



HAL
open science

Articulation temporelle des mobilités individuelles en France et impact CO2 (Des citoyens vertueux en semaine et forts émetteurs le weekend?)

Quang-Nguyen Nguyen

► **To cite this version:**

Quang-Nguyen Nguyen. Articulation temporelle des mobilités individuelles en France et impact CO2 (Des citoyens vertueux en semaine et forts émetteurs le weekend?). 13e Séminaire Francophone Est-Ouest de Socio-économie des Transports, Apr 2014, France. 27 p. hal-01071603

HAL Id: hal-01071603

<https://hal.science/hal-01071603>

Submitted on 6 Oct 2014

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.

Articulation temporelle des mobilités individuelles en France et impact CO2

(Des citoyens vertueux en semaine et forts émetteurs le weekend ?)

Présentation au 13^e Séminaire Francophone Est-Ouest de Socio-économie des Transports, 16/04/14

Nguyen Quang-Nguyen (*mailto: quang-nguyen.nguyen@ifsttar.fr*)

Doctorant à l'Ifsttar-AME-DEST

Tél.: +33 (0)1 81 66 86 36 - Fax.: +33 (0)1 81 66 80 01

IFSTTAR, 14-20 bd Newton

Cité Descartes - Champs-sur-Marne

77447 Marne-la-Vallée Cedex 2

Résumé

Les travaux présentés dans cette communication visent la connaissance et la compréhension de l'articulation temporelle tout au long de l'année des mobilités individuelles (quotidiennes, de weekend et de longue distance) en France selon les localisations résidentielles, par taille du bassin et emplacement dans ce bassin, via l'élaboration d'un diagnostic annuel en termes d'émission de CO2 afin d'éclairer la question 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 vise à déterminer si certains profils-types (à l'instar du fameux "effet barbecue") sont caractéristiques de certains espaces de résidence.

Abstract

This paper 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 of mobility according to the zone of residence: beyond the initial descriptive analyses, a cluster analysis of mobility behavior intends to determine whether some standard profiles are characteristic of certain areas.

Mots clés

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

Introduction

Les mesures d'économie d'énergie et de réduction des émissions des transports et de modération des trafics ou de reports modaux doivent être envisagées au niveau local ou régional. Afin d'identifier les enjeux, les leviers et les marges de manœuvre que l'on peut dégager localement, il faut réaliser des diagnostics exhaustifs des émissions de gaz à effet de serre intégrant les différents types de mobilités sur des échelles géographiques (par exemple une région urbaine) et temporelles (de préférence sur l'ensemble d'une année) unifiées.

On entend souvent dire que les citoyens, et en particulier les Parisiens, ont, en weekend et en vacances, un comportement de déplacement fortement émetteur qui contre-balancerait largement un comportement plus vertueux en semaine ; alors qu'à l'inverse les résidents des zones périurbaines et rurales ne présenteraient pas un bilan aussi défavorable. Qu'en est-il de la réalité de ce phénomène (dénommé « effet barbecue » par [Orfeuil et Soleyret, 2002]) ?

L'idée de cette communication, qui décrit une partie des travaux d'une thèse Ifsttar / Université de Paris-Est en cours d'achèvement, est de mieux connaître les impacts en termes d'émissions de CO₂, des mobilités individuelles en France, tant quotidiennes que de weekend et de longue distance, telles qu'elles ont été appréhendées lors de la dernière Enquête Nationale Transports et Déplacements en 2007-2008. L'objectif est en particulier de 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.

Présentant méthode et résultats d'un *outil statistique* d'analyse de l'impact environnemental de la mobilité individuelle selon la *localisation* résidentielle, par catégories d'aires urbaines, cette présentation, traitant de transport et questions urbaines, peut également se rattacher à la thématique "aide à la décision publique et régulation des déplacements".

La présente communication se compose de trois parties distinctes :

- La première partie, méthodologique, indique comment nous avons pu reconstituer une année « complète » de déplacements individuels, à partir des données de l'enquête en tenant compte : 1- d'un jour dans la semaine (les déplacements de la veille), 2- d'un jour de fin de semaine (les déplacements du dernier weekend) et 3- des quatre semaines écoulées pour les déplacements à longue distance (un questionnement spécifique faisant appel à la mémoire) ;
- Dans la deuxième partie, nous décrivons brièvement les principaux résultats d'une typologie des individus (par classification ascendante hiérarchique), uniquement fondée sur leurs similitudes en matière d'émissions de CO₂. Nous montrons que cette classification permet de mener des analyses sur les différenciations, entre zones géographiques de résidence, des valeurs de ces émissions et de leur articulation temporelle (entre les trois segments de déplacements : local un jour de semaine ordinaire, local un jour de fin de semaine et à longue distance) ;

- Dans la troisième partie enfin, au vu de ces précédents résultats, nous esquissons une réponse à la question de compensation, dans le bilan environnemental, de ces différents types de mobilité pour les habitants de différentes zones, urbaines, périurbaines et rurales, afin d'apporter un éclairage récent et précis sur ce fameux « effet barbecue ».

1 Éléments de méthodologie

1.1 Données de l'Enquête Nationale Transports et Déplacements 2007/2008

Tous les dix à quinze ans environ, la France réalise une enquête nationale sur les transports de personnes. La dernière enquête a été réalisée 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 le motif, la longueur, la durée, le ou les modes de transport utilisés, la période de l'année ou de la journée. 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, ainsi que des zones rurales qui sont rarement couvertes dans les enquêtes-ménages-déplacements, et d'estimer des indicateurs de mobilité tout au long de l'année. Pour une description plus détaillée de l'ENTD 2007-2008, on pourra se reporter à [Armoogum et al, 2007, 2011].

Au cours de la seconde visite de l'enquêteur, un seul individu par ménage (l'individu Kish) est interrogé d'une part sur tous ses déplacements d'un jour de semaine (la veille) et au cours du dernier weekend (un samedi ou un dimanche), et d'autre part sur ses pratiques de voyages à longue distance au cours des trois derniers mois écoulés (mais il s'avère que seul le dernier mois présente des données précisément exploitables, avec une description de ces déplacements).

Pour préciser les définitions, notons ici qu'on distingue classiquement :

- Les déplacements locaux (par rapport à la résidence), dont l'origine et la destination sont inclus dans un cercle de 80 km à vol d'oiseau centré sur le domicile ;
- Des déplacements à longue distance, dont l'origine ou la destination au moins est située à l'extérieur de ce cercle.
- Un voyage pourra être ici constitué de deux, ou plus, déplacements à longue distance, et s'étaler sur une période incluant de zéro à plusieurs nuitées passées à l'extérieur du domicile.

1.2 Reconstitution d'une année de mobilité individuelle

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 (nombres de jours ordinaires et de jours de weekend dans l'année, hors longue distance), 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 double 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 :

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

$N_{\text{Sam}} = (4 - N_{\text{voy}2})$ et $N_{\text{Dim}} = (4 - N_{\text{voy}3})$, c'est le nombre de jours du segment de déplacements locaux des samedis et des dimanches.

Dès lors, N_{voy} , N_{Ord} , N_{Sam} et N_{Dim} décrivent de manière homogène les différentes catégories de déplacements au cours des 28 jours précédant l'interrogation de l'individu Kish ; ils peuvent être traités grâce à la seule variable de pondération de cet individu Kish (redressement pour être représentatif de la population des individus de 6 ans et plus, France entière), et seront tous multiplié par 13, afin de reconstituer une année complète de 52 semaines de mobilité individuelle, sur les trois segments de déplacements : local de semaine, local de fin de semaine et à longue distance.

