

La mobilité pendulaire des interurbains et leurs impacts sur les émissions de CO₂, un enjeu d'aménagement

Benoit CONTI*

Résumé - L'étude de la mobilité domicile-travail fait l'objet de nombreuses recherches visant à décrire et analyser la géographie de ces déplacements et leurs conséquences environnementales. En France, ces études se concentrent principalement sur les individus vivant dans les espaces fonctionnels construits autour des agglomérations, les aires urbaines. Le présent article vise à fournir une lecture complémentaire de ces travaux en étudiant les personnes qui se déplacent entre aires urbaines : les actifs interurbains. À partir d'une approche quantitative à l'échelle de la France continentale, menée principalement grâce aux bases de données du recensement de la population, l'article se propose d'analyser les caractéristiques des déplacements de ces actifs interurbains ainsi que d'évaluer le volume de leurs émissions de CO₂. Du fait de l'usage de la voiture, principal mode de transport utilisé par les actifs interurbains, et malgré leur poids relativement faible dans la population, ces actifs sont responsables d'un volume beaucoup plus important d'émissions de CO₂ en France que les autres catégories d'actifs.

Classification JEL

J61, Q56, R42

Mots-clés

Émissions de CO₂
Mobilité pendulaire
Actifs interurbains
Aires urbaines
France

* Université Paris-Est, Laboratoire Ville Mobilité Transport ; benoit.conti@enpc.fr

1. INTRODUCTION

L'étude de la mobilité quotidienne atteste d'un rôle important joué par l'automobile depuis le milieu du XXe siècle, soutenue par un développement des infrastructures routières et autoroutières en Europe et en Amérique du Nord (Gallez & Kaufmann, 2009). L'augmentation des vitesses permise par l'automobile bouleverse la portée des déplacements et conduit à de nouvelles formes de peuplement et d'organisation urbaine, notamment dans les pays développés. Simultanément, les activités et les emplois se concentrent davantage dans les espaces urbanisés, principalement dans les métropoles, au détriment des espaces ruraux, alors que les espaces de résidence des individus se déconnectent des centres (Wiel, 1999). À partir du milieu des années 1960, le processus de périurbanisation augmente fortement en France, d'abord en Île-de-France (Callen, 2011), puis dans les autres régions françaises à partir du milieu des années 1980 (Berger, 2004 ; Baccaïni et al., 2009). Les vitesses de déplacement admises par la voiture permettent aux actifs de se localiser plus loin de leur lieu de travail souvent concentré dans le cœur des agglomérations. Ces liens entre les pratiques de mobilité quotidienne et les formes d'organisation spatiale des lieux d'emplois et d'habitat ont fait l'objet de nombreuses recherches (Camagni et al., 2002 ; Aguiléra et al., 2004) depuis les travaux de Peter Newman et Jeffrey Kenworthy (1989).

À partir du milieu des années 1980, l'usage intensif de l'automobile, qui est au cœur du système de déplacement d'une majorité d'actifs en France, commence à être remis en cause (Newman & Kenworthy, 1989 ; Dupuy, 1995). Il est jugé responsable d'un certain nombre de problématiques sociales (dépendance automobile), économiques (dépendance énergétique) mais surtout environnementales (pollutions diverses). Parmi les nuisances environnementales, l'usage de la voiture est décrié pour son rôle dans la production de gaz à effet de serre (GES), et notamment du dioxyde de carbone (CO₂) qui représente plus de 95 % des émissions de gaz à effet de serre produites par l'usage de l'automobile (MEDDE, 2013). D'autres constats participent de cette remise en cause tels que son poids important dans le budget des ménages ou la mise en place d'une « dépendance automobile », en particulier dans les espaces périurbains et ruraux (Dupuy, 1999 ; Nicolas et al., 2002 ; Orfeuil, 2006). Les acteurs publics ont cherché à agir sur les facteurs favorisant l'usage de l'automobile tels que l'organisation urbaine et le développement des espaces périurbains ainsi que le « système automobile » (Dupuy, 2006). Certains objectifs d'action publique ont alors été identifiés afin de favoriser d'autres formes de déplacement : maîtrise de l'étalement urbain (Renard, 2011) ou développement des modes alternatifs (covoiturage, transports collectifs, modes doux) (Vincent-Geslin, 2008).

Sur le plan analytique, il existe cependant un déficit de connaissance sur la contribution aux émissions de CO₂ de certains flux pendulaires, en particulier ceux liés aux déplacements des interurbains en France (actifs qui vivent et résident dans deux aires urbaines distinctes). Cette mobilité pendulaire interurbaine apparaît en effet absente de l'ensemble des réflexions sur la contribution des actifs au volume total d'émissions de gaz à effet de serre lié à ce motif de déplacement. L'objectif de cet article est alors d'essayer d'apporter une réponse aux questions suivantes : quelle est la contribution des déplacements pendulaires des actifs interurbains en France au volume total d'émissions de CO₂ ? Dans quelle mesure la mobilité interurbaine en France constitue-t-elle un enjeu environnemental important pour les politiques d'aménagement et de transport en France ? Cet article propose donc un changement d'échelle de l'analyse des conséquences environnementales de la mobilité pendulaire, en faisant l'hypothèse que les déplacements interurbains présen-

tent des enjeux spécifiques et doivent être mieux intégrés aux réflexions sur les liens entre aménagement du territoire et mobilité durable.

Après avoir montré que la localisation résidentielle joue fortement dans les différents niveaux d'émissions de GES, nous analyserons certains signaux faibles issus de la littérature proposant un premier essai de quantification du volume d'émissions de CO₂ des actifs interurbains à l'échelle régionale. Dans une deuxième partie, le développement méthodologique engagé afin de proposer une quantification à l'échelle nationale de ces émissions sera présenté. C'est à partir de plusieurs bases de données (recensement de la population, enquête nationale de transport) et grâce à la création d'un distancier national intermodal que cette quantification a pu être réalisée à l'échelle nationale. Les résultats de cette quantification seront ensuite examinés, suivis de leur analyse et discussion en termes de politiques publiques.

