010]. La raison s'explique par notre filtrage particulier (et nos imputations), la nécessité d'utiliser la description détaillée des déplacements des voyages nous contraignant à n'utiliser que la période de 4 semaines observées (cf. § II.2).

Sur ces valeurs moyennes individuelles reconstituant un an de mobilité, les femmes font légèrement moins de déplacements que les hommes (1094 contre 1114 déplacements par an, soit moins de 2% de différence) mais, sur le budget distance et le budget temps, ces écarts sont respectivement de 26% et 11% ; et sur le budget d'émission de CO2, on peut souligner que les hommes émettent 48% de plus que les femmes, avec 2,17 tonnes par an contre 1,46 pour ces dernières. Les hommes vont plus loin, et sont les plus émetteurs. Les valeurs observées pour le segment à longue distance amplifient ces écarts : avec 6,2 voyages par an contre 4,7, avec 18 nuitées contre 15,6 et avec 5421 km contre 3988 km, les hommes émettent 2 fois plus que les femmes pour les déplacements à longue distance (0,6 tonne contre 0,3).

Tranche d'âge	Population (millions)		Nombre de voyages		Nombre de nuitées		Budget distance (10 ³ km)		Budget temps (heure)		Budget CO2 (tonnes)	
	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F
< 26 ans	7,59	7,61	4,8	4,4	17,1	14,8	3,9	3,4	50,7	46,7	0,23	0,16
26 à 45 ans	8,40	8,44	7,9	5,4	19,2	14,8	7,2	4,5	79,5	57,5	0,89	0,41
46 à 65 ans	7,37	7,72	7,3	5,6	18,4	19,3	6,2	5,2	73,3	68,2	0,78	0,48
> 65 ans	3,84	5,20	3,4	2,6	16,0	12,6	3,0	2,2	48,4	34,7	0,39	0,12
Ensemble	27,2	29,0	6,2	4,7	18,0	15,6	5,4	4,0	65,4	53,4	0,61	0,31

Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Ensemble des Kish répondant ; H – homme ; F – femme

Tableau IV.3 : Déplacements à longue distance selon le genre par tranches d'âge

La tendance générale du tableau IV.3 ci-dessus qui croise le sexe et l'âge, est que les hommes sont plus mobiles que les femmes (sauf en nombre de nuitées, pour la tranche de 46 à 65 ans), mais les écarts entre les deux genres selon l'âge sont bien différents. Sur le budget annuel de CO₂, les écarts sont les plus grands pour la tranche de 26 à 45 ans (0,48 tonne), et les plus petits chez les plus jeunes (0,08 tonne). Les hommes de 25 à 45 ans sont ceux qui émettent le plus de CO₂, et les femmes sont les plus émettrices dans la tranche d'âge de 46 à 65 ans. En moyenne, les hommes émettent 2 fois plus que les femmes, mais jusqu'à 3 fois plus dans la tranche des plus de 65 ans. Entre les différentes tranches d'âge, le budget de CO₂ varie dans un rapport de 1 à 4 (de 0,23 chez les plus jeunes hommes à 0,89 tonne dans la tranche suivante, et de 0,12 chez les femmes les plus âgées à 0,48 tonne chez celles de 46-65 ans).

Type de ménage	Population (millions)		Nombre de voyages		Nombre de nuitées		Budget distance (10 ³ km)		Budget temps (heure)		Budget CO ₂ (tonnes)	
	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F
Personne seule	3,8	4,9	5,8	4,5	17,9	14,8	4,7	3,7	57,4	46,4	0,49	0,30
Famille monoparentale	1,7	3,1	3,9	4,6	12,8	9,0	2,8	2,9	39,1	39,6	0,24	0,24
Couple sans enfant	7,2	7,3	6,3	5,2	19,5	20,6	5,7	4,9	73,9	68,1	0,72	0,39
Couple avec enfant	13,5	12,6	6,7	4,6	18,1	14,7	6,0	3,9	67,5	52,2	0,64	0,29
Autre type	1,0	1,1	3,9	2,9	14,0	15,9	3,4	3,0	51,0	39,5	0,31	0,24
Ensemble	27,2	29,0	6,2	4,7	18,0	15,6	5,4	4,0	65,4	53,4	0,61	0,31

Source : ENT D 2007-2008 ; Champ : Ensemble des Kish répondant ; H – homme ; F – femme

Tableau IV.4: Répartition par sexe selon le type de ménage

Par type de ménage (Tableau IV.4), nous trouvons que les couples sans enfant sont les plus mobiles et les plus émetteurs. Les familles monoparentales ou les ménages de structure complexe voyagent le moins, et les personnes seules sont au niveau moyen. En nombre de nuitées, il y a plus d'écarts entre les femmes des familles monoparentales (9,0 nuitées) et celles des couples sans enfant (20,6 nuitées) qu'entre les hommes des catégories comparables (12,8 nuitées chez les hommes des familles monoparentales et 19,5 nuitées chez les hommes des couples sans enfant).

Niveau de revenu	Population (millions)		Nombre de voyages		Nombre de nuitées		Budget distance (10 ³ km)		Budget temps (heure)		Budget CO2 (tonnes)	
	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F
1er quartile	6,2	7,7	2,9	2,6	10,0	9,7	2,4	2,0	31,8	30,7	0,22	0,13
2ème quartile	6,9	7,3	5,7	3,7	13,2	12,0	3,7	3,1	50,5	40,2	0,36	0,23
3ème quartile	7,2	7,3	6,4	5,3	20,0	14,8	5,5	3,9	70,9	54,2	0,66	0,31
4ème quartile	7,0	6,7	9,3	7,5	27,5	27,3	9,7	7,3	104,1	92,9	1,14	0,61
Ensemble	27,2	29,0	6,2	4,7	18,0	15,6	5,4	4,0	65,4	53,4	0,61	0,31

Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Ensemble des Kish répondant ; H – homme ; F – femme

Tableau IV.5: Déplacements à longue distance selon le niveau de revenu

Le budget-temps est croissant en fonction du niveau de revenu ; il en est de même pour le budget-distance, donc pour les émissions de CO2. Le premier quartile émet beaucoup moins que les autres, car il est bien moins motorisé. Les plus riches émettent 5 fois plus que les plus pauvres, 4,7 fois chez les femmes et 5,2 fois chez les hommes. En budget de CO2, le plus grand écart nous montre que les hommes du quatrième quartile sont 8,7 fois de plus que les femmes au premier quartile.

Situation professionnelle	Population (millions)		Nombre de voyages		Nombre de nuitées		Budget distance (10 ³ km)		Budget temps (heure)		Budget CO2 (tonnes)	
	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F
Occupe un emploi	13,0	12,2	8,2	5,7	17,8	15,2	7,1	4,7	77,0	59,7	0,84	0,43
Elève, apprenti(e), Etudiant(e)	6,2	5,5	4,5	4,5	18,0	15,9	3,9	3,4	50,2	47,8	0,21	0,13
Chômeur	1,0	1,3	5,1	4,2	21,2	21,9	5,1	4,5	70,7	61,2	0,68	0,40
Retraité(e)	6,4	7,1	4,3	3,8	18,4	16,1	3,8	3,4	58,9	49,6	0,54	0,26
Femme ou homme au foyer	0,1 (*)	2,2	9,9 (*)	3,4	24,2 (*)	13,3	5,7 (*)	3,6	100,6 (*)	46,4	0,91 (*)	0,33
Autre situation	0,5	0,6	1,7	2,3	8,9	12,2	1,1	1,9	21,5	32,5	0,12	0,13
Ensemble	27,2	29,0	6,2	4,7	18,0	15,6	5,4	4,0	65,4	53,4	0,61	0,31

Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Ensemble des Kish répondant ; H – homme ; F – femme

(*) valeur non significative

Tableau IV.6: Déplacements à longue distance selon la situation professionnelle

En terme de situation professionnelle ; les plus émetteurs sont les hommes qui occupent un emploi, avec 0,84 tonne de CO2 par an, soit 6,5 fois plus que les

élèves, notamment féminins avec 0,13 tonne. Le doublement femme-homme sur le budget de CO2 ne s'observe pas pour les catégories élève, étudiant(e) (mais aussi chômeur), où les écarts sont moindres.

Au côté de ces déterminants, les différences de comportements de mobilité à longue distance entre les hommes et les femmes sont aussi visibles selon les zonages résidentiels (Tableau IV.7). Les hommes émettent près de 2 fois plus de CO2 que les femmes : en banlieue, l'écart est un peu plus fort (0,69 contre 0,33 tonne), et l'écart est moins fort pour les villes centres et villes isolées (0,59 contre 0,33 tonne en ville centre et 0,53 contre 0,30 en ville isolée).

Si les écarts de déplacements à longue distance chez les femmes selon les catégories d'unité urbaine sont faibles (de 0,27 tonne à 0,33 tonne), ceux entre les hommes sont plus élevés de 60% en nombre de voyages, 53% en nombre de nuitées,...

Catégorie d'Unité urbaine	Population (millions)		Nombre de voyages		Nombre de nuitées		Budget distance (10 ³ km)		Budget temps (heure)		Budget CO2 (tonnes)	
	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F
Ville centre	8,0	9,2	7,6	4,5	19,6	15,6	6,0	4,2	71,1	53,2	0,59	0,33
Banlieue	9,8	9,8	5,8	5,0	20,7	18,1	5,9	4,0	69,3	55,6	0,69	0,33
Ville isolée	2,3	2,7	4,8	4,3	14,0	14,9	4,3	4,0	52,6	55,1	0,53	0,30
Commune rurale	7,1	7,2	5,6	4,6	13,5	12,5	4,5	3,6	57,5	50,1	0,54	0,27
Ensemble	27,2	29,0	6,2	4,7	18,0	15,6	5,4	4,0	65,4	53,4	0,61	0,31

Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Ensemble des Kish répondant ; H – homme ; F – femme

Tableau IV.7: Déplacements à longue distance selon le genre et les catégories d'unité urbaine

Les hommes en banlieue sont les plus émetteurs (0,69 tonne de CO2 par an), puis ceux des villes centre à 0,59 tonne, ceux des communes rurales et des villes isolées émettent moins, avec 0,53 et 0,54 tonne. Mais ils émettent encore bien plus que les femmes (de 0,27 à 0,33 tonne par an). Nous observons que les hommes qui vivent en ville centre voyagent plus à longue distance que ceux qui habitent en banlieue (en nombre de voyages, budget distance, et budget temps) mais émettent moins de CO2. Cela peut sans doute s'expliquer par les différences en terme de mode de transport utilisé ; précisément, les habitants des banlieues qui prennent la voiture plus souvent que ceux des villes centres pour leurs voyages. Les femmes résidant dans les centres des pôles émettent toujours plus que la moyenne des femmes. Les ruraux (hommes et femmes) restent les plus faibles émetteurs.

Zonage résidentiel en aire urbaine		Population (millions)		Nombre de voyages		Nombre de nuitées		Budget distance (10 ³ km)		Budget temps (heure)		Budget CO2 (tonnes)	
		H	F	H	F	H	F	H	F	H	F	H	F
1	Rural	4,9	5,2	5,4	4,4	11,3	9,3	3,7	3,0	52,5	40,3	0,48	0,21
2	Com. polarisé, multi-polarisé,	5,9	6,0	6,5	4,3	14,2	13,5	4,6	3,6	60,4	51,4	0,47	0,29
3	Périurbain AU 100-200K hab.	0,6	0,7	6,2	6,3	17,2	14,9	5,7	5,8	74,2	83,6	0,59	0,38
4	Banlieue AU 100-200K hab.	0,6	0,7	7,3	4,2	17,7	14,6	7,4	3,0	75,0	40,8	0,96	0,24
5	Centre AU 100-200K hab.	0,9	0,8	5,6	4,2	19,0	17,5	4,8	4,4	63,0	57,3	0,51	0,39
6	Périurbain AU 200-500K hab.	1,2	1,5	5,8	5,5	17,4	14,6	5,2	4,2	57,9	56,2	0,59	0,33
7	Banlieue AU 200-500K hab.	1,4	1,6	6,3	5,0	18,7	14,0	5,0	3,2	59,0	46,2	0,57	0,27
8	Centre AU 200-500K hab.	1,5	1,7	7,6	5,2	22,4	17,9	7,2	5,1	77,7	60,5	0,79	0,36
9	Périurbain AU >500K hab.	1,1	0,9	6,6	4,8	19,5	17,9	6,8	4,2	74,3	60,2	0,77	0,40
10	Banlieue AU >500K hab.	2,5	2,4	6,1	5,1	18,8	17,5	5,6	3,9	66,9	51,9	0,69	0,31
11	Centre AU >500K hab.	1,5	2,0	8,7	5,5	22,0	19,9	6,4	4,4	75,4	58,1	0,63	0,36
12	Périurbain AU de Paris	0,6	0,8	5,6	3,6	29,9	17,0	6,3	4,1	86,4	50,5	0,69	0,31
13	Banlieue de Paris	3,6	3,6	5,1	4,1	23,3	21,7	6,3	4,6	69,9	61,0	0,71	0,36
14	Ville de Paris	0,9	1,1	6,7	4,9	29,1	22,1	9,0	6,5	92,3	76,2	0,93	0,47
Ensemble France métropolitaine		27,2	29,0	6,2	4,7	17,9	15,6	5,4	4,0	65,4	53,4	0,61	0,31

Source : ENTD 2007-2008 ; Champ : Ensemble des Kish répondant ; H – homme ; F – femme

Tableau IV.8: Déplacement à longue distance selon le zonage résidentiel en aire urbaine

En budget de CO2, les hommes émettent près de 2 fois plus que les femmes, mais 4 fois plus dans le cas particulier des banlieues d'aires urbaines de 100 000 à 200 000 habitants, contre seulement 1,3 fois plus dans les centres pôles urbains de la même tranche d'aire urbaine.