1.3 Emissions de CO2

Les valeurs des émissions de CO2 de tous ces 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, alors Certu) et sont intégrées aux fichiers livrés de l'enquête. Le détail de ces calculs figure dans [Certu, 2012]. Précisons simplement ici que ces calculs sont fondés sur le modèle d'émissions Copert 4, selon [European Environment Agency, 2009] pour les émissions du transport routier, et sur le rapport Deloitte [Ademe, 2008] pour les facteurs d'émission des autres modes.

Il convient ici de souligner que, s'inspirant de la méthode précédemment initiée par l'INRETS [Gallez, Hivert, 1998], puis [Dupont et al., 2009] et [Merle et al, 2013], la méthode, par souci de simplification, 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 véhicules, étudié par ailleurs dans la thèse¹, en reconstituant des taux d'occupation (statistiques) pour les déplacements en voiture. De même, des taux

¹ 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.

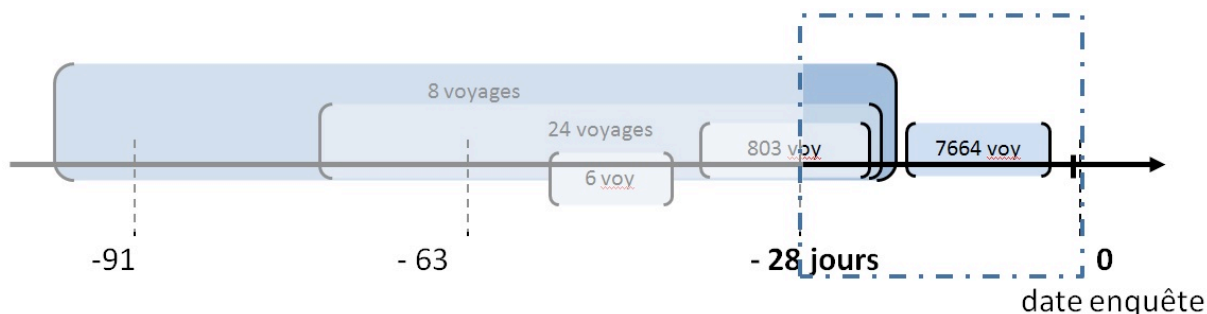
d'occupation moyens sont fixés arbitrairement au niveau national pour les véhicules de transports collectifs (bus, métros, alors que dans la version récemment standardisée pour les enquêtes locales, il est tenu compte des taux d'occupation moyens locaux, issus de la base de données TCU des transports collectifs urbains). Les émissions de CO2 des modes de transport électriques, et modes doux (marche, vélo) sont elles aussi comptabilisées à zéro.

1.4 Champs traités et limitations de l'exercice

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

Au total en valeurs brutes dans l'échantillon des voyages à longue distance, l'ENTD ne nous permet de considérer que 8 805 voyages réalisés par 5 670 individus (soit environ un tiers de l'échantillon d'individus observés, qui pourront être statistiquement confrontés à tous ceux qui ont décrit leur mobilité quotidienne) au cours de 4 dernières semaine, même si cette valeur se trouve finalement multipliée par un facteur 13. La relative faible taille de cet échantillon constitue une difficulté pour l'analyse, en termes de significativité, lorsque nous allons réaliser des diagnostics et croisements sur d'éventuels petits groupes issus de la classification.

Il y a aussi un effet de bord à considérer, dès lors que le voyage commence avant le début de la période observée (4 semaines précédant la 1^{ère} visite de l'enquêteur). Donc, pour éviter un double compte (en multipliant avec le facteur 13 pour obtenir l'exhaustivité d'une année), il faut enlever la partie du voyage en dehors de la période observée (celle dont le début a commencé plus de 28 jours avant l'enquête, comme dans la figure ci-dessous). Dans ce cas-là, nous prenons seulement en compte la partie résiduelle allant du début de la période observée (-28 jours) à la fin de voyage (incuse dans la période observée, bien évidemment).



Source : Estimation sur l'ENTD 2007-2008

Figure : Distribution des 8 805 voyages (brut) selon l'échelle de temps précédant la date de l'enquête

b. Imputations, réaffectations entre les différents segments de mobilité

Mais d'autres problèmes se posent également, 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 que se soient produits (et aient donc été décrits dans le fichier « local » des déplacements quotidiens) des déplacements à longue

distance. 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 un point aveugle non recueilli dans l'enquête, et donc un manque dans la reconstitution du bilan annuel.
- 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.

Pour remédier à ces trois défauts, nous avons réalisé trois types d'imputations :

- 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 termes de catégories géo-socio-éco-démographiques), en utilisant une méthode d'imputation de type « Hot Deck » (individus similaires) avec une vérification au préalable du nombre d'observations concernées.
- Type 2 : Sur la durée du séjour, on ajoute au lieu de destination une mobilité analogue à la mobilité locale de l'individu en prenant en compte le motif du voyage (personnel/professionnel) avec un taux de sous-mobilité (ou respectivement de sur-mobilité – cf. note de bas de page) selon les différents cas imputés : sous-mobile dans le cas où l'individu (actif) effectue un voyage de loisirs/vacances, et sur-mobile dans le cas où l'individu effectue un voyage professionnel alors qu'il était en congé (actif) lors du recueil de sa mobilité locale². Et les 3 autres cas sont imputés avec un taux égal 1.
- Type 3 : Une mobilité « locale », amont et aval du déplacement de 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 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 au §1.2 (Nvoy, Nord, Nsam, Ndim) sur 28 jours³, ou redressés à l'année par multiplication par 13.

² Note : les taux de sur- ou sous-mobilité sont estimés à partir de ratio quotidiens moyens selon les motifs (sur-mobilité si le voyage est professionnel, alors que l'individu ne travaille le jour de l'enquête locale, ou sous-mobilité si l'actif travaillait le jour de l'enquête locale et effectue son séjour à longue distance pour un motif loisirs-vacances ; les ratios sont obtenus statistiquement sur l'échantillon) 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.

³ 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.

c. Apurements supplémentaires, filtrages spécifiques à la longue distance

On note enfin plusieurs autres types d'anomalies dans le fichier (dans relativement peu de cas, fort heureusement), 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 des 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.

Quelques corrections ont pu être effectuées, mais dans la plupart des cas, il n'y avait pas d'autre solution que de ne pas garder les quelques observations erronées.

1.5 Variables de localisation des résidences

Afin de réaliser nos analyses liées à l'impact (et 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 commune de résidence des individus n'est pas renseigné dans les fichiers distribués publiquement.

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 traduit la continuité de l'habitat bâti ;
- L'aire urbaine (AU), qui prend en compte l'attractivité 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).