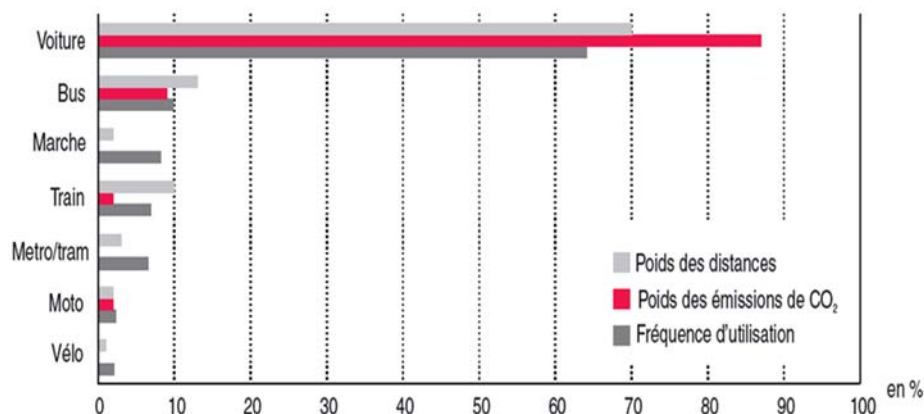
2. LA MOBILITÉ INTERURBAINE, ANGLE MORT DE LA RECHERCHE SUR LES ÉMISSIONS DE CO₂ LIÉES AUX MOBILITÉS PENDULAIRES

La place des transports et notamment l'usage individuel de l'automobile sont souvent mis en question pour leur contribution aux émissions de CO₂ en France. Nous revenons sur différents résultats de la littérature portant sur le cas spécifique des pratiques de mobilité pendulaire et de l'influence du facteur spatial sur le mode de transport utilisé et les distances parcourues (section 2.1.). Ensuite, des travaux de recherche sont présentés afin de discuter ces résultats au regard du volume d'émissions produit par la mobilité pendulaire interurbaine en France (section 2.2.).

2.1. Les actifs périurbains souvent mis en question pour leur usage de l'automobile sur de grandes distances

L'usage de l'automobile parmi les déplacements individuels est important et son rôle dans les émissions de CO₂ est encore plus prégnant. En France, en 2007, la voiture est utilisée pour 64 % des déplacements pour les actifs en emploi et les étudiants, à l'échelle nationale, alors qu'elle compte pour 70 % des distances réalisées et plus de 85 % des émissions de CO₂ (Figure 1).

Figure 1. Répartition des émissions de CO₂ et des personnes selon le mode de transport



Source : Lévy et Le Jeannic, 2011 ; INSEE, Kit CO₂ d'après le recensement de la population 2007 ; SOeS, fichier central des automobiles.

Deux chercheurs (Newman & Kenworthy, 1989), au travers d'une étude internationale comparant les agglomérations de plusieurs continents, ont mis en évidence une corrélation entre deux variables : la consommation de pétrole pour se déplacer et la densité urbaine. Les villes les moins denses sont aussi les villes qui ont des consommations énergétiques liées aux déplacements quotidiens les plus importantes. La recherche de Fouchier (1998) portant sur une comparaison entre les communes de la région Île-de-France met également en avant une relation nette entre la densité de population et les émissions de CO₂. Dans les communes de faibles densités les individus ont tendance à parcourir des distances importantes ; à l'inverse, les individus vivant dans les centres urbains denses conduisent davantage les actifs à parcourir des distances courtes (Fouchier, 1998). De plus, les déplacements des actifs des espaces peu denses sont réalisés en voiture, et pèsent donc davantage dans le bilan des émissions que les trajets des centres urbains denses où les individus utilisent des modes de transport moins émetteurs comme les transports en commun ou la marche. Ainsi, « selon que l'on vit dans une zone bien desservie et bien équipée, ou que l'on vit dans une zone peu dense et dépendante de l'automobile pour la plupart des activités, la consommation d'énergie pour la mobilité varie dans un rapport de 1 à 3 pour des personnes comparables en termes de niveau de vie et d'âge » (Desjardins & Llorente, 2009, p. 53).

En France, ce sont les résidents des espaces périurbains qui sont pointés du doigt pour leur usage plus fréquent de la voiture dans les déplacements et qui ont donc un volume d'émissions plus important. Ces conclusions sur le lien entre la forme d'organisation de l'urbanisation et le volume d'émissions de CO₂ ont conduit les chercheurs et aménageurs à proposer des formes d'organisation urbaines ayant pour objectif de réduire ces émissions. De nombreux travaux se sont ainsi concentrés sur l'échelle des agglomérations pour saisir les facteurs influençant l'usage de l'automobile (Maupu, 2006 ; Holden, 2004 ; Jabareen, 2006) ou proposer des aménagements pour réduire sa place dans les usages (Cervero & Kockelman, 1997 ; Camagni et al., 2002), et donc diminuer les émissions de GES.

Ces résultats sont à mettre en perspective des autres motifs de déplacement, tels que ceux liés aux déplacements longues distances (Orfeuil & Soleyret, 2002), aux loisirs (Nessi, 2012) ainsi qu'avec les niveaux d'émissions d'autres postes identifiés comme émetteurs de CO₂, tels que le logement (Cavailhès & Hilal, 2012). Toutefois, cet ensemble de travaux sur les pratiques de mobilité mettant en lumière des différences d'émissions de GES en fonction des lieux de résidence au sein de l'aire urbaine se concentre sur les déplacements internes aux aires urbaines.

2.2. Les enjeux d'une quantification nationale du volume d'émissions des actifs interurbains en France

Dans leur article, Brion et Leger (2012) mesurent les émissions de CO₂ produites par l'ensemble des actifs et étudiants dans la région Bourgogne lors de leurs déplacements domicile-travail et domicile-étude. Les auteurs soulignent le rôle des navettes interurbaines dans le bilan des émissions de GES. « Les 5,4 % d'actifs occupés et d'étudiants bourguignons, qui effectuent chaque jour entre 50 et 200 km, sont responsables de 28 % du CO₂ total émis » (Brion & Leger, 2012, p. 3). Le recours fréquent à l'automobile pour ces déplacements effectués sur de longues distances conduit à des émissions importantes de ces actifs en regard de leur poids dans la population.

« Les navetteurs se déplaçant au-delà des limites de leur aire urbaine de résidence pour se rendre sur leur lieu de travail ou d'études représentent 14 % des navettes effectuées par les résidents de l'espace urbain régional. Ces navetteurs génèrent à eux seuls près de la moitié (49 %) des émissions de CO₂ » (Tailhades,

2011, p. 2). Ces chiffres concernent les émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail et domicile-études en Languedoc-Roussillon et vont dans le même sens que ceux évalués pour la région Bourgogne. Les actifs qui sortent des aires urbaines représentent une part beaucoup plus importante dans le bilan d'émissions de GES que leur poids dans la population.

Les données de l'ENTD de 2008 viennent en appui de ces résultats et montrent la place importante de la voiture dans ces déplacements de longue distance réalisés entre unités urbaines : « En France, 18 % des émissions totales des navettes sont le fait des 2 000 liaisons entre agglomérations les plus émettrices (y compris au sein d'une même aire urbaine). Bien que s'effectuant entre zones denses, le recours à la voiture est massif, au détriment des transports collectifs. Les émissions correspondantes de CO₂ par personne sont cinq fois plus élevées que pour les flux internes aux pôles urbains » (Besson et al., 2012, p. 16). Toutefois, ces chiffres qui semblent montrer une part importante des émissions des navetteurs interurbains en regard de leur proportion parmi les actifs des aires urbaines sont à prendre avec précaution. Les limites des espaces identifiés dans ces travaux (unités urbaines) intègrent certains déplacements propres aux aires urbaines, et d'autres entre aires urbaines.

