



HAL
open science

La mobilité pendulaire interurbaine en France face aux enjeux du changement climatique : caractérisation socioéconomique, analyse spatiale et potentiels de report modal

Benoit Conti

► To cite this version:

Benoit Conti. La mobilité pendulaire interurbaine en France face aux enjeux du changement climatique : caractérisation socioéconomique, analyse spatiale et potentiels de report modal. Géographie. Université Paris-Est, 2016. Français. NNT : . tel-01492756

HAL Id: tel-01492756

<https://hal.science/tel-01492756>

Submitted on 20 Mar 2017

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.



Thèse de doctorat de l'Université Paris Est
Aménagement de l'espace et urbanisme

-

École doctorale Ville, Transports et Territoires
Laboratoire Ville Mobilité Transport

Benoit CONTI

La mobilité pendulaire interurbaine en France face aux enjeux du
changement climatique : caractérisation socioéconomique, analyse
spatiale et potentiels de report modal

*Thèse dirigée par Anne AGUILÉRA,
et encadrée par Florent LE NÉCHET*

Soutenue publiquement le 7 décembre 2016

Jury :

Anne AGUILÉRA,

Chercheur HDR en aménagement,
IFSTTAR,
directrice de thèse.

Sandrine BERROIR,

Maître de conférences en géographie,
Université Paris-Diderot,
examinatrice.

Xavier DESJARDINS,

Professeur des universités en aménagement de
l'espace, urbanisme, Université Paris-Sorbonne,
rapporteur.

Florent LE NÉCHET,

Maître de conférences en aménagement de l'espace,
urbanisme, Université Paris-Est Marne-la-Vallée,
encadrant de thèse.

Catherine MORENCY,

Professeure titulaire,
École polytechnique de Montréal,
rapporteuse.

Thomas THÉVENIN,

Professeur des universités en géographie,
Université de Bourgogne,
examineur.

Remerciements

En premier lieu, mes remerciements s'adressent à Anne Aguiléra et Florent Le Néchet pour avoir dirigé et encadré cette thèse. Merci de la confiance et de la liberté que vous m'avez accordées durant ces quatre années qui m'ont permis de faire évoluer le sujet de cette thèse. Merci pour votre soutien et votre disponibilité, j'ai eu beaucoup de plaisir à réaliser cette thèse avec vous. Et au-delà de l'encadrement, j'ai en plus eu la chance de voir Florent dessiner la thèse au fur et à mesure de sa conception et d'apprendre quelques pas de danse avec Anne !

Merci à Catherine Morency et Xavier Desjardins d'avoir accepté d'être rapporteurs, ainsi qu'à Sandrine Berroir et Thomas Thévenin d'avoir bien voulu participer à ce jury. Je remercie également Xavier Desjardins et Sandrine Berroir pour avoir assisté à un comité de thèse qui a confirmé les orientations de cette recherche.

Merci également à certaines personnes et institutions qui ont rendu possible ce travail : à l'IFSTTAR pour son financement durant les trois premières années de thèse (2012-2015) au sein du Laboratoire Ville Mobilité Transport (LVMT) ; à l'Université de Cergy-Pontoise et en particulier au département GLT de l'IUT d'Argenteuil pour m'avoir accueilli dans son équipe depuis 2015. Merci en particulier à Florence Pirard et Virginie Augereau pour leur accueil chaleureux et leurs conseils. Merci à plusieurs enseignants-chercheurs qui m'ont aiguillé durant mon parcours universitaire au sein de l'Université de Marne-la-Vallée. Merci Matthieu Delage, Armelle Choplin, Karine Marot, Emre Korsu et Sandrine Wenglenski. Armelle et Matthieu m'ont fait confiance et permis de faire mes premiers pas dans la recherche. Merci !

C'est le moment de remercier les personnes qui m'ont accueilli et accompagner durant ces quatre années au sein du LVMT. Merci à ce laboratoire pour sa diversité et sa richesse disciplinaire ; pour la disponibilité des chercheurs, enseignants et personnels administratifs ; pour son ambiance, sa culture sportive, œnologique, culinaire et festive.

- Merci à la team PUCA pour m'avoir permis de sortir un peu de la thèse de temps en temps et réfléchir sur les « méchants périurbains » : Anne A., Olivier, Monica, Florent, Hélène, Laurent P., Patricia, Vaclav, Laurent T. et Mariane T. ont composé cette équipe.

- Merci à la LVMTTeam (association multisport) qui m'aura coûté deux genoux durant ces quatre années mais également permis d'organiser des paris illégaux lors des compétitions internationales de foot. Merci à Emre, Laurent T., Laurent P., Alexis, Yves, Matias, Jeff et Julian avec qui j'ai fait des une-deux bien avant mon transfert pour 3 ans, avec 1 an en option, au LVMT !

- Merci à l'ABBA LVMT, association de promotion de la bonne-bonne ambiance au sein du laboratoire. Merci au président, François, à la vice-présidente Julie P., au trésorier Vincent LB. et à la responsable du CE, Julie C. Merci à ces quatre personnes qui sont devenues bien plus que des amis pour moi.

- Merci aux doctorants du LVMT pour leur solidarité, leurs conseils, leur écoute qu'ils soient devenus adultes ou non : Virginie, Vincent B., Élisabeth, Étienne, Eloïse, Jeff, Carolina, Clément, François, Cyril, Vincent LB., Julie C., Julie P., Teddy, Manu, Maylis, Mathias, Aude, Matthieu, Shadi et Jean-Baptiste.

- Merci à plusieurs membres du laboratoire pour leur aide tout au long de ce travail, aussi bien technique, lors de mes errances sur TransCAD, R et SAS, que lors de mes moments de questionnement sur le pourquoi du comment des sciences sociales et plus simplement pour leur humour et convivialité au sein du LVMT. Merci à Alexis, Laurent P., Cyril, Vincent LB., Vincent B., Florent, Emre, Sandrine W., Samuel, Jeff, Natalia, Leslie, Mariane, Marianne, Caroline, Laurent T., Philippe, Gwendal, Nicolas, Gaëlle, Sophie et à toute l'équipe qui fait tourner le labo : Pierre, Sophie, Sandrine V., Sandrine F. et Virginie D.

- Merci tout particulier à la dream team de relecteurs que j'ai eu le privilège de mobiliser. Cette thèse n'aurait clairement pas cette forme sans vous : Anne, Florent, Leslie, Mariane, Virginie, Eloïse, Vincent LB., François, Manu, Julie P., Marianne et Benjamin.

Je voudrai remercier encore deux personnes chères à mon cœur, surtout le lundi matin, qui ont eu un rôle crucial pour mon équilibre psychique durant ces quatre années, mes deux cobureaux Julie C. et Mariane. Je suis arrivé en stage et commencé ma thèse au LVMT en même temps que Julie C. avec qui j'ai partagé un bureau mais surtout les débuts de la thèse. Merci à Mariane qui m'a accueilli dans son bureau lors de l'emménagement du labo à Bienvenüe et avec qui j'ai le bonheur de partager un espace de travail, le plus convivial du labo, en toute subjectivité.

Merci à mes amis, Totof, Mag, Viet, Marine, Vincent B., Omar, Alex, Sarah et F-X. pour leur soutien durant ces années universitaires. Merci à toute ma famille. Merci à mes parents qui m'ont laissé une grande liberté, très tôt, dans la conduite de mes études. Merci également à mes deux frères et ma sœur Yanou, Milie et P'tit Flo qui ont toujours été là pour moi. Je crois qu'il est temps d'aller en récré !

Enfin, je voudrai remercier la personne qui a eu un rôle primordial dans cette thèse, en me confrontant à mes idées et en me relisant jusqu'au bout, mais surtout en m'épaulant quotidiennement. Merci Julie P.M.A. pour ton soutien sans faille, ta patience et ton affection.

Sommaire

Remerciements.....	3
Sommaire.....	5
Introduction générale.....	7
Partie I Les actifs interurbains : enjeux de connaissance, enjeux de politiques publiques	17
Chapitre 1 Mobilité interurbaine : changer de périmètre pour analyser les déplacements liés au travail.....	21
Chapitre 2 Les actifs interurbains : une diversité de profils et de pratiques de mobilité	69
Chapitre 3 Quantification du volume des émissions de CO ₂ liées aux déplacements domicile-travail des actifs interurbains des aires urbaines grandes et moyennes en France.....	121
Partie II Les déplacements des actifs interurbains : le report modal comme levier de réduction des émissions de CO ₂	175
Chapitre 4 Élaboration de scénarios permettant de mesurer des potentiels de report modal des déplacements des actifs interurbains	179
Chapitre 5 Potentiels de réduction des émissions de CO ₂ des déplacements interurbains et conséquences sociales de ces politiques.....	217
Chapitre 6 Les enjeux politiques de la mobilité pendulaire interurbaine : une lecture par la hiérarchie urbaine et les systèmes urbains	259
Conclusion générale	315
Bibliographie	327
Sigles et Acronymes	349
Table des matières.....	353
Table des cartes.....	361
Table des figures.....	363
Table des tableaux	365
Table des annexes.....	367

Introduction générale

« 7 h 09, gare de Joigny¹. Le brouillard enveloppe des silhouettes endormies postées sur le quai. L'inimitable voix de la SNCF [Société Nationale des Chemins de Fer français] vient d'annoncer le train pour Paris. Christelle l'attend, comme chaque matin. Si tout se passe bien, elle sera à son bureau à 8 h 45 et rentrera ce soir à 18 h 49, juste à temps pour aller récupérer sa fille à l'étude. »

L. Noualhat, *Libération*, 20 février 2014.

Christelle vit et travaille dans deux communes différentes, comme deux personnes sur trois ayant un emploi en France en 2013 (Coudène, Levy, 2016). Toutefois, son déplacement est différent de ceux de la plupart des actifs puisqu'en se déplaçant de Joigny à Paris, elle parcourt plus de 150 km en un peu plus d'une heure. Or, cette pratique n'est pas celle de la majorité des actifs en France qui travaillent dans une commune d'emploi plus proche de leur domicile (Floch, Lévy, 2011). En effet, en France, la portée moyenne d'un déplacement pendulaire entre le lieu de résidence et d'emploi, d'après la dernière Enquête nationale transport et déplacement (ENTD) menée en 2008, est de 15 km et d'une durée moyenne de 23 min (François, 2010). Les recherches sur la mobilité domicile-travail ont démontré que ces déplacements pendulaires s'organisent principalement autour d'un pôle d'emploi, le plus souvent situé dans le cœur des plus grandes villes² (Baccaïni, 1996 ; Boulahbal, 2001 ; Aguiléra, Mignot, 2002 ; Le Breton, 2008 ; Aguiléra, Mignot, 2011). Ainsi, les communes de résidence des actifs ne sont pas toujours connectées physiquement à ces grandes villes et peuvent être situées en dehors du tissu urbain aggloméré. L'usage de la notion d'espace fonctionnel, pour définir des périmètres incluant ces zones liées par les déplacements des actifs bien que déconnectées physiquement des villes-centres et de la banlieue, est peu à peu préféré au terme de ville (Bruneau, 1998 ; Newman, Kenworthy, 2000 ; Villeneuve *et al.*, 2005 ; Terral, Shearmur, 2008 ; Orfeuïl, 2008). L'espace fonctionnel peut alors être entendu comme le périmètre cohérent d'étude de l'ensemble des déplacements organisés autour d'un ou plusieurs pôles d'emploi. L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) propose la notion de « Functional Urban Areas » pour étudier ces espaces

¹ Joigny est une commune française située dans le département de l'Yonne, en région Bourgogne-Franche-Comté et située au sud-est de Paris, à plus de 150 km en voiture (source : <https://maps.google.com/>).

² En France, une ville est statistiquement définie par « la notion d'unité urbaine [qui] repose sur la continuité du bâti et le nombre d'habitants. On appelle unité urbaine une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants ». Site de l'INSEE : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/unite-urbaine.htm>, consulté le 16 août 2016.

fonctionnels alors qu'en France, l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Études Économiques) utilise celle d'« Aire urbaine ». Cette dernière est un périmètre statistique largement utilisé en France. Les recherches sur la mobilité domicile-travail se concentrent, pour une très large majorité, sur les déplacements dont l'origine et la destination sont contenues dans ces périmètres. En France, l'étude des déplacements effectués au sein de ces aires urbaines, nommés dans cette thèse « intraurbains », porte notamment sur les liens entre mobilité quotidienne et organisation de l'urbanisation (Mignot, 2007 ; Le Néchet, 2010).

En se déplaçant chaque matin entre l'aire urbaine de Joigny et celle de Paris, Christelle questionne les outils classiques de lecture et d'analyse de la mobilité utilisés par les chercheurs en sciences sociales. Nous parlerons dans cette thèse d'actifs « sortants » pour désigner les actifs qui travaillent en dehors du périmètre de leur aire urbaine de résidence, et d'actifs « interurbains » pour évoquer ceux qui vivent et résident dans deux aires urbaines distinctes. Notre travail sera principalement centré sur les actifs interurbains car ils constituent, nous le verrons, une part importante des actifs sortants et dessinent une forme particulière de lien entre les aires urbaines. Dans quelle mesure cette pratique de mobilité interurbaine est-elle observée en France ? Cette question a été le préambule de cette recherche qui nous a conduits à construire de nouveaux outils d'étude de la mobilité quotidienne afin d'y apporter des éléments de réponse. En faisant cela, nous nous sommes aperçus que certaines pratiques de mobilité interurbaines constituent un angle mort de la recherche, aux enjeux peu identifiés. L'étude de ces déplacements sera l'objet de ce travail de thèse.

Concentrés sur les déplacements au sein des aires urbaines, que nous nommons dans cette thèse intraurbains, beaucoup de travaux de recherches s'intéressent aux facteurs explicatifs à l'origine des grandes caractéristiques des déplacements quotidiens, telles que leur longueur ou le mode de transport utilisé quotidiennement (Gallez, Orfeuil, 1998 ; Orfeuil, 2000 ; Massot, Orfeuil, 2005, Kaufmann, 2005). L'augmentation de l'usage de la voiture individuelle depuis une cinquantaine d'années, en créant une forme de norme d'accessibilité, a provoqué une différence importante entre les automobilistes et ceux qui utilisent d'autres modes de transports (Dupuy, 1995 ; Gallez, Kaufmann, 2009). Des études ont montré que les différences constatées entre les pratiques des individus, en termes de temps et de distance de déplacement et d'usage individuel de la voiture, tiennent principalement de deux éléments : d'une part de choix et contraintes personnels, d'autre part de l'organisation et de la distribution spatiale des lieux de résidence et des différentes activités, en particulier l'emploi (Newman, Kenworthy, 1989 ; Wiel, 1999). La séparation entre

d'un côté les espaces des villes-centres, territoires de la marche et des transports collectifs, et de l'autre des espaces peu denses et éloignés du centre historique, lieux de l'utilisation de la voiture sur des distances importantes, est alors proposée (Berger, 2004 ; Baccaïni *et al.*, 2009). Si cette division de l'espace est nettement identifiée, elle n'est pas pour autant déterministe dans les usages : certaines personnes vivent dans des espaces éloignés des centres urbains et utilisent les transports collectifs pour leurs déplacements pendulaires lorsqu'ils se rendent dans les centres-villes, en particulier des plus grandes aires urbaines (OMNIL³, 2012 ; Aguiléra *et al.*, 2014a).

Le déplacement des actifs interurbains est différent. Il se rapproche davantage de ce que certains sociologues et géographes appellent la grande mobilité liée au travail, qualitativement différente des déplacements intraurbains (Meissonnier, 2001 ; Öhman, Lindgren, 2003 ; Lanéele, 2006 ; Beauvais *et al.*, 2007 ; Marion, Horner, 2008 ; Viry *et al.*, 2009 ; Orfeuïl, 2010 ; Sandow, Westin, 2010 ; Ravalet *et al.*, 2014). Toutefois, cette grande mobilité n'a pas de définition uniformément adoptée en France ou dans les autres pays. Elle désigne des temps ou des distances domicile-travail particulièrement importantes, au-dessus de la moyenne nationale. En France, ces travaux sont principalement constitués de monographies, et n'ont pas vocation à donner une image représentative à l'échelle nationale. Ils éclairent des traits importants de cette forme de mobilité, et notamment les facteurs explicatifs de l'entrée et du maintien dans la grande mobilité et les modes de vie qui peuvent y être associés. Toutefois, en France, ils se concentrent principalement sur un cas de figure bien précis d'actifs interurbains : ceux qui travaillent dans une très grande ville, Paris, et s'y rendent en train. En effet, le poids de Paris et de sa région est unique en France, rassemblant plus de 18 % de la population, 5,7 millions d'emplois et affichant un produit intérieur brut (PIB) régional représentant 30 % du PIB de la France métropolitaine (Godonou, 2014). L'accessibilité de l'agglomération parisienne, de par la densité du réseau, autoroutier et ferré, et l'importance de l'offre de transport, participe de cet attrait pour la capitale. Mais pour autant les actifs interurbains travaillent-ils majoritairement dans l'aire urbaine de Paris ? Plusieurs recherches en géographie consacrées aux échanges entre villes mobilisent les flux interurbains dans leurs travaux et montrent que ce n'est pas le cas (Aubert *et al.*, 2012 ; Berroir *et al.*, 2012 ; Coutrot *et al.*, 2013 ; Gingembre, Baude, 2014) : des actifs interurbains ont d'autres communes de travail que la capitale. Toutefois, l'objectif de ces études n'est pas de quantifier ce phénomène, mais de comprendre les liens qu'il peut y avoir entre les agglomérations ou les aires urbaines. Dans ces travaux, le mode de transport, l'aspect quotidien du déplacement et l'ensemble des caractéristiques sociodémographiques individuelles de ces interurbains sont moins étudiés. Or,

³ Observatoire de la mobilité en Île-de-France.

ces éléments participent selon nous à la définition d'une forme particulière de pratique de mobilité, insuffisamment explorée compte tenu des enjeux qui lui sont rattachés en matière de connaissance scientifique (profil socioéconomique des actifs et compréhension du système spatial de mobilité à différentes échelles) et d'action publique (contribution aux émissions de GES [Gaz à effet de serre]).

En effet, bien que les études sur les grands mobiles et les actifs interurbains mettent souvent en avant l'usage des transports collectifs en direction de la capitale française, les recherches citées précédemment montrent que Paris n'est pas toujours le lieu de travail des interurbains. Le croisement de ces résultats conduit à s'interroger sur les modes de transport utilisés par ces actifs qui se déplacent à destination d'aires urbaines moins bien desservies par les transports collectifs que la capitale française. Cette question du mode de transport et notamment du poids de l'usage de la voiture dans les pratiques de mobilité des interurbains est importante. En parcourant des distances relativement importantes en automobile, les actifs interurbains seraient émetteurs d'un volume non négligeable de GES, moteur du changement climatique. Or, cette question des émissions est aujourd'hui largement considérée par les acteurs publics à l'échelle internationale, depuis la formulation en 1987 dans le rapport de la Commission Brundtland du concept de développement durable (Brundtland *et al.*, 1987)⁴ jusqu'aux accords de Paris de 2015, qui fixent comme objectif de limiter le réchauffement climatique à une hausse maximale de 2 °C d'ici 2100 en réduisant les émissions de GES (ONU, 2015), en passant par les accords du protocole de Kyoto (ONU, 1998) précisant des objectifs pour chaque pays de réduction de ces GES. Aujourd'hui, les chercheurs travaillant sur les questions environnementales liées aux émissions de CO₂ se concentrent surtout sur les habitants des espaces périphériques des agglomérations. En effet, les résidents de ces espaces, nommés les périurbains, ont en moyenne un usage plus important de l'automobile sur des distances également plus longues que les résidents des centres urbains. Ainsi, ils participent de façon importante aux émissions de GES lors de leurs déplacements en regard des actifs vivant dans les communes villes-centres (Desjardins, Llorente, 2009 ; Calvet, 2010 ; Cavailhès, Hilal, 2012).

⁴ En 1987, le rapport de la Commission Brundtland définit le concept de développement durable comme un développement qui correspond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Depuis de la conférence de Rio (sur l'Environnement et le Développement) en 1992, le principe de développement durable est acté dans les engagements internationaux (ONU [Organisation des Nations Unies], 1992). La définition se construira autour de trois axes de développement : l'environnement, le social et l'économie. Le développement devant être proposé afin de répondre aux problématiques de ces trois piliers. En 1995, ce concept est élargi afin d'intégrer l'ensemble des aspects relatifs aux solidarités sociales, abordés par le sommet pour le développement social organisé par les Nations Unies à Copenhague.

L'identification de ces catégories de personnes est un enjeu pour les politiques publiques, car elle permet d'imaginer ou de mettre en place des stratégies visant à diminuer ces émissions. Plusieurs types de politiques sont aujourd'hui proposés par les chercheurs et acteurs de l'aménagement en France, comme favoriser les modes de transports alternatifs à l'usage individuel de l'automobile, limiter l'étalement urbain ou encore promouvoir des solutions technologiques telles que la voiture électrique (Cervero, Kockelman, 1997 ; Newman, Kenworthy, 2000 ; Vincent-Geslin, 2008 ; Windisch, 2013). Dans les mesures qui sont déclinées à partir de ces grandes catégories de politiques publiques, les déplacements des actifs interurbains sont rarement pris en compte, du fait du manque de connaissances ou de l'absence de travaux de quantification ou d'identification de ces actifs. Leur cas peut paraître peu problématique du point de vue des émissions de GES si effectivement ils se déplacent en train, qui est un mode de transport moins émetteur de CO₂⁵. L'analyse des déplacements interurbains devient alors un enjeu double : à la fois de connaissance pour le chercheur afin de déterminer la proportion d'interurbains se déplaçant en automobile, mais également pour l'acteur public qui vise à réduire les émissions liées aux déplacements domicile-travail.

Les actifs intraurbains, soit vivent et travaillent dans l'espace urbain dense du centre-ville ou de la banlieue des villes, soit se déplacent sur de plus longues distances à partir des espaces périurbains. De nombreuses recherches mettent en avant différents profils d'actifs en fonction du type de lieu de résidence et de travail (Van Der Laan, 1998 ; Bertaud, 2004 ; Aguiléra, Mignot, 2011). En fonction de ces deux critères, ces études proposent de comparer les différentes formes d'organisation de l'espace fonctionnel d'une agglomération. Plusieurs termes émergent alors pour qualifier les déplacements intraurbains tels que flux centrifuges, centripètes, internes au centre ou à la périphérie. À ces différents types de flux correspondent différents types de leviers visant à réduire les émissions de CO₂ liées aux déplacements pendulaires.

La connaissance, au sein des aires urbaines, des lieux de résidence et de travail des actifs interurbains est également un enjeu de connaissance afin d'être une source de réflexion pour les leviers visant à réduire les émissions de CO₂ des déplacements interurbains. Or, les études sur les interurbains citées précédemment proposent un nouveau type d'espace fonctionnel, les systèmes urbains (Aubert *et al.*, 2012 ; Berroir *et al.*, 2012 ; Coutrot *et al.*, 2013 ; Gingembre, Baude, 2014) : l'aire urbaine est dans ces recherches considérée dans son ensemble, comme un point de départ ou d'arrivée. Elles ne détaillent pas où se situe le lieu de résidence et de travail des interurbains, ni

⁵ D'après le site de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), basecarbone.fr, une « voiture particulière - puissance fiscale moyenne, motorisation moyenne » émet en moyenne 253 gCO₂/km, alors qu'un Train à Grande Vitesse sur Ligne à Grande Vitesse émet en moyenne 4 gCO₂/passager.km.

dans l'aire urbaine de résidence ni dans celle de travail. Nous ne savons pas si les actifs vivent et travaillent dans les communes du centre des agglomérations, en banlieue ou dans une commune périurbaine. Il nous paraît intéressant d'analyser ces éléments, étudiés par les chercheurs travaillant sur les déplacements intraurbains, pour le cas des déplacements interurbains, dans la perspective de répondre à l'enjeu de territorialisation d'une action publique qui doit définir des mesures finement adaptées aux différentes échelles de territoires.

Les actifs interurbains constituent donc l'objet d'étude principal de cette thèse qui s'inscrit dans la problématique générale du lien entre pratiques de mobilité quotidienne et aménagement de l'espace. L'analyse de la géographie des déplacements pendulaires interurbains à travers le prisme des politiques de transport qui ont pour finalité de réduire les émissions de CO₂ liées à ces déplacements portera notre réflexion. Cette problématique générale est organisée autour de trois grands objectifs, pour lesquels nous chercherons à valider quatre hypothèses de recherche.

(i) Le premier objectif vise la connaissance au niveau national des actifs interurbains et de leurs déplacements domicile-travail. De ces actifs, nous nous attachons à mieux identifier les caractéristiques sociodémographiques individuelles telles que la profession et catégorie socioprofessionnelle, l'âge, le statut professionnel, la localisation résidentielle, le type de logement ou encore le statut d'occupation. Concernant leurs pratiques de mobilité, nous cherchons à connaître les caractéristiques de déplacement telles que le mode principal utilisé, le temps, la distance, le coût. La mobilisation de bases de données nationales va nous permettre de dresser un portrait plus complet des actifs interurbains en France, de mesurer le poids des déplacements vers Paris, et d'identifier les espaces concernés par ces déplacements (ville-centre, banlieue ou espace périurbain).

(ii) Le deuxième objectif est de mesurer le volume d'émissions de CO₂ des déplacements des actifs interurbains en France. Le choix du mode de transport et la longueur des trajets sont les deux facteurs qui influencent les niveaux d'émissions. L'étude des pratiques de mobilité des interurbains nous permettra, grâce à une méthode originale développée dans cette thèse, de mettre en regard leurs émissions et celles des autres actifs en France. La comparaison avec les actifs périurbains des aires urbaines, surreprésentés dans le volume des émissions par rapport à leur poids dans la population active, constitue un enjeu de connaissance important.