A partir de ces notions, on peut dès lors croiser (cf. résultats de la typologie au § 2.3) la taille de l'aire urbaine de la résidence principale (rural, puis de moins de 5000 habitants à 200 000 habitants, et enfin Paris) et sa catégorie, c'est-à-dire en croisant la taille du bassin et l'endroit où on réside dans le bassin, en zones concentriques (en ville centre, banlieue, périphérie), d'où un découpage distinguant (Tableau 1) :

Commune rurale
Ville isolée
Banlieue d'une AU < 200 000 hab.
Ville centre d'une AU < 200 000 hab.
Banlieue > 200 000 hab.
Ville centre > 200 000 hab.
Banlieue Paris
Ville centre Paris

Tableau 1 : Zonages par type et taille d'unité urbain

Mais on peut également utiliser les tailles d'aires

urbaines, en distinguant⁴ (Tableau 2) :

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

Tableau 2 : Tailles d'aire urbaine

Ou également, pour distinguer les villes centres, des banlieues et des zones périurbaines, tenir compte du type d'aire urbaine sous la forme (Tableau 3) :

Espace rural
Toutes communes dans AU < 100 000 hab
Périurbain (> 100 000 hab)
Banlieue (> 100 000 hab)
Centre (> 100 000 hab)
Périurbain Paris
Banlieue Paris
Paris

Tableau 3 : Types d'aire urbaine (et Paris)

Nous avons enfin créé ([Nguyen, 2013]) une variable de zonage résidentiel détaillée en 14 zones (cf. premières analyses descriptive au § 2.1 ci-dessous) qui croise la taille de l'aire urbaine et le type de zonage urbain de la résidence principale (en effectuant quelques regroupements nécessaires, afin que chaque catégorie résultante de ce zonage résidentiel ne corresponde pas à moins de 2% de la population ; sont ainsi par exemple regroupées les communes polarisées **(et multi-polarisées ?)** des aires urbaines de moins de 100 000 habitants). Le croisement est le suivant.

⁴ A partir du découpage initial en dix tranches de tailles d'aires urbaines, nous avons simplifié en pratiquant certains regroupements en séparant les communes hors aire urbaine, puis avec des seuils à 100, 200 et 500 000 habitants et en distinguant l'aire urbaine de Paris.

		NUMCOM_ZHU - Type de zonage urbain de la résidence principale							Total	
		Rural	Tous com. <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
TAU99 - Tranche de taille de l'aire urbaine	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 : Estimation sur l'ENTD 2007-2008

Tableau 4: Zonage résidentiel de la population selon le type et la taille d'aire urbaine

2 Résultats pour les émissions : de l'analyse descriptive à la typologie

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. Cependant, leur estimation moins détaillée ne se fonde pas sur les mêmes principes : si le double compte global (longue distance comptabilisé dans les déplacements de la veille et du dernier weekend) est évité, ils ne comptabilisent pas la mobilité courte distance effectuée lors des voyages, ni ne réaffectent de segments de mobilité comme nous le pratiquons dans notre approche (§1.4.b). Leur résultat global indique une émission totale d'un peu moins de 2 t CO₂/an pour chaque Français (compatible avec l'estimation SOeS-Insee à partir des comptes nationaux), avec une répartition de 70% en local et 30% en longue distance. Leur article décline cette répartition selon les espaces de résidence en suivant a priori le découpage en aires urbaines.

2.1 Première analyse descriptive : estimations par tête et en masse selon le zonage résidentiel détaillé

Le tableau ci-dessous indique les valeurs des émissions de CO₂ nettes par individu puis par zone. Le total France entière s'élève à 1,79 tonnes de CO₂ par an et par habitant (contre 1,92 dans la dernière référence citée), avec une répartition de 58% en semaine, 17% en weekend (sans longue distance) et 25% en longue distance.

Nous y observons notamment 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 à l'inverse plus forte. Exception faite du cas parisien, le niveau d'émissions de CO₂ pour les banlieues 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, ..).

	Pop. (M. pers)	Moyenne individuelle (t.CO2/an)				Total par zone (Mt.CO2/an)			
		Ord	WE	Lg Dis	Total	Ord	WE	Lg Dis	Total
Ensemble France métropolitaine	56,17	1,03	0,31	0,45	1,79	57,6	17,3	25,5	100,4
Rural	10,08	1,17	0,35	0,34	1,85	11,7	3,5	3,4	18,7
Toutes AU <100K hab.	11,85	1,16	0,33	0,38	1,87	13,8	3,9	4,5	22,2
Périurbain AU 100-200K hab.	1,20	1,51	0,42	0,47	2,40	1,8	0,5	0,6	2,9
Banlieue AU 100-200K hab.	1,29	0,98	0,30	0,56	1,83	1,3	0,4	0,7	2,4
Centre AU 100-200K hab.	1,77	0,69	0,28	0,45	1,42	1,2	0,5	0,8	2,5
Périurbain AU 200-500K hab.	2,78	1,17	0,33	0,45	1,94	3,2	0,9	1,2	5,4
Banlieue AU 200-500K hab.	2,94	1,20	0,29	0,41	1,91	3,5	0,9	1,2	5,6
Centre AU 200-500K hab.	3,19	0,76	0,28	0,57	1,60	2,4	0,9	1,8	5,1
Périurbain AU >500K hab.	2,00	1,53	0,39	0,60	2,51	3,1	0,8	1,2	5,0
Banlieue AU >500K hab.	4,97	1,10	0,39	0,50	2,00	5,5	1,9	2,5	9,9
Centre AU >500K hab.	3,49	0,67	0,23	0,47	1,38	2,4	0,8	1,7	4,8
Périurbain AU Paris	1,38	1,30	0,36	0,48	2,15	1,8	0,5	0,7	3,0
Banlieue AU de Paris	7,20	0,74	0,23	0,53	1,50	5,3	1,6	3,8	10,8
Paris	2,02	0,26	0,10	0,68	1,03	0,5	0,2	1,4	2,1

Source : Estimation sur l'ENTD 2007-2008 ;

Champ : Pop. - population France métropolitaine de 6 ans et plus en 2008

Ord – émissions de CO2 aux jours « ordinaires », local de semaine

WE – émissions de CO2 aux jours de fin de semaine

Lg Dis – émissions de CO2 de mobilité à longue distance

Tableau 5: Emissions de CO2 par individu et totaux des zonages résidentielles

Nous pouvons bien confirmer la tendance selon laquelle les centres des pôles urbains émettent le moins de CO2, suivis par les banlieues et le rural, puis par les communes polarisées et les milieux périurbains qui émettent le plus. Mais, la mobilité au centre ville est plus lente et les habitants perdent plus de temps de déplacement.

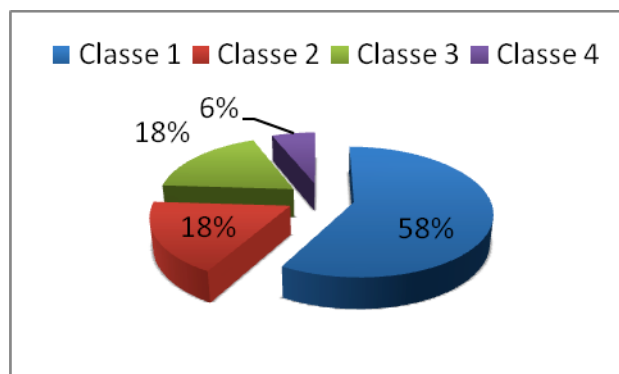
En terme de parts entre les trois segments, les émissions individuelles en journée ordinaire de semaine atteignent toutes - à la seule exception de Paris intramuros - ou dépassent la moitié du bilan individuel annuel (de 49% dans les centres des grandes aires urbaines, à près de 63% dans le périurbain des plus petites et dans le milieu rural). A l'inverse, les résidents de Paris n'émettent que 25% de leur CO2 en semaine, contre 10% le weekend et 66% à longue distance. Ces valeurs confirment donc un « certain » effet barbecue, qui distingue les résidents de Paris des habitants des autres zones.