Tous ces résultats tendent à montrer la nécessité de produire une estimation du poids du volume des émissions des CO₂ des déplacements interurbains à l'échelle nationale. Un travail de thèse mené à cette échelle permet d'identifier que deux éléments soutiennent l'hypothèse qu'en France le poids des déplacements des actifs interurbains dans les émissions de GES est relativement important au regard de leur proportion dans la population active : l'usage massif de l'automobile et des grandes distances de déplacement (Conti, 2016)¹.

Alors que la voiture est utilisée comme mode principal sur leur trajet domicile-travail par 74 % des actifs qui se déplacent au sein d'une même aire urbaine (actifs intraurbains), cette part modale atteint 88 % pour les déplacements domicile-travail des actifs interurbains (Tableau 1). Leur usage plus intensif de l'automobile pour leurs déplacements pendulaires rend plausible l'hypothèse d'un niveau d'émissions plus notable (proportionnellement plus important que 9 %).

Tableau 1. Caractéristiques des déplacements domicile-travail des résidents des aires urbaines grandes et moyennes en France (hors Paris)

	Part d'actif	Part des distances	Part modale de la voiture	Distance moyenne ^o	Distance médiane
Intraurbains	91 %	64 %	74 %	7 km	4 km
Interurbains	9 %	36 %	88 %	37 km	28 km

^oDistance à vol d'oiseau pour les trajets intercommunaux. Pour les trajets intracommunaux, la formule suivante est appliquée : $distance = 0,44 + 0,58 * rayon \text{ de la commune}$ (Mercier, 2007). Source : Conti, 2016.

Le second élément qui tend à appuyer cette hypothèse est celui de leur part significative dans le total des kilomètres parcourus. Les distances moyennes des navettes domicile-travail des actifs interurbains sont plus importantes que celles

¹ Ce travail a été mené sur les actifs résidant et travaillant dans les aires urbaines moyennes et grandes en France en dehors du cas de l'aire urbaine de Paris et sans considération des actifs ayant une distance domicile-travail supérieure à 200 km à vol d'oiseau. Ainsi, sur le 14,3 millions d'actifs en France, vivant dans les aires urbaines grandes et moyennes, soit 352 aires urbaines selon le zonage de 2010, la population des actifs interurbains est de 1,3 million d'actifs.

des actifs intraurbains : 37 km pour les premiers contre 7 km pour les seconds. Avec une distance moyenne cinq fois plus élevée et une distance médiane sept fois plus forte, les 9 % d'actifs interurbains réalisent 36 % de l'ensemble des kilomètres parcourus des déplacements domicile-travail de l'ensemble des actifs, intraurbains et interurbains inclus, des aires urbaines grandes et moyennes en France (hors Paris). C'est à la lecture de ces deux éléments qu'une quantification nationale du volume d'émissions de CO₂ semble nécessaire à réaliser.

3. QUANTIFICATION DES ÉMISSIONS DE CO₂ LIÉES AUX DÉPLACEMENTS PENDULAIRES EN FRANCE

Différentes enquêtes quantitatives sur la mobilité sont aujourd'hui réalisées en France sur des périmètres variés et peuvent fournir des informations sur la mobilité interurbaine à l'échelle nationale, notamment l'ENTD. Nous confronterons les bases de données disponibles à notre objectif de quantification à l'échelle nationale des émissions de CO₂ (section 3.1.), puis nous expliquerons la méthode développée afin de mesurer la contribution des interurbains au volume total d'émissions des actifs des aires urbaines moyennes et grandes présents dans le recensement de la population (section 3.2.).

3.1. L'enjeu méthodologique de connaissance de la mobilité interurbaine à l'échelle nationale

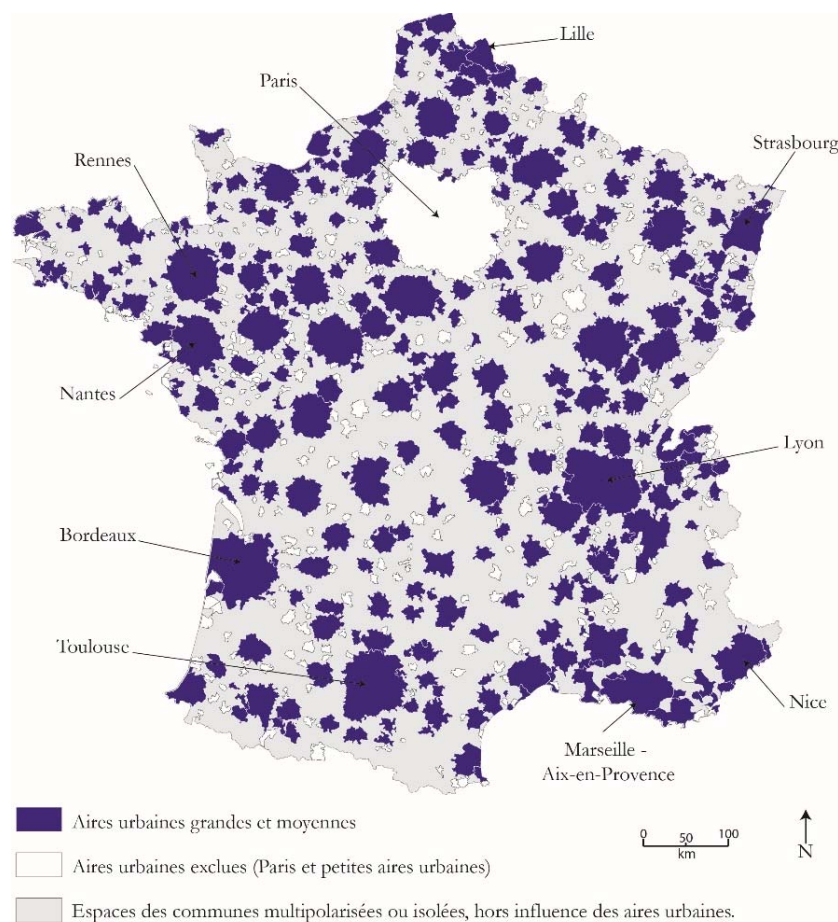
En France, différentes sources de données sur la mobilité sont disponibles. Plusieurs enquêtes à de multiples échelles géographiques sont réalisées et permettent de saisir différents types de déplacements. Les premières enquêtes déplacements standard du CERTU (Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques) ont été réalisées dès 1976 en Île-de-France, dans les régions de Marseille et de Lille. Depuis, le périmètre de ces enquêtes est variable : de l'échelle des agglomérations (Enquêtes Déplacements Villes Moyennes et Enquêtes Ménages Déplacement) à un périmètre plus large (Enquêtes Déplacements Grands Territoires) jusqu'à l'échelle régionale pour l'Île-de-France (Enquête Globale Transport). Depuis leurs mises en place et jusqu'en 2014, plus de 150 enquêtes sur 87 territoires français ont été réalisées, principalement dans les agglomérations les plus importantes. Ces enquêtes se concentrent sur un territoire défini et ont pour objectif de dresser un état des lieux des pratiques de déplacements à l'échelle des périmètres étudiés. Elles sont d'une grande richesse pour les déplacements propres aux agglomérations, mais ne permettent pas de saisir les pratiques de mobilité des navetteurs interurbains pour une raison principale : elles se concentrent sur les déplacements internes à leur périmètre d'étude.