(iii) Le troisième objectif que vise l'étude des déplacements des interurbains découle du résultat obtenu concernant le volume d'émissions de CO₂ liées aux déplacements des interurbains. L'identification de leviers d'actions permettant de réduire ces émissions de CO₂ est

le troisième objectif de cette thèse. Les mesures visant à réduire l'usage de l'automobile sont nombreuses. Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéresserons plus particulièrement aux politiques publiques visant à jouer sur le coût et le temps de déplacement des individus et aux conséquences sociales que ces mesures peuvent avoir. Ces deux variables, rendues disponibles grâce à un travail de modélisation, sont en effet souvent mises en avant par les économistes des transports pour expliquer le choix du mode de transport (Crozet, Joly, 2004 ; De Lapparent, 2005).

À partir de ces trois objectifs, nous chercherons à valider quatre hypothèses de recherche :

- (1) Nous supposons qu'une diversité importante de profils d'actifs existe, à la fois en ce qui concerne leurs caractéristiques individuelles ainsi qu'en matière de déplacement.
- (2) Nous cherchons à mesurer le poids de l'usage de la voiture, que nous estimons être le mode de transport principalement utilisé par les actifs interurbains d'une part, et de ce fait, nous supposons que leur volume d'émissions de CO₂ est important par rapport aux intraurbains.
- (3) Les politiques et mesures testées visant à réduire les émissions de CO₂, pensées aujourd'hui à différentes échelles, auraient selon nous des impacts différents dans leur capacité à diminuer les émissions des déplacements des interurbains.
- (4) Enfin, nous formulons l'hypothèse que le facteur spatial est un élément important de différenciation de ces politiques dans leur capacité, variable, à réduire les émissions de CO₂ liées aux déplacements des actifs interurbains : par la localisation des lieux d'emploi et d'habitat au sein des aires urbaines d'une part, et les différents types de lien entre aires urbaines d'autre part.

Cette thèse en aménagement de l'espace repose sur une approche qui est interdisciplinaire en mobilisant des travaux de recherches qui s'inscrivent principalement en aménagement et en géographie, mais également en sociologie et en économie. Elle a la France continentale pour terrain de recherche. L'importance du poids de Paris dans l'économie française, la présence de nombreux sièges sociaux et la taille du périmètre de son aire urbaine en font un cas particulier et un cas d'étude très présent dans la littérature scientifique. Nous quantifierons les actifs interurbains qui y travaillent au niveau national dans une sous-partie du chapitre 2, avant de nous concentrer dans le reste du manuscrit sur tous les autres interurbains des aires urbaines grandes et moyennes en France.

Pour cela, une méthode quantitative a été développée, à partir principalement des fichiers du recensement de la population, afin de valider nos hypothèses. Le cas particulier de ces

déplacements rend complexe la mobilisation d'enquêtes sur les déplacements quotidiens des Français construites à l'échelle des aires urbaines. De plus, les enquêtes menées au niveau national, telles que l'ENTD que nous avons citée, sont peu représentatives à l'échelle des aires urbaines. Or, c'est ce croisement des échelles d'analyse qui est l'enjeu de notre travail puisqu'il s'agit, d'une part, d'apprécier les liens entre aires urbaines à l'échelle nationale et, d'autre part, d'analyser la localisation des origines et destinations à l'intérieur des aires urbaines. Pour ces raisons, un travail méthodologique important a été initié dans le cadre de cette thèse afin de proposer de nouveaux outils d'étude et d'analyse de la mobilité pendulaire. Au-delà des apports thématiques et théoriques de cette mobilité interurbaine, notre contribution est également méthodologique : (i) constitution d'une base de données nationale à partir des fichiers du recensement de la population permettant de quantifier et caractériser les interurbains ; (ii) croisement des fichiers du recensement et de l'enquête nationale transports et déplacements afin de disposer de nouvelles variables qualifiant la mobilité des interurbains présents dans le recensement ; (iii) création d'un distancier multimodal à l'échelle nationale de commune à commune permettant d'estimer pour chaque déplacement le coût financier, la distance kilométrique, la distance-temps et les émissions de CO₂ ; (iv) construction d'un indicateur permettant de mieux qualifier l'organisation des aires urbaines au sein de systèmes urbains. En plus de ces apports, plusieurs régressions et modélisations sont également mises en œuvre. Tous ces outils d'analyses étant différents pour presque chaque hypothèse que nous souhaitons valider, nous avons fait le choix de revenir, au fil de la démonstration et des hypothèses explorées dans les différents chapitres, sur les méthodes élaborées et les données mobilisées.

La thèse est structurée en deux parties. La première partie est articulée en trois chapitres développant deux enjeux de connaissance des actifs interurbains en France : quantifier et caractériser ces actifs et leurs pratiques de mobilité ; quantifier leur poids dans les émissions de CO₂ liées aux déplacements pendulaires par rapport aux autres actifs.

Afin de cerner la place de la mobilité interurbaine dans le champ de recherche des mobilités domicile-travail, le chapitre 1 présente l'évolution de la mobilité quotidienne et en particulier des déplacements liés au travail en France. Avec l'appui d'une revue de la littérature, nous définirons plus spécifiquement la position de notre objet de recherche, les actifs interurbains, par rapport aux recherches sur les modes de vie des actifs grands mobiles et travaux de géographes portant sur les flux entre aires urbaines. Nous reviendrons plus précisément sur les quatre grands enjeux de l'étude de ces déplacements interurbains, et nos hypothèses les concernant.

Le chapitre 2 a pour principal objectif d'identifier et de caractériser les actifs interurbains. Nous reviendrons tout d'abord sur les travaux qui ont traité des raisons (choix et contraintes) de cette forme de mobilité. Nous présenterons ensuite la méthode nous permettant de quantifier les actifs interurbains, en distinguant ceux qui se déplacent vers la capitale des autres. Les outils développés dans ce chapitre permettront également une qualification de ces actifs à l'échelle nationale par la mobilisation notamment d'un outil de régression. Enfin, nous proposerons une caractérisation spatiale des interurbains en quatre profils en fonction de la localisation de leurs lieux d'emploi et de résidence au sein des aires urbaines.

Les actifs étudiés dans cette thèse apparaissent à la fois comme un enjeu de connaissance des mobilités pendulaires en France, mais également un enjeu de politique publique en raison de leurs pratiques et du volume de leurs déplacements. Le chapitre 3 répond à l'objectif de quantification des émissions de CO₂ des déplacements des actifs étudiés. Ce chapitre présente un enjeu méthodologique important puisqu'il détaille une méthode de calcul des émissions de CO₂ des déplacements domicile-travail. L'originalité de ce travail repose sur l'intégration de données à l'échelle nationale et l'évaluation de différents facteurs pouvant influencer les émissions de CO₂ tels que la vitesse de déplacement, le mode de transport utilisé ou la méthode de calcul de la distance choisie. Un autre apport du travail que nous avons développé est de prendre en compte les déplacements des actifs qui utilisent plusieurs modes de transport : ceux qui utilisent leur voiture de leur domicile jusqu'à la gare pour prendre ensuite le train.

Dans une seconde partie plus prospective, nous proposerons de confronter, à partir d'un travail de modélisation et de scénarisation, ces actifs à différents leviers de réduction des émissions de CO₂ liées aux déplacements interurbains.

Le chapitre 4 détaille un travail de scénarisation qui a été mis en place afin de tester les conséquences de mesures politiques visant à réduire les émissions de CO₂. Le modèle développé dans le chapitre 3 nous a permis de calculer des variables apportant de nouvelles informations sur les caractéristiques de temps et de coût de déplacements des actifs en France. C'est principalement à partir de ces deux variables que seront élaborés différents scénarios de mise en place de mesures en faveur de la réduction de l'usage de l'automobile et des émissions de CO₂.

Le chapitre 5 propose un modèle de choix discret nous permettant d'estimer des perspectives de réduction des émissions de CO₂ par le calcul de potentiels de report modal. Par ce modèle, nous quantifierons les effets des mesures politiques proposées dans le travail de scénarisation du

chapitre 4. Les variables de localisation des logements et des emplois seront mises en avant comme facteurs explicatifs de la disparité de ces effets. Les conséquences sociales, en termes d'impact sur le coût de transport pour les différentes professions et catégories socioprofessionnelles, des mesures politiques proposées seront également étudiées.

Le chapitre 6 propose un changement de l'échelle d'analyse. L'étude de nouveaux périmètres mobilisés dans des analyses géographiques, les systèmes urbains, permet d'approfondir la compréhension et l'étude des déplacements interurbains. Loin de l'image d'actifs se déplaçant sur plus d'une centaine de kilomètres vers Paris, ces déplacements relèvent avant tout d'une logique de proximité et dessinent des systèmes d'interactions fortes au sein des villes françaises. La confrontation de ces nouveaux périmètres fonctionnels avec ceux du découpage institutionnel français permettra de faire émerger le rôle que peuvent tenir les différentes collectivités territoriales dans la mise en place des leviers identifiés dans les chapitres 4 et 5.

Partie I

Les actifs interurbains : enjeux de
connaissance, enjeux de politiques publiques

Introduction de la partie I

La vie quotidienne et familiale des actifs interurbains qui passent plus de temps dans les transports ou se déplacent sur des distances plus importantes en moyenne que les autres individus questionne les chercheurs en sciences sociales. L'objectif de la première partie de cette thèse est de réaliser un travail d'identification, de quantification et de qualification d'actifs ayant un profil précis : ceux qui sortent de l'espace fonctionnel classique (l'aire urbaine pour le cas français) dans lequel ils résident, pour se rendre sur leur lieu d'emploi. Parmi ces actifs « sortants » des aires urbaines, notre travail sera concentré sur un profil particulier : ceux qui travaillent dans une autre aire urbaine, que nous nommerons « actifs interurbains ». Nous proposons de tester deux hypothèses concernant ces actifs en particulier : d'une part, qu'une diversité de profils est observée, notamment en matière de caractéristiques sociodémographiques et de choix de localisation résidentielle ; d'autre part, que ces actifs sont responsables d'un volume d'émissions de CO₂ liées aux déplacements pendulaires, expliqué par les caractéristiques de déplacements qui font ressortir l'usage de la voiture particulière comme mode de transport principal. Notre démonstration permettant de tester ces deux hypothèses est structurée en trois chapitres.

Le chapitre 1, en dressant un état des lieux des recherches sur la mobilité domicile-travail, nous permettra de croiser les enjeux soulevés par ce motif de déplacement pour le cas spécifique de la mobilité des actifs interurbains. Les recherches sur la grande mobilité liée au travail étudiant les modes de vie des actifs et les travaux sur les échanges de flux entre aires urbaines nourriront notre réflexion. Quatre enjeux de connaissance des caractéristiques de ces actifs seront mis en avant.

Dans le chapitre 2, nous expliquerons la création d'une méthode originale permettant de caractériser ces actifs : nous quantifierons leur importance parmi l'ensemble des actifs à l'échelle nationale et étudierons leurs caractéristiques individuelles. Nous proposerons également dans ce chapitre d'étudier ces actifs à partir de certaines caractéristiques de localisation de leur lieu de résidence et d'emploi. Une typologie à partir de ces éléments sera proposée.

L'objectif du chapitre 3 de cette première partie consistera à mesurer le volume d'émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail de ces actifs. Cette quantification nous permettra de tester notre seconde hypothèse. Par la mise en place d'un travail de modélisation développé dans le cadre de cette thèse, réalisé à partir du croisement de plusieurs bases de données, nous serons en mesure de fournir une estimation du volume de ces émissions par rapport à celui de l'ensemble des actifs en France.

Chapitre 1

Mobilité interurbaine : changer de périmètre pour analyser les déplacements liés au travail

Introduction du chapitre 1

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, notamment en Île-de-France : « les quatre départements de la Grande Couronne⁶ sont les principaux bénéficiaires de cette redistribution de la population : en 1999, ils regroupent 44 % de la population francilienne, contre 30 % en 1968 » (Callen, 2011, p.44). Ce processus connaîtra un développement plus tardif dans les autres régions françaises, au 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, les emplois étant souvent concentrés 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 (formes urbaines) 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 multisectorielles : sociales (dépendance automobile), économiques (dépendance énergétique) mais

⁶ Yvelines, Essonne, Seine-et-Marne et Val-d'Oise.

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), moteur du réchauffement climatique. En effet, la voiture à moteur thermique émet certains de ces GES : du méthane (CH₄), du protoxyde d'azote (N₂O) et du dioxyde de carbone (CO₂)⁷. Le CO₂ représente plus de 95 % des émissions de gaz à effet de serre produites par l'usage de l'automobile⁷. 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 le périurbain et le rural (Dupuy, 1999 ; Orfeuil, 2006 ; Nicolas *et al.*, 2012). Ces changements sont problématiques et remis en question par les acteurs publics qui cherchent à agir sur les facteurs favorisant l'usage de l'automobile : 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).

En France, à partir du périmètre fonctionnel des aires urbaines, élaboré à partir des déplacements pendulaires, nous observons que 88 % des actifs résident et travaillent dans la même aire urbaine. Mais l'articulation entre les périmètres fonctionnels et les périmètres institutionnels est une problématique classique de l'action publique : c'est sur les périmètres institutionnels, c'est-à-dire sur les territoires d'exercice des compétences des autorités publiques, que sont mises en œuvre les mesures permettant de réduire les nuisances soulevées précédemment. L'objectif de ce chapitre est de montrer qu'il existe un déficit de connaissance sur certains flux pendulaires, absents des réflexions sur la coïncidence entre périmètre fonctionnel et périmètres d'action. Nous proposons un changement d'échelle de l'analyse de la mobilité pendulaire, afin de montrer que les déplacements sortants des aires urbaines, et en particulier interurbains, constituent un enjeu de recherche et doivent être mieux intégrés aux réflexions sur les liens entre aménagement du territoire et mobilité durable.

Ce chapitre qui présente le contexte dans lequel s'inscrit notre travail sera divisé en trois parties. Nous présenterons tout d'abord les évolutions récentes de la mobilité domicile-travail en France (section 1), puis la façon dont les sociologues et les géographes se saisissent des déplacements interurbains pour étudier les modes de vie de ces actifs et ce que leurs déplacements nous disent

⁷ Site de PADEME : <http://www.bilans-ges.ademe.fr/fr/basecarbone/donnees-consulter/liste-element/categorie/151>, consulté le 16 mai 2016.

des échanges entre aires urbaines (section 2). Ces deux premières parties ont pour objectif de mettre en regard la mobilité interurbaine et les évolutions de la mobilité pendulaire, et de nous permettre, dans une troisième partie, de présenter les enjeux des déplacements interurbains développés dans cette thèse (section 3).

1. Mutation des pratiques de la mobilité domicile-travail en France

L'enjeu de cette première partie est de montrer l'évolution des pratiques de mobilité domicile-travail en France dans les distributions de distances et les modes de transport utilisés. Nous présenterons la place qu'occupent les déplacements pendulaires parmi l'ensemble des trajets quotidiens et montrerons leur rôle central dans l'organisation du quotidien (section 1.1). Nous reviendrons ensuite sur la définition du périmètre fonctionnel des aires urbaines en France et définirons ce que nous nommerons dans cette thèse les actifs « sortants » et « interurbains » (section 1.2). Enfin, nous soulignerons le rôle de la localisation résidentielle au sein des aires urbaines et des caractéristiques sociodémographiques individuelles (section 1.3) comme éléments importants de différenciation des pratiques de mobilité entre actifs.

1.1. La mobilité domicile-travail structurante de la mobilité quotidienne

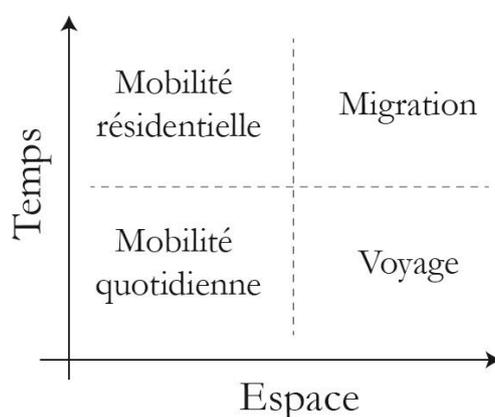
La mobilité est une notion utilisée par un ensemble de champs disciplinaires faisant référence à des flux, le plus souvent d'informations, de capitaux, de marchandises ou de personnes, dans un but précis (Bavoux *et al.*, 2005). Elle peut également désigner un changement de statut à l'échelle individuelle lorsque les chercheurs parlent de mobilité sociale ou professionnelle (Bourdieu, 1971 ; Vignal, 2006).

Dans ce travail de thèse, nous étudierons la mobilité spatiale qui est un terme rassemblant des pratiques qui peuvent concerner des temporalités et des échelles très différentes. Vincent Kaufmann (2000) propose une lecture de cette mobilité spatiale selon quatre formes en fonction de deux critères, le temps et la portée géographique du déplacement (Figure 1) :

- le voyage qui renvoie à une temporalité courte associée à une mobilité vers un espace spatialement éloigné, par exemple vers une autre région ou un autre pays ;
- la migration est associée à un éloignement géographique important et à une temporalité beaucoup plus longue et le plus souvent irréversible, à la différence du voyage qui est associé à un retour au domicile à court terme ;

- la mobilité résidentielle est le pendant de la migration sur un espace géographique de proximité, souvent effectuée dans la même région ou le même pays ;
- la mobilité quotidienne renvoie quant à elle à l'ensemble des déplacements journaliers ancrés spatialement dans un bassin de vie et associés à un retour quotidien au domicile.

Figure 1 Quatre formes de mobilité spatiale



Source : réalisation de l'auteur à partir de Kaufmann (2000).

Toutefois, les recherches se concentrant sur la mobilité spatiale se focalisent le plus souvent sur une de ces quatre formes et les croisent plus rarement (Kaufmann, 2000). Certaines pratiques de mobilité spatiale se situent parfois à la frontière de ce découpage en quatre groupes (Bassand, Brulhardt, 1980). Par exemple, la birésidentialité, soit le fait d'avoir deux lieux de résidence, s'insère entre deux types de mobilités spatiales : certains actifs, ne voulant ou ne pouvant pas déménager à proximité de leur lieu d'emploi, choisissent de prendre un second logement situé à proximité de leur lieu de travail tout en conservant une résidence principale (Vignal, 2006). Quand un retour quotidien est effectué au domicile secondaire tous les jours de la semaine et qu'un aller-retour est réalisé les weekends avec la résidence principale, comment qualifier cette forme de mobilité ? S'agit-il d'une forme de mobilité résidentielle temporaire ou d'une mobilité récurrente mais non quotidienne sachant qu'un aller-retour au domicile principal est possible en milieu de semaine ? Pouvons-nous parler d'hybridation des pratiques de mobilité associées à un ancrage résidentiel et une forme particulière de mobilité quotidienne ? Ces questions ne concernent pas uniquement la mobilité pendulaire ou les déménagements, mais interrogent plus globalement les interactions entre les diverses pratiques de déplacements, sur des temporalités plus ou moins longues et des portées plus ou moins importantes. Pour prendre un autre exemple, nous pouvons évoquer le cas des excursions ayant une durée dans le temps très limitée (une journée). Les pratiques touristiques de courte durée avec l'usage d'un mode de transport à grande vitesse comme le train ou l'avion permettent de réaliser des excursions ou des courts séjours le

temps d'un weekend dans des temps de déplacements qui peuvent s'apparenter à des pratiques de mobilité quotidienne mais sans le caractère récurrent de celles-ci.

Dans ce travail de thèse sera étudiée la mobilité quotidienne qui fait référence à l'ensemble des déplacements cycliques des individus, centrés sur leur lieu de résidence. Ces déplacements donnent donc lieu à un retour quotidien au domicile et recouvrent un ensemble de motifs diversifiés comme faire ses achats, se rendre à son lieu de travail ou effectuer une activité de loisir. Parmi ces différents motifs de déplacement, nous concentrerons notre recherche sur la mobilité liée à l'emploi. Celle-ci occupe une place importante dans l'organisation quotidienne des programmes d'activité des individus et reste le motif de déplacement qui regroupe une part prépondérante des distances parcourues par les actifs. De ce fait, les déplacements pendulaires, auxquels il est difficile de renoncer, pèsent fortement sur le bilan environnemental d'émissions de CO₂.

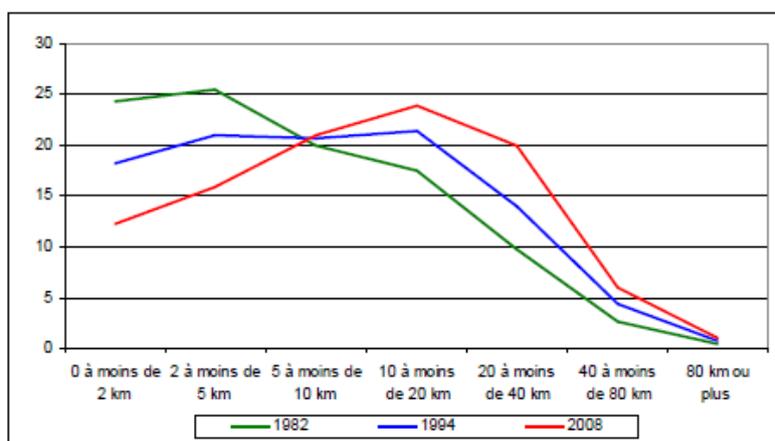
Au niveau national, les données sur les pratiques de mobilité des Français sont principalement fournies par une enquête : l'Enquête Nationale Transports et Déplacements (ENTD)⁸, réalisée conjointement par l'INSEE, l'IFSTTAR (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux) et le SOeS (Service de l'Observation et des Statistiques). La dernière enquête a été réalisée en 2008.

En 2008, les trajets vers le lieu de travail habituel, même s'ils restent le premier motif de déplacement, ne comptent que pour 18 % du total des déplacements. Toutefois, ces 18 % représentent encore une part importante des kilomètres parcourus par les actifs quotidiennement (41 %) (Le Jeannic, 2010). Ces trajets, qui ont une portée plus importante que celle des autres motifs, présentent un caractère structurant dans l'organisation des déplacements quotidiens selon David Brion et Marie Léger (2012). De ce fait, pour ces auteurs, les trajets domicile-travail constituent « un levier d'action des politiques publiques, compte tenu de leur caractère contraint et stable dans le temps » (p.1). Une étude des déplacements des actifs de la région Île-de-France (Aguiléra *et al.*, 2010) atteste de ce rôle important dans le chainage des activités quotidiennes et

⁸ « Elle succède à l'enquête transport et communication (ETC) de 1994, les précédentes ayant eu lieu en 1967, 1974 et 1982. L'objectif de cette enquête 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 mode de transport utilisé, la période de l'année ou le moment de la journée. Pour comprendre les comportements liés à la mobilité, elles s'intéressent aussi aux possibilités d'accès aux transports collectifs et aux moyens de transport individuels dont disposent les ménages. »
Source : site de l'Observation et des Statistiques (SOeS) du ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sources-methodes/enquete-nomenclature/1543/139/enquete-nationale-transports-deplacements-entd-2008.html>, consulté le 4 juillet 2016.

montre que les individus qui travaillent font en moyenne moins d'activités hors de leur domicile dans la journée que les jours où ils ne travaillent pas. Par ailleurs, ces autres activités se situent préférentiellement à proximité soit du lieu de travail soit du lieu de résidence. Ce constat est d'autant plus vérifié que la distance domicile-travail est longue : plus les actifs parcourent des distances importantes, plus les activités secondaires se concentrent autour du trajet réalisé à proximité immédiate du lieu de résidence ou de travail (Boulaïbal, 2001 ; Aguiléra *et al.*, 2010). L'investissement en temps dans l'activité travail semble être proportionnel à la distance parcourue pour gagner le lieu d'emploi : « la relation montre en effet que plus le temps d'accès au travail est long, moindres sont les activités hors travail et hors domicile, et plus les temps passés au travail sont importants. Dès lors qu'ils ont fait un grand trajet, les actifs ont tendance à amortir le temps d'accès sur l'activité la plus longue en augmentant sa durée » (Aguiléra *et al.*, 2010, p.40). Le rôle structurant de la mobilité pendulaire dans l'enchaînement des différentes activités quotidiennes semble d'autant plus important que les distances parcourues sont longues en termes de temps et de distance. Depuis 1982, ces distances sont en augmentation constante, passant de 9 km en 1982 à 12 km en 1994 jusqu'à près de 15 km en 2008 (François, 2010). L'évolution de la distribution des distances de déplacement domicile-travail entre 1982 et 2008 (Figure 2) fait apparaître que les distances inférieures à 5 km sont celles qui ont diminué le plus fortement. Elles ont pratiquement été réduites de moitié, passant d'un peu moins de 25 % à environ 12,5 %. Dans le même temps, les distances des déplacements domicile-travail supérieures à 10 kilomètres ont augmenté très fortement. Plus précisément, les distances comprises entre 20 et 40 kilomètres ont doublé, passant de 10 % à 20 % en 2008, alors que les très longues distances, supérieures à 80 km, ont en revanche peu augmenté.

Figure 2 Répartition des actifs selon la distance du trajet pour se rendre au travail (en %)



Source : François, 2010 ; SOeS, INSEE, IFSTTAR ; ENTID 1982, 1994, 2008.

En plus de vingt-cinq ans, les distances kilométriques moyennes à l'échelle nationale pour motif domicile-travail ont augmenté de 170 % alors que durant la même période les durées moyennes de ces déplacements n'ont crû que de 10 %, passant de 20,5 minutes en 1982 à 20,9 minutes en 1994 jusqu'à 22,6 minutes en 2008. L'accroissement des vitesses moyennes de déplacement grâce à une diffusion de l'usage de l'automobile dans les pratiques de mobilité participe à cet allongement des distances kilométriques sans augmentation associée des temps de déplacements (François, 2010). Ces résultats vont dans le sens des observations empiriques de Yacov Zahavi (1979) et de leurs interprétations (Crozet, Joly, 2004). Les résultats de la dernière ENTD confirment cette évolution, avec une place occupée par la voiture qui est croissante au cours du temps : la part modale⁹ de l'automobile comme mode de transport principal est ainsi passée de 54,5 % en 1982 à 72,5 % en 2008 pour les déplacements domicile-travail. Son utilisation est loin devant celle des transports collectifs (13,5 %), de la marche (9 %), des deux-roues motorisés (3 %) et du vélo (2 %). Dans cette thèse, nous avons fait le choix de nous concentrer uniquement sur ce motif domicile-travail pour trois raisons principales :

- Son rôle est structurant dans la mobilité quotidienne. Il est d'autant plus fort que la distance est importante. Or, les actifs interurbains parcourent de grandes distances.
- La part modale de l'automobile est prépondérante pour les déplacements domicile-travail. Or, cet usage de la voiture est central dans les questions environnementales (émissions de CO₂).
- Méthodologiquement, ces déplacements sont plus faciles à traiter à l'échelle nationale que les déplacements pour autres motifs, grâce aux fichiers du recensement de la population¹⁰.