Il faut pourtant souligner qu'on porte un regard totalement différent sur ce diagnostic si l'on tient compte des totaux émis par les effectifs résidant dans chaque zone : ainsi, les habitants de l'espace rural et des petites communes 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. De même, pour les plus grandes aires urbaines, y compris Paris, il y a lieu de noter que des enjeux importants peuvent porter sur les banlieues (plutôt que sur les zones périurbaines). Il convient donc de souligner et de bien retenir ces « effets de masse ».

2.2 Une typologie des comportement-types d'émission de mobilité individuelle

En n'utilisant comme variables actives que les valeurs d'émissions par individu sur les trois segments (pour un bilan annuel, constitué de 13 fois la période de 28 jours d'observation) et en travaillant sur l'échantillon disponible de 18 632 individus (en valeur brute) pour dégager des groupes homogènes, nous avons utilisé la méthode de classification ascendante hiérarchique (CAH) afin de réaliser une ségrégation de la population en groupes d'individus selon leur comportement d'émission de CO2.

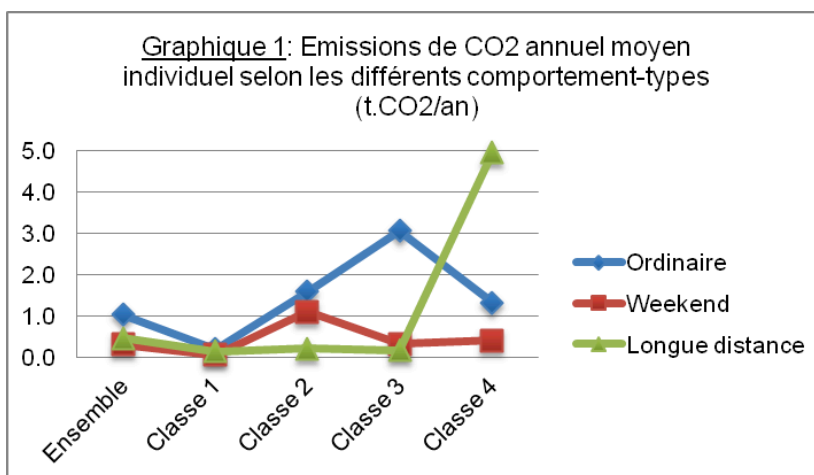
Le découpage résultant optimal comporte 4 classes (il existe également une variante plus détaillée à 7 classes) selon les différents niveaux d'émissions de CO2 (budget annuel) entre les trois segments : dans la semaine, en fin de semaine et à longue distance. Les résultats principaux sur ces variables actives figurent dans le tableau ci-dessous : 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, puis les valeurs quotidiennes moyennes correspondant au jour de semaine et au jour de weekend (sans longue distance).



		Ensemble	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
% Population		56 163 586 ^(*)	58,1%	17,9%	17,9%	6,1%
Annuel (t.CO2/an)	Ordinaire	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 ordinaire	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

^(*) la population de la France de 6 ans et plus. - Source : Estimation sur l'ENTD 2007-2008

Tableau 6: Résultat de la classification, valeurs annuelles et quotidiennes des classes



Source : Estimation sur l'ENTD 2007-2008

La Classe 1 représente 58,1% de la population. Ce sont les individus qui émettent le moins de CO2 par an, seulement 0,39 t CO2/an en moyenne par individu. Et ils sont de fait peu mobiles, 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 du budget distance sur budget temps 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 temps deux fois plus importants au 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 de l'échantillon en moyenne (0,21 t). Leur bilan global moyen s'élève à 2,89 t CO2/an par individu.

La Classe 3 représente 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 émettent le plus de CO2 sur la part de déplacements locaux, avec des « vitesses » bien plus fortes que toutes celles des autres classes, laissant penser à un fort recours aux véhicules particuliers. On note également que la « vitesse » en semaine est plus élevée que le weekend. En moyenne, ils ont émis 3,55 t CO2/an 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 beaucoup de CO2 à longue distance. En moyenne par individu, l'émission totale est de 6,69 t CO2/an. Au vu de leurs budgets distance et budgets temps, ils sont sensiblement plus mobiles que la moyenne ensemble, 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, c'est dire qu'on a compté près de 2 voyages sur les 28 jours observés), s'accompagnant évidemment d'un plus grand nombre de déplacements à longue distance, 52 dépl/an, et d'un plus grand nombre de nuitées 124,6/an, d'où une moyenne de près de 5 nuitées par voyage à longue distance. Ce grand nombre de voyages recouvre enfin une réalité plus complexe que nous ne détaillerons pas ici :

- Pour certains, il s'agit de très longs voyages (les « trans-continentaux » mentionnés ci-dessous) avec une durée de « séjour » plus ou moins longue ;
- 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).

Variante de cette classification (cf. tableau suivant)

Dans une version plus détaillée de la typologie, comportant sept classes :

- La classe 2 peut être séparée en deux parties, dont l'une est de loin la plus mobile au weekend (classe 2.2) ;
- De manière analogue, la classe 3 se sépare en deux parties dont l'une est bien plus fortement mobile sur le jour 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 dans le fichier pour

l'analyse de leurs voyages indique qu'ils ont, au cours des 28 jours, un ou parfois plusieurs déplacements trans-continentaux.

t CO2/an	Ensemble	Classe 1	Classe 2.1	Classe 2.2	Classe 3.1	Classe 3.2	Classe 4.1	Classe 4.2
Population	56 163 586 ^(*)	58,1%	16,6%	1,3%	16,1%	1,8%	5,8%	0,3%
Ordinaire	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 : Estimation sur l'ENTD 2007-2008

Tableau 7: Estimations à partir des 7 « sous-classes »

En comparant entre les paires de classes, nous trouvons que la classe 2 comporte en fait un variance très importante sur les émissions de CO2 du weekend, que la classe 3 a aussi des valeurs très différenciées sur la mobilité du segment ordinaire (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 présente 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.

2.3 Les classes correspondent-elles à certaines zones résidentielles spécifiques ?

A partir des variables de localisation présentées au § 1.5, 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, 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.

a. Tailles d'aire urbaine

Nous ne donnons ici que l'exemple détaillé concernant les tailles d'aires urbaines, puis un graphique concernant le découpage en 14 zones, avant de présenter la synthèse concernant les variables géographiques.