À l'échelle nationale, l'enquête qui vise à comprendre et analyser les pratiques de mobilité est l'ENTD. La dernière a été effectuée en 2008 auprès d'un échantillon représentatif de la population française. Son objectif est la connaissance des déplacements et des pratiques de mobilité de l'ensemble des ménages français à partir d'un échantillon représentatif de plus de 20 000 ménages. Cette enquête possède un avantage pour l'étude des déplacements interurbains du fait de son périmètre, toutefois l'ENTD possède un échantillon d'actifs interurbains trop faible et ne devient donc plus représentative lorsque l'échelle d'analyse est réduite car certains territoires ne sont pas couverts par l'enquête. D'autre part, l'information sur la localisation des actifs (lieu de résidence et de travail) est disponible pour de très vastes entités géographiques (tranches d'aires urbaines) et pas à l'échelle communale. Pour ces raisons, notre travail reposera principalement sur la mobilisation des fichiers du recensement de la population. Ils fournissent une base nationale de données, localisées à la commune pour l'ensemble des actifs français et auxquels

ont été jointes les données du zonage en aires urbaines (ZAU). À partir de cette jointure, trois principaux choix sont effectués :

- Les actifs qui résident en dehors de la France continentale ne sont pas pris en compte, notamment pour des motifs liés à leur caractère insulaire.
- Les actifs résidant en France mais travaillant en dehors du territoire national relèvent de pratiques particulières d'accès à l'emploi et ne sont pas abordés dans ce travail (OST, 2013 ; Floch, 2015).
- Les actifs résidant dans les aires urbaines petites (pôle urbain de 1 500 à 5 000 emplois) ne seront pas étudiés ici.

Carte 1. Aires urbaines grandes et moyennes du périmètre d'étude des actifs interurbains



Source : INSEE, zonage en aire urbaine 2010

Réalisé avec Ptitcarto et Illustrator, Conti B.

Source : Conti, 2016.

Dans la suite de cet article, les actifs « interurbains » sont définis comme ceux qui résident dans des aires urbaines moyennes ou grandes et travaillent dans une autre aire urbaine, moyenne ou grande, en France continentale. Ils seront notamment comparés aux actifs résidant et travaillant au sein d'une même aire urbaine,

moyenne ou grande, appelés ici « intraurbains ». Par ailleurs, deux autres choix ont été effectués :

- Le cas des actifs travaillant ou vivant dans l'aire urbaine de Paris ne sera pas développé dans cet article. Le poids de Paris dans l'économie française et son rôle polarisant de l'emploi à une échelle nationale sont incomparables avec une autre agglomération en France (voir notamment Noin, 1996 ; Brunet, 2004 ; Chalard & Dumont, 2011 ; Veltz, 2012).

- Un seuil maximum de la distance domicile-travail à vol d'oiseau de 200 km a été retenu. Il correspond à celui choisi par l'INSEE dans ses enquêtes sur les déplacements domicile-travail en France à partir du recensement de la population (INSEE Bourgogne, 2001 ; Jourdan et al., 2011 ; Talbot, 2001).

En ne prenant pas en compte l'aire urbaine de Paris comme lieu de travail et de résidence des actifs interurbains ainsi que ceux qui ont une distance domicile-travail à vol d'oiseau supérieure à 200 km, les actifs résidant et travaillant dans les aires urbaines moyennes et grandes représentent 14,3 millions de personnes en France, qui résident dans 352 aires urbaines (Carte 1). La population des actifs interurbains prise en compte dans la suite de notre travail est de 1,3 million d'actifs.

3.2. Comment mesurer les émissions de CO₂ des déplacements pendulaires des actifs ?

Comment mesurer les émissions de CO₂ produites par les déplacements pendulaires de ces 14,3 millions d'actifs ? Afin de répondre à cette question, une méthode originale a été développée. Celle-ci a reposé sur trois étapes principales² :

- La création d'un réseau de transport intermodal à l'échelle du territoire français (3.2.1).
- La modélisation des émissions de CO₂ pour l'ensemble des liaisons présentes dans le recensement (3.2.2).
- La prise en compte de la fréquence de déplacement pendulaire hebdomadaire et quotidienne (3.2.3).

3.2.1. Modélisation d'un réseau national intermodal de transport

Calculer des distances de déplacement à partir des centroïdes des communes n'est pas une innovation. Plusieurs distanciers ont été développés en France, le plus utilisé étant Odomatrix, développé par l'INRA dans l'unité Centre d'Économie et de Sociologie appliquées à l'Agriculture et aux Espaces Ruraux de Dijon (Hilal, 2010). L'INSEE et le CGET (Commissariat général à l'égalité des territoires) le mobilisent régulièrement afin de calculer les distances intercommunales des temps de parcours en voiture et de faire des mesures de niveaux d'accessibilité à certains services sur le territoire^{3,4}. Une limite forte de l'utilisation de ce distancier pour nos calculs repose sur son caractère monomodal : seul le mode routier est pris en compte. Nous avons donc développé un distancier permettant de calculer trois types de trajets : ceux effectués uniquement en voiture, ceux réalisés seulement en transports collectifs, et ceux intégrant des passages du réseau routier au réseau ferroviaire ou inversement.

² Pour plus de détails sur ces différentes étapes et leurs limites, nous renvoyons le lecteur au chapitre 3 de la thèse de doctorat de Benoit Conti (2016).

³ Site de l'Observatoire des territoires : <http://www.observatoire-des-territoires.gouv.fr/observatoire-des-territoires/fr/acc-s-par-indicateurs/d-veloppement-durable?ind=1462>, consulté le 15 juillet 2016.

⁴ Site de l'INSEE : www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1397&page=graph, consulté le 15 juillet 2016.