Plusieurs éléments peuvent influencer sur les pratiques de mobilité pendulaire décrites précédemment et notamment la localisation résidentielle dans l'espace fonctionnel. Afin de comprendre ces différences en fonction de cette variable, nous allons dans la sous-partie suivante revenir sur l'évolution de la définition de la ville et de l'aire urbaine.

1.2. Définir la ville : du périmètre communal à l'aire urbaine

De nombreux travaux de comparaisons sur la définition du concept de ville, notamment à l'échelle européenne (Le Gléau *et al.*, 1996), attestent d'une richesse de critères mobilisables afin

⁹ Répartition de l'utilisation des différents modes de déplacements.

¹⁰ « Le recensement de la population a pour objectifs le dénombrement des logements et de la population résidant en France et la connaissance de leurs principales caractéristiques : sexe, âge, activité, professions exercées, caractéristiques des ménages, taille et type de logement, modes de transport, déplacements quotidiens. »
Source : site de l'INSEE, <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/recensement-de-la-population.htm>, consulté le 7 juillet 2016.

de définir ce qu'est une ville. Notre ambition ici n'est pas de proposer une nouvelle définition de ce terme, mais de montrer comment la prise en compte de la mobilité des actifs a eu une influence sur la manière de le définir. Le processus de périurbanisation a rendu moins nette l'opposition entre le rural et l'urbain et participe à une nouvelle manière de définir la ville.

Quand un statut administratif particulier n'est pas mobilisé pour définir une ville, deux critères principaux sont souvent pris en considération : un critère démographique, le seuil de population ; un autre morphologique, l'espacement du bâti (Le Gléau *et al.*, 1996). En Europe, une multitude de seuils démographiques et de distances d'espacement des habitations est utilisée : par exemple, pour délimiter la ville en Écosse, la distance maximum entre les bâtiments doit être de 50 m alors qu'elle est de 200 m en Autriche, en Grèce ou en Irlande. Aux États-Unis, un seuil de densité est utilisé pour définir les « Metropolitan Districts » (Bretagnolle *et al.*, 2008). La recherche d'harmonisation des découpages et limites du bâti des agglomérations peut être aujourd'hui effectuée par l'analyse de données satellitaires. L'Agence européenne de l'environnement propose un découpage morphologique des « Urban Morphological Zones » européennes à partir de la base de données Corine Land Cover¹¹ (Bretagnolle *et al.*, 2016). En France, l'INSEE aussi n'utilise plus le terme de ville pour définir ces regroupements spatiaux de populations et lui préfère le terme d'unité urbaine¹² depuis 1954 :

« La notion d'unité urbaine repose sur la continuité du bâti et le nombre d'habitants. On appelle unité urbaine une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants. Si l'unité urbaine se situe sur une seule commune, elle est dénommée ville isolée. Si l'unité urbaine s'étend sur plusieurs communes, et si chacune de ces communes concentre plus de la moitié de sa population dans la zone de bâti continu, elle est dénommée agglomération multicommunale. »

Il est intéressant de noter au moins deux éléments à partir de cette définition de l'INSEE :

- Agglomération est préférée au mot ville. Ce terme permet de définir les regroupements de communes possédant une zone de bâti continu et de prendre en compte le processus de croissance urbaine à l'œuvre depuis le début du XXe siècle. C'est ce terme qui a été mobilisé

¹¹ « Le produit CORINE Land Cover est un service du programme européen Copernicus (Agence européenne pour l'environnement). CORINE Land Cover offre tous les six ans une photographie complète de l'occupation du sol français réalisée par photo-interprétation d'images satellitaires » (CGDD [Commissariat général au développement durable], 2015).

¹² Site de l'INSEE : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/unite-urbaine.htm>, consulté le 16 juillet 2016.

jusqu'à présent dans ce travail et nous continuerons de le préférer au mot « ville », trop polysémique et pas assez précis.

- L'INSEE utilise le mot « ville » uniquement dans sa formule pour décrire ce qu'il entend par « ville isolée ». Cette utilisation peut paraître contradictoire avec la définition initiale du mot ville désignant le regroupement d'individus, car ici le terme de « ville isolée » rassemble les communes qui n'ont pas connu de développement de leur emprise bâtie suffisant pour être rattachées à une autre commune.

Aujourd'hui encore, l'INSEE mobilise cette définition des unités urbaines et donc des agglomérations multicomunales. Ces unités urbaines servent de « briques » de base à la construction des aires urbaines qui, elles, sont définies à l'appui des déplacements domicile-travail des individus.

« En France, en 2013, 16,7 millions de personnes quittent quotidiennement leur commune de résidence pour aller travailler, soit deux personnes ayant un emploi sur trois » (Coudène, Levy, 2016, p.1). La commune n'est plus une échelle fonctionnelle pertinente pour définir et surtout pour délimiter la ville. À la suite de la Seconde Guerre mondiale, un bouleversement majeur du système de transport a modifié l'organisation urbaine : l'avènement de l'automobile. Le passage de la ville pédestre à la ville de l'automobile, décrit par Marc Wiel (1999), montre comment la ville a été transformée au cours des années 1970 : le centre-ville historique, associé à des espaces piétons, fait place à de grandes agglomérations reliant des périphéries à un centre par la mise en place d'infrastructures de transport routières et autoroutières. Dans cette évolution, la ville tend à s'adapter de plus en plus à l'automobile, ce qui rend ses frontières plus floues du fait des nombreux flux connectant des espaces spatialement disjoints. Ces évolutions ont conduit à de nouveaux critères de définition des villes, au-delà des critères morphologiques (limite de l'espace bâti, hauteur des bâtiments), démographiques (seuil de population minimal, densité de population) ou de ceux attachés aux modes de vie (pratiques de consommation, formes de sociabilité).

Une lecture fonctionnelle par les déplacements quotidiens a été alors proposée : par l'INSEE en France avec la notion d'« aire urbaine » ; par le Bureau du recensement aux États-Unis avec les « Standard Metropolitan Statistical Areas » (Bretagnolle *et al.*, 2008) ; par l'OCDE avec les « Functional Urban Areas » (OCDE, 2013). Dans ces trois cas, les flux domicile-travail entre les espaces périphériques et les agglomérations permettent de construire un périmètre fonctionnel autour de celles-ci. Les seuils définissant le cœur de l'aire fonctionnelle et les limites de son

périmètre sont là encore variables d'un pays à l'autre, avec des changements au cours du temps (Bretagnolle *et al.*, 2008).

Dans le cas français, la construction statistique de l'aire urbaine (AU) procède d'ajustements antérieurs. Dès 1962, l'INSEE propose un nouveau découpage pour mieux cerner les relations entre les espaces et utilise pour la première fois les flux domicile-travail entre communes ainsi que d'autres indicateurs tels que le nombre d'emplois non agricoles ou encore le nombre et la taille des entreprises pour construire les Zones de Peuplement Industriel et Urbain (ZPIU). Elles sont censées représenter les liens entre les unités urbaines et les espaces plus ruraux, avec pour chaque unité urbaine, une ZPIU. L'INSEE dénombre 844 ZPIU en 1962 qui regroupent 24 % des communes françaises ; ce nombre passe à 603 en 1990, rassemblant 78 % des communes¹³. Pour le recensement de 1999, les ZPIU seront abandonnées, car les critères de définitions ne sont plus jugés assez discriminants : presque l'ensemble des communes françaises est rattaché à une ZPIU suivant ce zonage. En 1999, un nouveau découpage du territoire français est donc proposé : le zonage en aire urbaine. Il sera utilisé pour la première en 1999 et mis à jour en 2010. Élaboré en 1997 (Bessy-Pietri, Sicamois, 2001), ce nouveau zonage des communes françaises a été mis en place à partir des déplacements pendulaires des actifs. Son objectif est d'identifier le lien fonctionnel entre les communes agglomérées de la zone centrale (l'agglomération, l'unité urbaine ou le pôle urbain) et les communes dont la population entretient des liens avec ce pôle (communes périurbaines) grâce aux navettes domicile-travail. Les aires urbaines sont définies comme :

« Un ensemble de communes, d'un seul tenant et sans enclave, constitué par un pôle urbain (unité urbaine) de plus de 1 500 emplois, et par des communes rurales ou unités urbaines (couronne périurbaine) dont au moins 40 % de la population résidente ayant un emploi travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci »¹⁴.

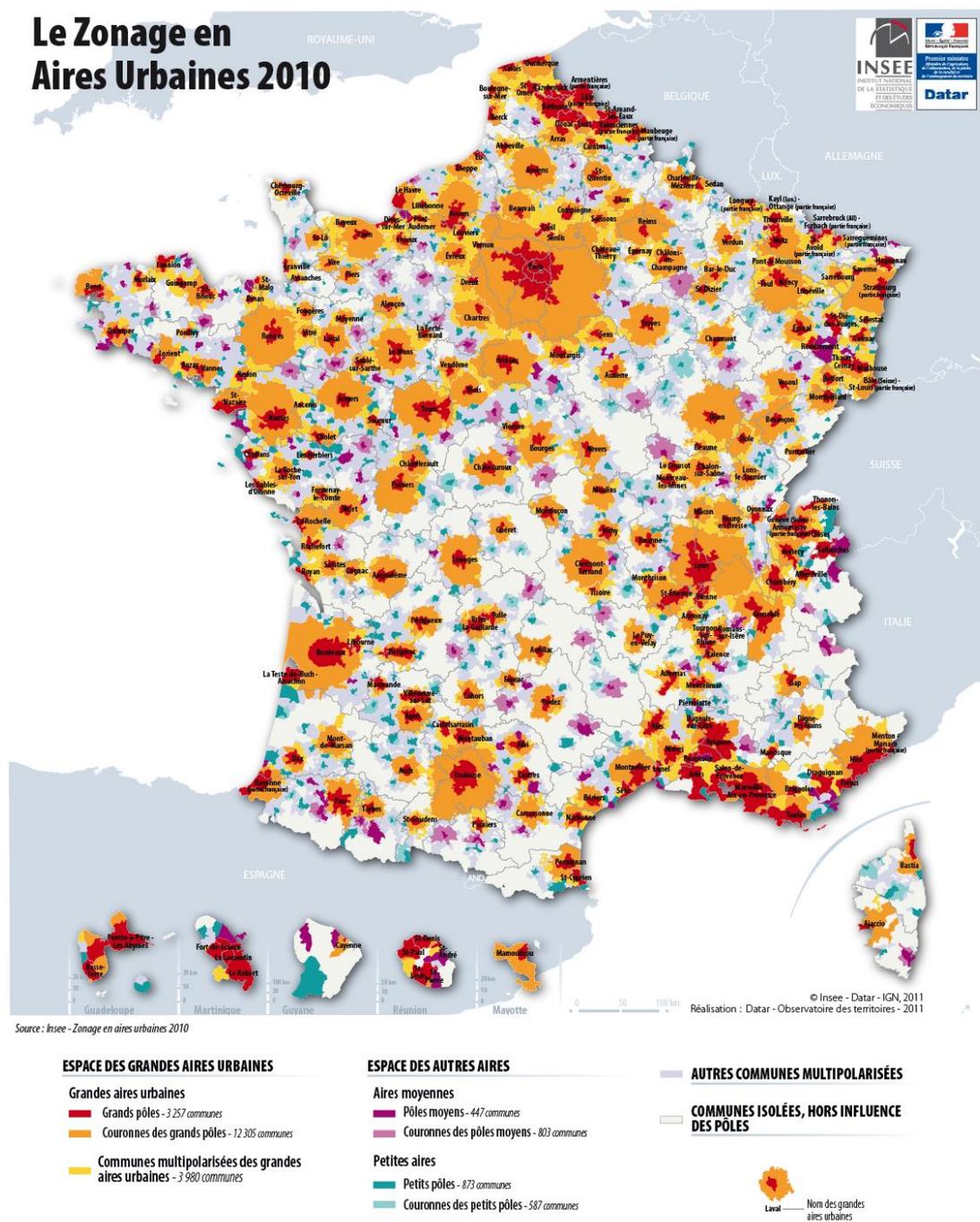
Le dernier zonage en aires urbaines a été réalisé en 2010 à partir des déplacements domicile-travail des actifs du recensement de 2008. Elles sont au nombre de 792, distinguées en trois groupes en fonction du nombre d'emplois présents dans le pôle urbain : les unités urbaines des petites aires urbaines ont entre 1 500 et 5 000 emplois (elles sont 420) ; les unités urbaines des aires urbaines moyennes comptent entre 5 000 et 10 000 emplois (elles sont 131) ; les

¹³ Site du sénat : <http://www.senat.fr/rap/r97-415/r97-4153.html>, consulté le 16 juillet 2016.

¹⁴ Site de l'INSEE : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/aire-urbaine.htm>, consulté le 23 juillet 2014.

grandes aires urbaines sont construites autour d'un pôle urbain rassemblant plus de 10 000 emplois (elles sont 241) (Carte 1).

Carte 1 Le zonage en aires urbaines de 2010

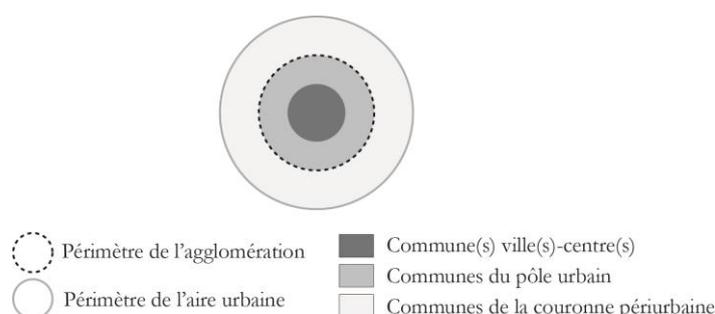


Source : INSEE, zonage en aires urbaines 2010.

À chaque agglomération correspond un espace fonctionnel défini à partir des flux domicile-travail. En France, ces espaces sont appelés « aires urbaines » au sein desquelles nous distinguons trois types de communes : celles de la ville-centre et celles du pôle urbain (ou de la banlieue) qui

constituent l'agglomération, et celles périurbaines (Figure 3). Or, les caractéristiques de déplacements des actifs pour le motif domicile-travail connaissent des particularités en fonction de ces trois types de localisation au sein de ces aires urbaines (ville-centre, banlieue ou périurbain).

Figure 3 Modélisation graphique du schéma de l'aire urbaine



Source : réalisation de l'auteur.

Les influences de ce facteur géographique ainsi que des caractéristiques individuelles seront présentées dans la prochaine sous-partie. Son objectif est d'identifier les facteurs jouant sur les distances parcourues et les modes de transport utilisés afin de nourrir les hypothèses proposées pour les actifs étudiés dans cette thèse, les interurbains.

1.3. Des différences de pratiques de mobilité entre individus et lieu de résidence

Les caractéristiques individuelles fournissent des éléments explicatifs des différences de comportements de mobilité pour les déplacements liés au travail, en particulier le genre, la position dans le cycle de vie et la profession et catégorie socioprofessionnelle (PCS). En France, les femmes parcourent en moyenne des distances moins longues que les hommes pour des temps de déplacement comparables (ENTD, 2008). Elles utilisent moins la voiture et se déplacent davantage en transports collectifs et à pied que les hommes qui préfèrent l'usage des deux-roues (Tableau 1). Les différences d'âge n'ont pas d'influence sur la distance parcourue par les actifs. L'usage de la voiture augmente avec l'âge jusqu'à un pic (73 %) entre 30 et 40 ans, puis chute pour les plus âgés (66 %). Les plus jeunes, qui ne possèdent pas tous un permis de conduire, se déplacent davantage en deux-roues (7 %) et en transports collectifs (22 %).

Les professions et catégories socioprofessionnelles ont des pratiques de mobilité différenciées. Les agriculteurs sont un groupe à part avec une proximité très forte à leur lieu de travail. Leur distance moyenne de déplacement est de 3 km, 36 % travaillent chez eux et 19 % se rendent à

piéd à leur lieu de travail. Le groupe des cadres est celui qui réalise en moyenne les distances les plus grandes (20 km) en association avec un usage plus important des transports collectifs que pour les autres groupes (23 %). Les ouvriers ont des distances plus courtes (13 km) et se déplacent beaucoup plus en voiture (76 %). Il existe un lien entre ces divergences de comportements liés aux variables individuelles et la géographie du lieu de résidence et du lieu de travail des actifs. Les cadres ont en effet des lieux d'emploi plus centraux dans les agglomérations alors que les lieux d'emploi des ouvriers sont plus diffus dans l'espace (Wenglenski, 2003).

Tableau 1 Caractéristiques individuelles et comportements de déplacement (2010)

	Parts modales (% en ligne)					Distance moyenne (vol d'oiseau)
	Pas de transport ¹⁵	Marche	Deux roues	Voiture	Transports collectifs	
Hommes	4 %	6 %	6 %	72 %	13 %	17 km
Femmes	5 %	9 %	2 %	66 %	17 %	11 km
Moins de 20 ans	2 %	10 %	7 %	59 %	22 %	15 km
20 – 30 ans	3 %	7 %	4 %	69 %	18 %	15 km
30 – 40 ans	4 %	6 %	4 %	73 %	13 %	14 km
40 – 50 ans	5 %	8 %	4 %	71 %	12 %	13 km
Plus de 50 ans	8 %	9 %	3 %	66 %	14 %	13 km
Agriculteurs	36 %	19 %	2 %	44 %	0 %	3 km
Artisans	12 %	8 %	3 %	73 %	5 %	9 km
Cadres	3 %	6 %	5 %	64 %	23 %	20 km
Professions intermédiaires	2 %	6 %	3 %	74 %	15 %	16 km
Employés	6 %	10 %	3 %	64 %	17 %	11 km
Ouvriers	2 %	6 %	6 %	76 %	10 %	13 km

Source : INSEE, recensement de la population 2010 ; France continentale ; fichier « Mobilité professionnelle » ; réalisation et calculs de l'auteur.

La localisation résidentielle au sein des aires urbaines est également un des éléments explicatifs forts des écarts constatés pour deux variables : le temps de déplacement et le choix du mode de transport. Trois modalités de cette variable géographique de localisation du lieu de résidence apportent des éléments intéressants sur ces pratiques : habiter dans une agglomération (pôle urbain), vivre dans une commune périurbaine ou vivre dans l'aire urbaine de Paris. Ces trois éléments ressortent de l'analyse réalisée par Dominique François (2010) à partir des résultats de l'ENTD de 1994 et de 2008.

¹⁵ Travail à domicile ou télétravail.

L'aire urbaine de Paris se distingue fortement des autres aires urbaines françaises concernant les usages des différents modes de transport et le temps moyen consacré à se déplacer. Les Franciliens passent en effet beaucoup plus de temps à se déplacer, de 31 minutes en moyenne pour les actifs vivant dans la commune de Paris jusqu'à 36 minutes pour ceux résidant dans les communes périurbaines alors que dans les autres territoires urbains français, le temps moyen pour se rendre jusqu'à son lieu de travail se situe entre 18 et 23 minutes (François, 2010). Les modes de transport utilisés sont également très différents, avec une particularité forte pour l'aire urbaine de Paris associée à un usage plus important des transports collectifs pour les résidents de la commune de Paris et ceux vivant dans le pôle urbain de la capitale. Pour les actifs vivant à Paris, 60 % se déplacent en transports en commun pour leur trajet domicile-travail alors qu'ils ne sont que 12,5 % dans les communes périurbaines de l'aire urbaine. Pour les autres aires urbaines en France, les temps de déplacements sont plus courts et la part modale de la voiture beaucoup plus importante par rapport à l'aire urbaine de Paris. Dans ces espaces, la part modale des transports collectifs est comprise entre 8 % et 12 % pour les actifs vivant dans des agglomérations, et moins de 5 % pour ceux vivant dans une commune périurbaine en France (François, 2010).

La localisation géographique au sein des aires urbaines est donc un facteur explicatif important des pratiques de mobilité différentes en matière de choix modal et temps de déplacement. D'autres recherches menées à une échelle plus locale, celle des agglomérations¹⁶ grâce aux enquêtes ménages déplacements¹⁷ (EMD), vont également dans ce sens : dans les espaces centraux, la part modale de l'automobile tend à diminuer au profit de la marche et des transports collectifs alors que dans les autres espaces de l'agglomération, la voiture reste très largement dominante (De Solere, 2012).

Une autre manière d'appréhender cette différence de pratique de mobilité entre les espaces centraux (commune ville-centre et banlieue) et les espaces périphériques (commune périurbaine) est de considérer l'indicateur de la distance au centre urbain (Pan *et al.*, 2009 ; Traversi *et al.*, 2009). Plusieurs recherches ont déjà fait ce lien en constatant une relation positive entre l'éloignement du lieu de résidence du centre urbain historique des agglomérations et la distance domicile-travail (Wiel, 1999 ; Berger, 2004 ; Baccaini *et al.*, 2007). Une étude sur treize aires urbaines françaises et

¹⁶ Nous parlons ici d'agglomération et non d'aire urbaine, car le périmètre des EMD est variable et correspond davantage aux limites du périmètre de l'autorité organisatrice des transports d'une intercommunalité.

¹⁷ « L'enquête ménages déplacements (EMD) est un outil de connaissance des pratiques de déplacement d'une population urbaine. La maîtrise d'ouvrage des EMD est aujourd'hui assurée par les collectivités locales, le plus souvent par une autorité organisatrice des transports urbains (AOTU). L'aire d'étude, déterminée par le maître d'ouvrage, inclut au moins le périmètre des transports urbains (PTU), mais est souvent plus étendue. » (CERTU [Centre d'études sur les réseaux de transport et l'urbanisme], 2013, p.6).

la distance au centre le plus proche¹⁸ a montré que « la majeure partie de la variabilité de la distance domicile-travail est expliquée par la distance au centre le plus proche (R^2 partiel = 0,75) : plus la commune est éloignée d'un centre et plus la distance à l'emploi est élevée » (Aguiléra, Le Néchet, 2012, p.13). Aux espaces périphériques sont donc associés des déplacements en automobile sur des distances et des temps de trajet importants, alors que dans les espaces centraux (ville-centre et pôle urbain), la voiture est moins utilisée et les distances temps et kilométriques sont plus courtes.

Ces analyses de l'influence des facteurs spatiaux se concentrent sur les périmètres des aires urbaines. Ces derniers sont pertinents puisqu'ils rassemblent une très large part des trajets des actifs : d'après nos calculs, en France, 88 % des actifs résident et travaillent dans la même aire urbaine (chapitre 2). Moins étudiés par la littérature, les 12 % d'actifs restants, ceux qui sortent des aires urbaines pour travailler, ont sans doute des pratiques différentes en fonction de ces variables liées aux caractéristiques individuelles et aux lieux de résidence et d'emploi.

2. Les déplacements des actifs interurbains : quelle mobilité, quel périmètre ?

Parmi les actifs sortant des aires urbaines, certains travaillent dans une autre aire urbaine, nommés actifs interurbains dans notre travail. Ils sont étudiés à la fois par des sociologues et les géographes qui travaillent sur les modes de vie associés à la grande mobilité liée au travail (section 2.1), et à la fois par d'autres géographes qui proposent de nouveaux périmètres fonctionnels pour les étudier (section 2.2). Cette partie a pour objectif de présenter les analyses de ces travaux et de montrer comment ils nous ont permis d'élaborer une grille de lecture des déplacements des actifs interurbains en France afin de dégager des enjeux les concernant.

2.1. La mobilité interurbaine, une mobilité proche de la grande mobilité liée au travail

La grande mobilité liée au travail, dont les critères de définition sont très divers, se rapproche des déplacements abordés dans cette recherche. Nous proposerons dans un premier temps d'étudier les principaux termes et définitions utilisés dans la littérature internationale, sans objectif d'exhaustivité, pour ensuite les mettre en regard des déplacements étudiés dans cette thèse.

¹⁸ Plusieurs centres sont considérés pour les aires urbaines polycentriques comme Douai - Lens ou Marseille – Aix-en-Provence.

Une analyse du vocabulaire utilisé par les chercheurs (principalement sociologues, géographes et certains économistes) pour évoquer les actifs acteurs de la grande mobilité atteste d'une certaine homogénéité à l'échelle internationale et d'une plus grande diversité en France. Plusieurs recherches, menées en Suède (Öhman, Lindgren, 2003 ; Sandow, Westin, 2010), en Angleterre (Champion *et al.*, 2009), en Allemagne (Holz-Rau *et al.*, 2014) ou en Australie (De Silva *et al.*, 2011) utilisent le terme de « long distance commuters » pour désigner ces actifs. Une étude menée à l'échelle européenne, le programme de recherche Job Mob, utilise également ce terme en proposant une traduction française : « pendulaires (ou navetteurs) de longue distance ». (Viry *et al.*, 2009 ; Ravalet *et al.*, 2014). En Amérique du Nord (États-Unis et Canada), le terme d'« extreme commuters » est davantage utilisé (Marion, Horner, 2008 ; Maoh, Tang, 2012 ; Moss *et al.*, 2012).

En France, les termes proposés sont plus divers. En 1983, Geneviève Marotel *et al.* nomment ces actifs les « migrants-professionnels-longue-distance ». Éric Le Breton (2008) utilise le mot de « grands navetteurs » tout comme Damien Verry (2014). En 2010, Jean-Pierre Orfeuil préfère le terme de « grand migrant » quand il évoque la grande mobilité liée au travail.