Dans l'aire urbaine de Paris et dans les centres des grands pôles, les habitants sont les plus mobiles sur ce segment (nombre de voyages, de nuitées, budget-temps et budget distance, avec donc une émission de CO2 record). Les habitants des zones rurales, des communes polarisées ou multi-polarisées et des petits pôles sont les moins mobiles à longue distance.

En regardant la tendance générale des écarts d'émissions entre homme et femme, le cas des aires urbaines de 100 000 à 200 000 habitants est très particulier : dans les centres (0,51 t) et les couronnes périurbaines (0,59 t), les valeurs pour les hommes sont plus faibles que la moyenne ensemble les français (0,61 tonne de CO2 par an), tandis que dans ses banlieues, on trouve les hommes qui émettent le plus (0,96 tonne). Mais au contraire, les femmes émettent moins que la moyenne ensemble des Françaises quand elles habitent ces banlieues (0,24 contre 0,31 tonne de CO2 par an) et celles des centres (0,39 t) et des zones périurbaines (0,38 t) émettent plus.

En conclusion, nous constatons les différences entre les hommes et les femmes dans le segment des voyages à longue distance selon les déterminants

géographiques et aussi les déterminants socio-éco-démographiques. Les hommes peuvent émettre annuellement 4 fois plus dans les banlieues d'aires urbaines de 100 000 à 200 000 habitants (alors que l'écart moyen est de 1 à 2) mais on note aussi qu'il n'y a quasiment pas de différences entre genres dans les familles monoparentales. Entre les genres, d'autres contrastes notables sont également apparus, comme :

- Les hommes plus émetteurs entre 26 et 45 ans, versus les femmes plus émettrices entre 46 et 65 ans ;
- Dans les aires urbaines de 100 000 à 200 000 habitants, chez les hommes, le budget de CO2 est maximal est banlieue, puis décroît en périurbain, puis au centre, tandis que le schéma inverse se présente chez les femmes (banlieues les plus faibles, puis plus fort en périurbain, et maximal dans les centres)
- Sur le niveau de revenu, la situation professionnelle, le type de ménage, l'âge et aussi les zonages résidentiels,, les écarts entre catégories masculines sont plus forts qu'entre catégories féminines

Les différences selon le genre apparaissant ici, comme à l'accoutumée, moins marquées pour les mobilités locales, la longue distance fait donc apparemment un peu figure d'exception.

IV.1.2. Grands pendulaires ou transcontinentaux

Ce sujet est un cas particulier du résultat de la classification. Comme nous l'avons montré, la classe 4 où les membres émettent le plus à longue distance peut être séparée en deux sous-classes 4.1 et 4.2 :

t CO2/an	Population (millions habitants)	Dans la semaine	Fin de semaine	Longue distance	Total
Classe 4.1	3,28	1,31	0,41	4,16	5,87
Classe 4.2	0,16	1,50	0,38	21,39	23,27
Ensemble	3,44	1,32	0,41	4,96	6,69

Source : ENTD 2007-2008

Tableau IV.9: Moyennes pour les membres des deux sous-classes de la classe 4,

En moyenne par individu, l'émission totale dans cette classe est de 6,69 t CO2/an, mais une forte différence sépare les deux sous-classes. Au vu de leurs budgets distance et budgets temps, ils sont sensiblement plus mobiles que la moyenne ensemble, avec des « vitesses » (ratio entre budget distance et budget durée) relativement fortes.

Valeurs sur les 28 jours		Nombre de voyages	Nombre de nuitées	Budget distance (km)	Budget temps (min)	Ratio b-dis/b-dur (km/h)
Classe 4.1	Min	1,0	-	353,2	158,9	
	Max	20,0	28,0	18147,9	6805,3	
	Moyenne	2,0	9,4	2279,7	1603,2	85,3
Classe 4.2	Min	1,0	5,0	1325,8	779,6	
	Max	19,0	24,0	24326,4	12180,7	
	Moyenne	1,9	13,0	12000,8	2729,7	263,8
Moyenne classe 4	Min	1	0	353,2	158,9	
	Max	20,0	28,0	24326,4	12180,7	
	Moyenne	2,0	9,6	2733,4	1655,8	99,0

Source : ENT D 2007-2008

Tableau IV.10: Moyennes pour les membres des deux sous-classes de la classe 4 (sur 4 semaines observées)

Au delà de la description déjà donnée de la classe 4 (§ III.2.2.a) et de son éventuelle séparation en deux sous-classes (dont on rappelle que les effectifs sont très faibles, notamment pour 4.2), nous pouvons souligner les éléments suivants au vu du tableau IV.10.

- Les « vitesses » moyennes des deux sous-classes diffèrent amplement ; sous réserve que cette valeur soit significative, celle de la classe 4.2 (264 km/h) suggère que ces voyages à longue distance ne sont pas effectués en voiture (!) mais vraisemblablement en avion (voire en train ?) ; à l'inverse, celle de la classe 4.1 (85 km/h) pourrait être réalisée en voiture ;

- Les budgets distance nous donnent évidemment une indication concordante : en 4.2, il s'agit de très longs voyages en distance (peut-être « transcontinentaux », ou au moins internationaux ou traversant totalement le pays) avec une durée moyenne de « séjour » de 6,5 nuitées ; en 4.1 à l'inverse, « seulement » 2 280 km sont parcourus au cours des 28 jours, correspondant vraisemblablement plus souvent à la récurrence de « grands pendulaires », pour des séjours dont la durée moyenne couvre 4,7 nuitées.

- Les valeurs maximales doivent cependant nous amener à nuancer le propos, dans la mesure où l'un des individus classés en 4.2 a réalisé 19 voyages en 28 jours, un peu plus de 24 000 km (soi tout de même près de 870 km par jour), pour 24 nuitées, et une vitesse moyenne de moins de 120 km/h pour ses voyages, suggérant peut-être un recours à des avions de moins longue portée, ou au train, mais aussi une récurrence qui serait peut-être celle d'un grand pendulaire.

Mieux éclairer la question nécessiterait sans doute de l'approfondir, mais il y a à craindre que les effectifs disponibles ici ne le permettent vraiment pas.

IV.2. Motifs de déplacements, deux cas particuliers

Imaginons que l'on peut distinguer trois phases dans les activités quotidiennes de nos vies, en séparant la première phase de production (le travail), la deuxième phase consacrée à rétablir l'énergie (l'alimentation) et la troisième phase à rétablir le moral (le repos et la distraction). Selon cette approche, nous pouvons distinguer les déplacements en trois groupes : les déplacements obligés (travail, études,...) pour la première phase ; les déplacements d'achat pour réaliser la deuxième phase et les déplacements de loisirs lié à la troisième phase.

Partant de ce point de vue, achats et loisirs semblent importants dans la vie quotidienne, et vraisemblablement aussi importants à étudier que les déplacements obligés.

Par ailleurs, on entend souvent parler de la place de plus en plus importante que les loisirs peuvent prendre dans la société (prétendument de moins en moins structurée par le travail). Et enfin, il faut remarquer que les déplacements pour le motif achats sont à la charnière des mobilités individuelles et des transports de marchandises, dont l'intégration dans des bilans environnementaux exhaustifs est l'un des enjeux du projet de recherche dans lequel cette thèse s'inscrit. Toutes ces raisons font qu'il nous a paru nécessaire de présenter quelques éléments se focalisant sur les deux motifs de déplacements d'achat et de loisir.

IV.2.1. Les pratiques d'achats

Faire des courses est une activité nécessaire au même titre que le travail, l'étude et les loisirs,... et concerne l'ensemble des ménages. Plusieurs études ont abordé ce sujet [Desse, 2000] [SMAU, 2008], [Garcia-Castello, 2010], [CETE, 2012],... Concernant les marchandises, le « dernier kilomètre » (du point de vente au domicile du consommateur) constitue une part importante des consommations d'énergie et des émissions de CO₂.

La réalisation de diagnostic sur le motif d'achat nous permet donc d'avoir une vision sur l'articulation du transport de marchandise et des déplacements individuels ; mais aussi les différences spatialisées dans les pratiques de l'activité d'achat entre semaine et week-end.

Le motif achat concerne 14% des déplacements, mais seulement 12% des émissions de CO₂, 10% du budget de distance et 11% du budget temps sur l'ensemble les déplacements locaux d'un jour de semaine. Ces proportions sont

plus élevées durant le weekend, notamment le samedi, (17% en nombre de déplacements, 15% en budget de CO2 mais seulement 12% en budget distance, cf. chapitre III, §III.3.5, figure III.2). Les déplacements d'achat sont donc « courts » et émettent peu de CO2.

Sur les 14 zones de résidence (selon la taille et le type d'aire urbaine), en moyenne par jour, ils varient de 0,35 à 0,49 déplacement, de 0,06 à 0,60 kg de CO2 des émissions, de 0,95 à 3,42 km en budget distance et de 4,66 à 6,27 minutes en budget temps. En triant les zones de résidence par ordre croissant du budget CO2, nous constatons que les habitants des centres des pôles (y compris Paris) émettent le moins, les périurbains et les ruraux émettant le plus.

Le rapport entre le périurbain des AU de 100 000 à 200 000 habitants et la ville de Paris est de l'ordre de 10 (0,60 kg CO2 contre 0,06 kg CO2).

Et nous observons également généralement que les émissions des périurbains sont légèrement plus élevées que celles des banlieusards ou des habitants des centres de pôles urbains. C'est vraisemblablement à cause de la dispersion des points de vente.

Zonage en aires urbaines		Nb de dép./j	Budget distance (km)	Budget temps (min)	Budget CO2 (kg)
1	Rural	0,36	3,17	5,15	0,52
2	Com. polarisé, multi-polarisé, petit pôle	0,39	2,49	5,09	0,45
3	Périurbain AU 100-200K hab.	0,38	3,15	5,18	0,60
4	Banlieue Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,49	2,19	5,82	0,40
5	Centre Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,37	1,45	4,66	0,30
6	Périurbain AU 200-500K hab.	0,36	2,79	5,33	0,52
7	Banlieue Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,38	2,13	5,05	0,40
8	Centre Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,48	1,78	5,80	0,35
9	Périurbain AU >500K hab.	0,40	2,96	5,68	0,52
10	Banlieue Pôle urbain AU >500K hab.	0,43	2,37	5,94	0,47
11	Centre Pôle urbain AU >500K hab.	0,44	1,63	6,27	0,28
12	Périurbain AU de Paris	0,36	3,42	5,84	0,49
13	Banlieue de Paris	0,35	1,70	5,87	0,29
14	Ville de Paris	0,35	0,95	6,00	0,06
Ensemble France métropolitaine		0,39	2,36	5,48	0,41

Source : ENTD 2007-2008 ; Champs : Déplacements locaux, motif achat

Tableau IV.11: Déplacements de motif achat selon le zonage résidentiel

En moyenne journalière, le samedi apparaît plus élevé que le jour de semaine, et le dimanche est le plus faible, pour les 4 indicateurs décrivant la mobilité : le nombre de déplacement, le budget distance, le budget temps et le budget de CO2.

Zonage en aires urbaines		Dans la semaine			
		Nb de dép./j	Budget distance (km)	Budget temps (min)	Budget CO2 (kg)
1	Rural	0,36	3,13	5,13	0,54
2	Com. polarisé, multi-polarisé, petit pôle	0,40	2,50	5,14	0,46
3	Périurbain AU 100-200K hab.	0,37	3,04	5,04	0,57
4	Banlieue Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,49	2,02	5,77	0,39
5	Centre Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,37	1,48	4,60	0,30
6	Périurbain AU 200-500K hab.	0,35	2,74	5,42	0,54
7	Banlieue Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,37	2,03	4,92	0,43
8	Centre Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,50	1,88	6,03	0,37
9	Périurbain AU >500K hab.	0,37	2,37	4,72	0,45
10	Banlieue Pôle urbain AU >500K hab.	0,40	1,89	5,23	0,38
11	Centre Pôle urbain AU >500K hab.	0,41	1,30	5,46	0,26
12	Périurbain AU de Paris	0,33	3,14	5,46	0,45
13	Banlieue de Paris	0,33	1,54	5,36	0,25
14	Ville de Paris	0,35	0,96	6,05	0,06
Ensemble France métropolitaine		0,38	2,24	5,27	0,41

Source : ENTD 2007-2008 ; Champs : Déplacements locaux, motif achat

Tableau IV.12: Déplacements de motif achat d'un jour dans la semaine

Pour les jours de semaine, nous trouvons pour les centres, sur toutes les aires urbaines sauf entre 100 et 200 000 habitants en nombre, des déplacements d'achat plus nombreux, mais plus proches, qui durent moins longtemps et émettent moins de CO2. En budget distance et en CO2, les valeurs sont aussi plus élevées pour les tranches périurbaines que pour celles de banlieues. Qu'en est-il en weekend ?