Le fichier du ZAU de 2010 et le fichier Route 500⁵ ont constitué les éléments statistiques et cartographiques qui ont permis l'affectation permettant l'établissement de vitesses différenciées selon les types de tronçons utilisés, nécessaire à une estimation plus fine des émissions de CO₂. L'affectation des vitesses proposées repose principalement sur le projet de recherche TADEL (Transport, Accessibilité et Développement Économique Local) (Polèse et al., 2014) ainsi que sur les vitesses utilisées pour le distancier routier Odomatrix (Hilal, 2010). Notre distancier a été construit en trois étapes principales :

- la jonction du réseau routier aux centroïdes des communes françaises et l'affectation sur ce réseau de vitesses sur les différents types de tronçons ;
- la création d'un réseau d'infrastructures ferroviaires permettant la distinction entre trois types de voies (TER [Transport express régional], Intercités, LGV [Ligne à grande vitesse]) auxquelles sont affectées des vitesses différentes ;
- la jonction des deux réseaux précédents permettant le passage entre réseau routier et réseau ferroviaire à partir des gares ferroviaires.

3.2.2. Modélisation des émissions de CO₂

Le calcul des émissions de CO₂ pour le transport à partir de facteurs d'émissions repose sur une équation : « Émissions CO₂ = Distance * Facteur Émission ». Afin de réaliser notre estimation des émissions de CO₂ liées à un trajet domicile-travail, pour chaque mode de transport, un facteur d'émissions est calculé puis multiplié par la distance correspondante. Cette formule cache cependant une sensibilité à de nombreux facteurs qui peuvent faire fluctuer le total des émissions, dont la vitesse de déplacement pour le transport en automobile. En Europe, un modèle de calcul des émissions de CO₂ pour le transport routier automobile permet de prendre en compte l'ensemble de ces éléments, le modèle COPERT (*computer programme to calculate emissions from road transport*). C'est à partir de ce modèle qu'en France, le Sétra (Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements), devenu CEREMA (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) en 2014, propose des courbes de facteurs d'émissions variant en fonction de la vitesse et du type de carburant à partir d'un véhicule moyen du parc français en circulation (Sétra, 2009). C'est grâce à ces courbes que les émissions de CO₂ des trajets en automobile ont été calculées. Pour ceux en transports collectifs, le site internet basecarbone.fr fournit un ensemble de facteurs d'émissions moyens des différents modes de transport suivant le type d'infrastructure (routier ou ferroviaire) et le type de véhicule (autobus, tramway ou métro).

3.2.3. Modélisation de la fréquence de déplacement à partir de l'ENTD

Les fréquences de déplacement quotidiennes et hebdomadaires sont des variables pouvant influencer sur le bilan des émissions de CO₂ des actifs. Un retour quotidien au domicile le midi peut multiplier par deux les émissions à l'échelle de la journée pour un actif alors qu'un jour non travaillé ou télétravaillé dans la semaine réduit les émissions d'autant. L'objectif des modèles développés est de pouvoir construire un indicateur de probabilité des fréquences de déplacement (quotidiennes et hebdomadaires) à partir de certaines variables communes entre les fichiers du recensement et de l'ENTD. À partir de différentes variables, des fréquences de déplacement sont estimées grâce à un modèle multinomial ordonné

⁵ Le fichier Route 500 répertorie plus de 500 000 km du réseau national routier et ferré en 2012 (IGN).

puis jointes à la base de données du recensement, permettant ainsi de disposer de ces fréquences pour tous les actifs qui y sont représentés.

À la suite de ces trois étapes, nous sommes en mesure de dimensionner le volume des émissions de CO₂ des actifs interurbains dans l'ensemble des émissions de CO₂ des déplacements pendulaires des actifs des aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris) en France.

4. LA MOBILITÉ PENDULAIRE INTERURBAINE, UN ENJEU DE POLITIQUES DE TRANSPORT VISANT LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE CO₂

Grâce à ce travail méthodologique, nous avons pu établir que les actifs interurbains, qui regroupent 9 % des actifs des aires urbaines grandes et moyennes en France (hors Paris), contribuent à 29 % des émissions du volume d'émissions de CO₂ liées à la mobilité pendulaire dans ces espaces. Ce résultat sera discuté dans un premier temps, puis analysé au regard des pratiques de mobilité des interurbains en France (section 4.1). Le rôle des différents profils d'actifs dans ces émissions sera souligné et mis en regard avec des groupes d'actifs intraurbains, notamment les actifs périurbains (section 4.2).

4.1 Un actif interurbain émet en moyenne quatre fois plus de CO₂ qu'un intraurbain

4.1.1. Le rôle important des interurbains dans les émissions de CO₂

En supposant que les actifs interurbains et intraurbains réalisent le même nombre de déplacements par semaine, les 9 % de navetteurs interurbains contribuent à hauteur d'un tiers du volume des émissions de CO₂ (33 %) de l'ensemble des déplacements pendulaires des actifs des aires urbaines grandes et moyennes en France. En prenant en compte les fréquences de déplacement calculées à partir de l'ENTD, les interurbains contribuent à hauteur de 29 % des émissions de CO₂ (Tableau 2). Les interurbains émettent donc, en moyenne, par semaine, quatre fois plus de CO₂ lors de déplacement pendulaire que les actifs intraurbains. Ce résultat interpelle les politiques publiques de réduction de ces émissions car ces déplacements interurbains sont aujourd'hui peu considérés.

Tableau 2. Répartition du volume des émissions de CO₂ des déplacements pendulaires des actifs résidents des aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris)

	Part d'actifs	Émissions moyennes (g CO ₂ /semaine)	Part des émissions de CO ₂ pour un trajet	Part des émissions de CO ₂ pour une semaine
Intraurbains	91 %	16 581	67 %	71 %
Interurbains	9 %	69 198	33 %	29 %

Source : INSEE « *Mobilité professionnelle 2010* », ENTND 2008, Route 500 ; calculs de l'auteur.

La prise en compte des fréquences de déplacement a donc une forte importance puisqu'elle fait chuter de 4 points la part des interurbains dans le volume d'émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail de notre population. De même, il est étonnant que la part des actifs interurbains dans les émissions de CO₂ pour les déplacements domicile-travail (33 %) soit inférieure à leur poids dans la somme des kilomètres parcourus pour ces mêmes déplacements (36 %). Cet écart est à mettre en lien avec notre prise en compte de facteurs d'émissions différenciés en fonction des vitesses de déplacement. La courbe en forme de « U » des émissions de CO₂ en fonction de la vitesse pour le cas de la voiture, conduit à des émis-

sions très importantes pour les faibles ou les très fortes vitesses alors que pour les vitesses comprises entre 40 km/h et 100 km/h, elles sont plus basses. Or les actifs interurbains ont davantage de probabilité de se déplacer sur des tronçons correspondant à cet intervalle de vitesses, car ils utilisent des portions de voies routières en dehors des pôles urbains, où les vitesses calibrées sont les plus fortes qu'en milieu urbain où les vitesses sont les plus faibles et donc là où les émissions liées sont les plus importantes. Malgré ces éléments qui tendent à diminuer le poids des navetteurs interurbains dans les émissions de CO₂ de l'ensemble des actifs des aires urbaines, ces chiffres restent très importants. 29 % des émissions de CO₂ liées au déplacement domicile-travail des actifs des aires urbaines grandes et moyennes, à l'échelle nationale, sont issues des trajets réalisés par les navetteurs interurbains.