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

	Taille d'aires urbaines (AU)						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 : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

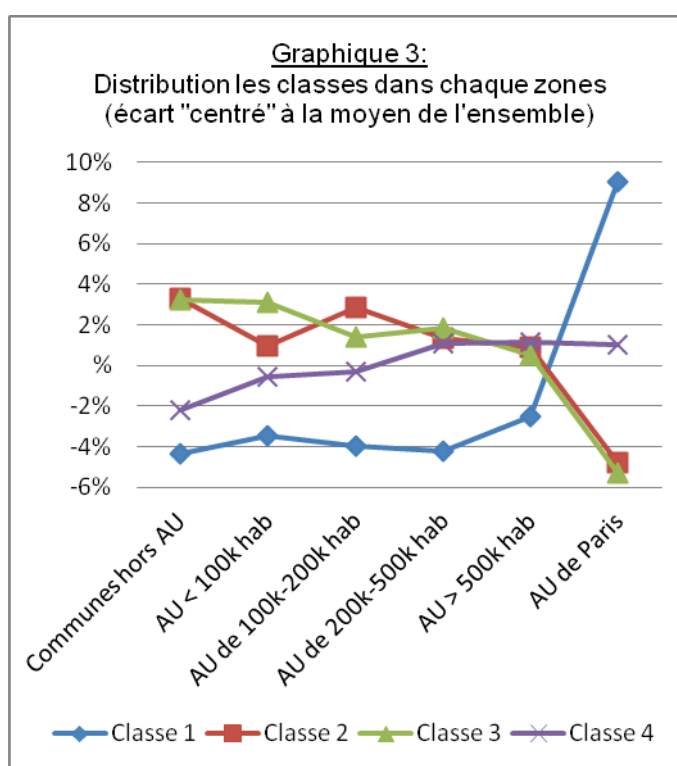
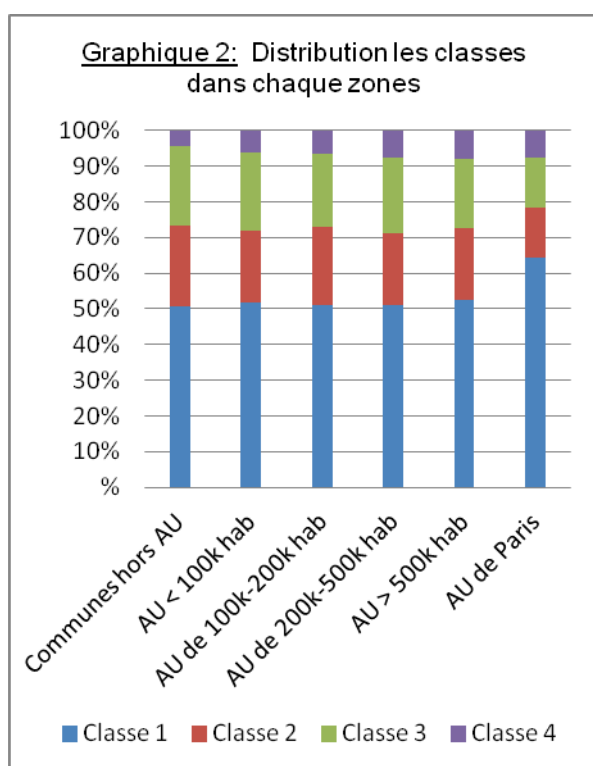
Tableau 8: Distribution des classes dans chaque taille d'aire urbaine (pourcentage colonne)

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

	Taille d'aire urbaine (AU)						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 : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

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



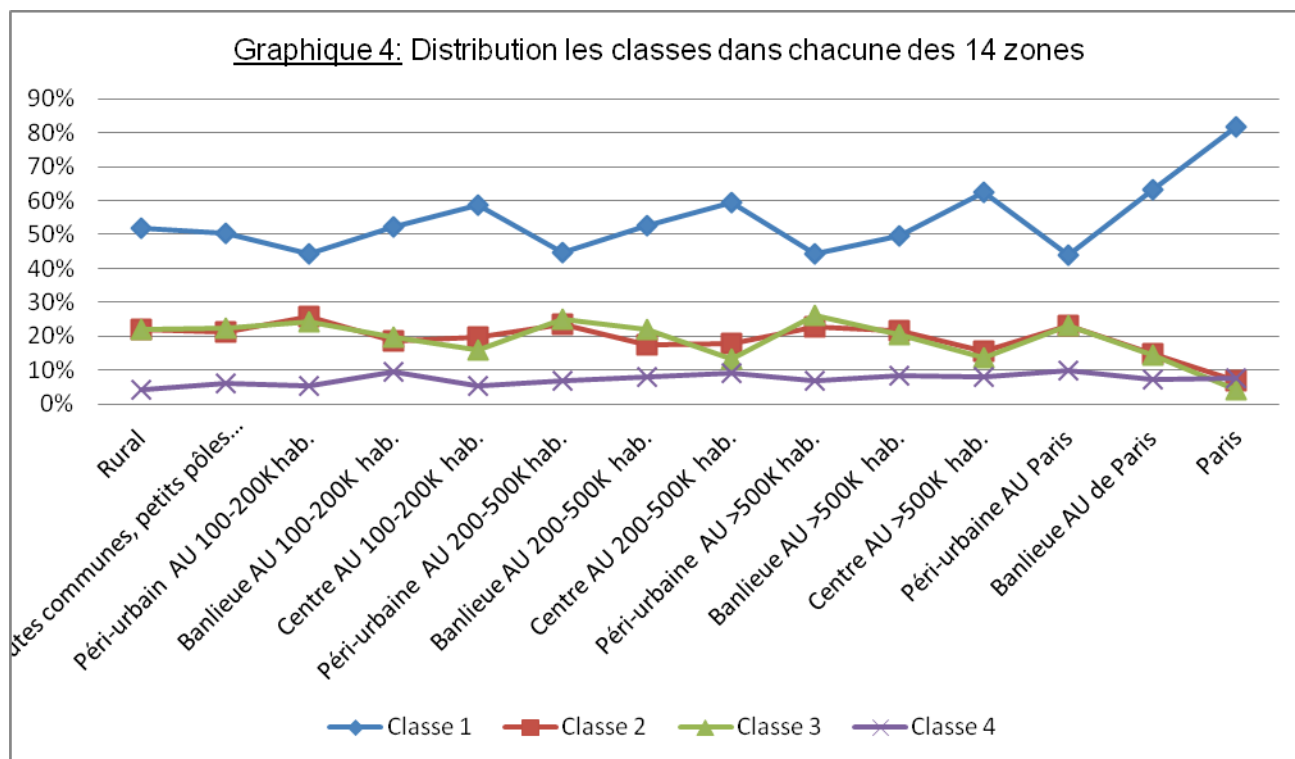
Source : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

L'écart entre les pourcentages d'une classe avec plusieurs zones est plus lisible dans le diagramme centré. La classe 1 est sur-représentée 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. On retrouve 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.

b. Selon le 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 : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

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 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 de nombreux 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%).

c. 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 suivante (les symboles + et ++ indique une sur-représentation 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 suivants :

	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 10 : Synthèse sur le rôle des variables géographiques

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 (> 100 000 hab., et même un peu 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 de petites aires urbaines (< 100 000 hab.), mais plutôt dans leurs banlieues que dans les villes centres. On y note aussi une sensible sous-représentation de l'aire urbaine et même de l'agglomération de Paris.