Zonage en aires urbaines		Samedi			
		Nb de dép./j	Budget distance (km)	Budget temps (min)	Budget CO2 (kg)
1	Rural	0,40	4,03	6,29	0,55
2	Com. polarisé, multi-polarisé, petit pôle	0,44	2,90	5,81	0,49
3	Périurbain AU 100-200K hab.	0,54	4,55	7,21	0,91
4	Banlieue Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,51	2,82	6,38	0,47
5	Centre Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,43	1,67	5,77	0,34
6	Périurbain AU 200-500K hab.	0,44	3,65	6,31	0,62
7	Banlieue Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,49	3,08	6,65	0,40
8	Centre Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,49	1,80	6,17	0,35
9	Périurbain AU >500K hab.	0,56	5,41	9,83	0,81
10	Banlieue Pôle urbain AU >500K hab.	0,55	4,08	8,98	0,75
11	Centre Pôle urbain AU >500K hab.	0,56	2,73	9,03	0,37
12	Périurbain AU Paris	0,56	5,79	9,49	0,85
13	Banlieue de Paris	0,54	2,83	9,37	0,53
14	Ville de Paris	0,50	1,11	8,43	0,11
Ensemble France métropolitaine		0,48	3,26	7,29	0,53

Source : ENT D 2007-2008 ; Champs : Déplacements locaux, motif achat

Tableau IV.13: Déplacements de motif achat du samedi

Zonage en aires urbaines		Dimanche			
		Nb de dép./j	Budget distance (km)	Budget temps (min)	Budget CO2 (kg)
1	Rural	0,29	2,52	4,06	0,36
2	Com. polarisé, multi-polarisé, petit pôle	0,31	2,07	4,16	0,36
3	Périurbain AU 100-200K hab.	0,32	2,34	3,85	0,46
4	Banlieue Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,44	2,37	5,52	0,36
5	Centre Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,29	1,07	3,82	0,21
6	Périurbain AU 200-500K hab.	0,29	2,21	3,92	0,36
7	Banlieue Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,34	1,68	4,12	0,28
8	Centre Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,35	1,24	4,28	0,24
9	Périurbain AU >500K hab.	0,41	3,44	6,35	0,59
10	Banlieue Pôle urbain AU >500K hab.	0,43	3,10	6,41	0,60
11	Centre Pôle urbain AU >500K hab.	0,43	2,15	7,56	0,27
12	Périurbain AU de Paris	0,28	2,49	4,08	0,33
13	Banlieue de Paris	0,28	1,41	4,96	0,20
14	Ville de Paris	0,23	0,77	3,29	0,05
Ensemble France métropolitaine		0,33	2,09	4,71	0,34

Source : ENT D 2007-2008 ; Champs : Déplacements locaux, motif achat

Tableau IV.14: Déplacements de motif achat du dimanche

Ces tendances (croissance avec l'éloignement du pôle) s'observent également durant les weekends, principalement pour le budget distance et le budget de CO2, les nombres de déplacements et budgets temps apparaissant

plus uniformes aux seins des catégories d'aires urbaines le samedi, et nettement plus bas le dimanche.

En observant les résultats sur la « vitesse », ratio entre budget distance et budget temps (Tableau IV.15), nous retrouvons une ségrégation assez nette selon les types du jour et aussi les différents types d'aire urbaine. Globalement, ces « vitesses » sont légèrement plus élevées le samedi, viennent ensuite celles des dimanches, et enfin, plus faibles car aussi plus à proximité et donc sans doute avec moins de recours à l'automobile, celles des jours de semaine.

Les habitants périurbains ont des vitesses de 30 à 38 km/h, tandis que celles des résidents des centres pôles urbains sont plus faibles, de 8 à 19 km/h. Celles des banlieues sont intermédiaires, de 21 à 28 km/h, sauf dans l'AU de Paris, où les valeurs sont proches de celles des autres centres. Le cas des Parisiens est bien particulier avec des vitesses moyennes de 9,5 à 14 km/h (soit environ deux fois inférieure à la moyenne France entière), à cause de la densité urbaine, de l'offre en commerces et du recours à des modes plus lents. Et les banlieues de Paris obtiennent quasiment les mêmes vitesses que les autres centres.

Zonages en aires urbaines		Ratios budget distance / temps		
		Dans la semaine	Samedi	Dimanche
1	Rural	36,6	38,4	37,2
2	Com. polarisé, multi-polarisé, petit pôle	29,2	29,9	29,9
3	Périurbain AU 100-200K hab.	36,2	37,9	36,5
4	Banlieue Pôle urbain AU 100-200K hab.	21,0	26,5	25,8
5	Centre Pôle urbain AU 100-200K hab.	19,3	17,4	16,8
6	Périurbain AU 200-500K hab.	30,3	34,7	33,8
7	Banlieue Pôle urbain AU 200-500K hab.	24,8	27,8	24,5
8	Centre Pôle urbain AU 200-500K hab.	18,7	17,5	17,4
9	Périurbain AU >500K hab.	30,1	33,0	32,5
10	Banlieue Pôle urbain AU >500K hab.	21,7	27,3	29,0
11	Centre Pôle urbain AU >500K hab.	14,3	18,1	17,1
12	Périurbain AU de Paris	34,5	36,6	36,6
13	Banlieue de Paris	17,2	18,1	17,1
14	Ville de Paris	9,5	7,9	14,0
Ensemble France métropolitaine		25,5	26,8	26,6

Source : ENTND 2007-2008 ; Source : ENTND 2007-2008 ;

Champs : Déplacements locaux, motif achat

Note : Ratios «vitesse» (budget distance / budget temps)

Tableau IV.15: Ratios «vitesse» des déplacements de motif achat

Sur le motif d'achat, nous trouvons donc des différences notables entre catégories d'aires urbaines selon les budgets distance, temps et de CO2, pour lesquels les valeurs sont plus faibles pour les habitants des centres. Des contrastes entre les types du jour sont aussi à souligner, avec des achats plus fréquents le samedi, puis dans la semaine et enfin plus rares le dimanche. L'indicateur des vitesses varie lui aussi nettement (élevées en périurbain, moyennes en banlieue et plus faibles aux centres), les distances (et la proximité) étant largement dépendantes de l'offre en commerce et donc de la densité urbaine, et sûrement des modes empruntés pour effectuer ces achats.

IV.2.2. Les mobilités de loisirs

Sur l'ensemble des déplacements locaux, le motif de loisirs concerne en moyenne 25,9% des déplacements, 13,7% des émissions de CO2, 14,2% du budget distance et 20,4% du budget temps quotidien individuel. En comparaison avec le motif achat, il représente 12% de plus en nombre de déplacements, 13% de plus en émissions de CO2, 20% de plus de budget distance et 21% de plus de budget temps. Le motif de loisirs considéré ici regroupe aussi les motifs visites, soins et changement de résidence.

Zonages résidentiels en aire urbaine		Nombre de dép./j	Budget distance (km)	Budget temps (min)	Budget CO2 (kg)
1	Rural	0,6	6,3	12,6	0,81
2	Com. polarisé, multi-polarisé, petit pôle	0,6	5,7	12,4	0,78
3	Périurbain AU 100-200K hab.	0,5	5,2	10,2	0,71
4	Banlieue Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,7	6,8	14,4	0,73
5	Centre Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,6	4,6	12,3	0,64
6	Périurbain AU 200-500K hab.	0,6	5,5	11,6	0,72
7	Banlieue Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,6	4,9	10,9	0,74
8	Centre Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,6	4,0	13,1	0,55
9	Périurbain AU >500K hab.	0,5	5,6	10,9	0,78
10	Banlieue Pôle urbain AU >500K hab.	0,6	5,4	12,9	0,74
11	Centre Pôle urbain AU >500K hab.	0,7	4,6	15,5	0,54
12	Périurbain AU de Paris	0,5	6,0	11,4	0,70
13	Banlieue de Paris	0,5	3,7	12,4	0,42
14	Ville de Paris	0,6	3,1	16,9	0,25
Ensemble France métropolitaine		0,6	5,2	12,7	0,67

Source : ENTD 2007-2008 ; Champs : Déplacements locaux de motif loisirs

Tableau IV.16: Déplacements de motif loisirs selon les zones de résidence en aire urbaine

Nous trouvons également comme pour le motif achat (et aussi dans d'autres analyses), un effet « cyclique » sur le budget distance et l'émission de CO2 (mais pas le budget temps : dans chaque tranche d'aire urbaine, les habitants aux centres (y compris à Paris) émettent moins que ceux de banlieues qui émettent

mois que les périurbains. La même tendance s'observe donc aussi sur les « vitesses », qui, en fonction de l'offre de loisirs en zone dense, sont plus faibles aux centres, moyennes en banlieues (sauf pour celles de Paris du même ordre que dans les centres) et plus élevées en périurbain.

Zonage en aires urbaines		Dans la semaine			
		Nb de dép./j	Budget distance (km)	Budget temps (min)	Budget CO2 (kg)
1	Rural	0,5	5,1	10,0	0,73
2	Com. polarisé, multi-polarisé, petit pôle	0,6	4,8	10,3	0,70
3	Périurbain AU 100-200K hab.	0,5	3,8	7,4	0,55
4	Banlieue Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,7	6,4	13,1	0,70
5	Centre Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,6	3,2	10,5	0,48
6	Périurbain AU 200-500K hab.	0,6	4,3	9,8	0,65
7	Banlieue Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,5	4,0	9,1	0,72
8	Centre Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,6	2,5	11,7	0,42
9	Périurbain AU >500K hab.	0,4	4,3	7,9	0,63
10	Banlieue Pôle urbain AU >500K hab.	0,6	3,8	10,9	0,60
11	Centre Pôle urbain AU >500K hab.	0,7	3,4	13,3	0,44
12	Périurbain AU de Paris	0,4	5,0	9,4	0,63
13	Banlieue de Paris	0,4	2,8	10,6	0,34
14	Ville de Paris	0,6	2,5	14,9	0,22
Ensemble France métropolitaine		0,5	4,1	10,6	0,58

Source : ENTD 2007-2008 ; Champs : Déplacements locaux de motif loisirs

Tableau IV.17: Motif loisirs un jour de semaine selon les zonages en aire urbaine

Zonage en aires urbaines		Samedi			
		Nb de dép./j	Budget distance (km)	Budget temps (min)	Budget CO2 (kg)
1	Rural	0,8	9,6	19,6	1,06
2	Com. polarisé, multi-polarisé, petit pôle	0,8	8,5	17,9	1,03
3	Périurbain AU 100-200K hab.	0,7	9,4	16,7	1,18
4	Banlieue Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,9	8,5	18,8	0,96
5	Centre Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,8	7,7	17,2	1,02
6	Périurbain AU 200-500K hab.	0,7	8,7	16,1	0,91
7	Banlieue Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,8	7,9	16,5	0,89
8	Centre Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,8	7,7	17,8	0,86
9	Périurbain AU >500K hab.	0,8	9,6	19,5	1,23
10	Banlieue Pôle urbain AU >500K hab.	0,8	9,7	18,3	1,13
11	Centre Pôle urbain AU >500K hab.	0,8	8,2	21,9	0,83
12	Périurbain AU de Paris	0,7	8,6	15,5	0,94
13	Banlieue de Paris	0,6	6,2	17,5	0,68
14	Ville de Paris	0,7	4,8	22,8	0,37
Ensemble France métropolitaine		0,8	8,3	18,4	0,95

Source : ENTD 2007-2008 ; Champs : Déplacements locaux de motif loisirs

Tableau IV.18: Motif loisirs du samedi selon les zonages en aire urbaine

Zonage en aires urbaines		Dimanche			
		Nb de dép./j	Budget distance (km)	Budget temps (min)	Budget CO2 (kg)
1	Rural	0,7	8,8	18,5	0,96
2	Com. polarisé, multi-polarisé, petit pôle	0,7	7,9	17,1	0,91
3	Périurbain AU 100-200K hab.	0,7	8,4	17,6	1,08
4	Banlieue Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,8	6,8	16,5	0,68
5	Centre Pôle urbain AU 100-200K hab.	0,7	8,3	16,6	1,06
6	Périurbain AU 200-500K hab.	0,7	8,5	16,0	0,85
7	Banlieue Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,7	6,3	14,3	0,70
8	Centre Pôle urbain AU 200-500K hab.	0,7	7,6	15,5	0,92
9	Périurbain AU >500K hab.	0,7	8,1	17,3	1,07
10	Banlieue Pôle urbain AU >500K hab.	0,7	9,3	17,6	1,03
11	Centre Pôle urbain AU >500K hab.	0,8	7,2	20,3	0,77
12	Périurbain AU de Paris	0,6	8,6	17,5	0,81
13	Banlieue de Paris	0,6	5,7	16,1	0,58
14	Ville de Paris	0,7	4,3	21,1	0,29
Ensemble France métropolitaine		0,7	7,7	17,3	0,85

Source : ENT D 2007-2008 ; Champs : Déplacements locaux de motif loisirs

Tableau IV.19: Motif loisirs du dimanche selon les zonages en aire urbaine

Comme dans le cas du motif d'achat, des différences sensibles se trouvent aussi sur les types du jour, avec des loisirs plus fréquents et plus émetteurs le samedi, et des valeurs plus faibles pour les jours de semaine ; les valeurs du dimanche sont en position intermédiaire, mais assez proches de celles du samedi. Dans les plus grandes aires urbaines, le nombre de déplacements de loisir des résidents des zones les moins denses semble très légèrement plus faible le dimanche que le samedi, mais les différences ne sont pas significatives.