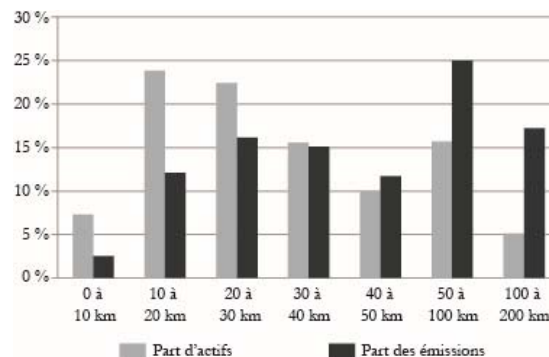
4.1.2. La voiture particulière, principale émettrice des émissions de CO₂

Parmi l'ensemble des modes de transport utilisé par les actifs, la voiture particulière tient un rôle central. Elle est utilisée en moyenne par 88 % des actifs interurbains et ce mode de transport à lui seul est responsable de 95 % des émissions de CO₂ des navettes des actifs interurbains. Parmi ces actifs, les utilisateurs de voiture particulière émettent en moyenne 2,5 fois plus de CO₂ par semaine que les actifs qui se déplacent en transports collectifs (responsables de 4 % des émissions) et 1,5 fois plus que ceux qui se déplacent en deux-roues (responsables de 1 % des émissions). Ces résultats vont dans le sens des travaux menés par l'ADEME et expliquent notamment que l'usage de la voiture thermique individuelle soit au cœur des réflexions sur la diminution des émissions des CO₂ (ADEME, 2012). Cet élément est un argument fort justifiant selon nous la prise en compte de ces déplacements domicile-travail dans les politiques visant à réduire les émissions de CO₂.

4.1.3. Les longues distances en question

Plus la distance du déplacement est importante, plus les actifs émettent des CO₂. Cette relation est attendue du fait de la formule de calcul des émissions qui est dépendante de la distance parcourue par les actifs. Les navetteurs interurbains qui ont une distance de déplacement domicile-travail inférieure à 10 km émettent en moyenne 24 000 g CO₂/semaine, alors que ceux qui parcourent une distance moyenne cinq fois plus grande (entre 40 et 50 km) émettent trois fois plus de CO₂ (80 000 g CO₂/semaine) et ceux qui parcourent entre 100 km et 200 km émettent en moyenne 9,5 fois plus de CO₂ (230 000 g CO₂/semaine).

Figure 2. Répartition des actifs interurbains et de leurs émissions de CO₂ en fonction de classes de distances



Source : INSEE « Mobilité professionnelle 2010 », ENT D 2008, Route 500 ; calculs de l'auteur.

Si la distribution des actifs interurbains en fonction des classes de distances montre qu'une majorité d'entre eux (79 %) ont une distance domicile-travail moyenne inférieure à 50 km, la répartition par classes d'émissions est différente. Les actifs qui parcourent les distances les plus grandes sont ceux qui ont un volume d'émission important (Figure 2). Les 21 % d'actifs interurbains qui se déplacent au-delà de 50 km pour aller au travail produisent 42 % des émissions des navettes interurbaines. Les effets cumulés de la réalisation de grandes distances et d'un usage important de l'automobile pour ces actifs (environ 80 % se déplacent en voiture), conduisent à des niveaux individuels d'émissions très élevés.

4.2. Émissions de CO₂ et profils d'actifs interurbains et intraurbains : des résultats qui bousculent les réflexions sur les « navetteurs-émetteurs » et les politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre

La comparaison du niveau des émissions des actifs interurbains avec les différentes catégories d'actifs se déplaçant à l'intérieur des aires urbaines permet de montrer deux éléments :

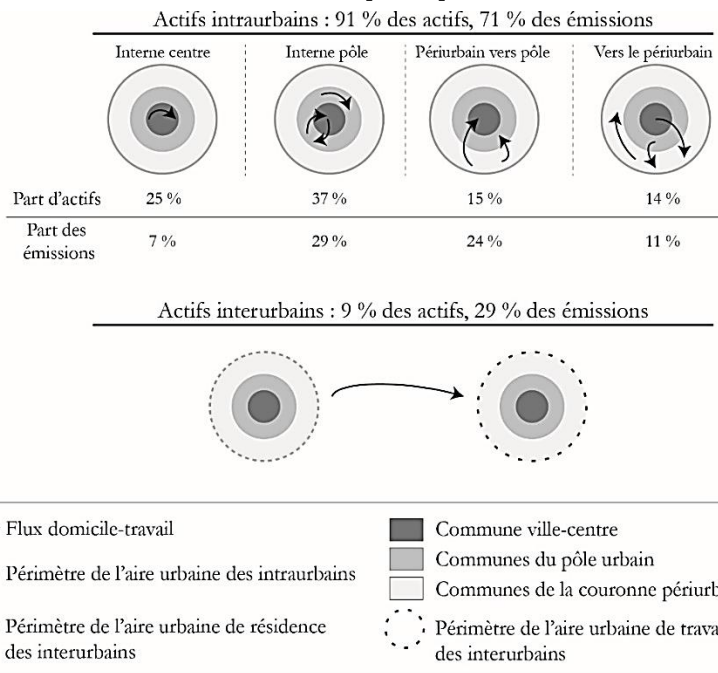
- Une confirmation de la plus importante contribution aux émissions de CO₂ de la part des actifs périurbains intraurbains par rapport aux autres actifs intraurbains.
- Une participation plus importante des interurbains aux émissions de CO₂ que les périurbains intraurbains.

Les périurbains sont très souvent pointés du doigt pour leur participation au volume d'émissions de CO₂ par rapport aux autres actifs et notamment ceux résidant dans les espaces denses de l'aire urbaine (Desjardins & Llorente, 2009 ; Calvet, 2010 ; Cavailhès & Hilal, 2012). Cette observation est également présente dans nos résultats : en moyenne, un actif au profil périurbain (qui vit dans une commune périurbaine et travaille dans le pôle urbain associé) émet par semaine cinq fois plus de CO₂ qu'un actif qui vit et travaille dans une même commune ville-centre (34 500 g CO₂/semaine contre 6 000 g CO₂/semaine), et deux fois plus qu'un actif qui vit et travaille dans le même pôle urbain (16 000 g CO₂/semaine). La répartition des émissions au sein des actifs vivant et travaillant dans une même aire urbaine atteste du poids relatif des périurbains par rapport aux autres profils d'actifs (Figure 3). Alors qu'ils ne représentent que 15 % des actifs des aires urbaines, les périurbains intraurbains émettent 24 % des émissions de CO₂. À l'opposé, les actifs qui vivent et travaillent dans la ville-centre sont 25 % et sont responsables de seulement 7 % des émissions de CO₂ des navettes domicile-travail, et ceux dont les déplacements sont internes au pôle urbain regroupent 37 % des actifs qui émettent 29 % des émissions de CO₂ des navettes pendulaires.