Tableau 2 Synthèse des valeurs choisies pour définir la grande mobilité liée au travail

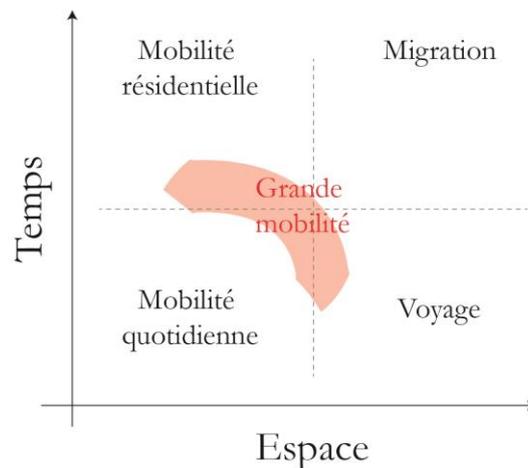
	Temps minimum	Distance minimum
Le Breton (2008)	60 min	-
Viry <i>et al.</i> (2009)	60 min	-
Orfeuil (2010)	120 min	-
Marion, Horner (2008)	90 min	-
Moss <i>et al.</i> (2012)	90 min	-
Ravalet <i>et al.</i> (2014)	60 min	-
Marotel <i>et al.</i> (1983)	-	100 km
Öhman, Lindgren (2003)	-	200 km
Champion <i>et al.</i> (2009)	-	20 km
De Silva <i>et al.</i> (2011)	-	100 km
Maoh, Tang (2012)	-	17 km
Holz-Rau <i>et al.</i> (2014)	-	100 km

Source : Réalisation de l'auteur.

Les pratiques auxquelles renvoient ces termes sont encore plus variées. Pour un même mot, différentes définitions sont employées par les auteurs. Deux critères importants sont utilisés pour définir la grande mobilité liée au travail : le temps et la distance de déplacement. Les auteurs mobilisent une seule de ces deux variables avec des seuils minimums qui peuvent être très différents d'une étude à l'autre : de 60 minutes à 120 minutes ; de 17 km à plus de 200 km (Tableau 2). Le critère de fréquence minimum de déplacement est également souligné par certains travaux mais il est toutefois plus rare (Ravalet *et al.*, 2014).

En reprenant le graphique (Figure 1) proposé à partir du découpage de Vincent Kaufmann (2000) sur les différents types de mobilité spatiale, la grande mobilité liée au travail serait une forme particulière de mobilité quotidienne (Figure 4). Avec des temps de déplacement ou des distances de déplacement importantes, la grande mobilité liée au travail bouscule les grilles de lecture classiques de la mobilité spatiale. Certains déplacements de ces actifs grands mobiles peuvent être comparés aux excursions touristiques alors que d'autres sont proches de basculer vers un mode de vie birésidentiel.

Figure 4 La place de la grande mobilité liée au travail dans le système de mobilité spatiale



Source : réalisation de l'auteur à partir de Kaufmann (2000).

L'objectif de la littérature sur la grande mobilité liée au travail est d'étudier les modes de vie associés à ces temps et distances de déplacement importants. Ces critères de distance ou de temps définissent la grande mobilité liée au travail, alors que le critère géographique de localisation du lieu d'emploi et de résidence au sein des aires urbaines ne constitue pas un axe de problématisation pour ces travaux. Ces actifs, navetteurs de longues distances ou grands mobiles, peuvent parcourir de grandes distances kilométriques ou passer beaucoup de temps dans les transports au sein même d'une agglomération ou d'une aire urbaine. C'est notamment le cas pour les plus grandes d'entre elles, comme Londres ou Paris, où les contraintes de localisations résidentielles ou de transport conduisent certains individus à parcourir des distances importantes et/ou à avoir des temps de transport élevés au sein même de ces aires urbaines (Orfeuill, 2010). Les navetteurs de longues distances ne sont pas toujours des actifs sortants ou interurbains.

C'est pour cette raison que d'autres travaux portant sur les grands mobiles sont mobilisés. Ceux dans lesquels le critère géographique est présent portent spécifiquement sur les actifs qui résident et travaillent dans les communes villes-centres de deux aires urbaines distinctes. En France, trois

travaux importants sont particulièrement mobilisés dans la littérature pour évoquer ce type de déplacement : (i) le travail de Joël Meissonnier (2001) sur les actifs « provinciaux¹⁹ » qui se déplacent de Rouen vers Paris par les trains grandes lignes reliant ces deux communes ; (ii) l'étude de Xavière Lanéelle (2006) sur les « navetteurs domicile-travail à grande vitesse » entre Le Mans et Paris en TGV (Train à Grande Vitesse) ; (iii) la recherche de Jean-Marie Beauvais *et al.* (2007) sur les « navetteurs » travaillant à Paris et résidant dans l'agglomération de Tours. Dans ces trois études, les déplacements des actifs débutent et s'achèvent dans deux périmètres fonctionnels distincts : ils vivent dans des agglomérations de province et travaillent à Paris. Ces recherches se concentrent sur le mode de vie et le profil des actifs qui se déplacent entre deux agglomérations et montrent une diversité des profils d'actifs concernés par ce type de déplacement.

Ces recherches qualitatives ont certaines particularités qui ne coïncident pas complètement avec les périmètres d'étude choisis dans cette thèse. Tout d'abord, elles se concentrent en grande majorité sur les actifs qui se déplacent en transports collectifs or, nous le verrons, ce n'est pas représentatif du cas des actifs interurbains ; ensuite elles portent sur des déplacements de très longue distance (en kilomètre et en temps) alors que des actifs interurbains peuvent se déplacer entre deux aires urbaines sans pour autant réaliser des distances aussi grandes ; enfin elles se concentrent sur les actifs qui travaillent à Paris et vivent dans les « villes à une heure de la capitale » (Lanéelle, 2006), or, nous le verrons également, ce cas n'est pas le cas majoritaire pour les déplacements interurbains en France. Elles n'en constituent pas moins de solides apports à l'élaboration de nos hypothèses de recherche.

Les déplacements des actifs sortants, et en particulier ceux qui relient deux aires urbaines, les interurbains, sont donc au croisement de deux groupes de travaux. D'une part, ceux qui étudient la grande mobilité liée au travail définie par les variables de temps ou de distance kilométrique, d'autre part ceux qui analysent les trajets pendulaires à partir d'une variable géographique. Ces deux groupes seront donc mobilisés dans la suite de notre travail afin de discuter le premier enjeu que nous souhaitons soulever dans cette thèse, celui des profils des actifs sortants des aires urbaines en France et en particulier ceux qui résident et travaillent dans deux aires urbaines distinctes (section 3.1).

Les déplacements des actifs interurbains entrent également dans un autre champ d'études, ici plus fortement exploré par les recherches en géographie en sciences régionales : celui de la définition

¹⁹ Contraction des mots « province » et « Franciliens », il désigne les actifs qui résident dans des agglomérations de province et travaillent à Paris.

d'espaces fonctionnels construits à partir des échanges entre les agglomérations ou les aires urbaines. L'objectif de la prochaine sous-partie est de présenter comment sont utilisés ces trajets dans ces recherches et ce qu'ils nous disent du découpage fonctionnel du territoire.

2.2. Des aires urbaines aux systèmes urbains

Les déplacements pendulaires entre aires urbaines sont également mobilisés par les chercheurs pour étudier les liens fonctionnels entre agglomérations ou aires urbaines. Cette question du lien entre différentes entités urbaines (agglomérations, aires urbaines) recoupe notamment les analyses portées par les géographes travaillant sur les systèmes urbains. Leur périmètre rassemble plusieurs agglomérations ou aires urbaines pour le cas français. Ces études ne sont pas nouvelles, comme le souligne Margaret Cowell (2010) qui propose une liste de certaines des dénominations utilisées pour qualifier ce changement d'échelle d'analyse et ces propositions de nouveaux périmètres fonctionnels. Elle évoque ainsi la « Megalopolis » (Gottmann, 1961), le « Urban field » (Friedmann, Miller, 1965), la « city networks » (Camagni, Salone, 1993), les « régions métropolitaines » (Dielman, Faludi, 1998) et le concept de « Mega-city region » de Peter Hall et Kathy Pain (2006).

Dans ces différents travaux, le périmètre de ces entités est défini en prenant en compte plusieurs types d'indicateurs, dont la mobilité pendulaire entre les agglomérations. Ils désignent « un réseau de centres urbains en forte interaction entre eux et avec leurs hinterlands respectifs par des flux » (Dablanc, Frémont, 2015, p.79). Edward W. Soja (2011) va même plus loin dans la lecture de ces systèmes qu'il identifie comme un changement dans le processus d'urbanisation avec l'émergence de « réseau polycentrique d'agglomérations urbaines où se trouvent des densités relativement élevées à travers le territoire urbanisé ²⁰ » (p.684).

En France, l'étude des aires d'influence des agglomérations et du lien entre ces agglomérations n'est pas une question nouvelle (Noin, 1996 ; Brunet, 2004). Plus récemment, plusieurs travaux étudient ces déplacements sortants des aires urbaines et plus spécifiquement ceux qui connectent différentes aires urbaines (Berroir *et al.*, 2012 ; Coutrot *et al.*, 2013 ; Gingembre, Baude, 2014). Julien Gingembre et John Baude (2014) identifient ces déplacements (« les grands pôles urbains échangent entre eux des flux de navetteurs », §4), et proposent une cartographie de ces flux

²⁰ Pour l'auteur, cette transformation est symbolique d'un nouveau mode d'urbanisation : « I am arguing here, however, that the city region is not just an expression of globalization but represents a more fundamental change in the urbanization process, arising from the regionalization of the modern metropolis and involving a shift from the typically monocentric dualism of dense city and sprawling low-density suburbanization to a polycentric network of urban agglomerations where relatively high densities are found throughout the urbanized region » (Soja, 2011, p.684).

(Annexe 1). Les auteurs utilisent les flux entre les pôles urbains qui comptent plus de 20 000 emplois en 2009 dont le temps de déplacement est inférieur à une heure de trajet en automobile. Ce travail se concentre donc sur une partie des actifs interurbains puisque les auteurs n'ont pas choisi de considérer les flux au départ ou à l'arrivée des couronnes périurbaines des pôles urbains. Une étude conduite pour le compte de la DATAR²¹ (Berroir *et al.*, 2012) propose un découpage de la France en plusieurs systèmes urbains à partir de différents critères, dont la mobilité pendulaire entre toutes les aires urbaines. L'objectif de ce travail est de mettre « explicitement l'accent sur les liens et les relations entre les lieux » (Berroir *et al.*, 2012, p.18). Pour cela les auteurs utilisent, parmi d'autres variables, l'ensemble des déplacements entre aires urbaines pour construire le périmètre fonctionnel des systèmes urbains. Les auteurs proposent alors un découpage de la France en plusieurs ensembles d'aires urbaines, appelés « systèmes urbains » (Annexe 2). Ce travail mené sur le zonage en aires urbaines de 1999 a été actualisé par le groupement Systra-LVMT (Laboratoire Ville Mobilité Transport) (2013) à partir du dernier zonage en aires urbaines de l'INSEE de 2010 (Coutrot *et al.*, 2013). Les auteurs ont repris une méthodologie très proche de celle de l'équipe du laboratoire de Géographie-cités (Berroir *et al.*, 2012) et prennent en compte également les mobilités interurbaines pour définir le périmètre fonctionnel des systèmes urbains.

Dans ces travaux, les déplacements interurbains sont mobilisés parmi d'autres variables pour construire les espaces fonctionnels des systèmes urbains. Toutefois, dans ces recherches, l'objectif n'est pas de considérer avec précision la localisation géographique du lieu de résidence et d'emploi à l'échelle communale, mais uniquement à celle de l'aire urbaine. Chaque aire urbaine est prise comme point d'arrivée ou de départ, sans besoin de connaître la localisation des actifs au sein des aires urbaines de travail et de résidence : commune ville-centre, du pôle urbain ou de la commune périurbaine. Or, nous l'avons vu, ces éléments jouent un rôle important dans les comportements de mobilité des actifs (modes, distance, temps de déplacement) pour les déplacements internes aux aires urbaines. Aussi, nous formulons l'hypothèse que l'étude de ces éléments pour le cas des trajets interurbains constitue un enjeu de connaissance important de la mobilité interurbaine en France : dans quelles mesures influencent-ils également les pratiques de mobilité des actifs interurbains (section 3.1) ?

²¹ Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale. Depuis 2014, le Commissariat général à l'égalité des territoires (CGET) regroupe la DATAR, le Secrétariat général du comité interministériel des villes (SGCIV) et de l'Agence nationale pour la cohésion sociale et l'égalité des chances (Acsé).

Les déplacements des actifs sortants et plus spécifiquement des actifs interurbains ne font pas l'objet d'une littérature abondante. Cependant, ces trajets rencontrent à la fois l'ensemble de la littérature sur la grande mobilité liée au travail, les études sociologiques des navetteurs de trains grandes lignes et les travaux de géographes sur les systèmes urbains. Ces différentes recherches seront mobilisées pour analyser le cas spécifique des déplacements interurbains en France, qui, selon nous, constituent un enjeu de connaissance de la mobilité domicile-travail dont nous défendons une plus importante mise en lumière. Parmi les nombreuses questions que cette forme de mobilité soulève, quatre enjeux seront mis en avant dans cette thèse.

3. Quatre enjeux identifiés de la mobilité interurbaine en France

La revue de la littérature et les politiques de transport à destination des déplacements domicile-travail nous ont permis d'identifier plusieurs grands enjeux de connaissance de la mobilité des actifs interurbains : leurs profils, leurs pratiques, leurs déplacements et les leviers potentiels d'action les concernant. Quatre enjeux, qui feront l'objet d'une présentation dans les quatre sous-parties suivantes, ont été mis en avant dans cette thèse : qualifier et quantifier les interurbains à l'échelle nationale au travers de différentes caractéristiques (section 3.1) ; quantifier leur importance dans le bilan carbone dans l'ensemble des déplacements domicile-travail (section 3.2) ; mesurer les potentiels de réduction des émissions de CO₂ liées aux déplacements pendulaires des actifs interurbains (section 3.3) ; mettre en lumière l'influence de la localisation des aires urbaines sur les caractéristiques de ces déplacements afin d'étudier les périmètres administratifs pertinents pour organiser les politiques de réduction des émissions (section 3.4).

3.1. Caractériser les profils des actifs interurbains et leurs pratiques de mobilité

Le premier enjeu que nous souhaitons soulever est celui d'une quantification et qualification nationale de ces navetteurs parmi l'ensemble des actifs français. Le profil socioéconomique et le mode de transport qu'ils utilisent constitueront les principales variables de comparaisons avec les études sociologiques portant sur ces navetteurs, notamment les travaux sur les navetteurs de trains grandes lignes. Ces derniers, construits à partir d'une prise en compte de différents espaces fonctionnels, nous permettent d'émettre plusieurs hypothèses sur le profil des actifs sortants et interurbains en France. L'objectif étant de pouvoir animer nos réflexions sur les perspectives d'action mises en place dans la suite de notre travail.

Les navetteurs se déplaçant en train suscitent un intérêt croissant de la part des sociologues qui s'intéressent à la grande mobilité liée au travail. Un ensemble d'études qualitatives se concentre sur les pratiques de déplacement en train, principalement en TGV, en direction de la capitale à partir des « villes à une heure de Paris ». Plusieurs terrains d'étude de ces grands mobiles se déplaçant vers Paris ont été explorés depuis maintenant une dizaine d'années en France à partir de l'agglomération de Rouen (Meissonnier, 2001), du Mans (Lanéelle, 2006) et de Tours (Beauvais *et al.*, 2007). Ces études apportent des éléments de connaissance importants sur le profil sociologique des actifs. Elles permettent notamment de relativiser l'image d'Épinal véhiculée par la presse d'un profil-type décrit comme étant celui d'un homme, appartenant à la catégorie socioprofessionnelle des cadres supérieurs et se déplaçant en TGV vers les centres d'affaire des grandes métropoles (Lanéelle, 2006). Ces trois monographies ont en commun de montrer au contraire une diversité des profils socioprofessionnels : les cadres ne sont pas les seuls à réaliser ce type de trajet ; des ouvriers et des employés réalisent aussi ce type de déplacement. Même si les hommes restent majoritaires dans ce type de pratique de mobilité, les femmes y ont aussi recours. D'autres travaux portant sur la grande mobilité soulignent également la surreprésentation de certaines caractéristiques individuelles : le fait d'être diplômé et le fait d'être un homme notamment (Öhman, Lindgren, 2003 ; Sandow, Westin, 2010 ; Maoh, Tang, 2012 ; Sandow, 2014 ; Holz-Rau *et al.*, 2014).

Ces enquêtes sont riches d'enseignement sur les raisons qui poussent les actifs à se déplacer de manière quotidienne entre deux agglomérations, et permettent d'identifier les facteurs d'entrée, mais aussi de maintien dans ce type de mobilité. Toutefois, elles n'ont pas pour objectif d'être représentatives de l'ensemble des navetteurs interurbains se déplaçant en transports collectifs et encore moins des actifs utilisant d'autres modes de transport. Notre approche, complémentaire à ces travaux, souhaite réaliser une quantification et qualification de ces actifs, non pas à l'échelle d'une liaison entre deux aires urbaines mais pour toute la France. Cinq éléments principaux qui structurent ces études nous permettent de souligner plusieurs points de discussion quant à l'observation des mobilités interurbaines à l'échelle française.

Le premier point soulevé est celui d'une quantification des actifs en fonction de deux catégories principales, construites à partir du lieu de travail. Jusqu'ici présentés de façon plus ou moins homogène, les actifs sortants peuvent appartenir à deux groupes, ceux des actifs interurbains, qui vivent et travaillent dans deux aires urbaines distinctes, ceux des actifs travaillant dans des

communes qui ne sont pas rattachés à une seule aire urbaine (communes multipolarisées) ou qui n'ont aucun lien avec celles-ci (communes rurales). Cette étude reposera sur l'analyse des premiers qui, en ayant la possibilité de se déplacer sur les infrastructures routières et ferroviaires reliant les espaces agglomérés, constituent une catégorie d'étude pertinente dans la perspective qui est la nôtre de faire le lien entre pratiques de mobilité et mesures de politiques de transport. Quelle est la proportion d'actifs interurbains par rapport à la population des actifs sortants ?

Le deuxième élément repose sur le mode de transport utilisé. Le terrain d'étude privilégié des enquêtes sur les déplacements interurbains est le train. C'est ce mode qui est choisi pour entrer et comprendre la forme de mobilité de ces travaux. À l'exception de l'étude de Jean-Marie Beauvais *et al.* (2007)²², les auteurs n'ont pas fait le choix de travailler sur d'autres modes de transport. Or, la voiture, nous le verrons, est également utilisée par les actifs interurbains. L'utilisation différente des modes de transport peut être expliquée par certaines variables (individuelle et géographique) pour le cas des déplacements intraurbains. Qu'en est-il pour les déplacements interurbains ? Quels sont les facteurs explicatifs du choix du mode de transport ?

Le troisième élément de discussion qui nous pousse à établir un diagnostic national de ces déplacements repose sur les localisations des résidences et des emplois de ces interurbains. Le modèle de l'actif se déplaçant d'une gare TGV vers une autre avec des lieux d'emploi et d'habitat situés à l'intérieur des villes-centres des aires urbaines est le cas d'étude principal des études sur les interurbains. L'hypothèse d'une diversité de profils de liaison, au départ mais aussi à l'arrivée des trajets entre deux aires urbaines, soutient notre objectif de mieux quantifier et qualifier les déplacements domicile-travail entre aires urbaines à partir de ces éléments géographiques. Les interurbains travaillent-ils majoritairement dans les communes villes-centres ? Est-ce que certains interurbains résident dans les espaces périurbains ? Nous supposons que ces éléments de localisation jouent un rôle important dans le choix du mode de transport des actifs, le volume d'émissions de CO₂ et le potentiel de réduction de ces émissions.

Le quatrième élément concerne les distances parcourues par ces actifs. Dans ces études, les individus profitent de la mise en place d'infrastructures de transport ferroviaire à grande vitesse pour parcourir des distances très importantes (plus d'une centaine de kilomètres). Ces trajets sont réalisés dans des temps comparables (les « villes à une heure de Paris ») constatés dans des

²² Toutefois, dans cette étude, seules trois personnes sur les trente personnes enquêtées ont déclaré se rendre de Tours à Paris en voiture.

grandes métropoles comme Paris ou Londres (Orfeuill, 2010). Or ce modèle de villes à une heure de Paris n'est pas représentatif des temps et distances de déplacements interurbains. D'une part, parce que les autres modes de transport ne sont sans doute pas aussi performants que le train à grande vitesse et, d'autre part, parce que le maillage du réseau à grande vitesse ferroviaire est largement centré sur Paris. L'hypothèse soutenue ici est celle d'une plus grande étendue du spectre de distances parcourues par les actifs interurbains : certaines sont peut-être plus longues et d'autres beaucoup plus courtes. Quelle est la répartition du spectre des distances kilométriques de déplacement pour l'ensemble des interurbains ? Les déplacements interurbains constituent-ils un ensemble homogène, une pratique de mobilité assimilable à la grande mobilité liée au travail ?

Le dernier point soulevé se rapporte à la place de Paris dans l'ensemble de ces recherches. La capitale est le point d'arrivée presque exclusif de ces études (lieu de travail). Une plus grande diversité des situations s'observe à l'échelle nationale. L'aire urbaine de Paris peut également être pensée comme un point de départ de ces déplacements, tandis que d'autres liaisons interurbaines ne concernent aucunement l'aire urbaine de Paris. Ce poids des liaisons vers Paris par rapport à tous les autres cas de figure n'est pourtant pas aujourd'hui, à notre connaissance, mesuré par les études sur les déplacements à l'échelle interurbaine. Quelle place occupe, à l'échelle nationale, la proportion d'actifs interurbains se rendant dans la commune de Paris et dans l'aire urbaine de Paris ? Dans quelle mesure cette liaison est-elle représentative des autres liaisons interurbaines (profils d'actifs, distances parcourues, mode de transport utilisé) ?

Les caractéristiques individuelles en matière de profils socioprofessionnels, de type de liaisons, ou de mode de transport utilisé sont aujourd'hui méconnues à l'échelle nationale. Le premier enjeu de cette thèse sera de répondre à cet ensemble de questions. Parmi les caractéristiques de déplacement et notamment le choix du mode de transport, nos travaux montrent que la voiture occupe une place importante dans ces déplacements et qu'ils représentent, parmi l'ensemble des déplacements, un volume considérable en matière d'émissions de CO₂. L'objet de la sous-partie suivante est de présenter cet enjeu.

3.2. Quantifier le poids des déplacements interurbains dans les émissions de GES liées aux déplacements pendulaires en France

Les travaux sur les émissions de CO₂ en France liées aux déplacements individuels révèlent que quantitativement, l'usage de l'automobile tient une place importante dans le volume de ces

émissions. En particulier, les pratiques des ménages résidant dans le périurbain sont souvent mises en avant du fait d'un usage intensif de ce mode sur de longues distances (Calvet, 2010). Cette partie a pour objectif de relativiser ces analyses et de proposer un changement d'échelle de lecture des émissions de CO₂ par la prise en compte des déplacements interurbains. Ce que nous cherchons à savoir est la place qu'occupent les navettes interurbaines dans le volume d'émissions de gaz à effet de serre lié aux déplacements pendulaires à l'échelle nationale.

Afin d'appuyer cette hypothèse, nous reviendrons sur la place qu'occupent les transports dans ces émissions (section 3.2.1) et nous montrerons que la localisation résidentielle joue fortement dans les différents niveaux d'émissions de GES (section 3.2.2). Puis, nous analyserons certains signaux, qui vont dans le sens de notre hypothèse : des travaux menés à des échelles régionales présentent des mesures du poids des déplacements interurbains dans les émissions de CO₂ (section 3.2.3).

3.2.1. La mobilité durable : l'usage de l'automobile en question

« Le développement durable est un processus de développement qui concilie l'écologique, l'économique et le social et établit un cercle vertueux entre ces trois pôles (...) qui garantit l'efficacité économique, sans perdre de vue les finalités sociales que sont la lutte contre la pauvreté, contre les inégalités, contre l'exclusion et la recherche de l'équité » (Holec, 1999, p.11).

Cette définition du développement durable, très large, rassemble une multitude de pratiques et de concepts telle que, pour le cas des transports, celui de mobilité durable. L'OCDE en propose la définition suivante : c'est « une mobilité qui ne met pas en danger la santé publique et les écosystèmes, respecte les besoins de transport tout en étant compatible avec une utilisation des ressources renouvelables à un taux inférieur à celui nécessaire à leur régénération et une utilisation des ressources non renouvelables à un taux inférieur à celui nécessaire à la mise au point de ressources renouvelables de remplacement » (Laugier, 2010, p.3 d'après Brandeleer *et al.*, 2009). La question des ressources et de la protection de l'environnement est centrale au travers des mots « santé publique » ou « écosystèmes », et l'aspect social plus secondaire : « respecter les besoins de transport ». La mise en œuvre de ce paradigme de la mobilité durable est multidimensionnelle et multisectorielle (Banister, 2008). Il intègre la promotion de politiques diverses telles que le développement de l'électromobilité et des modes doux, l'amélioration de la sécurité routière ou l'application de tarifs sociaux pour permettre à l'ensemble de la population de se déplacer (Laugier, 2010). La volonté de tendre vers une mobilité durable fait principalement

écho à la remise en question de l'usage individuel de l'automobile (autosolisme²³) à moteur thermique, d'un côté pour sa participation aux émissions de gaz à effet de serre (pan environnemental), et de l'autre pour ses conséquences sociales telle que la dépendance automobile²⁴ pour certains ménages ou territoires (Dupuy, 1999). Cette remise en question doit s'opérer sans dégrader les conditions d'accès aux équipements, services et emplois afin de ne pas pénaliser les individus et le développement économique.