IV.3. Taux d'occupation des voitures particulières : un levier (plutôt inattendu mais à considérer) pour les politiques de réduction des émissions de CO2

IV.3.1. Présentation théorique : insérer le taux d'occupation dans l'approche ASIF

Le modèle ASIF [Schipper L. et al., 2000] consiste à décomposer les émissions de CO2 en un produit de facteurs, par l'équation :

$$CO_2 = A * S * I * F \text{ où}$$

A désigne l'activité de transport

S désigne la part modale (« share » en anglais) sur cette activité

I l'intensité énergétique (en litres/km) et F le facteur d'émission en CO2/litre)

Dans le cas de transport de voyageur qui nous concerne ici, nous pouvons la considérer en deux blocs, l'un {A.S} est la part des activités de mobilités (le côté « consommation » individuelle de transport) et l'autre {I.F} est la part qui tient compte du véhicule, du carburant, de l'infrastructure,... (le côté « technologie »).

En suivant le cheminement proposé par [Tapia-Villarreal et al., 2013], on peut s'intéresser particulièrement au taux d'occupation des voitures dans ce type d'équation. Dans le cas de ces véhicules et en s'intéressant uniquement au développement du premier bloc (la consommation du bien transport), nous pouvons écrire l'équation :

$CO_2 = \{VKT * L\} * \{I.F\}$ où les nouvelles notations désignent en anglais :

VKT le "*Vehicle Kilometers Travelled*" , et L le « *loading factor* » de ce véhicule.

En nous concentrant sur le rôle des taux d'occupation OC (conducteur et passagers) de ces véhicules, nous pouvons décomposer le premier bloc à son tour en :

$VKT * L = DIST_{cond} * (mob * \%VP / OC)$, où

DIST_{cond} est la distance moyenne d'un déplacement par le conducteur

mob est le nombre de déplacements

%VP est la part des déplacements en voiture (conducteur + passagers) et

OC est le taux d'occupation, soit :

$OC = \text{Déplacements en voiture (conducteurs + passagers)} / \text{Déplacements conducteurs}$

Au total, on peut finalement écrire l'équation du CO₂ de la mobilité individuelle : $CO_2 = DIST_{cond} * mob * \%VP * \{I.F\} / OC$, en négligeant, comme [Tapia-Villarreal et al., 2013], les autres modes, puisque l'automobile est largement dominante dans les émissions de CO₂. Cette hypothèse forte ne vaut évidemment que dans le cas de la mobilité locale.

Dès lors, pour citer leur conclusion : « *une variation de x% de l'un quelconque de ces paramètres (mob, DIST_{cond}, %VP et 1/OC) a le même impact sur les émissions de CO₂ : agir sur le taux d'occupation est tout aussi important que d'influer sur le nombre de déplacements, la longueur de ces déplacements ou le report modal par diminution de la part VP* ».

Les données de l'ENTD permettent d'estimer ces différents paramètres sur la mobilité locale. Voyons donc comment ils varient entre les classes de notre typologie, dans l'espace, et selon les jours.

IV.3.2. Résultats selon les classes et les zones de résidences

Tel que défini ci-dessus, le taux d'occupation moyen des voitures France métropolitaine pour l'ensemble de la mobilité locale est de 1,33 personnes/voiture, se déclinant en 1,22 en semaine versus 1,40 le weekend, plus élevé qu'en semaine, car correspondant à moins de déplacements obligés (travail) et plus d'autres catégories (achats, loisirs, en famille, etc.).

A titre d'exemple, pour donner un avant-goût des variations en fonction des espaces de résidence (et des jours), en se reportant au Tableau IV.24 au §e ci-dessous qui décline ces valeurs selon les tailles et types d'unité urbaine, nous pouvons constater qu'il n'y a que peu d'écart entre les 8 zones ainsi définies (seulement 15% de variation entre zones pour le « jour moyen » - parmi 7). Mais cette apparente stabilité cache une grande variabilité dès lors qu'on détaille par jour et par zone : l'écart maximal (50% pour le taux d'occupation) est atteint entre. :

- Un des cinq premiers jours de la semaine pour les villes centres des unités urbaines de moins de 200 000 habitants, avec un taux d'occupation moyen de 1,16 induisant une émission moyenne de 4 kg de CO₂ ;
- et un dimanche pour la ville de Paris, avec un taux d'occupation moyen de 1,73 induisant une émission moyenne de 0,9 kg de CO₂.

Ce sont ces disparités qui seront mises en évidence dans cette dernière partie, en commençant par les répartir entre les quatre classes de la typologie.

Selon les profil-types d'émissions

En fonction des quatre classes obtenues au chapitre précédent, le tableau des différents paramètres se décline comme suit, en considérant tous les jours de mobilité locale.

On rappelle que :

- mob correspond à un nombre de déplacements locaux par jour
- DISTcond est la distance moyenne des déplacements en voiture conducteur

- OC le taux d'occupation en voiture, estimé avec les nombre de déplacements en voiture conducteur et en voiture passager
- %VP représente la part modale globale de la voiture (conducteurs et passagers).

Type du jour	Classe	Population (M hab.)	mob	DISTcond	OC	%VP	produit VKT*L	CO2 (kg)
Un jour moyen	1	32,6	2,1	6,0	2,56	47,9%	2,4	0,7
	2	10,0	3,5	13,5	1,03	88,2%	40,5	7,4
	3	10,1	3,1	10,8	1,10	86,5%	26,1	9,3
	4	3,4	3,1	11,7	1,12	79,7%	25,4	4,7
Dans la semaine	1	32,6	2,6	5,4	2,11	40,4%	2,7	0,8
	2	10,0	3,5	9,4	1,05	82,1%	25,7	6,1
	3	10,1	4,6	12,7	1,02	92,2%	52,7	11,8
	4	3,4	3,5	11,3	1,08	78,6%	28,9	5,1
Samedi	1	32,6	2,1	6,8	2,72	53,8%	2,9	0,6
	2	10,0	3,8	15,1	1,03	91,2%	50,3	11,1
	3	10,1	2,6	8,2	1,18	81,8%	14,6	3,6
	4	3,4	3,1	11,7	1,14	80,4%	25,7	4,2
Dimanche	1	32,6	1,6	5,8	3,11	52,2%	1,6	0,3
	2	10,0	3,3	15,5	1,03	91,2%	45,4	10,0
	3	10,1	2,0	8,4	1,22	79,4%	11,0	2,6
	4	3,4	2,6	12,2	1,16	80,2%	21,6	3,6
Ensemble		56,2	2,6	11,2	1,33	68,2%	14,8	3,7

Champs : Ensemble de la population répartie dans les quatre classes ; notations au §IV.3.1

Tableau IV.20 : Taux d'occupation selon les quatre classes

Note générale sur le tableau : la colonne « Produit VKT*L » correspond effectivement au produit des colonnes précédentes: $mob * DISTcond * \%VP * 1/OC$.

Sur l'ensemble de la population, il vaut 14,8 et peut être relié à l'émission de CO2 (3,7 kg) : si l'on suppose une consommation moyenne des véhicules de $l = 0,08$ litres/km et un facteur d'émission un peu au dessus de $F = 2,5$ kg/litre (pour tenir compte d'une répartition essence-diesel), alors le produit de VKT*L par $l * F$ aboutit, bien que nous ayons dû adopter cette hypothèse simplificatrice, à un ordre de grandeur d'environ 3 kg de CO2.

Nous obtenons la confirmation du fait que les taux d'occupation du weekend, surtout du dimanche, sont plus élevés que ceux de la semaine. Le taux d'occupation de la classe 1 (2,11 en semaine, 2,72 le samedi et atteignant 3,11 le dimanche) est très élevé, plus de deux fois que ceux des autres zones : quand on y est en voiture, c'est pour y être nombreux... Le taux d'occupation de la classe 2

toujours proche de 1, tous types du jour : cette classe présente donc une forte sur-représentation des conducteurs seuls. Le taux d'occupation de la classe 3 est aussi proche 1, mais croît le samedi, puis le dimanche. Ces taux d'occupation, mais aussi les conditions d'utilisation des véhicules particuliers via la part modale et la portée des déplacements voiture, expliquent une part importante de la caractérisation de ces profils-types. Les portées de déplacements peuvent varier du simple (classe 1) au double (autres classes) selon les cas, et hormis dans la classe 1 où la part modale de la voiture est de l'ordre de 50%, cette part peut atteindre 80 à 90% dans les autres cas.

Taille d'aire urbaine

Type du jour	Taille d'AU	Population (M hab.)	mob	DIST cond	OC	%VP	produit VKT*L	CO2 (kg)
Un jour moyen	Communes hors AU	13,3	2,5	12,4	1,30	76,9%	18,7	4,3
	AU < 50 000 hab.	4,7	2,7	10,6	1,35	77,4%	16,6	3,9
	AU 50 - 100 000 hab.	3,9	2,6	9,8	1,32	72,9%	13,9	3,6
	AU 100 - 200 000 hab.	4,3	2,6	10,9	1,34	70,3%	15,1	3,7
	AU 200 - 500 000 hab.	8,9	2,6	10,3	1,37	72,2%	14,1	3,7
	AU > 500 000 hab.	10,5	2,8	11,0	1,29	65,0%	15,3	3,8
	AU de Paris	10,6	2,4	11,3	1,37	49,1%	9,8	2,6
Dans la semaine	Communes hors AU	13,3	3,0	12,0	1,21	75,6%	22,3	4,7
	AU < 50 000 hab.	4,7	3,3	9,5	1,25	76,0%	19,0	4,3
	AU 50 - 100 000 hab.	3,9	3,1	9,7	1,23	71,5%	17,6	4,0
	AU 100 - 200 000 hab.	4,3	3,2	9,7	1,27	69,1%	16,6	3,9
	AU 200 - 500 000 hab.	8,9	3,2	9,6	1,23	66,7%	16,9	4,0
	AU > 500 000 hab.	10,5	3,4	9,7	1,18	61,4%	17,0	4,0
	AU de Paris	10,6	3,0	10,7	1,23	43,3%	11,3	2,8
Samedi	Communes hors AU	13,3	2,5	12,8	1,35	78,8%	18,8	3,8
	AU < 50 000 hab.	4,7	2,8	11,1	1,43	78,5%	16,8	3,4
	AU 50 - 100 000 hab.	3,9	2,4	9,9	1,39	73,7%	12,8	2,9
	AU 100 - 200 000 hab.	4,3	2,7	11,5	1,38	72,3%	15,9	3,5
	AU 200 - 500 000 hab.	8,9	2,5	10,4	1,46	75,8%	13,6	3,1
	AU > 500 000 hab.	10,5	2,7	11,7	1,39	67,3%	15,2	3,4
	AU de Paris	10,6	2,5	10,8	1,42	53,6%	10,3	2,5
Dimanche	Communes hors AU	13,3	2,1	12,6	1,36	76,6%	15,0	3,1
	AU < 50 000 hab.	4,7	2,1	11,6	1,40	78,2%	13,9	2,7
	AU 50 - 100 000 hab.	3,9	2,1	9,8	1,38	74,0%	11,2	2,6
	AU 100 - 200 000 hab.	4,3	2,1	12,0	1,38	69,7%	12,8	2,7
	AU 200 - 500 000 hab.	8,9	2,0	11,3	1,48	76,5%	11,9	2,6
	AU > 500 000 hab.	10,5	2,2	12,3	1,37	67,5%	13,6	3,0
	AU de Paris	10,6	1,7	13,1	1,54	52,7%	7,8	1,7
Ensemble		56,2	2,6	11,2	1,33	68,2%	14,8	3,7

Champs : Ensemble de la population ; notations au §IV.3.1

Tableau IV.21 : Taux d'occupation selon différentes tailles d'aire urbaine, par type du jour

Pour un jour quelconque de la semaine, les taux d'occupation de l'AU de Paris (mais aussi de celles de 200 000 à 500 000 habitants) sont les plus hauts (1,37), en raison du taux élevé le weekend, alors que celui de la semaine est au niveau moyen. Pour le Produit VKT*L, hormis Paris, les AU de 50 000 à 100 000 habitants obtiennent la valeur la plus faible, en raison des distances conducteur les moins élevées.

A quelques exceptions près (AU de plus de 500 000 hab. au taux inférieur à la moyenne, contre AU de moins de 50 000 hab. au taux supérieur à la moyenne), les taux d'occupation dans les grandes AU paraissent plus élevés que dans les petites.

Les taux d'occupation dans les aires urbaines de plus de 500 000 habitants et hors d'aire urbaine sont plus faibles que la moyenne. Celui des aires urbaines plus de 500 000 habitants est le plus faible en semaine, avec seulement 1,18, probablement à cause d'une grande proportion de conducteurs seuls, liée aux déplacements obligés et à la diversité des destinations fixes (bureau, école,...)

Le VKTL pour les communes hors aire urbaine est le plus haut (18,7), à cause des distances plus importantes, pour une part modale et un taux d'occupation assez hauts eux aussi.

Dans la semaine, les taux d'occupation sont plus homogènes qu'en weekend, ils varient de 1,18 (AU de plus de 500 000 hab.) à 1,27 (AU de 100 à 200 000 hab.) (7% de différence). Ces taux augmentent le weekend mais restent en deçà des moyennes des samedis et dimanches.

Selon différents type d'espace dans l'aire urbaine

Les taux d'occupation des centres (Tableau IV.22, page suivante) sont plus élevés que la moyenne, et bien sûr à l'inverse, la plupart de ceux des périurbains et des banlieues sont plus faibles que la moyenne.

Les taux d'occupation des communes multi-polarisées et de l'espace rural sont les plus faibles, 1,28 et 1,30. Celui de Paris est le plus élevé à 1,54 (soit 20% plus élevé). Il est fortement plus élevé sur les 2 segments de mobilité de la semaine et du weekend, notamment le dimanche, où il atteint 1,73.