Le deuxième résultat à souligner est la comparaison entre les périurbains et les actifs interurbains dans leur ensemble. Les premiers représentent 15 % des actifs et 24 % des émissions de CO₂ des navettes domicile-travail alors que les seconds regroupent 9 % des actifs et 29 % des émissions. Les interurbains représentent donc en chiffres absolus moins d'actifs que les périurbains intraurbains alors que leur part dans les émissions est supérieure de 5 points. Selon nos calculs, les interurbains émettent 69 000 g CO₂/semaine en moyenne pour leurs déplacements domicile-travail, contre 34 500 g CO₂/semaine pour les périurbains intraurbains.

Souvent évoqués pour leurs poids dans les émissions de GES, les périurbains ne sont pas les seuls grands contributeurs aux émissions de CO₂, au regard de leur poids dans la population active des aires urbaines. Les actifs interurbains, puisqu'ils émettent plus que les périurbains alors qu'ils sont moins nombreux, ont un rôle plus fort et pourtant non identifié à l'échelle nationale.

Figure 3. Répartition des émissions de CO₂ des déplacements domicile-travail entre les actifs interurbains et quatre profils d'intraurbains



Source : INSEE « Mobilité professionnelle 2010 », ENTD 2008, Route 500 IGN ; calculs et réalisation de l'auteur.

CONCLUSION

Afin d'estimer dans quelle mesure les actifs interurbains participent au volume d'émissions de CO₂ liées aux déplacements pendulaires des actifs des aires urbaines grandes et moyennes en France, une méthode originale de calcul a été développée reposant sur trois éléments : la modélisation d'un réseau d'infrastructures intermodal à l'échelle, le calcul d'émissions de CO₂ pour les différents modes de transport, et enfin l'estimation de fréquences de déplacement quotidiennes et hebdomadaires.

Le résultat important de cet article concerne le poids des interurbains dans le volume des émissions de CO₂ des déplacements domicile-travail des actifs français vivant dans les aires urbaines grandes et moyennes en dehors du cas parisien. Avec une distance domicile-travail moyenne de 37 km, et un usage important de l'automobile (88 %), ce sont aujourd'hui 29 % des émissions de CO₂, à l'échelle de la semaine, qui sont produites par les déplacements des 9 % d'actifs qui résident et travaillent dans deux aires urbaines distinctes. Ces actifs émettent en moyenne quatre fois plus de CO₂ pour leurs déplacements que les actifs intraurbains en France et deux fois plus que les actifs périurbains intraurbains.

À l'image des travaux menés sur la mobilité pendulaire intraurbaine, ces résultats appellent des recherches complémentaires de mesure plus globale des émissions de CO₂ en prenant en compte les autres motifs de déplacement (Boulaïbal, 2001 ; Orefuil & Soleyret, 2002 ; Aguiléra et al., 2010 ; Holz-Rau et al., 2014). Toutefois, ces études mettent fortement en avant l'importance du lieu de résidence comme facteur explicatif de différenciation entre mobilité pendulaire et les autres

motifs de déplacement. Or, pour le cas des navetteurs interurbains, les actifs vivent à la fois dans les communes villes-centres des aires urbaines (33 %), dans les pôles urbains (38 %) et dans les espaces périurbains (29 %). Le mécanisme de « compensation » entre mobilité domicile-travail et les autres motifs de déplacement n'est sans doute pas aussi direct pour le cas des interurbains.

Ainsi, l'usage intensif de l'automobile pour les déplacements domicile-travail des interurbains est au cœur de la problématique des émissions de CO₂ et interroge les réflexions actuellement menées en France pour diminuer l'impact environnemental de ces déplacements domicile-travail. La mesure des conséquences de politiques de transport et d'aménagement, actuellement menée soit à l'échelle locale soit nationale, sur les pratiques de mobilité des interurbains constitue, selon nous, un enjeu fort de connaissance pour l'action publique et des pistes de recherches à développer.

RÉFÉRENCES

- ADEME**, 2012, Énergie et Climat édition 2012, Chiffres-clés. multimedia.ademe.fr/catalogues/chiffres-cles-energie-climat-2012/data/catalogue.pdf
- Aguiléra A., Madre J-L., Mignot D.**, 2004, Métropolisation, formes urbaines et mobilité. Présentation du dossier, *Les Cahiers scientifiques du Transport*, AFITL, n° 45, p. 5-14.
- Aguiléra A., Massot M-H., Proulhac L.**, 2010, Travailler et se déplacer au quotidien dans une métropole. Contraintes, ressources et arbitrages des actifs franciliens, *Sociétés Contemporaines*, n° 80, p. 29-46.
- Baccaïni B., Semecurbe F.**, 2009, La croissance périurbaine depuis 45 ans. Extension et densification, *INSEE Première*, n° 1240.
- Berger M.**, 2004, *Les Périurbains de Paris. De la ville dense à la métropole éclatée ?*, CNRS Editions, collection Espaces et Milieux.
- Besson V., Durieux S., Levy D., Le Jeannic T.**, 2012, Estimation des émissions de CO₂ des navettes quotidiennes, *Document de travail INSEE*, Pôle de service Analyse Territoriale, SOeS.
- Boulahbal M.**, 2001, Effet Polarisant du lieu de travail sur le territoire de la vie quotidienne des actifs, *Recherche Transports Sécurité*, vol. 73, p. 43-63.
- Brion D., Leger M.**, 2012, Pour aller travailler ou étudier, les Bourguignons émettent 474 000 tonnes de CO₂ par an, *Dimensions INSEE Bourgogne*, n° 175.
- Brunet R.**, 2004, *Le développement des territoires : formes, lois, aménagement*, Editions de l'Aube.
- Callen D.**, 2011, La "fabrique péri-urbaine", système d'acteurs et production des ensembles pavillonnaires dans la Grande Couronne francilienne, Thèse de doctorat en Géographie, Université Panthéon-Sorbonne - Paris I.
- Calvet M.**, 2010, Coûts et avantages des différentes formes urbaines — synthèse de la littérature économique, *Etudes & documents, CGDD*, n° 18.
- Camagni R., Gibelli M-C., Rigamonti P.**, 2002, Forme urbaine et mobilité : les coûts collectifs des différents types d'extension urbaine dans l'agglomération milanaise, *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, n° 1, p. 105-139.
- Cavaillhes J., Hilal M.**, 2012, Les émissions directes de CO₂ des ménages selon leur localisation, *Le point sur, CGDD*, n° 137.
- Cervero R., Kockelman K.**, 1997, Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design, *Transportation Research D*, vol. 2, n°3, p. 199-219.
- Chalard L., Dumont G-F.**, 2011, L'armature urbaine de l'emploi en France. Un basculement géographique, *Population & Avenir*, vol. 4, n° 704, p. 4-7.
- Conti B.**, 2016, La mobilité pendulaire interurbaine en France face aux enjeux du changement climatique : caractérisation socioéconomique, analyse spatiale et potentiels de report modal, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace, Urbanisme, Université Paris-Est
- Desjardins X., Llorente M.**, 2009, Revue de la littérature scientifique sur le lien entre les formes d'organisation territoriale, les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre. Quelle contribution de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire à l'atténuation du changement climatique ?, *CSTB*.