Les émissions polluantes induites par l'usage de l'automobile sont nombreuses. Celles de polluants atmosphériques constituent un enjeu immédiat sur la santé. Les évolutions technologiques mises en place dans certaines régions du monde, notamment en Europe (norme EURO dans l'Union européenne, obligation du pot catalytique par exemple) ont permis de réduire ces émissions de polluants (ADEME, 2012). La mise en lumière des problématiques récentes d'émissions de microparticules dans l'air liées à l'utilisation de moteur diesel ne permet pas de conclure sur la fin des pollutions atmosphériques. Cet usage de la voiture thermique produit également d'autres émissions, au cœur de ce travail de thèse, celles de gaz à effet de serre (CO₂ principalement). Ces dernières ont des effets à plus long terme et à l'échelle planétaire sur le changement climatique :

« L'influence de l'homme sur le système climatique est clairement établie et, aujourd'hui, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre sont les plus élevées jamais observées » (5^{ème} rapport du GIEC, 2014, p.2).

C'est par ce premier encart que débute le cinquième rapport du GIEC²⁵ (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) fourni à l'intention des « décideurs ». En France, parmi les activités humaines qui participent à ces émissions, le secteur du transport est l'un des importants contributeurs (ADEME, 2012). L'usage de moteur thermique est la cause principale de cette forte contribution aux émissions de gaz à effet de serre. Le rapport Énergie et Climat de l'ADEME (2012) met en avant l'importance du secteur des transports dans les émissions de CO₂ comme étant le plus gros contributeur aux émissions de gaz à effet de serre (36 %) devant le secteur de l'industrie manufacturière (19 %), de l'énergie (17 %), du résidentiel (chauffage) (14 %) et du tertiaire (9 %). Le secteur du transport représente 70 % de la consommation de produits

²³ Le fait d'utiliser seul son véhicule (Ballet, Clavel, 2007).

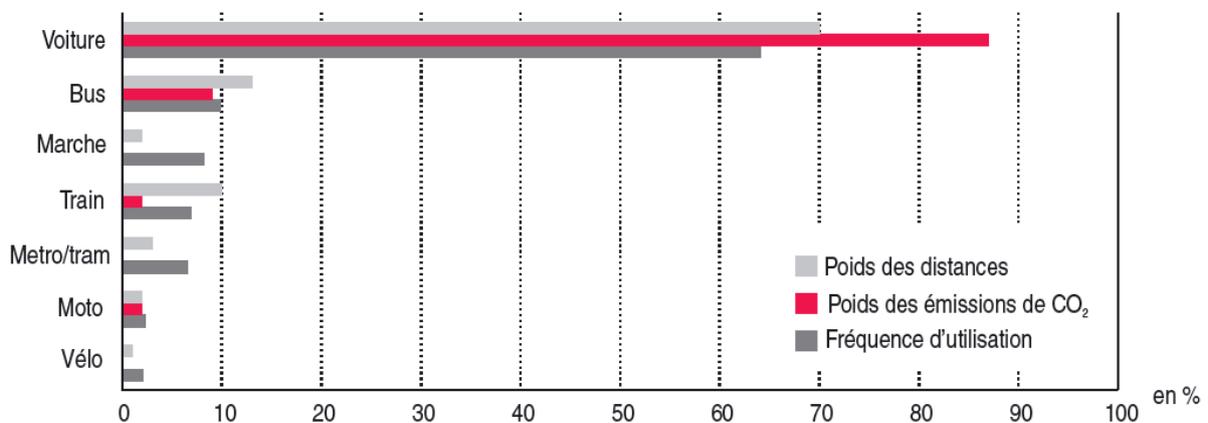
²⁴ La dépendance automobile peut être entendue comme une dépendance pratique : « pour effectuer nombre de déplacements en agglomération, le véhicule individuel motorisé est devenu aujourd'hui le seul recours possible » (Héran, 2001, p.61).

²⁵ Mis en place à partir de la fin des années 1980, le GIEC a pour objectif d'évaluer les travaux liés à la question du changement climatique.

pétroliers, notamment le secteur routier qui consomme le plus d'énergie (84 % du secteur) et est le plus émetteur de gaz à effet de serre (95 % du secteur, soit plus de 120 MtCO₂). Parmi ces émissions, 57 % sont le fruit de déplacements individuels et 41 % sont dus aux transports de marchandises (poids lourds et véhicules utilitaires légers) (MEDDE²⁶, 2013).

L'usage de l'automobile parmi les déplacements individuels est important. 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 5).

Figure 5 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.

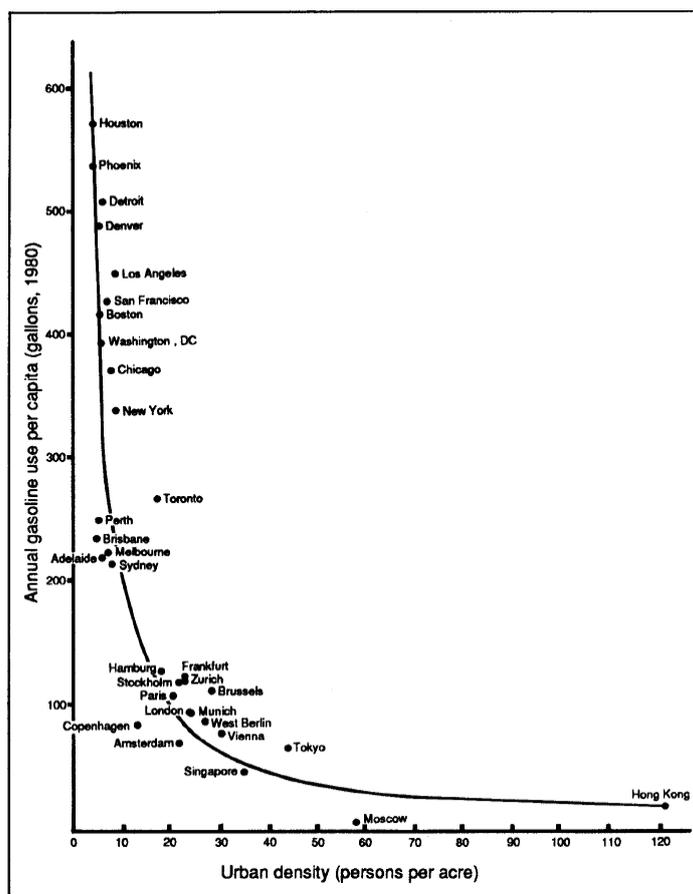
3.2.2. Le lieu de résidence, un élément explicatif des différences de contribution aux émissions de CO₂

Deux chercheurs Australiens (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 (Figure 6). Les auteurs ont montré que les villes les moins denses sont aussi les villes qui ont des consommations énergétiques liées aux déplacements quotidiens les plus importantes. Les agglomérations états-uniennes, très étalées et très peu denses²⁷, sont plus consommatrices, alors que les villes asiatiques, plus denses, sont à l'inverse nettement plus efficaces du point de vue énergétique.

²⁶ Ministère de l'écologie et du développement durable, devenu MEEM (Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer) en 2016.

²⁷ À l'exception du CBD (Central Business District)

Figure 6 Consommation énergétique et densité de population des métropoles mondiales (1980)



Source : Newman et Kenworthy, 1989.

Cette recherche du lien entre organisation de l'urbanisation et pratiques de mobilité a toutefois fait l'objet de certaines critiques méthodologiques qui ne remettent pas en question le lien entre les deux variables mais plutôt sa causalité (Gordon, Richardson, 1989). La recherche de Fouchier (1998) portant sur une comparaison entre les communes de la région Île-de-France met en avant une relation nette entre la densité de population et les émissions de CO₂ à cette échelle. Les faibles densités imposent aux individus de parcourir des distances plus grandes ; à l'inverse, les centres urbains denses conduisent davantage les actifs à réaliser des distances courtes : « Les résidents des communes de forte densité humaine parcourent des distances 2,6 fois moins longues que leurs homologues des communes de plus faibles densités : 11,7 km/jour, contre 30,3 » (Fouchier, 1998, p.130). 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.

À l'image de l'usage différencié des modes de transport, donc des consommations variables d'énergie liées à l'usage du pétrole, les émissions de GES ne sont pas identiques sur l'ensemble du territoire. « 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, très diffus, qui sont pointés du doigt pour leur usage plus fréquent de la voiture dans les déplacements et donc pour des émissions plus importantes. Les différences de consommation à l'échelle des aires urbaines sont aujourd'hui bien comprises et analysées. Les résidents des espaces centraux parcourent en moyenne des distances plus courtes, plus fréquemment en transport en commun et à pied que les individus des espaces ruraux et périurbains qui concentrent une part importante des émissions des CO₂ en lien avec des distances plus grandes et un usage plus important de l'automobile. 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 et imaginer des utopies urbaines (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 toutefois à mettre en perspective avec des déplacements liés aux vacances ou aux loisirs ainsi qu'avec les niveaux d'émissions d'autres postes identifiés comme émetteurs de CO₂ par individu, tels que le logement. Les actifs situés dans les communes périurbaines, qui ont des distances domicile-travail en moyenne plus longues que les autres actifs de l'aire urbaine, auraient tendance à moins se déplacer pour leur loisir ; alors que ceux situés dans l'espace central et dense, aux déplacements de portées quotidiennes plus courtes, effectueraient des distances plus longues lors des vacances et weekends (Orfeuill, Soleyret, 2002). Les émissions liées aux loisirs en lien avec la localisation résidentielle et le rapport au cadre de vie peuvent aussi influencer sur le bilan total d'émissions de polluants des actifs (Nessi, 2012). Ces éléments de balance entre une mobilité quotidienne d'un côté et une mobilité de loisir de l'autre tendraient, pour ces auteurs, vers un équilibre des émissions de CO₂ entre les actifs des espaces périurbains et ceux des territoires plus urbains. Un autre travail tempère la vision surémétrique des espaces peu denses en mettant en avant leurs moindres émissions de GES pour un logement équivalent : « Les maisons

individuelles des pôles urbains, souvent anciennes et chauffées au fioul, émettent plus de CO₂ que celles du périurbain, plus récentes et souvent dotées d'un chauffage 100 % électrique » (Cavailhès, Hilal, 2012, p.1).

Toutefois, l'ensemble de ces travaux qui met 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. La sous-partie suivante a pour objectif de montrer que les déplacements interurbains contribuent également à ces émissions.

3.2.3. Quel poids des navetteurs interurbains dans les émissions de CO₂ liées aux déplacements pendulaires en France ?

L'un des enjeux de cette thèse sur la mobilité domicile-travail des navetteurs interurbains est de proposer une quantification à l'échelle nationale du volume des émissions de CO₂ liées à leurs déplacements, et, de le mettre en regard du volume des émissions réalisées par les actifs interurbains. Nous faisons l'hypothèse que ces actifs, s'ils ne représentent pas une part élevée des actifs à l'échelle des aires urbaines, sont responsables d'une proportion importante des émissions de CO₂ en France. Ce travail de quantification n'a pas été mené à notre connaissance à l'échelle nationale mais apparaît dans certains travaux de l'INSEE qui se concentrent sur l'étude de cas d'une région ou dans des mesures nationales effectuées à partir de l'ENTD sans indication toutefois de la localisation de ces déplacements.

Dans leur article, David Brion et Marie 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 déplacements entre grandes villes [...] contribuent fortement aux rejets de dioxyde de carbone dans l'atmosphère en raison de la longueur des trajets. Ainsi, 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 de l'espace urbain régional car les distances qu'ils parcourent sont plus longues » (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 de la région Bourgogne (Brion, Leger, 2012). Les actifs qui sortent des aires urbaines représentent une part beaucoup plus importante dans le bilan d'émissions de GES par rapport à 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 (donc parfois entre aires 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 différents résultats vont dans le sens de notre hypothèse initiale et renforcent la nécessité de produire une estimation du poids des émissions des GES des déplacements interurbains à l'échelle nationale. Une fois ce bilan réalisé, nous proposons dans la suite de notre démarche des pistes de réflexion afin de diminuer l'empreinte carbone des déplacements interurbains en France.

3.3. Réduire les émissions de GES des déplacements interurbains en France

La réduction des émissions de GES pour les déplacements pendulaires est un objectif affiché par le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer et mise en œuvre en France à différentes échelles (nationale, régionale, départementale, intercommunale et communale) au travers de différentes mesures (le développement de l'offre de transports collectifs, la limitation de l'espace accordé aux automobiles, la limitation des vitesses de déplacement en sont des exemples). La réduction des émissions de CO₂ est également l'objet de nombreuses recherches et peut être menée par différents types de politique d'aménagement concernant les logements, les emplois ou encore les transports (section 3.3.1). Nous analyserons plus particulièrement la place

des déplacements interurbains dans les différentes échelles d'action pour le cas des politiques de transport (section 3.3.2). Enfin, nous montrerons que ces politiques de réduction des émissions de CO₂ peuvent avoir des conséquences possibles sur d'autres aspects, notamment sociaux (section 3.3.3).

3.3.1. Comment réduire les émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail ?

Les actions menées pour réduire les émissions de CO₂ sont encore largement pensées à deux échelles : une nationale et une autre plus locale, au niveau des agglomérations. Certaines mesures telles que la limitation de l'étalement urbain ou la promotion de modes de transport alternatifs (altermobilités²⁸) à l'automobile en sont des exemples. Leur objectif est de réduire les émissions de CO₂ liées à l'usage individuel de l'automobile dans les différents espaces de l'aire urbaine. Ces politiques semblent plutôt cohérentes puisqu'une grande partie de la population et des déplacements sont aujourd'hui concentrés dans les aires urbaines. Quelles sont les principales mesures qui visent à réduire la place de l'automobile thermique (donc, diminuer les émissions de CO₂) pour le cas des déplacements intraurbains ? Les théories en urbanisme et aménagement sont nombreuses, et nous avons identifié quatre principaux courants qui ressortent de la littérature sur ce lien entre aménagement et réduction de la place de la voiture. Ces théories restent aujourd'hui en débat, que ce soit sur leurs résultats théoriques ou sur les modalités de leur mise en application. Notre objectif ne sera pas de rentrer dans ces débats mais d'identifier les différentes politiques auxquelles ces théories se réfèrent.

Le premier courant regroupe l'ensemble des travaux qui font référence aux théories du New Urbanism. Ce mouvement propose des modèles de villes denses associées à une diversité fonctionnelle des espaces bâtis, où les déplacements en vélo et à pied seraient plus favorisés que ceux en voiture. La densité d'habitat est plus importante que dans les espaces périurbains sans atteindre les densités des centres des grandes métropoles. L'usage mixte du sol (résidentiel, commercial ou alloué aux services) permet la réalisation de déplacements de courtes distances (Leccese et McCormick 2000). D'autres travaux font la promotion d'une plus grande compacité et densité des espaces urbains (Carl, 2000 ; Wheeler, 2002). Ces recherches, dans la lignée des travaux de Newman et Kenworthy (1989) (section 3.2.2), font la promotion de mesures visant à

²⁸ Terme désignant diverses modalités de déplacements alternatives à un usage individuel de la voiture, telles que les transports publics, le vélo ou le covoiturage (Vincent-Geslin, 2008).

augmenter les densités dans les espaces bâtis existants tout en contrôlant et limitant l'étalement urbain. L'image de la ville post-carbone développée par certains auteurs rentre dans ce courant (Theys, Vidalenc, 2013).

Un autre courant, le Transit-Oriented Development (TOD), propose de concentrer le développement urbain le long des axes de transport associés à des corridors d'activités et des gares autour desquelles sont construites des centralités (Cervero, 2004 ; Dittmar, Ohland, 2004). À titre d'exemple, le modèle de la ville-creuse proposé par Jean-Louis Maupu (2006) illustre cette volonté de concentrer l'urbanisation autour de lignes de transport ponctuées par des nœuds de développement régulier.

Un dernier groupe rassemble des travaux faisant la promotion de modèle de métropole polycentrique (Bertaud, 2004 ; Charron, 2007). Par la mise en place de centres secondaires autour du centre historique des agglomérations et un développement des transports collectifs, ce modèle de ville permettrait de réduire les distances parcourues par les actifs et l'usage de la voiture (Banister, 2008).

Ces réflexions théoriques associent des formes d'urbanisation à des pratiques de déplacements. L'échelle spatiale de référence est souvent celle de l'agglomération ; l'échelle temporelle théorique de mise en œuvre est assez lointaine. Les politiques présentées sont souvent multisectorielles en proposant de modifier les lieux de résidence, d'emploi et l'offre de transport. Le travail de Robert Cervero et Kara Kockelman (1997) met en avant trois dispositifs pour lutter contre l'usage de la voiture à l'échelle des aires urbaines : densifier les territoires diffus, développer la diversité fonctionnelle afin de rapprocher les différentes activités quotidiennes (lieu d'emploi, de résidence et de loisir) et promouvoir une architecture adaptée aux mobilités urbaines pédestres. Les auteurs Peter Newman et Jeffrey Kenworthy (2000) vont dans le même sens en proposant la mise en place de quatre grandes mesures permettant de réduire selon eux la place et l'usage de l'automobile en milieu urbain à partir de l'existant : revitaliser le centre-ville et densifier les friches industrielles ou monofonctionnelles ; développer l'urbanisation autour des lignes de transport ; décourager l'étalement urbain ; étendre le réseau de transport en densifiant les banlieues.

Une large majorité de ces mesures proposent de réduire l'usage de la voiture au travers d'une politique de localisation des logements et des emplois, alors que les mesures propres aux transports sont moins mises en avant. Par exemple, deux mesures principales proposées par les chercheurs concernent le développement ou le contrôle de l'urbanisation : limiter l'étalement urbain et densifier au maximum les communes déjà rattachées morphologiquement au pôle

urbain. Associer contrôle de l'étalement urbain et densification des espaces urbains serait un levier de réduction de l'usage de l'automobile, car il permettrait de développer la mixité des fonctions au sein d'un espace donné (emplois et habitat) (Camagni *et al.*, 2002 ; Djellouli *et al.*, 2010).

Quelles peuvent être les conséquences de ce type de démarches pour les déplacements interurbains ? En limitant l'étalement urbain sur un certain périmètre, les actifs peuvent être tentés d'allonger encore plus leur navette quotidienne en se logeant dans une autre agglomération et favoriser ainsi les déplacements interurbains. Ce constat a été fait par Laudo Ogura (2010) dans son étude de la politique de contrôle de l'étalement urbain dans l'État de Californie : « quelle que soit la méthode d'estimation utilisée, les résultats indiquent une plus grande part de flux interurbains vers des lieux contrôlant le développement résidentiel » (p.2187). Ce type de mesure peut avoir un effet positif sur l'utilisation des transports collectifs tel qu'il a été constaté à Londres dans le cas des ceintures vertes (Appert, 2004). Les actifs, en se localisant plus loin mais en travaillant toujours dans le centre urbain, se déplacent davantage en transports collectifs. En dehors de cas où cet éloignement est associé à l'utilisation des transports collectifs, les conséquences en matière d'émissions de CO₂ semblent plus négatives que positives. Des mesures pensées à l'échelle intraurbaine peuvent donc avoir des conséquences sur l'échelle interurbaine. Ces approches multiscalaires sont encore peu nombreuses (Le Néchet, 2011), notamment celles se concentrant sur les navetteurs interurbains.

Ces politiques de localisations des emplois et des logements regroupent des mesures dont la mise en place et les effets sont perçus à très long terme. L'objectif de ces mesures est de déplacer les lieux de résidence et d'emplois afin de les localiser dans des espaces dont les conditions permettent de réduire l'usage de l'automobile. Parmi les voies proposées, des politiques peuvent être mises en place pour diminuer l'usage de l'automobile et les émissions de CO₂ sans pour autant changer les lieux de résidence et de travail des actifs. C'est le cas de certaines politiques de transport.

3.3.2. Réduire l'usage de l'automobile par le report modal

En France, d'après le Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, quatre mesures phares ont été mises en place pour réduire le poids du transport dans les émissions de CO₂²⁹ :

²⁹ Site internet du MEEM : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Transports,34304.html>, consulté le 2 février 2016.

- Renouveler le parc des véhicules particuliers par le biais notamment du dispositif de bonus-malus. Ce dernier permet de taxer l'achat de voitures neuves très émettrices et à l'inverse, de subventionner l'achat de véhicules moins émetteurs.

- Favoriser les véhicules propres (électriques et hybrides) grâce au développement d'équipements de points de charge sur l'ensemble du territoire avec un objectif affiché de sept millions de points de charge en 2030. Les thèses d'Élisabeth Windisch (2013) et de Virginie Boutueil (2015) proposent des analyses intéressantes du taux de pénétration de ces véhicules à l'échelle individuelle comme pour le cas des flottes d'entreprises.

- Développer les carburants de substitution (biocarburant).

- Favoriser le report modal vers des modes de transport moins émetteurs comme les transports en commun et les modes actifs ou modes doux (marche et vélo principalement).

Parmi l'ensemble de ces mesures, nous avons décidé de nous concentrer sur la dernière mesure pour la suite de ce travail de thèse. Les trois premières proposent des changements à long terme qui impliquent l'achat d'un nouveau véhicule alors que le report modal peut théoriquement être immédiat dans le cas où l'offre de transport est déjà présente.

Le report modal peut-être défini comme « le report du trafic de passagers ou de fret d'un mode de transport, généralement la route, vers un autre mode plus respectueux de l'environnement »³⁰. L'objectif de ce report modal est donc de promouvoir l'utilisation des altermobilités (Vincent-Geslin, 2008) comme les transports collectifs afin de réduire l'usage individuel de la voiture thermique. Un panorama de la mobilité entre les années 2000 et 2010 dans les agglomérations françaises (CERTU, 2012, p.25) atteste d'une certaine prise en compte dans les politiques de transport de cette volonté de réduire la place de l'automobile. Plusieurs évolutions peuvent être observées : une diminution notable de la place de la voiture dans les espaces centraux ; une augmentation accrue de la piétonnisation ; un essor de l'offre et de l'utilisation des transports collectifs en site propre tels que le tramway ou BHNS (Bus à Haut Niveau de Service). Le tramway a été le catalyseur de la hausse de fréquentation des transports en commun. Il répond en effet à une « demande de capacité, de vitesse commerciale, de confort » alors que le BHNS « fait son apparition comme une alternative moins coûteuse pour desservir les territoires moins denses » (CERTU, 2012, p.25). Toutefois, ces évolutions concernent surtout les pratiques des individus au cœur des agglomérations et moins ceux vivant dans les espaces périurbains.

³⁰ Site de Légifrance : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000030103736>, consulté le 16 mars 2015.

À partir de ces constats, nous nous interrogeons sur la présence d'offre de transport alternative pour les trajets interurbains réalisés en voiture.

Pour les déplacements entre deux aires urbaines, les différents types de tissus (communes périurbaines, du pôle urbain ou de la ville-centre) au départ et à l'arrivée des liaisons rendent la lecture de l'offre de transport alternative complexe. Le report modal de l'automobile vers le train lors de liaisons entre deux villes-centres des aires urbaines semble plus probable que pour une liaison entre deux communes périurbaines de deux aires urbaines différentes (Zembri, 2004). Dans le premier cas, l'accès théorique au train semble assez probable aussi bien pour le point de départ que d'arrivée de la liaison ; alors que dans le cas d'un déplacement entre espaces périurbains, la probabilité de disposer d'une gare aux points de départ et d'arrivée est plus faible. Ces réflexions, à l'échelle nationale, ne sont pas éloignées de certaines réflexions animant le futur de l'offre de transports ferroviaires pour ces déplacements entre aires urbaines (Duron, 2015).

Au-delà de l'offre ferroviaire, la loi Macron de 2015 a permis l'éclosion d'une série d'offres de transport interurbaines qui peut nourrir les réflexions sur le report modal. Toutefois, deux éléments tendent à relativiser cette possibilité pour le cas des déplacements interurbains en France : d'une part, ces autocars font l'objet d'une régulation politique importante où l'offre proposée doit concerner des agglomérations distantes d'au moins 100 km (sauf pour quelques liaisons) ; d'autre part, un seul point de départ ou d'arrêt est envisagé à l'échelle des aires urbaines, cela ne pouvant donc pas *a priori* constituer une offre de report modal intéressante pour tous les actifs de l'aire urbaine et au moins pour les actifs vivant dans un pôle urbain. Enfin, pour certains actifs, des offres de covoiturage³¹ peuvent exister, notamment pour les liaisons à destination des communes périurbaines où les transports collectifs sont moins présents (Ballet, Clavel, 2007). Une autre modalité de réduction des émissions de CO₂, qui n'est pas du report modal puisqu'elle consiste en une absence de déplacement, repose sur la mise en place de journées de télétravail³². Cette forme de travail permettrait de diminuer théoriquement l'usage de la voiture pour les actifs qui utilisent habituellement ce mode de transport pour se rendre sur leur lieu d'emploi (Moritz-Jungmayr, 1998 ; Perrin, Aguiléra, 2016) : en travaillant directement chez eux ou dans un tiers-lieu proche de leur domicile, leurs émissions de GES seraient donc réduites.

³¹ « L'utilisation en commun d'un véhicule terrestre à moteur par un conducteur non professionnel et un ou plusieurs passagers majeurs pour un trajet commun » (loi MAPTAM du 27 janvier 2014).

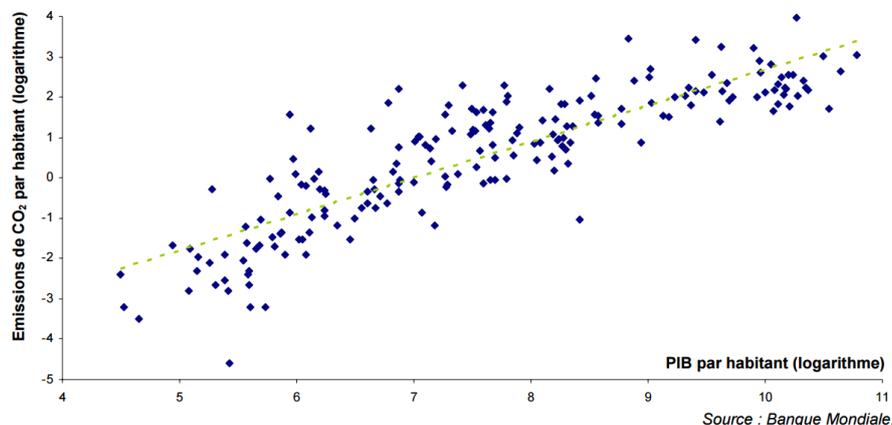
³² « Le télétravail permet au salarié de travailler hors des locaux de l'entreprise, en utilisant les technologies de l'information et de la communication (TIC) ». Source : <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F13851>, consulté le 4 août 2016.