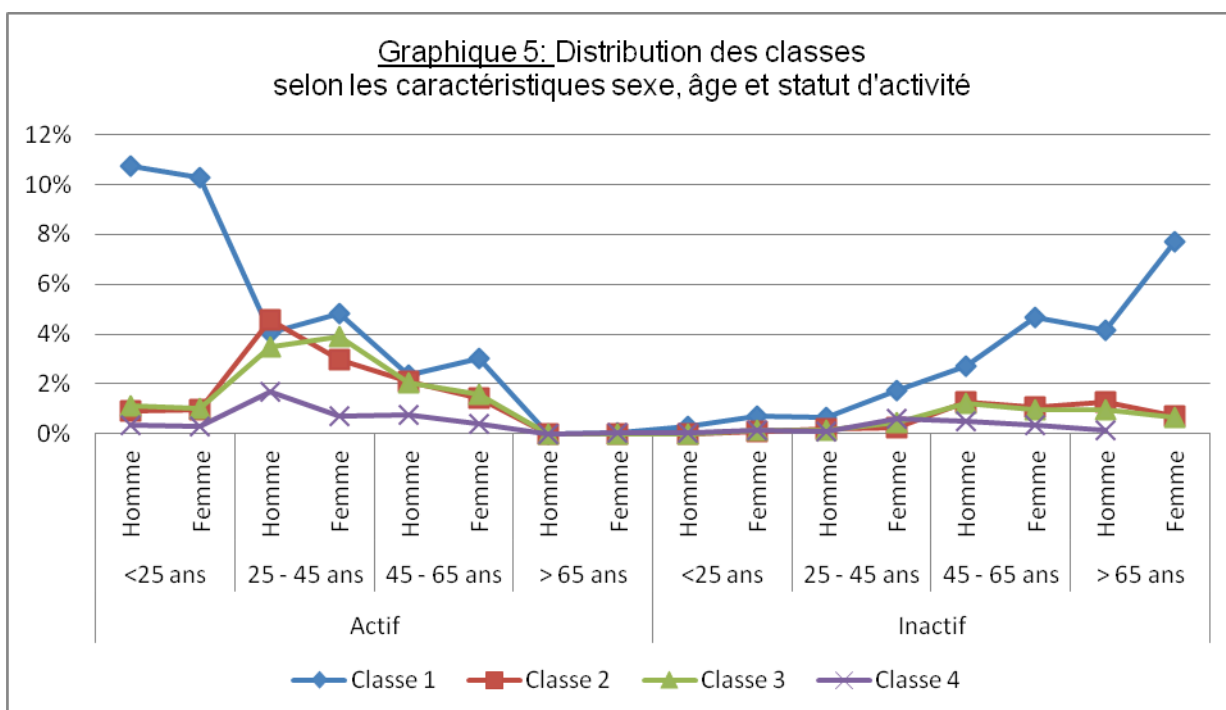
Classe 4 : Ce n'est pas celle des espaces ruraux, mais plutôt des zones urbaines, en particulier pour des agglomérations de plus de 200 000 hab. (plutôt plus que l'agglomération parisienne), notamment leurs banlieues, mais elle englobe aussi le périurbain de Paris.

2.4 Déclinaison et synthèse pour les autres caractéristiques : 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.

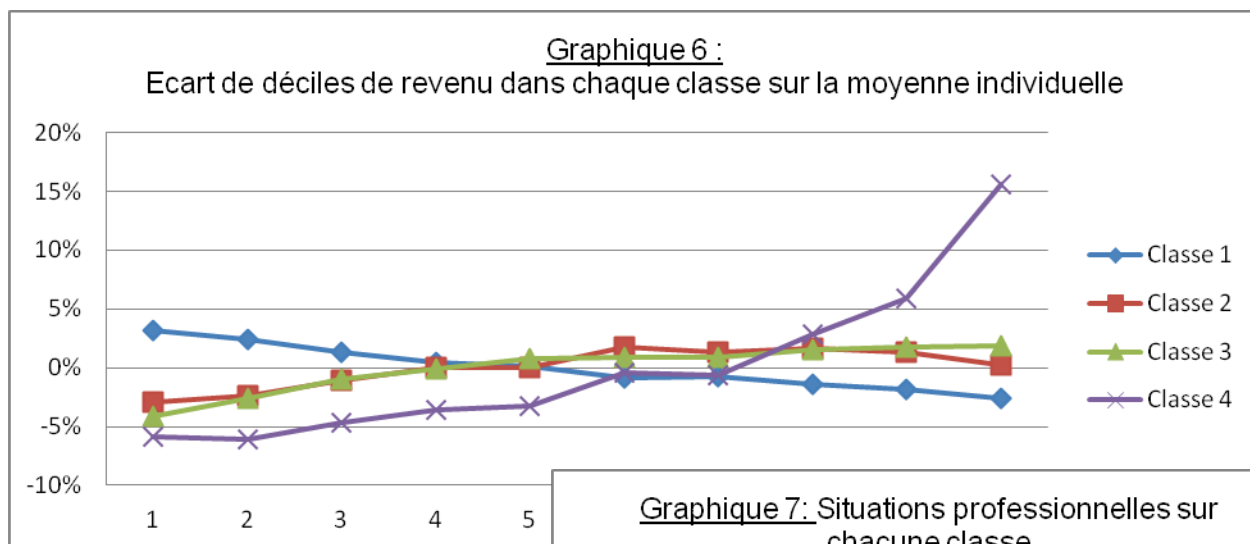
a. Sexe, âge et statut d'activité

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 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 liées 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.



b. Déciles de revenus

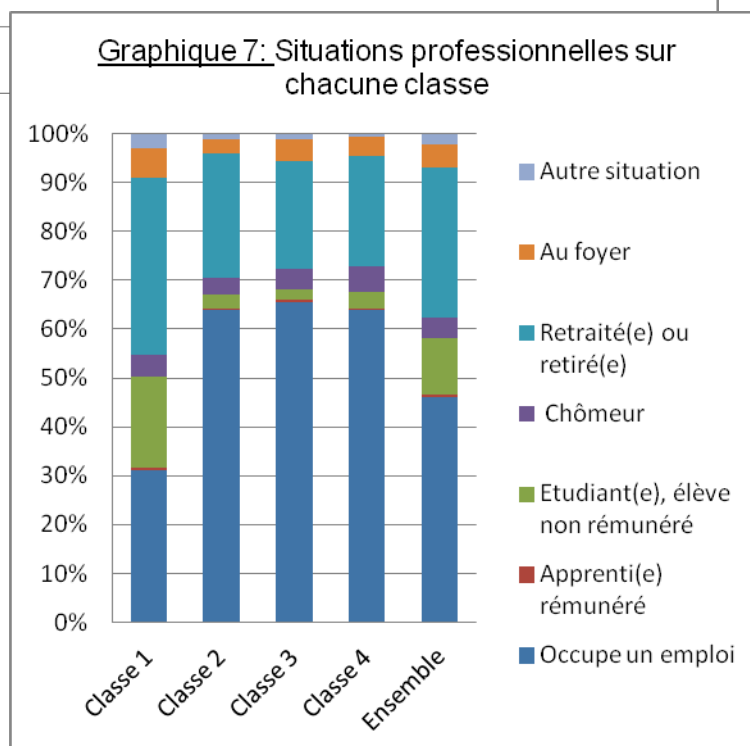
Nous trouvons que la proportion de la classe 1 décroît sensiblement selon le niveau de revenu, ce qui est l'inverse pour la classe 4. Et Les classes 2 et 3 sont quant à elles plus présentes parmi les déciles de 4 à 9 (avec un maximum au 6^{ème}). Il s'agit des habitants les plus mobiles en semaine et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



Source : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

c. Situations professionnelles

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



Source : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

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 11 : Synthèse sur le rôle des variables non spatiales

Classe 1 : Sur-représente 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.

Classe 2 et 3 : Sur-représente 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.

Classe 4 : Sur-représente des habitants aux plus hauts niveaux de revenu (tercile supérieur, avec 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 (quid des jeunes retraités qui doivent voyager plus ?).