Dans la semaine les taux d'occupation sont assez homogènes, de 1,19 à 1,30. Les banlieues des aires urbaines plus de 100 000 habitants ont les taux les plus faibles et Paris a le plus élevé. Et ceux des périurbains varient de 1,21 à 1,24

(par rapport de 1,22 en moyen). Ceux des banlieues sont plus faibles que les centres et les périurbains.

Le weekend, les taux d'occupation de l'espace rurale et des communes multi-polarisées sont les plus faibles. Ceux des grandes aires urbaines apparaissent ici aussi plus élevés que ceux des petites.

En triant le tableau par ordre croissant du produit VKTL, on peut noter que les centres et la banlieue de Paris ont un produit plus faible que la moyenne (avec des distances mais surtout une part modale VP un peu plus basse qu'ailleurs), tandis que celui des communes multi-polarisées et périurbaines sont les plus élevées (en raison de distances, et secondairement de part voiture, plus élevées elles aussi). En comparant Paris et les communes multi-polarisées et Paris, on remarque que les communes multi-polarisées ont un produit VKTL 6 fois plus élevé que Paris en semaine et encore 5,5 fois le weekend.

Type du jour	Type d'AU	Population (M hab.)	mob	DIST cond	OC	%VP	produit VKT*L	CO2 (kg)
Un jour moyen	Rurale	10,1	2,6	11,9	1,30	0,8	17,8	4,2
	Périurbain AU < 100K hab.	2,3	2,4	11,2	1,32	0,8	17,2	4,2
	Pôle urbain AU< 100K hab.	6,3	2,7	9,8	1,34	0,7	14,6	3,6
	Commune multi-polarisée	3,2	2,5	13,7	1,28	0,8	21,5	4,9
	Périurbain AU > 100K hab.	6,0	2,5	12,7	1,32	0,8	19,3	4,7
	Banlieue AU > 100K hab.	9,2	2,7	10,0	1,31	0,7	15,6	4,0
	Centre AU > 100K hab.	8,5	2,7	9,9	1,38	0,6	10,8	2,7
	Périurbain AU de Paris	1,4	2,4	14,8	1,36	0,7	19,6	4,6
	Banlieue de Paris	7,2	2,4	10,2	1,36	0,5	9,7	2,7
	Paris	2,0	2,4	12,3	1,54	0,2	3,4	1,0
Dans la semaine	Rurale	10,1	3,0	11,5	1,21	0,7	21,1	4,5
	Périurbain AU < 100K hab.	2,3	2,9	10,2	1,21	0,8	20,9	4,6
	Pôle urbain AU< 100K hab.	6,3	3,3	9,3	1,25	0,7	17,4	4,0
	Commune multi-polarisée	3,2	3,0	13,5	1,22	0,8	26,1	5,3
	Périurbain AU > 100K hab.	6,0	3,1	12,6	1,24	0,8	24,7	5,2
	Banlieue AU > 100K hab.	9,2	3,3	9,0	1,19	0,7	17,6	4,3
	Centre AU > 100K hab.	8,5	3,4	7,7	1,23	0,5	10,6	2,7
	Périurbain AU de Paris	1,4	3,0	14,1	1,24	0,7	24,6	5,0
	Banlieue de Paris	7,2	3,0	9,7	1,22	0,5	11,1	2,9
	Paris	2,0	3,0	11,1	1,30	0,1	3,1	1,0
Samedi	Rurale	10,1	2,5	12,4	1,36	0,8	17,9	3,7
	Périurbain AU < 100K hab.	2,3	2,4	12,0	1,38	0,8	17,2	3,5
	Pôle urbain AU< 100K hab.	6,3	2,7	10,1	1,43	0,7	14,1	3,0
	Commune multi-polarisée	3,2	2,4	13,8	1,32	0,8	21,5	4,3
	Périurbain AU > 100K hab.	6,0	2,5	12,4	1,37	0,8	18,4	4,0
	Banlieue AU > 100K hab.	9,2	2,7	10,5	1,39	0,8	15,5	3,6
	Centre AU > 100K hab.	8,5	2,6	10,9	1,49	0,6	11,2	2,5
	Périurbain AU de Paris	1,4	2,6	14,4	1,42	0,8	19,9	4,2
	Banlieue de Paris	7,2	2,5	9,8	1,41	0,6	10,4	2,6
	Paris	2,0	2,5	11,6	1,62	0,2	3,2	1,0
Dimanche	Rurale	10,1	2,1	12,1	1,36	0,7	14,3	3,0
	Périurbain AU < 100K hab.	2,3	1,9	12,2	1,43	0,8	13,5	2,8
	Pôle urbain AU< 100K hab.	6,3	2,2	10,3	1,38	0,7	12,3	2,6
	Commune multi-polarisée	3,2	2,0	13,9	1,33	0,8	16,9	3,4
	Périurbain AU > 100K hab.	6,0	2,0	13,2	1,40	0,8	14,7	3,1
	Banlieue AU > 100K hab.	9,2	2,3	10,9	1,39	0,8	13,6	3,0
	Centre AU > 100K hab.	8,5	2,1	12,3	1,46	0,6	10,6	2,4
	Périurbain AU de Paris	1,4	1,7	16,7	1,51	0,8	14,3	2,8
	Banlieue de Paris	7,2	1,7	12,0	1,53	0,6	7,6	1,8
	Paris	2,0	1,8	14,4	1,73	0,2	3,7	0,9
Ensemble		56,2	2,6	11,2	1,33	0,7	14,8	3,7

Champs : Ensemble de la population ; notations au §IV.3.1

Tableau IV.22 : Taux d'occupation selon les types d'aire urbaine et les types du jour

Selon les tailles d'unité urbaine

Type du jour	Taille d'UU	Population (M hab.)	mob	DIST cond	OC	%VP	produit VKT*L	CO2 (kg)
Un jour moyen	Commune rurale	14,3	2,5	12,7	1,30	0,8	19,6	4,7
	UU < 5 K hab.	4,0	2,6	12,1	1,37	0,7	16,8	4,0
	UU 5 - 10 K hab.	2,8	2,7	11,6	1,33	0,7	17,0	3,8
	UU 10 - 20 K hab.	2,6	2,7	11,8	1,28	0,8	19,5	4,3
	UU 20 - 50 K hab.	3,5	2,6	9,7	1,34	0,7	13,6	3,4
	UU 50 - 100 K hab.	3,9	2,7	10,2	1,33	0,7	13,8	3,4
	UU 100 - 200 K hab.	3,1	2,7	9,0	1,48	0,7	10,7	3,1
	UU > 200 K hab.	12,8	2,8	10,1	1,30	0,6	13,8	3,5
	UU de Paris	9,2	2,4	10,4	1,37	0,5	8,3	2,3
Dans la semaine	Commune rurale	14,3	2,9	12,7	1,21	0,8	24,9	5,2
	UU < 5 K hab.	4,0	3,2	11,0	1,27	0,7	19,1	4,3
	UU 5 - 10 K hab.	2,8	3,3	10,3	1,25	0,7	18,9	4,1
	UU 10 - 20 K hab.	2,6	3,3	10,9	1,21	0,8	22,8	4,7
	UU 20 - 50 K hab.	3,5	3,0	9,3	1,23	0,7	15,8	3,7
	UU 50 - 100 K hab.	3,9	3,3	8,5	1,30	0,7	14,7	3,6
	UU 100 - 200 K hab.	3,1	3,4	8,1	1,29	0,6	13,1	3,3
	UU > 200 K hab.	12,8	3,3	8,8	1,17	0,6	14,9	3,7
	UU de Paris	9,2	3,0	9,8	1,23	0,4	9,3	2,4
Samedi	Commune rurale	14,3	2,5	12,7	1,35	0,8	19,0	3,9
	UU < 5 K hab.	4,0	2,6	12,6	1,42	0,8	17,7	3,9
	UU 5 - 10 K hab.	2,8	2,6	12,4	1,40	0,8	17,4	3,5
	UU 10 - 20 K hab.	2,6	2,6	12,1	1,35	0,8	18,8	3,7
	UU 20 - 50 K hab.	3,5	2,7	9,8	1,44	0,7	13,5	3,0
	UU 50 - 100 K hab.	3,9	2,5	11,5	1,36	0,7	14,4	3,2
	UU 100 - 200 K hab.	3,1	2,6	9,4	1,62	0,7	10,3	2,7
	UU > 200 K hab.	12,8	2,7	10,6	1,40	0,7	13,9	3,2
	UU de Paris	9,2	2,5	9,9	1,42	0,5	8,8	2,2
Dimanche	Commune rurale	14,3	2,0	12,7	1,38	0,8	14,9	3,1
	UU < 5 K hab.	4,0	2,1	13,2	1,48	0,7	13,6	3,0
	UU 5 - 10 K hab.	2,8	2,1	12,7	1,35	0,8	14,6	2,9
	UU 10 - 20 K hab.	2,6	2,2	12,9	1,31	0,8	16,8	3,1
	UU 20 - 50 K hab.	3,5	2,1	10,2	1,38	0,8	11,5	2,5
	UU 50 - 100 K hab.	3,9	2,2	11,4	1,33	0,7	12,4	2,6
	UU 100 - 200 K hab.	3,1	2,1	10,0	1,65	0,7	8,6	2,1
	UU > 200 K hab.	12,8	2,2	11,5	1,39	0,7	12,8	2,9
	UU de Paris	9,2	1,7	12,2	1,55	0,5	6,8	1,6
Ensemble		56,2	2,6	11,2	1,33	0,7	14,8	3,7

Champs : Ensemble de la population ; notations au §IV.3.1

Tableau IV.23 : Taux d'occupation selon les tailles d'unité urbaine et les types du jour

Les tailles d'agglomération nuancent ces résultats. Le taux d'occupation est plus haut pour les unités urbaines de 100 à 200 000 habitants (1,48), suivi (aux deux extrêmes) par ceux des unités urbaines de moins de 5 000 habitants et de Paris, avec 1,37. Celui des UU de 10 à 20 000 habitants est le plus faible, à 1,28; puis ceux des UU de plus de 200 000 habitants et des communes rurales à 1,30. D'où un écart relativement restreint de 16%. Il n'en va pas de même pour le produit VKTL, puisqu'il varie du simple au double entre les UU de 100 à 200 000 habitants (10,7) et les UU de 10 à 20 000 habitants (19,5). Le VKTL des petites unités urbaines est généralement plus grand que celui des autres.

Le dimanche, les écarts de taux d'occupation sont plus amples, avec 1,65 pour les UU de 100 à 200 000 habitants contre 1,31 pour les UU de 10 à 20 000 habitants, soit 26% de différence.

Les taux d'occupation des UU de plus de 200 000 habitants sont toujours les plus faibles, notamment en semaine (1,17). Ceux des UU de 50 à 100 000 habitants sont les plus élevés à 1,30, suivis par ceux des UU de 100 à 200 habitants.

A Paris, le taux d'occupation dans la semaine est au niveau moyen, alors, mais ses taux sont très hauts durant les weekends, avec 1,55 le dimanche et 1,42 le samedi.

Entre les UU de 100 à 200 000 habitants et celles de plus de 200 000 habitants, la différence de VKTL s'établit à 30%, et la raison est plus à rechercher dans les taux d'occupation que dans les distances et parts modales voiture.

Selon les types de zones et tailles d'unités urbaines

Selon le tableau IV.24 de la page suivante, les taux d'occupation des banlieues sont légèrement supérieurs à la moyenne. Exception faite de Paris, ceux des banlieues des petites unités urbaines sont le plus élevés dans la semaine (1,29) et ceux des banlieues des moyennes et grandes unités urbaines sont les plus élevés au weekend.

Les taux d'occupation des villes centres croissent avec la population. Celui des petites unités urbaines est inférieur à la moyenne, puis celui des grandes unités urbaines est légèrement supérieur à la moyenne, et enfin celui de Paris est le plus haut. Les taux d'occupation pour la ville centre de Paris sont plus élevés sur les deux segments de mobilité de semaine et de fin la semaine.

En comparant les taux d'occupation des ville-centres et de leurs banlieues, ceux des petites unités urbaines et des grandes présentent une configuration

inverse, ceux des banlieues des grandes unités urbaines (y compris Paris) sont plus faibles que ceux des ville-centres.

Les taux des villes isolées, quant à eux, sont dans la moyenne, et ceux des communes rurales sont légèrement plus faibles que la moyenne.