L'offre de transport alternative à l'automobile pour les trajets interurbains semble assez riche pour permettre d'envisager une réduction des émissions de CO₂ par le report modal. Dans quelle mesure l'offre existante de transport alternatif peut-elle permettre de diminuer les émissions de GES ? Si la réduction des émissions de CO₂ liées aux déplacements interurbains est l'un des enjeux de cette thèse, les leviers potentiels ne sont toutefois pas sans conséquence sur d'autres éléments tels que le développement économique des territoires ou le coût monétaire qu'il peut représenter pour les actifs. Un enjeu secondaire de cette mesure des réductions des émissions de GES consistera à analyser certaines de ces conséquences.

3.3.3. Les conséquences sociales des leviers de réduction des émissions de CO₂

La mise en place de leviers d'action réduisant les émissions de CO₂ peut rencontrer certains objectifs parfois paradoxaux avec les autres enjeux de la mobilité durable. Le lien entre le niveau de développement économique et celui des émissions de CO₂ montre par exemple une relation positive entre ces deux variables (Figure 7). Les pays les plus riches sont également ceux qui émettent le plus de CO₂/habitant (Delbosc *et al.*, 2007). Des politiques de réduction des émissions de CO₂ risquent-elles, à l'inverse, de conduire vers une baisse du développement économique ? Cette question complexe pousse les chercheurs à mesurer l'impact de dispositifs de réduction des émissions de CO₂ sur ce développement économique (Hoeller *et al.*, 1991 ; Éloi, 2012). Cette thèse ne mobilisera pas directement cette question mais s'intéressera aux conséquences sociales pour les actifs interurbains des mesures visant à réduire l'usage de la voiture pour leurs déplacements pendulaires.

Figure 7 Émissions de CO₂ par habitant en fonction du PIB par habitant dans le monde (2002)



Source : Delbosc *et al.*, 2007 à partir des données de la Banque Mondiale

L'article de David Caubel (2007) illustre cette difficulté de concilier enjeux environnementaux et sociaux pour le cas de la mobilité quotidienne. Dans son étude portant sur la volonté d'augmenter l'accessibilité des ménages non motorisés, l'auteur conclut qu'il semblerait plus rationnel économiquement de développer les subventions auprès des ménages afin de les équiper en voiture individuelle, plutôt que de développer les transports en commun pour permettre aux ménages les plus pauvres de disposer de bonnes conditions d'accessibilité. David Caubel est conscient qu'avec une telle politique, « les conflits avec les objectifs environnementaux ou les problèmes de surcongestion urbaine ne manqueront pas de se poser » (p.20). Xavier Desjardins (2011) évoque aussi cette question du manque d'accessibilité des espaces peu denses qu'il présente comme toute aussi importante, sinon plus, que la question des émissions de CO₂ : « il apparaît que l'aménagement du territoire a moins un rôle direct, voire indirect, pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, qu'un rôle pour créer un système d'accessibilité qui permette au plus grand nombre de se déplacer, même en cas d'usage rare et/ou cher de l'énergie. » (§.65). Ce coût de l'énergie semble en effet un élément important jouant sur la proportion d'actifs devenant dépendants du système automobile.

Pour les actifs périurbains, la part de leur budget consacrée aux déplacements est supérieure à celle des actifs des centres urbains (qui parcourent des distances plus courtes et davantage en transport en commun) : « les dépenses de carburant automobile des ménages varient presque du simple au double selon la zone de résidence. C'est en zone périurbaine que ces dépenses sont les plus importantes » (Lemaître, Kleinpeter, 2009, p.10). Ces dépenses placent les ménages périurbains dans des conditions de vulnérabilité plus importantes que ceux du centre urbain. Pour Damien Verry et Florian Vanco (2009), un ménage est dit vulnérable aux hausses de dépenses liées à ses pratiques de mobilité quotidienne s'il consacre plus de 18 % de son revenu disponible à se déplacer, et les résultats attestent que « ces ménages vulnérables sont globalement situés dans les parties périurbaines des aires urbaines. Ces ménages ont des pratiques de mobilité très dépendantes de l'automobile et avant la hausse récente des prix des carburants dépensaient déjà près de 10 % en moyenne de leur revenu en carburant » (p.15).

Une autre étude propose une mesure de cette vulnérabilité énergétique des ménages pour leur déplacement et leur logement³³ (Cochez *et al.*, 2015) : « 10 % des ménages ont des frais très élevés par rapport à leur budget pour leurs trajets en voiture les plus contraints » (p.1). Ici aussi, l'importance de la localisation résidentielle est soulignée, avec un risque de vulnérabilité croissant du centre des aires urbaines vers leur périphérie : « Le risque de vulnérabilité énergétique

³³ Les auteurs calculent la part de ménage vulnérable à partir du double du taux d'effort de la population pour se déplacer

imputable aux déplacements est faible dans les pôles urbains (4,3 % des ménages sont vulnérables), mais bien plus élevés dans les zones plus éloignées (18 % des ménages) » (p.3) du fait d'une dépendance énergétique plus forte liée à un usage plus intensif de l'automobile. Nicolas Cochez, Éric Durieux et David Levy proposent même de mesurer l'impact d'une hausse des prix de l'énergie sur cette vulnérabilité et estiment qu'en cas d'augmentation brusque de 30 % des prix des carburants, « la part des ménages en situation de vulnérabilité énergétique pour les déplacements augmenterait de 6,5 points, passant de 10 % à 16,5 % » (p.4).

Qu'en est-il pour le cas des déplacements interurbains dans le cas de mise en place de mesures pour réduire les émissions de CO₂ ? Ces actifs se situent également au croisement des enjeux d'accès à l'emploi sous contrainte monétaire afin de pouvoir réaliser de grandes distances. Ainsi, l'enjeu de cette thèse sera de mesurer les effets des mesures visant à réduire les émissions de CO₂ sur le coût de déplacement des actifs, et de les analyser en fonction des différents profils socioéconomiques. Les cadres et les ouvriers sont-ils égaux face aux mesures de réduction des émissions de CO₂ des navetteurs interurbains ? En quoi certaines mesures ont-elles des conséquences variables pour ces différentes catégories socioprofessionnelles ? Nous ne chercherons donc pas à déterminer la proportion des ménages vulnérables au sein des actifs interurbains ainsi que l'ont fait Damien Verry et Florian Vanco (2009) ou Nicolas Cochez *et al.* (2015), ni de mesurer le degré d'accessibilité à l'emploi des différentes catégories d'actifs comme a pu le faire Sandrine Wenglenski pour la région Île-de-France (Wenglenski, 2003).

Les réflexions portées jusqu'ici sur la mobilité des actifs interurbains ont été élaborées à l'échelle nationale, sans prise en compte des différences propres à chaque territoire. Le dernier enjeu que nous souhaitons aborder est celui de la mesure de l'influence de la localisation des aires urbaines sur le territoire français et de leur organisation sur les éléments soulevés précédemment : les pratiques de mobilité, le bilan des émissions de CO₂ et le potentiel de réduction de ces émissions.

3.4. Mettre en lumière les influences des territoires sur la mobilité interurbaine

Le dernier point sur lequel nous souhaitons porter un éclairage concerne les spécificités territoriales des enjeux évoqués jusqu'ici. Les aires urbaines et l'offre en transport ne sont pas réparties de façon homogène en France. Nous faisons l'hypothèse qu'en fonction des spécificités territoriales, les pratiques de déplacement, le volume d'émissions de CO₂ et les potentiels de diminution des émissions de GES ne sont pas identiques pour les déplacements interurbains. Deux objets géographiques seront mis avant pour attester de cette variabilité : la hiérarchie

urbaine (taille des aires urbaines de résidence et d'emploi) et les systèmes urbains (regroupement des aires urbaines sous plusieurs organisations possibles).

Les influences de ces deux éléments vont d'abord être présentées : le rôle de la hiérarchie urbaine tout d'abord (section 3.4.1), puis celui des différentes organisations d'aires urbaines en systèmes urbains (section 3.4.2). Enfin, ces deux sous-parties soutiendront nos réflexions sur les échelles de compétence en France, c'est-à-dire sur les niveaux d'action publique (collectivités territoriales et regroupements) les plus à même de porter des mesures à destination de ces déplacements interurbains afin de réduire les émissions de CO₂ (section 3.4.3).

3.4.1. Hiérarchie urbaine : une lecture du différentiel d'offre de transport

Les études de l'influence de la taille des agglomérations sur les pratiques de mobilité montrent que plus la taille des aires urbaines est importante (en nombre d'habitants), plus l'usage des transports collectifs et de la marche sont importants alors que l'usage de la voiture est moins dominant (Hubert, 2009 ; Armoogum *et al.*, 2010 ; Quételard, 2010). D'après les résultats de la dernière ENTD, dans les aires urbaines de plus de 100 000 habitants, 59 % des déplacements sont effectués en voiture, 25 % à pied et 11 % en transports collectifs. Dans les autres espaces, ce sont 75 % des déplacements qui sont effectués en voiture (en augmentation de 4 points depuis 1994), 17 % à pied et 4 % en transports collectifs (Quételard, 2010). Ces résultats sont conformes aux évolutions constatées localement dans les différentes EMD (Armoogum *et al.*, 2010) : dans les plus grandes agglomérations telles que Lyon ou Lille, la place de la voiture diminue dans les modes de transport utilisés. Dans les EMD menées dans des agglomérations plus petites telles qu'Elbeuf (Normandie) ou Molsheim (Alsace), l'usage de la voiture continue d'augmenter.

La taille de l'aire urbaine semble donc avoir une influence sur le choix du mode de transport pour les déplacements réalisés à l'intérieur du périmètre des aires urbaines. Nous faisons l'hypothèse que cet élément est également important pour le choix du mode de transport des déplacements interurbains. Pour eux, ce sont les caractéristiques de deux aires urbaines qui comptent dans le choix du mode de transport : celle de résidence et celle de travail. Or pour ces deux aires urbaines, qui peuvent avoir des tailles très variables, l'offre de transport peut également être très différente. *A priori*, les actifs qui vivent et travaillent dans des aires urbaines importantes ont accès à une offre de transports collectifs plus importante que ceux qui se déplacent entre aires urbaines de petite taille. Des relations plus complexes peuvent également exister, certains actifs peuvent vivre dans une grande aire urbaine et travailler dans une petite, et inversement. Parmi tous les cas

de figure possibles, une mesure de l'influence de ces liens hiérarchiques semble un enjeu de connaissance important pour répondre aux questions suivantes : dans quelle mesure la taille de l'aire urbaine de résidence et de celle de travail joue-t-elle sur le choix du mode de transport ?

L'étude territorialisée des déplacements interurbains peut mettre ainsi en lumière le rôle de la hiérarchie urbaine, à la fois dans les différences de comportement de mobilité mais également dans les potentialités de réduction de l'usage de la voiture. Un premier objectif de l'étude de ce quatrième enjeu sera donc de déterminer la place qu'occupent les différentes tailles d'aire urbaine dans le processus de mobilité interurbaine (où vivent et travaillent les actifs interurbains) et de mesurer ensuite l'inégalité de l'offre de transport parmi ces différentes tailles et liaisons entre aires urbaines. De plus, nous l'avons vu, certains géographes proposent un autre découpage du territoire : en différents systèmes urbains. L'organisation interne de ces systèmes peut être variable (par exemple : nombre d'aires urbaines, tailles des aires urbaines) et nous supposons que des différences de pratiques de déplacement pour les navetteurs interurbains y sont observables.

3.4.2. Géographie des flux de navetteurs interurbains : une lecture à partir des systèmes urbains

L'observation de la variabilité des organisations des aires urbaines en système urbain peut être un facteur explicatif de la différence des pratiques de déplacement des actifs interurbains (longueur et choix du mode de transport) et donc du volume d'émissions de GES. De façon analogue, cet élément peut être avancé pour expliquer la diversité des potentiels de réduction de ces émissions. Plusieurs indicateurs peuvent être mobilisés afin de caractériser l'organisation des lieux d'habitat et d'emploi au sein des aires urbaines : la compacité, la centralité ou la densité (Le Néchet, Aguiléra, 2011).

L'enjeu pour ces recherches est notamment de déterminer quelle forme d'organisation permet une utilisation plus importante des transports collectifs ou de réduire les distances parcourues en moyenne par les actifs. Au-delà de cette mesure de la répartition des logements et des lieux de travail, les types de flux au sein de ces espaces fonctionnels peuvent également être considérés afin de déterminer, ici aussi, les formes de déplacement les plus économes en distances ou en usage de la voiture (Van der Laan, 1998 ; Aguiléra, Mignot, 2011). Lambert Van der Laan (1998) identifie par exemple quatre types de flux possibles entre le centre historique et les espaces périphériques (Tableau 3).

Tableau 3 Typologie des flux pendulaires internes à un espace fonctionnel

From/to	Central city	Suburbs
Suburbs Central city	Traditional commuting Locally employed	Cross-commuting Reverse commuting

Source : Réalisation de l'auteur d'après Lambert Van der Laan (1998).

Portés jusqu'ici à l'échelle des déplacements propres aux espaces fonctionnels des agglomérations, les aires urbaines, certains auteurs proposent d'utiliser ces outils de mesures de l'organisation des lieux d'emploi et d'habitat et d'indicateurs du type de flux à une autre échelle, celle des systèmes urbains (Burger *et al.*, 2011 ; Burger, Meijers, 2012 ; Vasanen, 2012). À partir des flux interurbains entre aires urbaines, les auteurs mesurent les liens entre différentes formes d'organisation des systèmes urbains et différentes pratiques de mobilité interurbaine. Une étude sur les Pays-Bas (Burger, Meijers, 2012) propose une meilleure qualification des régions urbaines en prenant en compte des indicateurs afin de définir plus précisément les systèmes urbains tels que la répartition de différentes densités urbaines dans le système urbain, la direction et le sens des flux entre les aires fonctionnelles. L'objectif de ces travaux est de proposer un changement d'échelle des réflexions portant sur l'influence des « formes urbaines » (monocentriques et polycentriques) sur les comportements de mobilité.

Selon nous, les méthodes pour éclairer les liens entre organisation spatiale et mobilité, menée à l'échelle intraurbaine, peuvent avec profit être transposées à l'échelle interurbaine. Nous soutenons l'hypothèse que des formes d'organisation des systèmes urbaines différentes existent et qu'elles ont des influences différentes sur les pratiques de mobilités, les émissions de CO₂ et les potentiels de réduction de ces émissions. Aujourd'hui, les systèmes urbains sont principalement considérés par les géographes comme un outil de lecture des relations entre les aires urbaines dont les déplacements interurbains ne sont qu'une variable parmi d'autres pour les définir. Notre objectif est de se saisir de ces objets géographiques et d'analyser la mobilité interurbaine par cette focale.

Le périmètre des systèmes urbains ne correspond pas à une échelle administrative. En France, différentes collectivités territoriales sont en charge de l'organisation des transports. Les actifs interurbains apparaissent à l'interface de plusieurs d'entre elles, et ne semblent pas tellement identifiés et ciblés par les politiques actuellement mises en place afin de réduire les émissions de CO₂. Au regard des espaces fonctionnels dans lesquels ils s'inscrivent d'une part, et de

L'organisation des compétences transports actuelle d'autre part, l'objectif de la dernière sous-partie est de questionner l'échelle d'action des institutions qui pourraient porter des politiques de réduction des émissions de CO₂ à destination des déplacements interurbains.

3.4.3. Quelle collectivité territoriale « chef de file » de la mobilité interurbaine ?

Différents échelons administratifs en France correspondent à différents niveaux d'action publique en charge des transports. Leur division fait suite à un ensemble de lois qui a eu pour objectif de mettre en œuvre la décentralisation de certaines compétences. À chaque entité territoriale correspond un niveau de prise en charge de politiques d'organisation des systèmes de transport et d'aménagement (Barone, 2010). Le découpage des collectivités responsables des transports a été défini en France par plusieurs lois dont la LOTI³⁴ (1982), la loi SRU³⁵ (2000), la loi MAPTAM³⁶ (2014) et la loi NOTRe³⁷ (2015) :

- Les communes et leur regroupement, qui correspondent aux limites du « ressort territorial des autorités organisatrices de la mobilité » (anciennement Périmètre des Transports Urbains – PTU) sont responsables des transports urbains. Ces derniers sont organisés par l'AOM (Autorité Organisatrice de la Mobilité).

- Les Métropoles sont responsables des transports urbains sur leur périmètre, à l'image des communes et de leur regroupement. Elles récupèrent suite à la loi MAPTAM les compétences départementales de transport routier interurbain et scolaire.

- Les Départements sont en charge des transports par bus interurbains et scolaires dans les limites départementales. Toutefois, ces compétences seront transférées à la Région en 2017 (les transports routiers interurbains dès le 1^{er} janvier ; les transports scolaires à partir du 1^{er} septembre).

- Les Régions sont en charge du transport ferré de voyageur et des lignes d'autocar interdépartementales. Elles seront également garantes du transport routier interurbain à partir de 2017 (sauf pour les espaces couverts par les métropoles).

- L'État organise les déplacements ferrés de voyageurs de longues distances (TET³⁸ et TAGV [Train Apte à la Grande Vitesse]) et a depuis 2015 ouvert à la concurrence les transports routiers interurbains (loi Macron³⁹, 2015).

³⁴ Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (1982).

³⁵ Loi relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbains (2000).

³⁶ Modernisation de l'Action Publique Territoriale et d'Affirmation des Métropoles (2014).

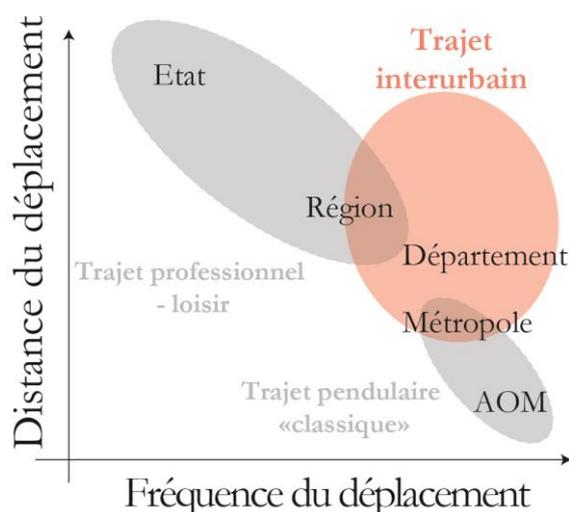
³⁷ Loi portant Nouvelle Organisation Territoriale de la République (2015).

³⁸ Les trains d'équilibre du territoire (TET).

³⁹ La loi du 6 août 2015 pour la croissance, l'activité et l'égalité des chances économiques, dite « loi Macron ».

À ces différents échelons correspondent donc différents types de mobilité en lien avec les différents motifs de déplacements (Figure 8). Pour schématiser, l'organisation des déplacements quotidiens est entre les mains des AOM, alors que les trajets plus longs et plus exceptionnels entre celles des Régions et de l'État. Toutefois, en parallèle de ce découpage, des syndicats mixtes de transports existent et permettent à des collectivités territoriales de niveaux différents d'organiser sur un territoire l'offre de transport (Richer *et al.*, 2011).

Figure 8 Positionnement des trajets interurbains parmi les collectivités territoriales en charge de différents types de trajets



Source : Réalisation de l'auteur.

Ce découpage, qui tend à se simplifier avec la distribution des compétences des Départements vers d'autres échelons, n'est pas sans conséquence sur l'offre de transport proposée aux actifs interurbains. Les déplacements pendulaires propres aux agglomérations s'inscrivent dans le périmètre de l'AOM, alors que les trajets des actifs périurbains sont à l'interface de plusieurs périmètres. Parmi les périurbains déjà, certains se déplacent vers le pôle urbain et traversent différents périmètres de collectivités en charge des transports (Vanco, 2012). Les espaces périurbains sont le plus souvent situés en dehors du périmètre de ressort territorial de l'intercommunalité principale du pôle urbain et ont donc leur propre périmètre de transports collectifs. Cela signifie qu'un actif périurbain est au moins concerné par deux offres de transport en lien avec deux périmètres. En effet, les limites des AOM ne correspondent presque jamais avec les limites de l'aire urbaine : « Il existe presque toujours un hiatus entre le périmètre des autorités organisatrices de transport (agglomérations, départements, régions) et la structure spatiale des déplacements » (Barone, 2010, p.112).

Un travail sur les agglomérations de moins de 100 000 habitants (Rabaud, 2008) confirme cette diversité des limites des AOM et donc de la population ou de la surface desservie. Un ensemble de situations très diverses est alors rencontré : « les transports collectifs de Fécamp concernent 15 km² alors que ceux d'Arles s'étendent sur un périmètre de transport de 1 071 km² » (Rabaud, 2008, p.3). Cet écart entre espaces politiques et limites fonctionnelles est assez attendu du fait de l'évolution des périmètres des aires urbaines en regard de la stabilité des limites administratives.

L'objectif pour l'étude des déplacements interurbains ne réside pas dans la quête d'une adéquation entre un découpage fonctionnel et un autre administratif, ce ne serait que rappeler le mythe de l'optimum dimensionnel (Ortiz, 1994) ou les études de Jean-Marc Offner (2006) sur « la fausse querelle sur l'adéquation entre espaces fonctionnels et territoires institutionnels » (Offner, 2006, §76), mais davantage d'identifier les points où cette division des compétences en matière de transport semble plus ou moins opérante pour le cas des déplacements interurbains.

Ces déplacements interurbains sont particulièrement concernés par ces questions en étant à l'interface de deux aires urbaines dans le cas le plus simple. En effet, au-delà de ce hiatus entre les pratiques quotidiennes et le périmètre des autorités organisatrices, la séparation décrite entre les collectivités n'est pas toujours opérante, notamment entre les Départements et les Régions (Zembri, 2004). Les modifications qu'apporteront la loi NOTRe viseront sans doute à régler certains de ces dysfonctionnements liés notamment à la distinction difficile des compétences entre les Départements et les Régions, car « elle relève de deux critères différents qui se complètent ou se contrarient : un critère géographique et un critère modal » (Zembri, 2004, p.58). Ce partage peut aboutir à des interactions entre collectivités résultant d'autorités organisatrices distinctes. Le transfert des compétences à la Région des transports routiers départementaux et scolaires semble participer d'une dynamique propre aux Régions. Ces dernières se saisissant davantage des questions de mobilités, notamment dans les espaces périurbains. Aujourd'hui, les Régions « pour exister en tant que collectivités territoriales doivent démontrer que des problèmes d'action publique sont posés à leur échelle territoriale. Ce champ d'action les amène à spécifier des composantes territoriales, qui sont définies par des problèmes d'aménagement » (Ollivier-Trigalo, 2009). Les Régions se saisissent aujourd'hui particulièrement de trois grands enjeux spatialisés : les pôles urbains, les zones périurbaines et leur position dans l'espace européen. Pour les pôles urbains, l'objectif est de continuer à relier entre elles les villes-centres qui constituent l'ossature du réseau régional. Le second permet aux Régions de se positionner sur les déplacements dans les territoires périurbains en développant une offre TER (Train Express

Régional) dans ces espaces par la mise en place de lignes ferroviaires allant du périurbain vers la ville-centre à laquelle il est fonctionnellement rattaché. Sur le dernier point, « la représentation du carrefour européen est l'occasion pour certains Conseils régionaux de porter des projets de fret ferroviaire qu'ils justifient en tant que réponse à la circulation des poids lourds constituée en problème européen » (Ollivier-Trigalo, 2009, p.482).

Le regroupement des compétences à l'échelle régionale semble également aller dans le sens de Laurent Guihéry (2005). L'auteur avançait, trois ans après le transfert de la compétence d'autorité organisatrice à la Région, que celle-ci devrait aller plus loin et prendre en charge l'ensemble des transports collectifs de son territoire : urbain, départemental et régional. Pour l'auteur, cette séparation des responsabilités « peut être considérée comme un véritable frein à l'essor du transport collectif : en France, sur certaines relations périurbaines, on peut ainsi trouver en parallèle une offre de service de l'entreprise de transport urbain, une ligne de car départementale, et un service ferroviaire, toutes trois peu performantes, car non coordonnées ». La solution passe par une remise en question de cette division selon Laurent Guihéry, avec un transfert de toutes les compétences à l'échelon régional.

L'impact de cette organisation et des différentes concurrences possibles entre collectivités territoriales et regroupements de collectivités territoriales (Commune, Intercommunalité, Métropole, Département, Région) semble montrer que la Région devient un acteur majeur de la mobilité en dehors du périmètre des AOM. Elle apparaît comme la collectivité territoriale qui peut potentiellement devenir un acteur important de l'offre de transport pour les déplacements des actifs entre aires urbaines, et pourrait devenir le chef de file d'un syndicat mixte les organisant. Quel rôle peut avoir la Région pour porter une politique afin de diminuer les émissions de CO₂ des interurbains ?

L'étude des déplacements interurbains aura également pour objectif de répondre à ces questions afin de mesurer la place et le rôle que peuvent avoir les différents périmètres d'action publiques dans l'organisation des déplacements interurbains.

Conclusion du chapitre 1

Les pratiques de mobilité des actifs font l'objet d'une littérature internationale considérable (Schwanen *et al.*, 2004 ; Aguiléra *et al.*, 2010 ; Ewing & Cervero, 2010). Celle-ci étudie

principalement sur les déplacements domicile-travail internes aux espaces fonctionnels qui rassemblent une majorité de ces trajets, les aires urbaines dans le cas français (Berger, 2004 ; Baccaini *et al.*, 2007 ; Bertaud *et al.*, 2009 ; Desjardins, Llorente, 2009 ; Le Jeannic, 2010 ; Lévy et Le Jeannic, 2011). Parmi ces travaux, plusieurs mettent en évidence des écarts de mobilité (distance, temps, mode de transport) en fonction de facteurs individuels socioéconomiques (âge, genre, catégorie socioprofessionnelle) et géographiques (caractéristiques des zones de résidence et d'emploi) (Newman, Kenworthy, 1989 ; Orfeuil, 2000 ; Nam *et al.*, 2012). En revanche, la mobilité et le profil des actifs dont l'emploi est situé en dehors de l'espace fonctionnel de leur lieu de résidence sont un champ de recherche encore peu investigué et en émergence (Meissonnier, 2001 ; Lanéelle, 2006 ; Viry *et al.*, 2009 ; Orfeuil, 2010 ; Ravalet *et al.*, 2014). Des travaux portants sur la grande mobilité liée au travail ou sur les flux interurbains proposent d'analyser une forme particulière de cette mobilité domicile-travail en se concentrant sur l'analyse des modes de vie de ces actifs ou sur leur participation à la définition des liens entre aires urbaines (Berroir *et al.*, 2012 ; Coutrot *et al.*, 2013 ; Gingembre, Baude, 2014).