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 hab.

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

Dernière remarque : les analyses qui en découlent peuvent également être poursuivies et plus détaillées, notamment en montrant, via des régressions logistiques modélisant l'appartenance aux différentes classes, l'importance relative des déterminants géographiques face aux autres déterminants socio-éco-démographiques, à l'instar par exemple de ce qu'on pratiqué [Bigot et al., 2009] dans une étude du Credoc rapportant les 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.

Les analyses doivent également être complétées en utilisant d'autres déterminants liés aux mobilités elles-mêmes (modes, motifs, motorisation, permis et habitude de conduite), ainsi qu'en spécifiant la précision des résultats, avec les intervalles de confiance des estimateurs.

3 Mobilité individuelle annuelle dans le temps et l'espace : y a-t-il des compensations entre les trois segments de la mobilité d'un individu ?

Schématiquement, tel que l'avaient décrit [Orfeuill, Soleyret, 2002], l'effet barbecue correspond à une différenciation, entre zones du périurbain, de la banlieue et du centre, de la compensation entre mobilité de la semaine et mobilité de fin de semaine. Pour étudier ce phénomène, ces auteurs avaient analysé l'indicateur de distance cumulée entre courte et longue distance⁵.

Mais, dans le cadre de notre thèse, nous voulons revenir sur l'ensemble des indicateurs liés aux trois segments des mobilités individuelles, en prenant comme « entrée » le diagnostic portant sur les émissions de CO2.

⁵ A partir des données de la précédente enquête nationale transports, et sans pratiquer toutes les imputations et réaffectations que nous avons effectuées dans notre travail, décrites au § 1.4.b.

3.1 Dans la mobilité locale : une compensation entre la semaine et le weekend ?

En regardant leurs parts respectives de la semaine et du weekend⁶, on peut estimer le ratio d'émission de CO2 du weekend (2 jours parmi 7).

	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%

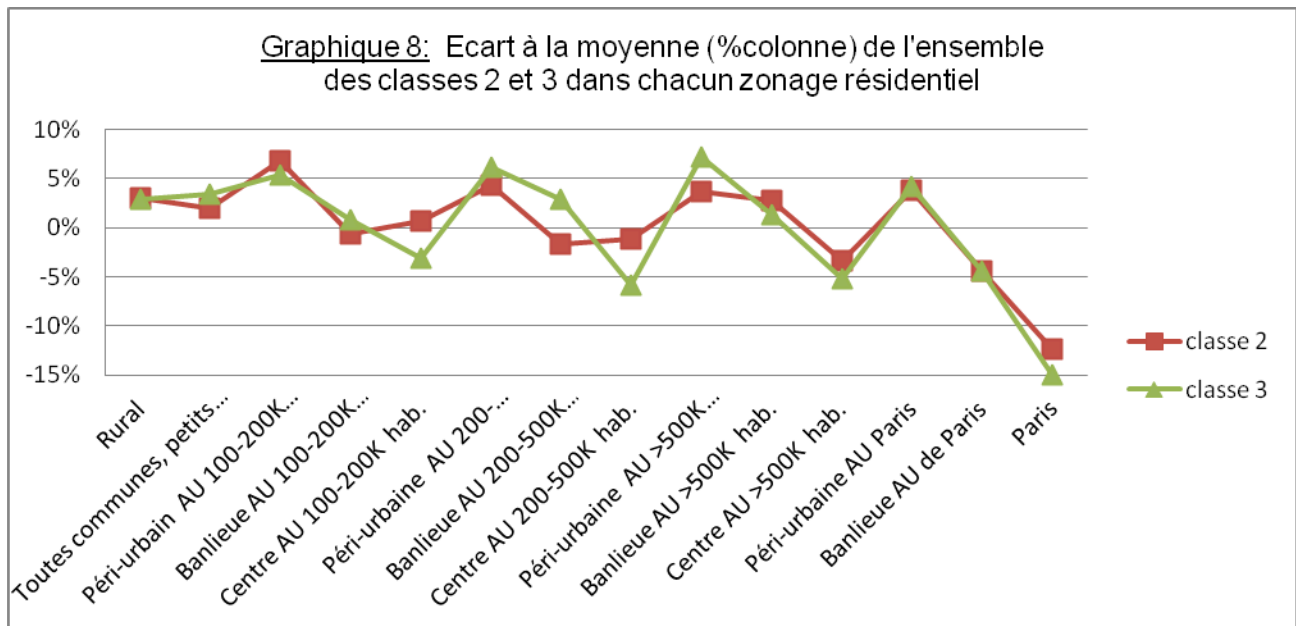
Source : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

Tableau 12 : Ratio émissions de CO2 entre les jours ordinaires et les weekends

Au vu du tableau ci-dessus, nous remarquons que ce sont les centres des pôles urbains qui ont les taux les plus élevées (champs grisés dans ce tableau 12) avec plus d'un tiers des émissions de la semaine, notamment les pôles des aires urbaines de 100 000 à 200 000 habitants, où ce ratio atteint son maximum avec 40,1%. Un effet cyclique analogue à celui du § 2.3.b peut aussi être observé dans quasiment toutes les tailles, avec un ordre « périurbain < banlieue < centre » par taille d'aire urbaine (seules les banlieues des aires urbaines de 200 000 à 500 000 habitants font exception en présentant un ratio de 24,2%, plus faible que celui de leurs zones périurbaines).

D'où la confirmation d'un « certain » effet barbecue, pour l'heure restreint au local : l'émission (et donc la mobilité) locale croît assez systématiquement de la périphérie vers le centre : même si c'est pour s'éloigner de moins de 80 km du domicile, la propension à émettre/sortir semble plus forte dans les zones centrales. Ce diagnostic devrait être complété par une analyse des motifs, mais aussi des taux d'occupation des voitures...

⁶ On rappelle qu'il ne s'agit donc ici que de déplacements locaux, excluant la longue distance.



Source : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

Dans la figure ci-dessus, l'examen plus détaillé des classes 2 et 3 (où l'émission de CO₂ est respectivement plus forte en fin de semaine et en jour ouvrable semaine) montre des écarts à la moyenne (de leurs parts respectives) :

- Dans la classe 2 : plus grands dans les centres des aires urbaines ;
- Dans la classe 3 : plus grands pour les banlieues (sauf au delà de 500 000 habitants et à Paris) et zones périurbaines.

En rappelant que ce qui distingue ces deux classes est que la classe 2 a des émissions plus fortes en weekend qu'en semaine, on peut en conclure à l'existence d'un effet barbecue portant sur la classe 2 par rapport à la classe 3. On remarque cependant que les pourcentages de ces deux classes dans les centres sont plus faibles que la moyenne de ces classes sur la population (et réciproquement pour les pourcentages dans le périurbain). L'effet exhibé est donc assez faible. On retrouve ici un résultat assez proche de celui d'Orfeuill et Soleyret qui indiquaient qu'il n'y avait pas réellement de compensation au weekend.

3.2 ... 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 de fin de semaine 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 longues distance de plus courte durée). Le résultat annuel est fourni dans le tableau 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	Nombre de voyage	Nombre de déplacement	Budget distance (km)	Budget temps (heures)	Budget de 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

Champ : (*) La population de 6 ans et plus
Source : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

Tableau 13 : Moyennes individuelles annuelles pour des voyages longue distance de weekend ensemble de la population (y compris les zéro voyages de weekend)

Sur ce tableau, seule la classe 4 se distingue nettement des autres, qui varient peu. La raison en est que les moyennes sont calculées en tenant compte d'un grand nombre de zéros.