Type du jour	Taille d'UU	Population (M hab.)	mob	DIST cond	OC	%VP	produit VKT*L	CO2 (kg)
Un jour moyen	Banlieue d'UU < 200K hab.	5,1	2,7	10,5	1,36	0,8	16,4	3,9
	Ville centre d'UU < 200K hab.	7,3	2,8	10,2	1,28	0,7	16,3	4,1
	Banlieue d'UU > 200K hab.	7,2	2,4	10,2	1,36	0,5	9,7	2,7
	Ville centre d'UU > 200K hab.	9,8	2,6	10,4	1,36	0,7	13,2	3,3
	Banlieue d'UU de Paris	5,5	2,7	9,9	1,36	0,5	10,6	2,6
	Ville centre d'UU de Paris	2,0	2,4	12,3	1,54	0,2	3,4	1,0
	Ville isolée	5,0	2,8	11,6	1,33	0,7	17,4	4,2
	Commune rurale	14,3	2,5	12,7	1,30	0,8	19,6	4,7
Dans la semaine	Banlieue d'UU < 200K hab.	5,1	3,3	9,3	1,29	0,8	18,1	4,2
	Ville centre d'UU < 200K hab.	7,3	3,3	9,1	1,16	0,7	18,1	4,4
	Banlieue d'UU > 200K hab.	7,2	3,0	9,7	1,22	0,5	11,1	2,9
	Ville centre d'UU > 200K hab.	9,8	3,2	9,6	1,25	0,6	15,6	3,5
	Banlieue d'UU de Paris	5,5	3,4	8,1	1,21	0,5	10,7	2,7
	Ville centre d'UU de Paris	2,0	3,0	11,1	1,30	0,1	3,1	1,0
	Ville isolée	5,0	3,3	10,2	1,23	0,7	19,4	4,4
	Commune rurale	14,3	2,9	12,7	1,21	0,8	24,9	5,2
Samedi	Banlieue d'UU < 200K hab.	5,1	2,7	11,4	1,42	0,8	17,3	3,7
	Ville centre d'UU < 200K hab.	7,3	2,7	10,7	1,36	0,8	16,2	3,7
	Banlieue d'UU > 200K hab.	7,2	2,5	9,8	1,41	0,6	10,4	2,6
	Ville centre d'UU > 200K hab.	9,8	2,5	10,7	1,45	0,7	12,8	2,8
	Banlieue d'UU de Paris	5,5	2,7	10,5	1,48	0,6	10,9	2,5
	Ville centre d'UU de Paris	2,0	2,5	11,6	1,62	0,2	3,2	1,0
	Ville isolée	5,0	2,7	12,4	1,39	0,8	18,1	4,0
	Commune rurale	14,3	2,5	12,7	1,35	0,8	19,0	3,9
Dimanche	Banlieue d'UU < 200K hab.	5,1	2,2	11,2	1,39	0,8	13,8	2,9
	Ville centre d'UU < 200K hab.	7,3	2,3	11,2	1,36	0,8	14,6	3,2
	Banlieue d'UU > 200K hab.	7,2	1,7	12,0	1,53	0,6	7,6	1,8
	Ville centre d'UU > 200K hab.	9,8	2,0	11,5	1,42	0,7	11,3	2,4
	Banlieue d'UU de Paris	5,5	2,2	11,9	1,44	0,6	10,3	2,4
	Ville centre d'UU de Paris	2,0	1,8	14,4	1,73	0,2	3,7	0,9
	Ville isolée	5,0	2,2	12,9	1,42	0,7	14,6	3,2
	Commune rurale	14,3	2,0	12,7	1,38	0,8	14,9	3,1
Ensemble		56,2	2,6	11,2	1,33	0,7	14,8	3,7

Champs : Ensemble de la population ; notations au §IV.3.1

Tableau IV.24 : Taux d'occupation selon les zones d'unité urbaine et les types du jour

La différence de taux d'occupation entre zones selon des types du jour est forte et a une incidence significative sur les véhicules*kilomètres parcourus et donc sur le produit VKTL. Ce dernier varie nettement selon les types de localisation, principalement à cause des différences de part modale voiture %VP, plutôt que sous l'influence des taux d'occupation et des distances conducteur. Mais, nous constatons aussi des zones où les VKTL varient aussi selon les taux d'occupation (malgré des %VP moins variés).

Les VKTL sont les plus hauts pour les villes isolées et les communes rurales ; plus faibles pour les grandes villes, notamment à Paris et sa banlieue. Les grandes unités urbaines ont un produit plus faible que celui des petites.

Les taux d'occupation du weekend sont plus élevés que ceux de la semaine. Ils sont assez homogènes en semaine et plus variés le weekend (notamment le dimanche). Ceux des centres sont plus élevés que ceux des banlieues et zones périurbaines. Idem sur le VKTL. Généralement, les taux d'occupation dans les grandes aires urbaines sont plus élevés que celles de petites.

Paris se présente toujours comme un cas particulier, puisque son VKTL est bien plus faible que celui des autres zones, alors que ses taux d'occupation sont parmi les plus élevés. Si l'on exclue Paris des comparaisons, les valeurs observées varient beaucoup moins fortement.

Concernant les aires urbaines de plus de 500 000 habitants, les taux d'occupation sont parmi les plus faibles, mais les VKTL restent légèrement plus élevés que la moyenne, à cause de parts voiture et distances conducteur relativement faibles, probablement à cause de la diversité des lieux fixes (comme bureaux, écoles, etc.).

Les espaces ruraux et les communes multi-polarisées ont les plus faibles taux d'occupation et les distances et parts voiture (et le VKTL) les plus élevées. Pour les communes multi-polarisées notamment, le VKTL est plus de 6 fois plus haut que celui de Paris dans la semaine et 5,5 fois plus au weekend. C'est sans doute sur ces zones que des nouveaux services de covoiturage sont à la fois les plus difficiles et les plus « intéressants » à organiser.

Conclusion du chapitre

Les trois thématiques de ce chapitre portent indépendamment sur deux parties de la mobilité individuelle : locale, pour les § IV.2 & § IV.3, et à longue distance, pour le § IV.1. Les résultats obtenus confirment et approfondissent les résultats principaux issus du chapitre III.

Sur le sujet du genre, les hommes apparaissent plus mobiles que les femmes pour les déplacements à longue distance – alors qu’elles le sont moins sur les autres segments, et l’écart entre les deux genres est encore plus fort en termes de budget de CO₂, puisqu’il varie du simple au double. En analysant plus en détail selon les différentes zones de résidences, les catégories d’âge, de type de ménage, de revenu et de situation professionnelle différencient ces contrastes entre hommes et femmes. L’écart en émission de CO₂ est en moyenne de 2 mais il peut atteindre 4 (pour les banlieues des aires urbaines de 100 000 à 200 000 habitants) ou bien se réduire à quasiment rien de significatif (pour les familles monoparentales) ou bien, montrer aussi que les maxima ne sont pas atteints dans les mêmes catégories (les hommes sont par exemple les plus émetteurs dans la tranche 25-45 ans, tandis que chez les femmes, le maximum est atteint pour la tranche 45-65 ans).

Sur les motifs d’achat et de loisirs, un effet « cyclique » (des centres pôles aux banlieues puis aux espaces périurbains) se retrouve, quelle que soit la taille de région urbaine, sur les budgets d’émission de CO₂ ainsi que sur les budgets distances, les habitants des centres émettant le moins. En budgets temps, ce phénomène est en quelque sorte inversé, puisque les temps passés quotidiennement aux centres sont plus élevés que dans les banlieues et périphéries.. Exception faite des banlieues de l’AU de Paris, qui se comportent comme les centres des autres, cela correspond évidemment à des vitesses plus faibles aux centres, et à sans doute une moindre dépendance automobile. Les analyses ont également montré une forte différenciation entre types de jour, avec une « pointe » pour les achats le samedi, et des valeurs un peu en retrait le dimanche par rapport au samedi pour les loisirs, mais de toute façon bien plus forte que pour les autres jours de la semaine.

Les analyses de la dernière partie, plus concentrée sur l’automobile, montrent aussi une grande variance entre zones et types de jours sur les distances conducteurs, les nombres de déplacements, les parts modales voiture et les taux d’occupation, la résultante ayant une incidence forte sur les émissions de CO₂, indiquant, s’il en était encore besoin, que des moyens de réductions peuvent également être trouvés du côté des modifications de comportements de

mobilité individuelle, et pas uniquement des avancées technologiques. Sur cette thématique enfin, la répartition entre les classes de notre typologie s'est elle aussi montrée très contrastée, éclairant un peu la composition des classes (notamment sur la sur-représentation des conducteurs seuls et sur les parts modales de l'automobile) : si la classe 1, bien que moins motorisée, a des taux d'occupation très élevés de 2,11 à 3,11 ; les trois autres ont des taux qui restent proches de 1. La part de la voiture reste proche de 50% dans la classe 1 (et sur de plus petites distances), alors qu'elle peut atteindre des proportions de 80% à 90% dans les autres classes.

Conclusion générale

Au terme de ce travail de recherche, il convient d'effectuer un bilan des principaux résultats obtenus, avec leurs limites et les prolongements possibles. Cette thèse nous semble avoir globalement atteint les objectifs exposés en introduction.

1. Résultats

a. Reconstitution à l'année de la mobilité individuelle : un résident français émet en moyen 1,8 tonne de CO₂ par an avec une répartition de 58% en semaine, 17% les weekends et 25% en longue distance.

Le traitement environnemental des enquêtes de mobilité est très gourmand en données. Insistons sur le fait que la reconstitution d'une année complète de mobilité n'est pas aisée : il faut notamment disposer d'un module « longue distance » compatible avec le recueil plus courant de la mobilité quotidienne. L'ENTD 2007-2008 nous fournit un exemple d'application en rassemblant les deux segments de mobilité – la mobilité locale et les voyages à longue distance - pour des individus interrogés lors d'une même enquête. La reconstitution à l'année de la mobilité individuelle permet de réaliser plusieurs analyses approfondies.

Une première description des comportements selon 14 zones de résidence en termes d'aires urbaines montre que le cas parisien est particulier avec deux tiers du CO₂ émis en longue distance. Si les habitants des villes-centres émettent moins que la moyenne nationale (de 1,0 à 1,6 tonne de CO₂ par an selon la taille de l'aire urbaine, tous segments de mobilité confondus), les habitants des zones périurbaines émettent plus (de 1,9 à 2,5 tonnes de CO₂ par an). Chez les banlieusards, le budget annuel de CO₂ occupe une position intermédiaire et croît avec la taille de l'aire urbaine (de 1,5 à 2,0 tonnes de CO₂ par an). Les écarts entre ces zones sont aussi visibles sur les autres indicateurs de mobilité comme la fréquence des déplacements, le budget distance et le budget temps.

Quant aux « effets de masse » (émissions globales de l'ensemble de la population), on peut souligner que le regroupement des habitants de l'espace rural et de ceux des petites aires urbaines (moins de 100 000 habitants) arrive largement en tête en émettant au total un peu plus de 40% du bilan national, suivi par le groupe des seuls banlieusards des aires urbaines de plus de 500 000 habitants (y compris Paris), avec plus de 20% du total. Ces sommations nous font porter un regard totalement différent de celui des valeurs moyennes individuelles.

Par suite, lorsque l'on s'interroge sur des politiques de transport visant à réduire nos émissions, sur quelles populations de quelles zones est-il le plus judicieux de porter l'effort et avec quels types de mesures ?

b. Articulation temporelle de la mobilité individuelle selon les différents espaces résidentiels : 4 profils-types

La typologie par classification ascendante hiérarchique a abouti à quatre profils-types de mobilité selon les budgets d'émissions de CO₂ sur les trois segments temporels de la mobilité : dans la semaine, le weekend et à longue distance. En considérant ces proportions sur chaque type d'espace ou chaque catégorie socio-éco-démographique, nous pouvons expliciter leurs caractéristiques et exhiber les principaux contrastes. Les profils-types nous montrent également que les comportements de mobilité ne sont pas uniquement visibles (ni uniformes) dans un seul type d'espace, contrairement à ce que laisserait penser le fameux titre « *Dis moi où tu habites, je te dirai comment tu te déplaces* » [Gallez, C., Orfeuil, J.-P., 1998], puisque d'une part d'autres variables explicatives interfèrent fortement, et que d'autre part toute classe ainsi constituée conserve forcément en elle une grande variabilité des comportements entre les individus.

Nous avons explicité les rôles des différents déterminants géographiques et leur importance relative par rapport aux autres facteurs, socio-économiques et démographiques sur ces profils-types. Juste après l'âge qui semble toujours être le premier ou deuxième déterminant, les variables géographiques arrivent un peu plus loin pour chacun des 4 profils-types, souvent au troisième rang en concurrence avec le revenu qui joue un rôle très significatif, notamment chez les grands mobiles.

Un certain « effet barbecue » est visible mais nous devons souligner d'une part qu'il ne semble pas exclusivement parisien, et d'autre part qu'il n'est sans doute pas suffisamment fort pour pouvoir confirmer que les habitants des (grands) centres villes ruinent nécessairement durant le weekend leurs comportements plutôt vertueux en semaine grâce à l'utilisation de modes moins polluants.

Les études de cas selon le genre, les grands voyageurs (grands pendulaires ou transcontinentaux), et certains motifs de déplacements (achat, loisirs), sont des coups de projecteurs qui ont apporté des résultats complémentaires sur l'articulation temporelle des mobilités selon les différents espaces de résidence.

Les hommes sont plus mobiles que les femmes ; sur les déplacements à longue distance, l'écart est encore plus marqué (échelle de 1 à 2 pour les émissions de CO₂, pouvant atteindre 1 à 4 chez les habitants des banlieues des aires urbaine de 100 000 à 200 000 habitants).

Pour les motifs d'achat et de loisirs en mobilité locale, on observe que les habitants des villes-centres émettent moins que ceux de banlieues ou du périurbain, alors que les budgets-temps sont plus faibles en périphérie. Une prédominance des samedis, et secondairement des dimanches dans le cas des loisirs, a également été montrée.

Enfin, l'analyse des taux d'occupation sur l'exemple de l'automobile pour des déplacements locaux, en considérant séparément trois types de jours en semaine, (jour ouvrable, samedi et dimanche), a montré qu'un meilleur remplissage des véhicules est un facteur important de l'efficacité énergétique (et donc du CO₂) des déplacements. Du point de vue spatial, il y a là un intérêt à rechercher des pistes d'amélioration (certes peu évidentes, mais envisageables via de nouveaux services de covoiturage ?), en vue de faire diminuer « l'autosolisme » particulièrement dans les zones les moins denses.