Toutefois, d'autres points de la mobilité de ces individus restent aujourd'hui mal connus. Cette thèse s'inscrit dans la continuité de ces travaux. L'objectif principal est de compléter ces recherches avec un enjeu principal, la mise en lumière de certaines réflexions sur les liens entre mobilité et aménagement du territoire à une nouvelle échelle, celles des déplacements interurbains. Nous proposons de travailler sur cette problématique à l'échelle nationale. Pour cela, des bases de données, issues principalement du recensement de la population, seront mobilisées. Parmi les questions soulevées par ces déplacements, nous avons choisi de centrer notre travail sur quatre enjeux :

(i) Le premier est de quantifier et de caractériser la place qu'occupent ces déplacements parmi l'ensemble des trajets domicile-travail des actifs français. Le profil socioéconomique des navetteurs interurbains et leur comportement de mobilité seront analysés et constitueront les deux éléments principaux de comparaisons avec des formes de mobilité pendulaire proches : la grande mobilité liée au travail et les monographies sur les interurbains (Chapitre 2).

(ii) Le deuxième enjeu est de quantifier le volume des émissions de CO₂ des navetteurs interurbains en regard de celui de l'ensemble des actifs français. D'après les quelques résultats présentés dans la littérature à une échelle régionale, une part importante de ces actifs se déplace en automobile sur de grandes distances. À quelle hauteur les interurbains contribuent-ils aux émissions de CO₂ en France (Chapitre 3) ?

(iii) Le troisième objectif (Chapitre 4 et 5) consiste à mesurer le potentiel de réduction de ces émissions de GES. Par le test de différents dispositifs, le potentiel de réduction des émissions

de CO₂ des navetteurs interurbains sera mesuré. Cette étape nous permettra de déterminer quels sont les leviers qui ont l'impact potentiel le plus fort sur la réduction de l'usage de l'automobile. Un objectif secondaire sera de mesurer les conséquences sociales des dispositifs permettant de réduire les émissions de GES.

(iv) Le quatrième objectif est une analyse spatiale des déplacements interurbains. La hiérarchie urbaine et le découpage en système urbain du territoire permettront de mettre en lumière l'influence de ces paramètres sur les trois éléments mesurés précédemment : les pratiques de mobilité, les émissions de CO₂ et le potentiel de réduction de ces émissions. Ces résultats seront mis en regard du contexte institutionnel français d'organisation des déplacements à partir duquel nous proposerons des pistes de réflexion pour le cas des trajets interurbains en France (Chapitre 6).

Chapitre 2

Les actifs interurbains : une diversité de profils et de pratiques de mobilité

Introduction du chapitre 2

L'enjeu de ce deuxième chapitre est de quantifier et caractériser les actifs sortants (ceux qui vivent dans une aire urbaine et travaillent autre part) et parmi eux, plus spécifiquement les actifs interurbains : ceux qui vivent et travaillent dans deux aires urbaines distinctes. Notre objectif est de dresser un état des lieux national le plus complet possible du profil (caractéristiques socio-économiques et localisation résidentielle) et de la mobilité pendulaire (distance et mode de transport) de ces actifs afin de prendre en compte ces éléments dans les mesures visant à réduire les émissions de CO₂ de leurs déplacements. La littérature sur la grande mobilité liée au travail et les monographies d'actifs interurbains fournissent des éléments d'explications importants sur cette forme de mobilité pendulaire. Leur étude va nous permettre d'émettre des hypothèses sur les profils et les pratiques de mobilité pour le cas spécifique des interurbains des aires urbaines grandes et moyennes.

Ce chapitre sera divisé en trois temps. La première partie propose une revue de la littérature sur les modes de vie des actifs grands mobiles ou interurbains. Nous nous intéresserons notamment aux raisons qui entraînent, et parfois maintiennent, les individus dans ce schéma de mobilité. Ces éléments enrichissent la compréhension de la mobilité interurbaine et pourront nous permettre d'émettre des hypothèses sur la surreprésentation de certaines variables du profil des actifs interurbains (section 1). Dans une deuxième partie, nous décrirons les données mobilisées pour qualifier les caractéristiques sociodémographiques et de mobilité des interurbains à l'échelle nationale. Les bases de données du recensement de la population et leur modification nous autoriseront à réaliser nos calculs et à préciser le périmètre d'étude de cette thèse (section 2).

La dernière partie de ce chapitre propose de dresser le portrait de ces actifs interurbains à l'échelle nationale. Nous montrerons qu'une diversité de profils d'actifs est présente alors qu'une certaine homogénéité dans les pratiques de mobilité est observée. Puis, nous quantifierons l'évolution de cette forme de mobilité depuis les années 1980 et la place des actifs interurbains parmi les actifs sortants. Le cas particulier des actifs travaillant vers l'aire urbaine de Paris sera évoqué, en raison

notamment de leur surreprésentation dans la littérature actuelle, puis notre travail sera concentré dans le reste de la thèse sur tous les autres interurbains de France continentale. Enfin, une typologie des actifs interurbains en quatre profils sera proposée à partir de leur lieu de résidence et de travail ainsi qu'une description des variables jouant sur le fait d'être interurbain ou non à partir d'une analyse par régressions (section 3).

1. Déplacement interurbain : les raisons de cette forme de mobilité

Les études menées sur la grande mobilité liée au travail nous ont permis de faire émerger un certain nombre d'hypothèses concernant le profil et les caractéristiques des déplacements des actifs interurbains. Cette première partie a pour objectif de revenir en détail sur les éléments à l'origine de nos hypothèses.

Pourquoi se déplacer chaque jour dans la commune d'une autre agglomération au lieu de s'y installer définitivement ? La mobilité résidentielle et la mobilité quotidienne, notamment domicile-travail sont assez différentes l'une de l'autre et conduisent à une situation paradoxale pour Vincent Kaufmann (2008) où dans certains cas, pour ne pas être mobile sur le temps long, certains actifs choisissent d'être très mobiles au quotidien : ils sont prêts à se déplacer beaucoup chaque jour pour ne pas avoir à déménager. Comment ces deux formes de mobilité interagissent-elles ? Pour Denis Martouzet (2013), « les déplacements liés au travail, aussi importants soient-ils en termes quantitatifs et comme éléments structurants la spatialité, n'interviennent que peu – voire très peu – dans la construction de l'habiter⁴⁰ » (p.62). *A contrario* pour Philippe Gerber et Samuel Carpentier (2013), « les arbitrages entre mobilité quotidienne et mobilité résidentielle entrent désormais dans une zone d'incertitude. [...] Confrontés à ces transformations sociétales, les individus vont peu à peu développer des stratégies de mobilité nouvelles, faisant émerger de nouveaux modes de vie qui finalement construisent de nouveaux modes d'habiter (tels que les grandes navettes) » (p.16). Les actifs interurbains qui réalisent des distances importantes se retrouvent, *a priori*, davantage dans les propos des seconds, qui, comme pour les pendulaires de longues distances, « acceptent un travail pour autant qu'il soit possible de ne pas déménager » (Kaufmann, 2008, p.63). Nous le verrons, l'accès à l'emploi ressort comme le principal facteur

⁴⁰ Les recherches sur la notion d'habiter « s'intéressent d'une part à la territorialisation des ménages, à l'inscription spatiale de leurs différentes activités quotidiennes ; d'autre part aux liens que développent les habitants dans et envers le territoire » (Huyghe, 2015, p.35).

explicatif d'entrée et de maintien des actifs dans cette forme de mobilité (section 1.1). D'autres éléments sont également avancés pour éclairer cette forme de mobilité, préférée à un déménagement à proximité du lieu d'emploi (section 1.2) : l'emploi éventuel du conjoint, un ancrage social fort au lieu de résidence, le choix du cadre de vie, la qualité du logement ou les contraintes financières et immobilières. Tous ces éléments nous permettront, dans une dernière sous-partie, d'émettre des hypothèses sur le profil des actifs interurbains en France (section 1.3).

1.1. Un compromis pour accéder à l'emploi

Nous posons comme hypothèse que les différences qualitatives (quel type) et quantitatives (quelle quantité offerte) des emplois présents dans les aires urbaines peuvent conduire certains actifs à effectuer des déplacements interurbains.

L'emploi est le dénominateur commun d'une majorité d'enquêtes qualitatives qui se concentrent sur les actifs interurbains. Ces enquêtes ont pour objectif d'expliquer les motifs d'entrée dans cette forme de mobilité. Une étude sur les pendulaires utilisant les trains grande ligne entre Rouen et Paris atteste que l'emploi est le motif principal de la mobilité de ces actifs, d'après trois types de « bonnes raisons » (Meissonnier, 2001, p.31) : les uns sont affectés ou mutés à Paris, d'autres n'ont pas trouvé d'emploi ailleurs qu'à Paris, d'autres enfin, ont un métier qu'ils ne peuvent exercer qu'à Paris. Un travail sur les pendulaires entre Tours et Paris (Beauvais *et al.*, 2007) confirme ce rôle de l'emploi dans l'entrée dans la pendularité interurbaine : « Le maintien d'un niveau de vie, la lutte contre le déclassement professionnel, le plan de carrière sont alors de puissants facteurs de mobilité géographique. Les navettes sont apparues comme un compromis acceptable » des actifs pour accéder à l'emploi (p.34). Certains « se sont tournés vers le bassin d'emploi parisien “par défaut”, en raison d'une période de chômage anormalement longue » (p.37). Une recherche d'Emmanuel Ravalet *et al.* (2014) sur les grands mobiles dans différents pays (Allemagne, Espagne, France et Suisse) atteste également que la grande mobilité liée au travail peut être un moyen pour les actifs de mettre fin à une période de chômage. Dans cette comparaison européenne, les auteurs démontrent que cette tension de l'emploi qui pousse les actifs à faire de grandes distances est plus palpable en France : « être grand mobile en 2011, c'est être actif, ne pas être au chômage, et avoir un emploi lorsque le chômage est très élevé est une situation plutôt positive » (p.6-7).

Dans l'étude de Xavière Lanéelle (2006) sur les navetteurs entre Le Mans et Paris, près d'un quart des pendulaires évoque la mise en place de navettes entre les deux communes afin de mettre un

terme à une période de chômage. En période de chômage, faire de grandes distances pour accéder à un emploi devient de plus en plus une norme. « La flexibilité est désormais une exigence du monde du travail qui implique bien souvent la mobilité. Cette situation est plus prononcée encore dans les contextes de taux de chômage élevés. Un employé peut se satisfaire d'un emploi même très éloigné de son domicile » (Kaufmann, 2008, p.126). Cette injonction à la flexibilité est aussi évoquée par Emmanuel Ravalet *et al.* (2014) : « La grande mobilité est une manière de répondre aux injonctions de la société à être mobile et flexible, non pas pour avoir une carrière professionnelle florissante, mais pour éviter perte d'emploi et baisses de revenu » (p.12).

Changer d'emploi ou mettre fin à une période de chômage semblent être les principaux moteurs qui conduisent des actifs à parcourir des distances de plus en plus grandes pour avoir un emploi. Toutes les catégories socioprofessionnelles, et les hommes aussi bien que les femmes sont concernés (Lanéelle, 2006 ; Ravalet *et al.*, 2014). Ces résultats tendent à montrer que le contexte économique du lieu de résidence de ces actifs joue un rôle dans les raisons de devenir un actif interurbain. Au-delà du processus de métropolisation qui conduit à une certaine concentration des emplois dans les plus grandes agglomérations, une forme de concurrence semble également se jouer entre elles (Veltz, 2012 ; Polèse *et al.*, 2014).

L'influence des métropoles sur les agglomérations environnantes a beaucoup été étudiée en géographie économique, et plusieurs typologies ont été proposées afin de caractériser leur conséquence sur le développement économique (De Roo, 2007 ; Nadou, 2010 ; Floch, Morel, 2011). Toutefois, ces typologies ne s'attachent pas à mesurer la quantité des échanges de flux pendulaires entre les agglomérations ou les aires urbaines (selon l'échelle étudiée). Elles mesurent davantage les évolutions de l'emploi (type et quantité) dans ces différents espaces ainsi que l'influence de la présence d'une métropole dans ces évolutions.

Un essai de typologie de la FNAU (Fédération Nationale des Agences d'Urbanisme) des différents profils d'aire urbaine s'appuie notamment sur les chiffres de l'évolution de l'emploi dans les aires urbaines entre 1999 et 2008 ainsi que sur le type d'emploi (FNAU, 2012). Ce travail montre qu'en moyenne, « les grandes aires urbaines⁴¹ ont vu leurs emplois augmenter d'un peu moins de 14 % entre 1999 et 2008, contre + 8 % ailleurs en France » (p.6). C'est donc dans les plus grandes aires urbaines, à l'exception de celle de Paris, que la croissance a été la plus forte. La carte de l'évolution du nombre d'emplois par aire urbaine de cette étude de la FNAU (2012) montre que cette évolution n'a pas été homogène sur l'ensemble du territoire (Annexe 3). Les

⁴¹ Aires urbaines dont le pôle urbain concentre plus de 10 000 emplois.

aires urbaines qui ont connu des augmentations très importantes (en rouge sur la carte) sont celles de l'ouest de la France (la côte atlantique et le sud-ouest) ainsi que le littoral méditerranéen. En revanche dans le centre, le nord et l'est de la France, l'évolution de l'emploi sur la période a été moins dynamique, voire négative pour certaines aires urbaines (Nevers ou Roanne par exemple). Ces différentes évolutions, marquées spatialement, peuvent avoir une influence sur l'importance de la pratique de déplacement entre aires urbaines. Certaines d'entre elles peuvent jouer un rôle attractif (là où le nombre d'emplois augmente) ou au contraire répulsif, notamment dans les espaces où le chômage augmente.

Au-delà cet aspect quantitatif, les emplois présents dans les aires urbaines ne sont pas qualitativement identiques. Dans la même étude, les auteurs proposent de classer les aires urbaines en six groupes en fonction de la surreprésentation de certaines catégories socioprofessionnelles en 2008 (FNAU, 2012). La carte de la répartition spatiale de ces six groupes montre une fois encore une hétérogénéité spatiale (Annexe 4). Parmi ces six groupes, quatre rassemblent un nombre important d'actifs et d'aires urbaines qui sont répartis de façon hétérogène sur le territoire. Dans les aires urbaines les plus peuplées, les cadres et professions intellectuelles supérieures sont davantage représentés (ex. : Bordeaux, Lille, Lyon, Paris, Toulouse). Les aires urbaines de l'ouest et du sud de la France sont marquées par une présence importante d'artisans, commerçants ou chefs d'entreprises ainsi que de retraités (ex. : Avignon, Bayonne, La Rochelle, Nice, Pau). Les aires urbaines du nord et de l'est de la France accueillent un nombre important d'emplois industriels (ex. : Charleville-Mézières, Dunkerque, Vesoul). Le quatrième groupe rassemble des aires urbaines comptant moins d'habitants (ex. : Auxerre, Cherbourg-Octeville, Le Creusot, Saint-Brieuc), réparties de façon plus homogène sur le territoire, et regroupant une population ouvrière importante.

Le développement de l'emploi dans certaines aires urbaines plutôt que dans d'autres et les spécificités des profils d'emplois peuvent être des éléments explicatifs des déplacements interurbains. Cette hypothèse fait notamment référence à différents travaux économiques de sciences régionales sur la prise en compte de variables géographiques pour expliquer les variabilités territoriales de développement de l'emploi telles que les recherches menées par Paul Krugman (Krugman, 1991 ; Coissard, 2007) ou les études portant sur le « spatial mismatch⁴² » (Holzer, 1991 ; Wenglenski, 2004, Andersson *et al.*, 2014).

⁴² L'hypothèse du spatial mismatch « repose sur l'imputation des difficultés d'accès à l'emploi des populations les plus modestes à la déconnexion entre lieux de résidence et lieux d'emploi, consécutive des tendances spatiales

1.2. La mobilité quotidienne longue distance plutôt qu'un déménagement : les raisons de ce choix

Si les motifs liés à l'emploi fournissent des informations sur les raisons favorisant l'entrée dans ce type de mobilité, ils n'expliquent pas tout. En effet, d'autres motifs incitent les actifs à préférer une mobilité quotidienne de longue distance plutôt qu'un déménagement à proximité de ce nouveau lieu d'emploi. Les dimensions résidentielles et familiales sont importantes. Derrière ces deux dimensions se greffe un ensemble de facteurs explicatifs : l'arbitrage avec la localisation de l'emploi du conjoint (section 1.2.1), l'ancrage familial et social au lieu de résidence (section 1.2.2) ainsi que le rôle du marché immobilier et du cadre de vie (section 1.2.3). Ces facteurs sont aussi bien observés pour les actifs effectuant des allers-retours quotidiens entre lieu de travail et de résidence que pour les actifs qui optent pour une birésidentialité, c'est-à-dire ceux qui résident dans un second logement à proximité du lieu d'emploi.

L'objectif de cette sous-partie est analogue à la précédente : faire émerger des hypothèses sur le profil d'actif interurbain à partir de la lecture de travaux qualitatifs portant sur l'étude des actifs grands mobiles ou interurbains.

1.2.1. Un compromis familial : l'arbitrage avec le lieu d'emploi du conjoint

Le risque que le conjoint ne retrouve pas d'emploi en cas de déménagement agit comme un facteur important du refus de changer de lieu de résidence. La mobilité quotidienne de longue distance apparaît pour certains ménages biactifs comme un compromis acceptable entre l'accès à l'emploi du grand navetteur et la volonté de conserver l'emploi local du conjoint. Plusieurs résultats de la littérature vont dans ce sens : « [la mobilité longue distance] est également le résultat d'un compromis conjugal entre le maintien d'un lieu de vie commun et de deux activités professionnelles géographiquement éloignées » (Raux *et al.*, 2010, p.7) ; « Issue d'un impératif professionnel également, le conjoint exerce parfois une contrainte sur le provincialien (actifs faisant la liaison Rouen – Paris) lorsqu'il souhaite conserver le bénéfice d'un emploi en région rouennaise. [...] Le conjoint peut parvenir à convaincre le provincialien du bien-fondé d'un déplacement quotidien permettant d'éviter un déménagement à Paris » (Meissonnier, 2001, p.39) ;

observées, et aux faibles ressources mobilisables par ces populations pour se déplacer. Son évaluation procède de deux types d'analyse : la mesure des déplacements domicile-travail effectifs des populations employées et l'estimation des opportunités d'emploi potentiellement accessibles » (Wenglenski, 2003, p.55).

les navetteurs entre Tours et Paris « n'entendaient pas renoncer à leur vie tourangelle ou contraindre leur famille à une migration vécue sur un mode négatif » (Beauvais *et al.*, 2007, p.34). Le risque d'une perte d'emploi et d'une période de chômage pour le conjoint en cas de déménagement semble un des éléments explicatifs du choix de ne pas quitter le logement actuel. Pour les ménages dont les deux personnes sont actives, « la probabilité qu'un déménagement permette aux deux conjoints de se rapprocher de leurs lieux de travail (mobilité proche) ou de retrouver un emploi (mobilité longue) semble faible » (Debrand, Taffin, 2005, p.134). Un compromis se met alors en place au sein du ménage : un des deux conjoints réalise de grandes distances pour accéder à l'emploi afin que l'autre puisse garder son emploi localement. Ici, une différence de genre est observée lorsque le ménage a des enfants. Les femmes restent davantage à proximité du lieu de résidence, notamment pour assurer les déplacements d'accompagnement, alors que la grande mobilité liée au travail est davantage une pratique masculine (Viry *et al.*, 2009 ; Vincent-Geslin, Joly, 2012 ; Ravalet, Vincent-Geslin, 2015). Ainsi, la présence d'enfants et le fait d'être un homme semblent des éléments surreprésentés chez les actifs grands mobiles, en France comme dans d'autres pays (Barker, Connolly, 2006 ; Sandow, Westin, 2010 ; Rapino, Fields, 2013). L'hypothèse que les actifs interurbains soient des hommes et qu'ils appartiennent à des ménages avec des enfants peut être formulée à partir de la lecture de ces travaux. Toutefois, ce compromis familial n'est pas le seul facteur qui conduit certains actifs à ne pas déménager.

1.2.2. L'attachement au lieu de résidence et au réseau social

L'ancrage local n'est pas spécifique aux navetteurs interurbains. Il a été mis en avant dans les études sur les périurbains avec, notamment, le travail de Nathalie Ortar (2005) affirmant que « la mobilité n'est pas le contraire de l'ancrage » (p.2) pour ces actifs effectuant de grandes distances quotidiennement. Cet ancrage résidentiel est également mis en avant par Vincent Kaufmann (2008) : ceux qui acceptent de réaliser de grandes distances au quotidien sont les mêmes qui sont le plus fortement attachés à leur lieu de résidence. « C'est pour préserver notre environnement familial et nos ancrages que nous choisissons maintes manières de nous déplacer vite et loin. Une enquête menée en Suisse auprès de pendulaires de longue distance, c'est-à-dire des personnes travaillant à plus de 80 kilomètres de leur domicile, confirme que cette pratique est liée à une recherche de sédentarité. La pendularité de longue distance est le choix effectué par des personnes fortement ancrées dans leur lieu de résidence » (Kaufmann, 2008, p.21). C'est également le cas pour les actifs birésidentiels qui optent pour un second lieu de résidence à

proximité du lieu de travail sans renoncer au premier logement, synonyme d’ancrage familial (Viry *et al.*, 2010).

Comme le montrent Gil Viry *et al.* (2010) pour le cas des actifs birésidents, derrière cet ancrage résidentiel, s’entend un lien social étroit avec le réseau familial et amical. La thèse de Cécile Vignal (2003) sur la mobilité d’actifs suite au déménagement d’une entreprise à plus de 200 km de son ancien site, montre que c’est ce lien avec les réseaux locaux qui permet la double résidence pour ceux qui n’ont pas fait le choix de déménager avec l’ensemble de leur famille à proximité de l’entreprise pour continuer d’y travailler. Ce sont les « logiques familiales et résidentielles qui donnent sens au rapport au territoire des individus. [...] La localisation du réseau de parenté ne relève pas uniquement de contraintes et de hasards, mais dessine un “système résidentiel” » (Vignal, 2005, p.107). Le réseau familial est aussi présent dans un travail sur les grands mobiles ayant des temps de trajets quotidiens supérieurs à 2 heures par jour (Raux *et al.*, 2010) : « Elle [la grande mobilité] permet une proximité résidentielle avec certains membres de la famille, conjoint, enfants, parents âgés » (p.7). Pour Joël Meissonnier (2001), le lien avec les origines « au sens large » est également un élément explicatif important des bonnes raisons des actifs qui préfèrent se rendre quotidiennement à Paris depuis Rouen plutôt que d’habiter en région parisienne.

1.2.3. Le rôle du marché immobilier et du cadre de vie

Outre la localisation de l’emploi et la force d’un réseau local et familial, le contexte du marché immobilier explique aussi le choix de la grande pendularité. Martine Berger (2004) montre que c’est en partie cette raison qui oblige les ménages les plus modestes à s’éloigner du centre des agglomérations pour accéder à la propriété, et donc aller vivre dans l’espace périurbain. Ce processus peut aussi expliquer le fait que les actifs se localisent dans une autre aire urbaine ou bien le fait qu’ils ne déménagent pas à proximité de leur lieu d’emploi. Ainsi « si certains salariés consacrent tous les jours un temps significatif, beaucoup d’argent et de fatigue à leurs navettes entre domicile et travail, c’est qu’en l’état du marché de l’immobilier, ils ne peuvent pas déménager et se rapprocher de leur lieu de travail » (Le Breton, 2008, p.50). Pour les actifs entre Rouen et Paris, « l’investissement immobilier réalisé et les emprunts contractés sont aussi une “bonne raison” pour justifier les retours quotidiens à Rouen du provincialien et pour ne pas envisager un déménagement en région parisienne » (Meissonnier, 2001, p.53). Toutefois, cette tension du marché immobilier n’est sans doute pas à considérer dans tous les cas de figure. L’augmentation des prix immobiliers constatée depuis le début des années 2000 ne touche pas l’ensemble du territoire de façon homogène. Paris et les métropoles telles que Nantes, Bordeaux

ou Lyon constituent *a priori* les pôles dans lesquels l'évolution des tarifs des biens immobiliers a augmenté de façon notable (Boulay, 2011).

L'image de la capitale et de la cherté des prix immobiliers peuvent être associées par ailleurs à une représentation d'un cadre et une qualité de vie jugée de moins bonne qualité que dans une autre aire urbaine. C'est notamment le cas pour les actifs qui résident à Tours et travaillent à Paris (Beauvais *et al.*, 2007). Cette représentation est également présente chez les actifs entre Le Mans et Paris où « 88,5 % des navetteurs affirment que la qualité de vie dans le lieu de résidence joue un rôle dans leur choix » (Lanéelle, 2006, p.168), ou pour ceux qui font la navette entre Rouen et Paris, avec le désir de vivre dans une « ville à taille humaine » (Meissonnier, 2001).

Les enquêtes qualitatives sont riches d'enseignements sur la pratique de la grande mobilité. Toutefois, la taille des échantillons observés ainsi que le type de liaison étudiée (principalement à destination de Paris) n'ont pas d'objectif de représentativité à l'échelle nationale, mais fournissent de nombreux éléments qui alimentent nos hypothèses sur le profil de l'actif interurbain en France. L'enjeu de la prochaine sous-partie est de faire un premier bilan des variables individuelles retenues qui seront étudiées dans cette thèse afin de caractériser les actifs interurbains.