- Dupuy G.**, 1995, *Les territoires de l'automobile*, Anthropos.
- Dupuy G.**, 1999, *La dépendance automobile : symptômes, analyses, diagnostic, traitements*, *Economica*, Paris.
- Dupuy G.**, 2006, *La dépendance à l'égard de l'automobile*, PREDIT, La Documentation française.
- Floch J.-M.**, 2015, Résider en France et travailler à l'étranger. Une situation en plein essor, *INSEE Première*, n° 1537.
- Fouchier V.**, 1998, *Les densités urbaines et le développement durable. Le cas de l'Île-de-France et des villes nouvelles*, La Documentation française.
- Gallez C., Kaufmann V.**, 2009, Aux racines de la mobilité en sciences sociales. Contribution au cadre d'analyse socio-historique de la mobilité urbaine, in Flonneau M., Guigueno V., *De l'histoire des transports à l'histoire de la mobilité*, Presses Universitaires de Rennes, p. 41-55.
- Hilal M.**, 2010, Calcul de distances routières intercommunales, *Cahier des Techniques de l'INRA*, Méthodes et outils de traitement des données en sciences sociales, Retours d'expériences, p. 41-63.
- Holden E.**, 2004, Ecological footprints and sustainable urban form, *Journal of Housing and the Built Environment*, vol. 19, p. 91-109.
- Holz-Rau C., Scheiner J., Sicks K.**, 2014, Travel distances in daily travel and long-distance travel: what role is played by urban form?, *Environment and Planning A*, vol. 46, n°2, p. 488-507.
- INSEE Bourgogne**, 2001, Les trajets domicile-travail : de plus en plus de Bourguignons travaillent loin de chez eux, *INSEE Dimensions*, n° 83.
- Jabareen Y.R.**, 2006, Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts, *Journal of Planning Education and Research*, n°26, p. 38-52.
- Jourdan N., Timotéo J., Berlioz F.**, 2011, Réduire les émissions de CO₂ des trajets domicile-travail : des marges de progrès importantes, *INSEE Provence-Alpes-Côte d'Azur, Analyses*, n° 6.
- Levy D., Le Jeannic T.**, 2011, Un habitant de pôle urbain émet deux fois moins de CO₂ que la moyenne pour se rendre à son lieu de travail ou d'études, *INSEE Première*, n° 1357.
- Maupu J.-L.**, 2006, *La ville creuse pour un urbanisme durable : Nouvel agencement des circulations et des lieux*, l'Harmattan, Villes et Entreprises.
- MEDDE**, 2013, Chiffres clés du transport, Édition 2013, Repères.
http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Reperes/2013/reperes-transport-2013.pdf
- Mercier S.**, 2007, Se rendre à son travail : accessibilité de l'emploi francilien selon les activités, in Mattei M-F., Pumain D., *Données urbaines, vol. 5*, *Economica Anthropos*, Paris, p. 97-111.
- Nessi H.**, 2012, Incidences du contexte urbain et du rapport au cadre de vie sur la mobilité de loisir, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace, Urbanisme, Université Paris-Est.
- Newman P.W.G., Kenworthy J.R.**, 1989, Gasoline consumption and cities. A comparison of U.S. cities with a global survey, *Journal of the American Planning Association*, n°55/1, p. 24-37.
- Nicolas J.-P., Pochet P., Poimboeuf H.**, 2002, Mobilité urbaine et développement durable : quels outils de mesure pour quels enjeux ?, *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n° 41, p. 53-76.
- Noin D.**, 1996, *L'espace français*, Armand Colin, Paris.
- Orfeuil J.-P.**, 2006, *Déplacements et inégalités. La mobilité comme nouvelle question sociale*, *Journée d'étude Faire société en France et en Europe au XXIème siècle*, Centre d'Analyse Stratégique, Paris.
- Orfeuil J.-P., Soleyret D.**, 2002, Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et à longue distance ?, *Recherche Transports Sécurité*, vol. 76, p. 208-221.
- OST**, 2013, Profil des actifs transfrontaliers de la zone d'emploi du genevois français, *Observatoire Statistique Transfrontalier*, Fiche 3.
- Polèse M., Shearmur R., Terral L.**, 2014, *La France avantagée*, Odile Jacob, Paris.
- Renard V.**, 2011, Grenelle II : la fin de l'étalement urbain ?, *Métropolitiques*, 6 juin.
<http://www.metropolitiques.eu/Grenelle-II-la-fin-de-l-etatement.html>
- Sétra**, 2009, Emissions routières de polluants atmosphériques-Courbes et facteurs d'influence, *Note d'information du Sétra - Série Economie Environnement Conception*, n° 92.
- Tailhades B.**, 2011, Les émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail et domicile-études en Languedoc-Roussillon, *INSEE Repères*, Synthèses pour l'économie du Languedoc-Roussillon, n° 2.

Talbot J., 2001, Les déplacements domicile-travail : de plus en plus d'actifs travaillent loin de chez eux, *INSEE Première*, n° 767.

Veltz P., 2012, *Paris, France, Monde : Repenser l'économie par le territoire*, Editions de l'Aube.

Vincent-Geslin S., 2008, Les « altermobilités » : analyse sociologique d'usages de déplacements alternatifs à la voiture individuelle. Des pratiques en émergence ?, Thèse de doctorat en sociologie, Université Paris 5-René Descartes.

Wiel M., 1999, *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, Edition Mardaga.

Intercity commuter mobility and its impacts on CO₂ emissions, a planning issue

Abstract - *The daily commute has been the subject of abundant research aiming to describe and analyse the characteristics of commuters and their travel patterns. In France, such studies have focused primarily on residents of the functional areas built around cities, called (French) urban areas. This paper aims to provide supplementary insight into the topic of the daily commute by focusing on intercity commuters, i.e. people who commute from one French urban area to another. A characterisation of intercity commuters is proposed on the basis of a quantitative approach using census databases of the French mainland population. Our results highlight the intensive use of the car, which is the primary mode of intercity commuting. Despite their rather low share in the population of large and medium-sized urban areas in France, intercity commuters, because they travel long distances by car, are accountable for significant volumes of CO₂ emissions.*

Keywords

CO₂ emissions
Commuting
Intercity commuter
Functional area
France