2. Extensions et pistes de recherche

Ce travail de thèse se termine par des études de cas en complément des résultats sur l'articulation temporelle des mobilités selon les différents espaces résidentiels. On peut réaliser ce travail sur des bases de données différentes, des périmètres différents selon les besoins. Mais sur le contenu de ce travail, il y a trois pistes que nous pouvons proposer pour aller plus loin.

a. Etude rétrospective en comparant avec la dernière enquête ETC 1993-1994

Plusieurs études diachroniques ont déjà été réalisées en comparant les résultats des Enquêtes Nationales Transport successives. Pour appliquer notre approche, l'étape de reconstitution de la mobilité à l'année est délicate ; en effet, dans l'ETC 1993-1994, les mobilités locale et à longue distance étaient recueillies pour deux membres du ménage tirés au sort indépendamment (Kish A et B). Il s'agit parfois du même individu (personne seule notamment) ; une pondération spécifique a été calculée pour ce petit échantillon, mais les résultats apparaissent néanmoins assez fragiles ou imprécis [Orfeuill et Soleyret, 2002]. Par contre, nous pouvons estimer chaque type de mobilité pour des catégories d'individus, puis en faire la synthèse. Dans ce cas, les valeurs individuelles sont des moyennes de groupes. Donc, pour la comparaison entre deux périodes, il faut commencer par réaliser un

découpage (par exemple par zones, ou sur des critères caractérisant nos classes) tel que nous l'avons développé sur l'ENTD 2007-2008, puis transposer ce découpage à l'ETC 1993-1994. Alors, nous pouvons analyser sur presque quinze ans les évolutions de la mobilité individuelle et des émissions de CO₂ qui en résultent.

b. Estimation des consommations énergétiques des transports et d'autres types d'émissions

Les émissions de polluants atmosphériques du secteur des transports ne se limitent pas au CO₂ : on peut citer également les polluants nocifs comme les particules et les précurseurs d'ozone (CO, COV, NO_x), mais aussi les autres gaz à effet de serre (CH₄, N₂O au moins) à partir desquels on peut estimer un équivalent-CO₂. Pour les études sur la pollution et la consommation énergétique du secteur des transports, il faut traiter aussi les autres émissions toxiques, comme on sait déjà le faire en standard pour les enquêtes déplacements locales, [Hivert et al., 2014].

D'autre part, pour pouvoir mener l'étude rétrospective par comparaison avec la version précédente de l'enquête, il faut estimer nous même les émissions car sur les fichiers de l'ETC 1993-1994, il n'y a pas les valeurs des émissions de CO₂.

c. Amélioration de la reconstitution à l'année de la mobilité individuelle

Pour estimer la mobilité à longue distance, nous n'avons utilisé que la description détaillée des déplacements au cours des 4 dernières semaines ; or une information succincte sur les voyages au cours des trois derniers mois figure aussi dans l'enquête, mais on peut soupçonner sur la base de travaux antérieurs [Madre et Armoogum, 1997], [Armoogum, 2000] qu'elle comporte un certain volant d'oublis, correspondant à des non-réponses non ignorables (c'est-à-dire corrélées au phénomène mesuré). Toutefois, l'utilisation de cette information permettrait d'améliorer sensiblement la précision des résultats en enrichissant l'échantillon, tout en risquant d'introduire des biais liés aux effets mémoire.

A l'avenir, les nouvelles technologies d'enquête (notamment le suivi par GPS ou via les *smartphones*) sont susceptible d'accroître considérablement le volume et la précision des données décrivant les déplacements, sans introduire de rupture entre mobilité locale et à longue distance. Elles sont également susceptibles de résoudre la question des « angles morts » (notamment des déplacements locaux sur un lieu de séjour non habituel), qu'il a fallu reconstituer sur la base d'hypothèses souvent fragiles.

Pour conclure, sachant que la maîtrise et la réduction des émissions de GES représente un enjeu stratégique de premier ordre sur le long terme, et particulièrement dans le domaine des transports, il y avait donc tout lieu de développer ce type de diagnostic environnemental intégré, c'est à dire tenant compte du résidentiel comme des lieux de séjour, montrant où se situent les déterminants, les inerties dans les espaces et les modes de vie, et les éventuels leviers, afin de dégager des pistes pertinentes du côté des mesures de politiques de transport à envisager en vue d'infléchir les comportements. Il ne s'agit pas forcément d'orienter les localisations (même si la question peut se poser à long terme), mais de voir sur quelles populations on doit chercher à porter les efforts et avec quelles types de mesures, comme par exemple en offrant de nouveaux services (moins individualistes) ou systèmes intermédiaires (éventuellement semi-collectifs) dans les zones les moins denses.

Références bibliographiques

Ademe (2003) « *Logiciel IMPACT-ADEME Version 2.0 Emissions de polluants et consommation liées à la circulation routière* », livret de présentation, Ademe éditions, 2003, Paris.

Ademe (2008), « *Efficacités énergétique et environnementale des modes de transport, Synthèse publique* », rapport Deloitte pour ADEME, janvier 2008.

Ademe (2012) « *Base Carbone* » <http://www.basecarbone.fr/>

André, M., Keller, M. Sjödin, A., Gadrat M. & I. McCrae (2008) “*The ARTEMIS European tools for estimating the pollutant emissions from road transport and their application in Sweden and France*”.

Armoogum, J. et Madre, J.-L. (1997) « *Du redressement des non-réponses totales aux contrôles sur la cohérence des réponses* », Recherche Transport et Sécurité, N° 57, pp.67-77.

Armoogum, J. et Madre, J.-L. (1998) « *Redressement de l'enquête Transports pour l'estimation de matrices Origine-Destination* », Rapport INRETS, N° 223.

Armoogum, J. (2000), « *Correction de la non-réponse et de certaines erreurs de mesure dans une enquête par sondage : application à l'enquête transports et communication 1993-1994* », thèse Université libre de Bruxelles - institut de recherche opérationnelle, 200p.

Armoogum J., (2002) « *Correction de la non-réponse et de quelques erreurs de mesure dans une enquête par sondage : Application à l'enquête Transports et Communication* », Rapport de recherche INRETS, n° 239, 192 pages.

Armoogum J., Hubert J.-P., Bonnel P., Madre J.-L. (2007) « *Préparer la prochaine enquête nationale transport avec un regard international* » INRETS, DRAST. p. 123.

Armoogum J., Hubert J.-P., François D., Roumier B., Robin M., Roux S. (2011) « *ENTD 2007-2008 – Guide méthodologique* », MEDDTL, novembre 2011.

Armoogum J., Roux S. (2011) « *Rapport final Mise en perspective des Enquêtes Nationales Transports 1973/74 – 1981/82 – 1993/94 et 2007/08* ».

Bigot R., Croutte P., Duflos C. (2009) « *Les différences de modes de vie selon le lieu de résidence* », Cahier de recherche, N° 259, CREDOC, décembre 2009

Boulter et McCrae eds. (2007) « *ARTEMIS: Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems – Final Report* », TRL report, 337 pages.

Certu (2012) « *Calcul des émissions de CO2 à partir de l'ENTD 2008: méthodologie et premiers résultats* », Certu, Let, mars 2012, par Longuar Z., Nicolas J.P. et Verry D.

Cete Nord-Picardie (2012), « *La mobilité pour achat dans l'EMD de Lille 2006* »

Cete Normandie-Centre (2010) « *COPCETE v3 – Outil de calcul des émissions polluantes d'origine routière* », Notice d'utilisation, V. Demeules, diffusion restreinte au RST.

Citepa, MEDDE et Caisses des Dépôts, mars 2014, « *Rapport National d'inventaire pour la France au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et du protocole de Kyoto* », Rapport du Comité Interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique, 592 p.

- Crozet Y., (2014) « *La ville et le facteur 4 à l'horizon 2050* », chapitre 21 in : « Ville et mobilité. Nouveaux regards », collection Méthodes et Approches dirigée par Gérard Brun, Economica, pp. 327-346.
- Desse R.-P. (2000), « *Les déterminants et les modes de mobilité des consommateurs* », bulletin de la Société géographique de Liège, 39, 2000/2, p65-78
- European Environment Agency (2009) « *EMEP / EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, technical guidance to prepare national emission inventories* », Technical Report N°9 / 2009, ISSN 1725-2237, dont: 1.A.3.b (i, ii, iii, iv) Road transport GB2009 update June 2010, passenger cars, light-duty trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles. 1.A.3.b.v « *Gasoline evaporation* ». 1.A.3.B.vi « *Road vehicle tyre and brake wear* »; 1.A.3.B.vii « *Road surface wear* ».
- FOEN Federal Office for the Environment (2010) « *HBEFA, Handbook emission factors for road transport* », version 3.1 (Jan. 2010).
- Gallez C. (1995) « *Budgets énergie environnement des déplacements (BEED) en Ile-de-France* », INRETS rapport convention ADEME-INRETS, 105 pages.
- Gallez C. (1996) « *Budgets Energie-Environnement des Déplacements (BEED) dans l'arrondissement de Lille* », rapport de convention ADEME/INRETS, N° 690-9306-RB, août 1996.
- Gallez C., Hivert L. (1998) « *BEED : mode d'emploi* », INRETS rapport convention ADEME-INRETS, 85 pages.
- Gallez, C., Orfeuil, J.-P. (1998) « *Dis moi ou tu habites, je te dirai comment tu te déplaces* », in : D. Pumain, M. F. Mattei (Eds) *Données urbaines tome 2, pages 157-164*. Paris: Anthropos, Economica.
- Garcia-Castello, F. J. (2010), « *La mobilité d'achat des particuliers: analyse systémique et éléments de modélisation désagrégée: application à la région Ile-de-France* », thèse de doctorat d'Université Paris-Est, discipline Transport,
- Grimal R., (2010) « *Mobilité à longue distance : plus de voyages s'effectuent en train, mais les seniors restent adeptes de la voiture* », in : « La mobilité des Français-Panorama issu de l'ENTD 2008 », revue du CGDD déc.2010, pp. 123-150.
- Grimal R. (2013) « *Des mobilités plus homogènes ou plus diversifiées ?* », In: Economie et Statistique spécial « Enquêtes Transports », Numéro 457-458 (2012), p.13-34.
- Gouider, N., (1999) « *La mobilité à longue distance des ménages en 1994* », INSEE Résultats, n° 673-675.
- Hivert L. (1994) « *Budgets énergie pollution bilan de la mobilité des ménages de l'agglomération grenobloise* », vol 10, rapport convention ADEME-INRETS, 98 pages.
- Hivert L., Orfeuil J.-P. (1995), « *Budget énergie pollution* », n°2, colloque du Predit, Paris, 07-09/02/1995.
- Hivert, L., Lecouvey, F., Madre, J.L. & F. Bourriot (2006) « *Bilan gaz à effet de serre de l'étalement urbain* », Rapport en cotraitance CEREN-INRETS sur convention pour MEDAD/DAEI/SESP, INRETS, Arcueil, 139 pages + annexes.

- Hivert, L. (2007) "A trans-sectoral approach to estimate the incidence of urban sprawl on the greenhouse effect: transport and housing CO2 emissions analysed by residential location for households living in French large urban areas", Communication à la 11e World Conference on Transport Research, 24-28 June, University of California, Berkeley, USA.
- Hivert L., Quang-Nguyen N., Merle N., Verry D. (2014) « Le diagnostic énergie émissions des mobilités (DEEM): du pari méthodologique à la standardisation », In : Armoogum J., Richer C., Guilloux T. (dirs.), 'Mobilité en transitions. De la connaissance à l'aide à la décision', Ouvrage collectif Eramob/PCI-mob, Cerema-lfsttar, édition Cerema, pp. 207-220, à paraître.
- Hubert J.-P. (2009) « Dans les agglomérations, la mobilité quotidienne des habitants diminue, et elle augmente ailleurs », Insee Première, n°1252, 4 p.
- IRT, CETUR, STU (1984) « Maîtriser l'espace et l'énergie », STU Paris.
- Isnard M., Sautory O. (1994), « Les macros SAS d'analyse des données », INSEE, série des documents de travail, document n° F 9405, 15 mars 1994, 158p.
- Lenglart F., Lesieur C., Pasquier J.L. (2010) « Les émissions de CO2 du circuit économique en France », L'économie française – Comptes et dossier Insee Référence.
- Lepetit K., Yvernogeu C. (2012), « L'effet barbecue. Etude comparative des déplacements des périurbains et des urbains. Elaboration d'un outil de calcul », projet de fin d'étude d'Ingénieur, l'Ecole d'ingénieurs polytechnique de l'Université de Tours.
- Longuar Z., Nicolas J.P. & Verry D. (2010) « Chaque Français émet en moyenne deux tonnes de CO2 pour effectuer ses déplacements », pp. 163-176 in « La Mobilité des Français, panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008 », la Revue du CGDD.
- Louvet N. et al (2014), « Incidences du « rapport au cadre de vie » sur la mobilité de loisir », 6T, in PUCA, « Vivre en ville hors des villes », synthèse de programme de recherche, p.119-130.
- Madre, J.-L., Armoogum, J. (1997), "Accuracy of data and memory effects in home based surveys on travel behavior", 76th annual meeting of Transportation Research Board, Washington.
- Madre J.-L., Maffre J. (1999), "Is it necessary to collect data on daily mobility and on long distance travel in the same survey?", Transportation Research Circular n° E-C026 , Conference "Personal Travel: the long and the short of it", Washington DC, p343-364.
- Madre J.L., Bussière Y. (2002) « Démographie et Transport : villes du Nord et villes du Sud », éditions l'Harmattan.
- Maffre, J., Volatier J.L., (1998) « Les profils globaux de mobilité: La mobilité globale des français en 1982 et 1994 ». Report for Predit, Credoc.
- Massot M-H., Orfeuil J-P. (2007), « La contrainte énergétique doit-elle réguler la ville ou les véhicules ? Mobilités urbaines et réalisme écologique », Les Annales de la Recherche Urbaine, N°103, Lavoisier, 13p
- Merle N., Dupont A., Quételard B. & L. Hivert (2009), « Le Diagnostic Environnemental de la Mobilité 2006, Consommation énergétique, émissions de gaz à effet de serre et de polluants locaux de l'air : quel est l'impact des transports et des déplacements ? », rapport final en co-traitance INRETS et CETE NP pour Lille Métropole Communauté Urbaine, région Nord-Pas de Calais et ADEME, novembre, 149 pages.