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 l'on élimine les zéros, pour s'en tenir aux seuls individus ayant réalisé au moins 1 tel voyage (sur la période de 28 jours), le tableau est nettement plus contrasté et appelle plusieurs remarques.

	Population	Nombre de voyage	Nombre de déplacement	Budget distance (km)	Budget temps (heures)	Budget de 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 : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

Tableau 14 : Moyennes individuelles annuelles pour 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. 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 week-ends dans l'année, pour des distances parcourues de 6 000 à 11 000 km à l'année, et 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.

On peut 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 28 jours). Le rapport peut être estimé dans le tableau suivant.

	Population	Nombre de voyage	Nombre de déplacement	Budget distance (km)	Budget temps (heures)	Budget de 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 : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

Tableau 15 : Moyennes individuelles annuelles ensemble des voyages de ces individus

	Population	Nombre de voyage	Nombre de déplacement	Budget distance (km)	Budget temps (heures)	Budget de 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 : Estimation sur l'ENTD 2007-2008.

Tableau 16 : Pourcentage du weekend sur l'ensemble des ces individus

On y note 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 : 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), donc un effet barbecue globalement à nuancer ?

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%). Cette analyse devrait donc en tout cas être complétée en tenant compte des moyens de transport utilisés pour effectuer ces voyages de weekends : voiture, train, avion ?

Conclusion

On peut souligner plusieurs points en conclusion. On savait déjà – depuis les travaux initiés à l'Inrets – que le traitement environnemental des enquêtes de mobilité est très gourmand en données, mais on peut désormais insister sur le fait que la reconstitution d'une année complète de mobilité n'est pas une chose facile, notamment pour disposer d'un module « longue distance » compatible avec le recueil plus courant du quotidien. On peut remarquer que les dispositifs

standards locaux (les enquêtes ménages déplacements) ne permettent pas de répondre complètement à la question, car ils ne tiennent qu'imparfaitement compte des mobilités à longue distance. Et une enquête nationale « papier » en face-à-face décrivant tous les types de mobilité s'avère pour l'heure toujours nécessaire, tant que l'exhaustivité des mobilités ne semble pas facile à reconstituer par de nouveaux moyens technologiques (traces GPS en continu *sur longue période* par exemple).

Les résultats de reconstitution à l'année de mobilité individuelle permettent de réaliser plusieurs analyses fouillées. La typologie à partir des seules émissions permet une certaine lecture (un peu fruste) des différents espaces de résidence. Les quatre profils-types d'émissions de CO2 exhibés nous montrent que les comportements de mobilité ne sont pas uniquement visibles dans un seul type d'espace. En regardant ces proportions sur chaque type d'espace, nous pouvons expliciter leurs caractéristiques et trouver l'articulation temporelle de mobilité selon les différences entre types de zones résidentielles. Un certain effet barbecue est visible mais on doit 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 affirmer ou confirmer que les habitants des (grands) centres villes ruinent nécessairement durant le weekend leurs comportements plutôt vertueux de la semaine écoulée.

On rappelle également la notion « d'effet de masse » – très importante lorsque l'on s'interroge sur le type de mesures de politique de transport qu'on peut envisager pour modifier ces diagnostics et réduire nos émissions : nous avons souligné que le point de vue est très différent, selon que le regard se porte sur les valeurs moyennes individuelles, ou sur les marges de manœuvre que peuvent offrir les émissions par grandes masses dans les différentes zones. Où porter l'effort ?

Parmi les pistes en développement pour la fin de la thèse, il est à noter que :

- La typologie peut être affinée, avec d'autres variables actives, particulièrement pour mieux caractériser les séjours à longue distance, selon leurs fréquences, motifs et nombres de nuitées, afin notamment de mieux différencier des effets de vacances, des longs déplacements pendulaires et voyages trans-continentaux) ;
- Les analyses qui en découlent peuvent également être poursuivies et plus détaillées sur au moins deux plans : d'une part en illustrant les classes avec des variables plus directement liées aux mobilités (modes, motifs, permis, motorisation et pratique de la conduite, qui ne sont sûrement pas réparties uniformément entre classes), et d'autre part en montrant, via des régressions logistiques, l'importance relative, dans l'appartenance aux différentes classes, des déterminants géographiques face aux autres déterminants socio-démographiques.
- Quelques points d'analyse particuliers feront également partie de la version finale de la thèse en se focalisant notamment sur : les taux d'occupation en voiture, mais aussi les déplacements de loisirs et leurs différenciations entre genres, ainsi que les déplacements pour motif achat, qui font l'interface avec le transport de marchandises, à considérer plus largement, dans le projet de recherche dans lequel cette thèse s'insère, car notons enfin que la problématique de l'exhaustivité du diagnostic environnemental implique aussi de compléter ces

analyses fondées sur la mobilité des personnes par des travaux de bilans portant sur les transports de marchandises.

Remerciements

J'apporte ici mes remerciements à l'ADEME pour son aide financière sur ce projet et sur mon allocation de recherche pour cette thèse, ainsi qu'au laboratoire « Dynamiques Economiques et Sociales des Transports » (Dest) de l'Ifsttar pour son accueil, et à mon encadrant Laurent Hivert et à mon Directeur de thèse Jean-Loup Madre pour leurs conseils et relectures avisés.

Références bibliographiques

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

Armoogum J., Hubert J-P., François D., Roumier B., Robin M., Roux S. (2011) « ENT D 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., C. Duflos (2009) « Les différences de mode de vie selon le lieu de résidence », Cahier de Recherche CREDOC n° 259, département « Conditions de vie et aspirations des Français », décembre 2009, 196 p.

Certu (2012) « Calcul des émissions de CO2 à partir de l'Enquête Nationale Transports et Déplacements 2008: méthodologie et premiers résultats », mars 2012.

Dupont A., Hivert L., Merle N., Quételard B., 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 ? », novembre 2009.

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, don't : 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. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>

Gallez C. & L. Hivert (1998) « BEED : mode d'emploi, synthèse méthodologique pour les études 'Budgets-Energie-Environnement-Déplacements', Rapport sur Convention ADEME-INRETS N° 690-9306-RB (Ademe N° 2 03 0024), septembre 1998, 90 pages, Arcueil.

Longuar Z., Nicolas JP., Verry D. (2010) « Chaque Français émet en moyenne deux tonnes de CO2 par an pour effectuer ses déplacements », in : « La mobilité des Français-Panorama issu de l'ENTD 2008 », revue du CGDD déc.2010, pp. 163-176.

Merle, N., Dupont, A., Hivert L. & Quételard, B. (2010) « Environment Energy Assessment of Trips (EEBT): An updated approach to assess the environmental impacts of urban mobility, (The case of Lille Region) », Communication at 12th WCTR, 11-15 July 2010, Lisboa, Portugal.

Nguyen Q.N. (2013) « Intégration spatiale et temporelle du diagnostic environnemental de la mobilité », rapport d'avancement de la thèse Ademe-Ifsttar en fin de 2e année.

Orfeuill J.-P., Soleyret D. (2002) « Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et à longue distance? » RTS (Recherche-Transports-Sécurité) 2002. Vol. 76, p. 208–221.