- Murakami E., McGuckin N. (2001), « *Personal travel: the short and the long of it* », Conference proceedings, TRB Conference, June 28-July 1, 1999, Washington, In: Transportation Research E-Circular, Number EC026, March 2001.
- Nessi H. (2012), « *Influences du contexte urbain et du rapport au cadre de vie sur la mobilité de loisir en Île-de-France et à Rome* », thèse de doctorat d'Université Paris-Est, discipline Urbanisme - Aménagement, tome 1, 604p.
- Newman P., Kenworthy J. (1989) "*Cities and automobile dependence: an international sourcebook*", Gower Technical, Aldershot, Royaume-Uni.
- Nicolas J.-P., David D. (2009), « *Passenger transport and CO2 emissions: What does the French transport survey tell us?* », Atmospheric Environment n° 43 (2009), pp. 1015-1020.
- Nicolas J.P., Verry D. & Longuar Z. (juil. 2013) « *Évolutions récentes des émissions de CO2 liées à la mobilité des Français : analyser les dynamiques à l'œuvre grâce aux enquêtes nationales Transports de 1994 et 2008* », pp. 161-183 in : Numéro spécial d'Economie et Statistiques (INSEE) 457-458-2012 « Enquêtes Transports », coordonné par Jean-Paul Hubert.
- Nicolas J.-P. Verry D. (2013), « *A socioeconomic analysis to explain greenhouse gas emissions due to individual mobility* », communication in 13th WCTR, July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro, Brazil.
- Noppe J., Quételard B., Hivert L. (2003) « *Diagnostic énergie environnement des déplacements (environment energy budget of trips) sur l'agglomération Lilloise* », Communication au colloque TILT, 20^e anniversaire du GRRT, Lille, décembre 2003, 13 pages.
- Norland I., Holden E., Lafferty W. (2005). "*Consumption of Energy and Transport in Urban Households: The role of urban planning vs. green consumerism in promoting sustainable consumption*", in: Hertwich E., Briceno T., Hofstetter P., Inaba A (Ed.) « Proceedings, sustainable consumption: the contribution of research, Workshop 10-12 February 2005, Gabels Hus, Oslo », pp. 139-159.
- Orfeuil J.-P. (1984) « *Les budgets énergie Transport: un concept, une pratique, des résultats* » RTS (Recherche-Transports-Sécurité), n°. 2, p. 23–29.
- Orfeuil J.-P., Soleyret D. (2002) « *Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et à longue distance?* » RTS (Recherche-Transports-Sécurité), Vol. 76, p. 208–221.
- Quételard B. (2002), « *Diagnostic Énergie-Environnement des Déplacements dans l'arrondissement de Lille* », document provisoire, CETE Nord-Picardie pour Lille Métropole Communauté Urbaine, Région Nord-Pas de Calais, ADEME, septembre 2002.
- Quételard B. (2010), « *Se rendre au travail ou faire ses courses motive toujours un déplacement quotidien sur deux. Le recours à la voiture se stabilise.* », In : Revue du CGDD « La mobilité des Français, Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008 », décembre 2010, p25-47.
- Raux C., Traisnel J.P., Nicolas J.P. et Delvert K. (2005) « *Bilans énergétiques Transport-Habitat et méthodologie BETEL* ». Lyon, LET, projet ETHEL, rapport R2, Action concertée CNRS – Ministère de la Recherche. 138 p.
- Raux C., Traisnel J.P., Pochet, P., Maïzia M., Croissant Y., Bagard V. et Péguy P.Y. (2006) « *Analyse et modélisation des comportements transports-habitat-localisations* », Lyon, LET, projet ETHEL, rapport R3, Action concertée CNRS – Ministère de la Recherche. 138 p.

Roux S. (2012) « *Transition de la motorisation en France au XXème siècle* », Thèse de l'université Paris I Panthéon-Sorbonne, École Doctorale de Géographie de Paris, Décembre 2012.

Schipper, L., Marie-Lilliu, C., Gorham, R. (2000), "*Flexing the Link between Transport and Greenhouse Gases: A Path for the World Bank*". IEA: Paris, June 2000.

SMAU, Syndicat mixte aire urbaine Belfort-Montbéliard-Héricourt-Delle (2008), « *Commerce et mobilité: les déplacements de semaine pour «achat»* », cahiers de la mobilité, février 2008.

Tapia-Villarreal I., Heddebaut O., Madre J.L. & Quételard B. (2014) « *Influence du taux d'occupation des véhicules sur les émissions de CO2 : étude comparée de villes françaises et mexicaine* », In : Armoogum J., Richer C., Guilloux T. (dirs.), 'Mobilité en transitions. De la connaissance à l'aide à la décision', Ouvrage collectif Eramob/PCI-mob, Cerema-Ifsttar, édition Cerema, pp. 231-241.

Annexes

Annexe 1

On dénombre 120 882 déplacements locaux que nous avons pu utiliser dans nos calculs (par rapport aux 132 880 déplacements qui ont été décrit dans le fichier K_DEPLOC des déplacements locaux de l'ENTD 2007-2008). Ces 120 882 déplacements ont été réalisés par 18 632 individus.

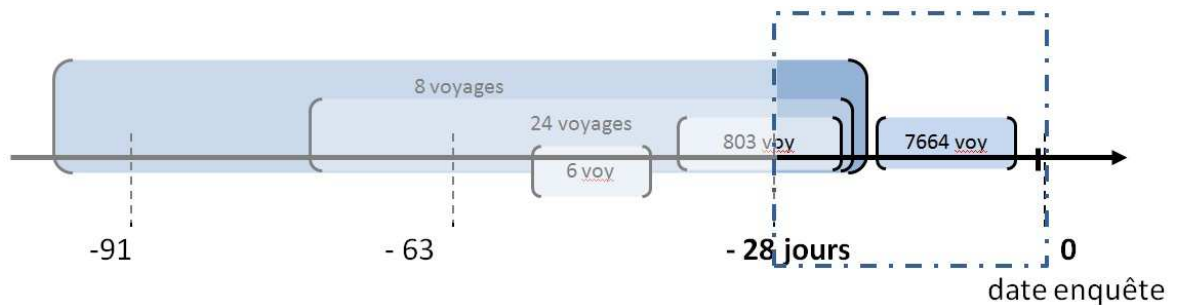
V2_DLOCAL*	Déplacement local à l'étranger	Déplacement à plus de 80 km (à vol d'oiseau) du domicile en France	Déplacement local en France	Total
Jour ouvrable	213	1 342	56 698	58 253
Samedi	75	2 517	38 708	41 300
Dimanche	93	1 978	25 476	27 547
Sous-total	381	5 837	120 882	127 100
<i>(hors référence)**</i>	5	181	5 594	5 780
Total	386	6 018	126 476	132 880

Tableau A.1: Nombre de déplacements dans les données de l'ENTD

* La variable V2_DLOCAL indique si le déplacement était effectivement local, en France ou à l'étranger, ou éventuellement à longue distance le jour du recueil de la mobilité locale.

** Hors référence : Dans le cas où l'enquêté a été immobile ce jour-là (la veille du jour enquêté), c'est alors le dernier jour où il a été mobile qui est décrit dans l'enquête. Mais dans ce cas, ce jour n'est pas le jour de référence, et ses déplacements ne sont pas pris en compte lors de la pondération.

Afin de reconstituer une mobilité annuelle, on peut les mettre en regard des 8 499 voyages à longue distance réalisés par 5 670 de ces individus au cours des quatre dernières semaines.



Source : ENT D 2007-2008

Notes : -28 jours (4 semaines) : mois (-1) depuis la date d'enquête
 -63 jours (9 semaines) : mois (-2) depuis la date d'enquête
 -91 jours (13 semaines) : mois (-3) depuis la date d'enquête.

Figure A.1 : Distribution des 8 505 voyages (brut)
 selon l'échelle du temps avant la visite de l'enquêteur

On compte :

- 8 voyages qui avaient été entamés depuis plus de trois mois se sont finis dans les 28 jours
- plus 24 voyages qui avaient été entamés depuis plus de deux mois et se sont finis dans les 28 jours
- plus 803 voyages qui avaient été entamés depuis plus d'un mois et se sont finis dans les 28 jours
- plus 7 664 voyages qui ont été réalisés au cours des 28 jours
- d'où un total de 8 499 voyages utilisables sur le total de 8 505 voyages dans le fichier K_VOYAGE (dont 6 voyages entre mois -2 et mois -1).

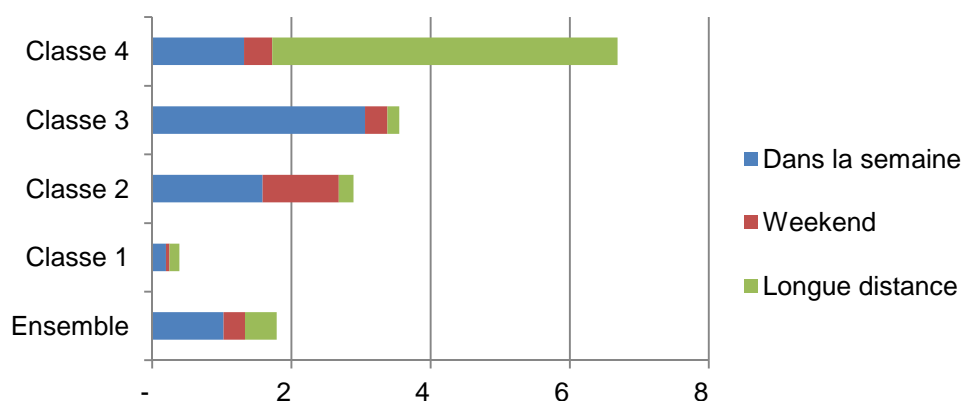
Annexe 2

L'effet de masse selon les quatre classes de la typologie

	Population	Moyenne individuelle (tonnes CO2 / an)				Total en masse (10 ⁶ tonnes CO2 / an)			
		En semaine	Fin de semaine	Longue distance	Total annuel	En semaine	Fin de semaine	Longue distance	Total annuel
Classe1	58,1%	0,20	0,05	0,14	0,39	6,37	1,62	4,65	12,64
Classe2	17,9%	1,59	1,10	0,21	2,89	15,94	11,00	2,11	29,05
Classe3	17,9%	3,06	0,32	0,17	3,55	30,75	3,25	1,69	35,69
Classe4	6,1%	1,32	0,41	4,96	6,69	4,53	1,40	17,09	23,02
Ensemble	56,17(*)	1,03	0,31	0,45	1,79	57,59	17,27	25,54	100,40

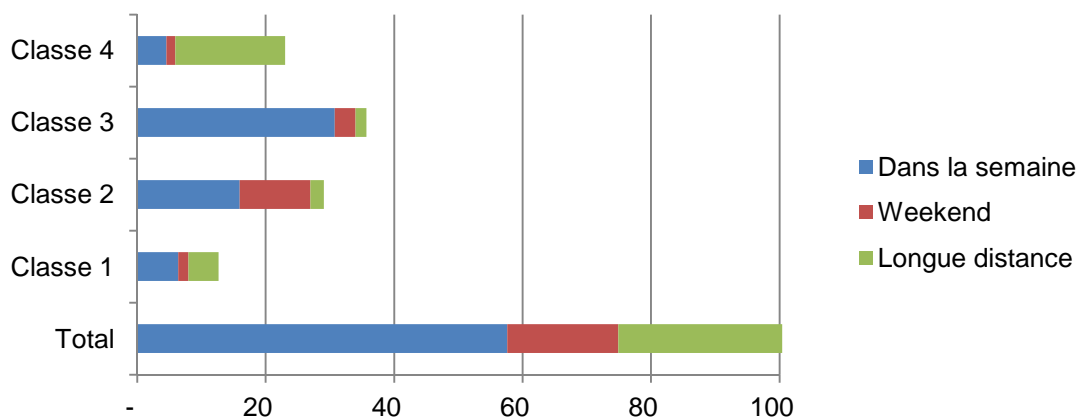
Source : ENT D 2007-2008

Tableau A.2: Emissions de CO2 par individu et en masse selon les classes



Source : ENT D 2007-2008

Figure A.2 : Valeurs moyennes individuelles en tonnes de CO2 par an



Source : ENT D 2007-2008

Figure A.3 : Total émis dans chaque classe en Mt CO2 par an

Avec seulement 6% des habitants, la classe 4 est à la source de 23% émissions de CO2 du total en France métropolitaine. A l'opposé, ceux de la classe 1 représentent 58% des habitants mais émettent seulement 13% de l'ensemble.