1.3. Identifier et caractériser les actifs interurbains en France : hypothèses et variables observées

Les travaux mobilisés jusqu'ici montrent qu'une diversité de profils socio-économiques existe au sein des individus effectuant des déplacements interurbains ou de longues distances ayant pour motif l'emploi. À la lecture de ces recherches, une quantification de ce phénomène à l'échelle nationale en France, et une meilleure qualification des actifs interurbains nous semble être un enjeu de connaissance aujourd'hui encore inexploré par la recherche. Les caractéristiques individuelles socio-économiques (âge, genre, catégorie socioprofessionnelle), géographiques (zones de résidence et d'emploi) ou de leurs pratiques de déplacement (mode de transport et distance parcourue) sont peu connues. Au-delà de cet enjeu, connaître ces caractéristiques et leur variabilité va nous permettre ensuite de les prendre en considération lors de la discussion de nos calculs visant à réduire les émissions de CO₂ liées à leurs déplacements.

Ainsi, en croisant les informations fournies par plusieurs bases de données sur les actifs français, nous avons cherché à caractériser les actifs interurbains. En travaillant à l'échelle nationale, la

diversité des portraits des navetteurs interurbains permettra ainsi de discuter les profils présentés par la littérature scientifique. La suite de cette sous-partie vise à détailler les variables retenues.

L'ensemble des travaux qualitatifs présentés dans la première partie de ce chapitre apporte des éléments sur les raisons qui amènent les actifs à réaliser quotidiennement des navettes domicile-travail de grande distance. Toutefois, le périmètre de ces études se recoupe et rassemble des recherches portant sur des cas très localisés et similaires aux enquêtes sur les grands mobiles. Ce sont souvent des actifs qui résident en province et qui vont travailler à Paris pour le cas des déplacements entre les communes villes-centres des aires urbaines, qui sont en couple et se déplacent en train. Les recherches sur la grande mobilité liée au travail montrent que les hommes, jeunes en couple avec des enfants en bas âge ont une probabilité plus forte de réaliser ce type de déplacement. Quelles sont les différences entre ces populations et celle des actifs interurbains ? Ces recherches nous permettent de dégager un ensemble de variables qui seront testées afin de réaliser cette comparaison. Voici les plus importantes et les questions qu'elles soulèvent :

- Le genre : les hommes restent majoritaires dans ces travaux (Barker, Connolly, 2006 ; Viry *et al.*, 2009 ; Sandow, Westin, 2010 ; Cassel *et al.*, 2013 ; Rapino, Fields, 2013). Quelle place occupent les femmes dans la mobilité interurbaine ?

- La profession et catégorie socioprofessionnelle : les études soulignent une diversité des profils rencontrés avec toutefois une surreprésentation des cadres (Sandow, Westin, 2010 ; Gingembre, Baude, 2014 ; Cassel *et al.*, 2013 ; Sandow, 2014). Qu'en est-il pour les trajets interurbains en France à l'échelle nationale ?

- Le mode de transport : en France, ces déplacements interurbains sont souvent associés à l'utilisation d'un mode de transport en particulier, le train (Marotel *et al.*, 1983 ; Meissonnier, 2001 ; Lanéelle, 2006 ; Beauvais *et al.*, 2007). Certaines études internationales sur la grande mobilité liée au travail vont dans ce sens (Orfeuill, 2010 ; Moss *et al.*, 2012 ; Ravalet, *et al.*, 2014) alors que d'autres soulignent l'utilisation de la voiture (Cassel *et al.*, 2013 ; Rapino, Fields, 2013). Dans quelle mesure l'automobile est-elle utilisée par les actifs interurbains ?

- Les lieux de travail et de résidence : la localisation de la résidence et celle du lieu d'emploi sont principalement concentrées dans les villes-centres des aires urbaines (Meissonnier, 2001 ; Lanéelle, 2006). Les individus vivant dans les communes du pôle urbain ou dans les espaces périurbains sont souvent absents des enquêtes menées sur les grands navetteurs (Ravalet *et al.*, 2014). Il en est de même pour le lieu d'emploi. Où vivent et travaillent les actifs interurbains dans les différents espaces des aires urbaines (ville-centre, pôle urbain, communes périurbaines) ?

D'autres variables présentes dans le recensement seront également mobilisées afin de compléter le profil détaillé des actifs interurbains à l'échelle nationale. Les variables observées sont l'âge, le type de logement, le type de ménage, le nombre d'enfants du ménage ou encore le statut d'occupation du logement (Öhman, Lindgren, 2003 ; Debrand, Taffin, 2005 ; De Silva *et al.*, 2011 ; Dargay, Clark, 2012 ; Cassel *et al.*, 2013 ; Ravalet *et al.*, 2014).

Afin de pouvoir caractériser les actifs sortants des aires urbaines et plus particulièrement les interurbains, les bases de données du recensement ont principalement été mobilisées. Celles-ci fournissent des informations sur les caractéristiques sociodémographiques des actifs ainsi que des éléments sur leur comportement de mobilité pour les déplacements domicile-travail.

2. Les données mobilisées pour caractériser les actifs interurbains

Différentes enquêtes quantitatives sur la mobilité sont aujourd'hui réalisées en France sur des périmètres variés. Celles-ci permettent d'étudier dans le détail les caractéristiques sociodémographiques des individus, leurs déplacements et les différents motifs qui leur sont associés. Ces enquêtes peuvent fournir des informations sur la mobilité interurbaine à l'échelle nationale, notamment l'ENTD, mais se révèlent peu adaptées pour l'objectif de ce chapitre. Nous confronterons les bases de données disponibles aux objectifs d'identification et de caractérisation des actifs interurbains (section 2.1), puis nous expliquerons la construction d'une base de données utilisée pour étudier ces interurbains, à partir de celle du recensement de la population (section 2.2).

2.1. Quelles données disponibles les mieux adaptées à l'objectif de qualification des actifs interurbains ?

En France, différentes sources de données sur la mobilité sont disponibles. Plusieurs enquêtes à de multiples échelles sont réalisées et permettent de saisir différents types de déplacements. Les premières enquêtes déplacements standard du CERTU⁴³ (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 leurs mises en place et jusqu'en 2014, plus de 150 enquêtes sur 87 territoires français ont été réalisées, principalement dans les agglomérations les

⁴³ Depuis le 1^{er} janvier 2014, le CERTU a disparu et fusionné avec d'autres services de l'État pour devenir le CEREMA (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement).

plus importantes (Annexe 5). L'ensemble de ces périmètres recoupe ainsi 25 % de la superficie nationale, 35 % des communes et 67 % de la population⁴⁴.

Le périmètre le plus petit est celui des EDVM (Enquêtes Déplacements Villes Moyennes) qui se concentrent sur l'étude des déplacements des agglomérations de taille moyenne⁴⁵, telles qu'Angoulême, Laval ou Mâcon. Les EMD sont des enquêtes équivalentes, mais réalisées pour des agglomérations plus importantes comme Bordeaux, Lyon ou Lille. À une autre échelle, les EDGT (Enquêtes Déplacements Grands Territoires) permettent l'étude de la mobilité quotidienne des individus en prenant en compte les espaces périurbains rattachés fonctionnellement à l'agglomération. L'EGT (Enquête Globale Transport) menée en Île-de-France sur l'ensemble de la région est semblable à ce type d'enquête. Les EDVM, EMD, EDGT et EGT se concentrent sur un territoire bien défini et ont pour objectif de dresser un état des lieux des pratiques de déplacements à l'échelle des périmètres étudiés.

Ces enquêtes 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 principalement sur les déplacements internes à leur périmètre d'étude. Les études (EMD et EDVM) se concentrent sur les déplacements internes à une agglomération, dont le périmètre peut être variable d'une enquête à l'autre⁴⁶. Depuis 2007, les EDGT permettent de prendre en compte les espaces périurbains autour des agglomérations et correspondent davantage aux limites des aires urbaines définies par l'INSEE. Toutefois, ces enquêtes ne concernent qu'un nombre très limité de territoires (17) en 2014⁴⁷ et leur objectif reste principalement d'analyser les flux débutant et finissant dans le périmètre d'étude. Ces enquêtes locales, concentrées sur un périmètre d'étude plus ou moins vaste ne peuvent donc pas être mobilisées ici.

À l'échelle nationale, l'enquête qui vise à comprendre et analyser les pratiques de mobilité est l'ENTD, dont la dernière a été effectuée en 2008 auprès d'un échantillon représentatif de la

⁴⁴ Site du CEREMA : <http://www.territoires-ville.cerema.fr/emd-edgt-edvm-pres-de-150-enquetes-realisees-a246.html>, consulté le 28 juillet 2015.

⁴⁵ Ce type d'enquête a été réalisé, depuis 2000, « sur des agglomérations de 40 000 à près de 180 000 habitants (dont le pôle urbain n'excédait pas 100 000 habitants) » Source : site du CERTU, <http://www.certu-catalogue.fr/enquete-deplacements-villes-moyennes-l-standard-certu-ouvrage-cd-rom.html>, consulté le 28 juillet 2015.

⁴⁶ La diversité des périmètres d'étude des EMD et des EDVM est grande. Ils ne reprennent presque jamais les limites fonctionnelles de l'aire urbaine. Par exemple, l'EMD de Reims en 2006 a été effectué sur un périmètre de 16 communes alors que son aire urbaine en comporte 238. L'EMD de Tours en 2008 a enquêté 40 communes sur les 144 que compte son aire urbaine.

⁴⁷ Source : http://www.territoires-ville.cerema.fr/IMG/pdf/14-09-01_-_Carte_ED_Certu-Fiche_version_cerema_VECT_cle634c39.pdf, consulté le 28 juillet 2015.

population française. Menée pour la première fois en 1967, 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. À l'échelle nationale, c'est la seule enquête de déplacements qui permet d'analyser les différents motifs de déplacements, leur portée ainsi que leur fréquence. Cette enquête possède un avantage pour l'étude des déplacements interurbains du fait de son périmètre. Beaucoup de variables y sont disponibles comme par exemple les motifs de déplacement, les modes de transport utilisés, la durée et la fréquence de déplacement ou encore le parc des véhicules utilisés ou à disposition des ménages. Malgré ces avantages, elle ne pourra pas être utilisée dans ce chapitre pour deux raisons. D'une part, elle 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.

Ainsi, toutes ces enquêtes sont soit très précises pour un territoire donné soit trop approximatives sur les localisations des lieux de départs et d'arrivée des déplacements. Ces éléments nous conduisent à nous reporter sur les fichiers du recensement de la population pour ce chapitre. Ils fournissent une base nationale de données, localisées à la commune pour l'ensemble des actifs français. Toutefois, l'ENTD qui est une source importante d'informations sur les pratiques de mobilité des Français, y compris de longues distances, sera mobilisée ultérieurement. Elle permettra, nous le verrons dans le chapitre 3, de fournir des données précises sur les fréquences quotidiennes et hebdomadaires des déplacements.

2.2. Construction d'une base de données pour l'étude des navetteurs interurbains à partir du recensement de la population et du zonage en aires urbaines

Les bases de données du recensement de la population produites par l'INSEE depuis 1962 ont l'avantage de fournir des informations sur l'ensemble de la population à l'échelle communale : des caractéristiques socio-économiques, sur la commune de travail et sur les déplacements domicile-travail (fichier « Mobilités professionnelles »). Toutefois, le recensement n'est pas une enquête de mobilité et peu d'éléments sont disponibles sur les pratiques de mobilité contrairement aux enquêtes au standard CERTU (ENTD, EMD, EDVM, EGT). Par exemple, la variable du mode de transport est divisée en 5 modalités dans les fichiers de l'INSEE et ne permet pas de

distinguer les deux roues motorisés des vélos. Dans l'ENTD, le mode de transport principal pour les trajets liés à l'emploi possède plus de 40 modalités de réponse. De plus, les données disponibles issues du recensement nous permettent uniquement de travailler sur les caractéristiques des individus qui réalisent ces déplacements domiciles-travail. Les autres motifs de déplacements ainsi que leur portée, tout comme les trajets des autres membres du ménage, qui sont des variables disponibles dans les enquêtes de mobilité, auraient permis de mesurer par exemple la biactivité, l'ancrage familial ou social. Toutefois, ces éléments, disponibles à notre échelle d'analyse, ne recouvrent pas un échantillon suffisant pour le cas des actifs interurbains.

Le fichier du zonage en aires urbaines 2010, également réalisé par l'INSEE, est le second outil nous permettant de définir la localisation des actifs au sein de ce découpage fonctionnel de l'espace français. Comme nous l'avons détaillé dans le premier chapitre, le découpage en aires urbaines de 2010, construit à partir des flux de déplacements des actifs sur la base du recensement de 2008, permet de distinguer les communes urbaines, périurbaines et rurales.

À partir du recensement de la population et du zonage en aires urbaines (ZAU), trois étapes ont été nécessaires afin de disposer d'une base de données permettant de mesurer les déplacements et les caractéristiques des actifs sortants et interurbains. Nous avons modifié le fichier du zonage en aires urbaines de 2010 (section 2.2.1) ; réalisé une jointure entre ce fichier et celui du fichier du recensement consacré aux déplacements pendulaires (section 2.2.2) ; défini le périmètre d'étude des actifs sortants et interurbains (section 2.2.3).

2.2.1. Modification sur le fichier « Zonage en Aires Urbaines 2010 »

À partir du ZAU, nous avons déterminé si une commune est périurbaine, appartenant à un pôle urbain, multipolarisée⁴⁸ ou hors influence d'un pôle urbain grâce à la variable de l'INSEE « Catégorie de la commune dans le zonage en aires urbaines 2010 ». Le découpage en neuf modalités permet de distinguer les communes du pôle urbain selon si elles sont rattachées à des aires urbaines grandes, moyennes et petites, ainsi que de différencier les espaces périurbains des grandes aires urbaines des autres types d'espace périurbain. Ce découpage a été simplifié. De plus, une nouvelle catégorie a été introduite, permettant de distinguer à l'intérieur du pôle urbain la

⁴⁸ « Les “communes multipolarisées des aires urbaines” sont les communes dont au moins 40 % des actifs occupés résidents travaillent dans plusieurs aires urbaines, sans atteindre ce seuil avec une seule d'entre elles, et qui forment avec elles un ensemble d'un seul tenant ». Source : site de l'INSEE, <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/commune-multipolarisee.htm>, consulté le 1^{er} septembre 2015.

commune ville-centre de l'aire urbaine⁴⁹. Cinq catégories de communes ont été établies afin d'identifier les interurbains et de porter des réflexions distinctes en fonction de ces espaces : les communes « villes-centres » ; les communes appartenant au pôle urbain ; les communes périurbaines ; les communes multipolarisées ; les communes isolées hors influence des pôles urbains, donc hors aires urbaines.

2.2.2. Jointure avec le fichier « Mobilité Professionnelle » du recensement

Les fichiers du recensement sont découpés en quatre grandes catégories : « logement », « individus », « mobilités et migrations » et « activité professionnelle des individus »⁵⁰. La troisième catégorie rassemble trois types de mobilités : les déplacements domicile-étude, les migrations résidentielles et les déplacements domicile-travail (fichier « Mobilité professionnelle » ou « Mobpro »). Il recense l'ensemble des déplacements domicile-travail localisés à la commune, mais également plusieurs variables sociodémographiques individuelles comme l'âge, la profession et catégorie socioprofessionnelle, la nationalité, le niveau de diplôme ainsi que des variables à l'échelle du ménage comme le type de logement ou le nombre de voitures⁵⁰.

À partir des codes des communes de résidence et de travail, semblables entre les fichiers « Mobpro » et le zonage en aires urbaines, nous effectuons la jointure entre les deux bases de données. Du fait des regroupements et divisions des communes qui ont eu lieu entre la constitution des deux fichiers, certaines communes présentes dans le recensement ne sont pas répertoriées dans le fichier du zonage en aires urbaines⁵¹. Leur nouvel identifiant leur a été attribué grâce au document « historique des communes depuis 1943 » disponible depuis le site de l'INSEE⁵².

Une dernière jointure a été opérée à partir du code INSEE des communes de résidence et de travail des actifs. Elle consiste en l'ajout des coordonnées GPS (Géo-positionnement par satellite) des centroïdes de ces communes à partir de la base de données GEOFLA® de l'IGN (Institut national de l'information géographique et forestière). Cette jointure permet le calcul des distances à vol d'oiseau entre la commune de résidence et la commune de travail. Le détail sur le calcul des distances sera présenté dans le chapitre 3.

⁴⁹ Pour les aires urbaines qui sont composées du nom de deux communes ou plus, comme Douai-Lens ou Marseille-Aix-en-Provence, toutes les communes nommées sont enregistrées comme « ville-centre ».

⁵⁰ Site de l'INSEE : <http://www.insee.fr/fr/bases-de-donnees/default.asp?page=recensement/resultats/doc/presentation-fichiers-detail-mob-pro.htm>, consulté le 6 juillet 2016.

⁵¹ Ces divisions ou fusions concernent cinq communes pour le fichier « Mobpro » en 2010 : Avrecourt, Chézeaux, Laneuville-à-Rémy, Lavilleneuve-au-Roi et Saulxures.

⁵² Site de l'INSEE : <http://www.insee.fr/fr/methodes/nomenclatures/cog/historique.asp>, consulté le 28 juillet 2015.

2.2.3. Calibrage du périmètre d'étude des actifs interurbains

La base de données ainsi constituée et les nouvelles variables permettent de saisir la mobilité des actifs interurbains pour les déplacements domicile-travail sur l'ensemble du territoire national. Nos premières exploitations de la base de données et une lecture de travaux sur la mobilité dans les aires urbaines permettent de préciser le périmètre d'étude des actifs interurbains. Voici les trois principaux choix que nous avons effectués :

- La situation géographique d'insularité des départements et territoires d'outre-mer ainsi que de la Corse spécifie des conditions de mobilités des actifs y résidant. L'étude des déplacements des actifs interurbains dans ces territoires et les échelles à prendre en compte sont difficilement comparables avec les flux entre aires urbaines de la France continentale. Les actifs qui résident en dehors de la France continentale ne seront donc pas pris en compte.

- Les actifs résidant en France, mais travaillant en dehors du territoire national sont présents dans le recensement. Ces trajets transfrontaliers sont aujourd'hui un phénomène non négligeable puisqu'ils représentent plus de 350 000 actifs, dont la moitié travaille en Suisse (Floch, 2015). Ces actifs transfrontaliers ne seront pas abordés dans notre travail, car ils relèvent d'une logique particulière d'accès à l'emploi (OST [Observatoire Statistique Transfrontalier], 2013).

- Entre le zonage en aires urbaines de 1999 et celui de 2010, en baissant le seuil de prise en compte du nombre d'emplois dans le pôle urbain de 5 000 à 1 500 emplois, une nouvelle catégorie d'aire urbaine est proposée par l'INSEE : les petites aires urbaines. L'abaissement de ce seuil fait émerger plus de 400 petites aires urbaines, maillant l'ensemble du territoire. Les actifs résidant dans ces aires urbaines ne seront pas étudiés ici car les communes qui composent ces aires urbaines sont davantage des pôles ruraux que des pôles urbains⁵³.

Dans la suite de cette thèse, les actifs nommés « sortants » sont ceux qui résident dans des moyennes et grandes aires urbaines, et travaillent en dehors de cette aire urbaine, quelle que soit la catégorie de territoire dans lesquels ils travaillent. Parmi eux, nous entendrons par actifs interurbains 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 ».

⁵³ Dans le zonage en aires urbaines de 1999, ces aires urbaines étaient d'ailleurs qualifiées de « pôles d'emploi de l'espace rural ». Source : site de l'INSEE, <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/pole-emploi-espace-rural.htm>, consulté le 15 août 2016.

3. Les navetteurs interurbains : une analyse nationale du profil d'actif et de déplacement

Les études systématiques sur les trajets sortants des aires urbaines ou entre aires urbaines dont le motif est l'emploi sont peu nombreuses, notamment à l'échelle nationale. Notre analyse spatiale et quantitative à cette échelle sera pluridisciplinaire. Deux champs de recherche, dont les frontières s'entrecroisent parfois, seront mobilisés pour les mettre en regard des résultats obtenus : d'une part, l'ensemble des travaux de géographes et sociologues sur la grande mobilité liée au travail, traitée en France et dans les autres pays, et d'autre part plusieurs enquêtes qualitatives proposant des monographies d'actifs interurbains qui se déplacent vers Paris.

Nous développerons dans cette partie plusieurs aspects de la mobilité des actifs interurbains en France. Tout d'abord nous quantifierons cette pratique et la façon dont elle a évolué depuis le début des années 1980 et montrerons le poids des actifs interurbains parmi les sortants (section 3.1). Les sous-parties suivantes seront concentrées uniquement sur les actifs interurbains : quel est le poids de ceux qui travaillent à Paris (section 3.2) ? Quels sont les profils des autres actifs interurbains (section 3.3) ? Quels sont leurs lieux de travail et de résidence au sein des aires urbaines (section 3.4) ? Quels sont les facteurs explicatifs de cette forme de mobilité (section 3.5) ?

3.1. Travailler en dehors de l'aire urbaine de résidence : un phénomène non marginal et en progression

En France, le fichier du recensement de 2010 comprend les informations de localisation du lieu de résidence et d'emploi pour les 25 millions d'actifs résidant en France. En nous concentrant sur les aires urbaines moyennes ou grandes à l'origine des déplacements, c'est-à-dire celles où le pôle urbain rassemble plus de 5 000 emplois, le nombre d'actifs concernés est alors d'un peu plus de 21 millions d'individus. Parmi ces 21 millions d'actifs, un peu plus de 2,4 millions, soit 12 %, sont des actifs qui ne travaillent pas dans le périmètre de l'aire urbaine dans laquelle ils résident.

Un travail sur les quatre recensements de ces trente dernières années montre que le phénomène des navettes interurbaines n'est pas nouveau et tend à progresser. Ces chiffres sont tous calculés à périmètre fonctionnel constant, celui du zonage en aire urbaine de l'INSEE de 2010. Nous restons donc prudents dans notre comparaison avec les données des recensements généraux de la population de 1982, 1990 et 1999, car ce périmètre défini en 2010 ne correspond pas à ceux des recensements précédents du fait de l'évolution des lieux de résidence et d'emploi des actifs, et

donc des flux pendulaires. Toutefois, une tendance nette se dégage : depuis 1982, la part des actifs sortants des aires urbaines par rapport à l'ensemble de la population active résidente est en augmentation de 2 points tous les 10 ans environ. En 1982, 6 % des actifs ne travaillent pas dans l'aire urbaine dans laquelle ils vivent alors qu'en 2010 ce chiffre est de 12 %. Aussi, durant cette période, le nombre d'actifs concernés a plus que doublé passant de 1 million d'actifs français à plus de 2,4 millions.

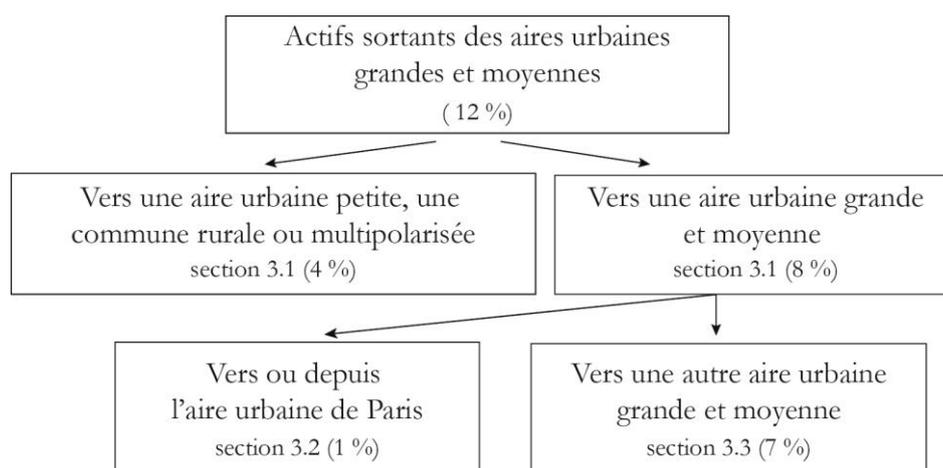
Tableau 4 Évolution du nombre d'actifs sortants depuis 1982

	1982	1990	1999	2010
Part d'actifs sortants	6 %	8 %	10 %	12 %
Nombre d'actifs sortants	1 058 272	1 440 852	1 866 432	2 420 113

Source : R.G.P. 1982, 1990, 1999, recensement population 2010 ; zonage en aire urbaine 2010 ; calculs de l'auteur.

Les résultats présentés dans le Tableau 4 font référence à l'ensemble des actifs qui sortent de leur aire urbaine pour se rendre sur leur lieu d'emploi. Ces actifs sortants, présentés de manière globale, ont pourtant des caractéristiques hétérogènes, notamment en termes de localisation du lieu de travail. Le schéma suivant (Figure 9) présente le découpage de ces actifs en trois groupes qui seront successivement étudiés.

Figure 9 Schéma des liaisons et de la répartition des actifs sortants des aires urbaines grandes et moyennes



Source : recensement population 2010 « Mobilité professionnelle », calculs et réalisation de l'auteur.

Les communes périurbaines sont rattachées au pôle urbain d'une aire urbaine quand au moins 40 % des actifs vont travailler dans ce même pôle urbain ou vers une commune rattachée à ce pôle. De par ce découpage fonctionnel de l'espace proposé par l'INSEE, une partie des actifs

peut donc se retrouver habitant d'une aire urbaine tout en n'y travaillant pas. Avec un seuil inférieur ou supérieur à 40 %, les limites des aires urbaines ne seraient pas identiques et donc la mesure du nombre d'actifs sortants serait différente. L'objet de cette thèse n'est pas de débattre sur la mesure de ce pourcentage choisi par l'INSEE. Pour cela les travaux de Philippe Julien et Sophie Louis (2007) constituent un éclairage intéressant. Il s'agit de quantifier, à partir de ce découpage statistique, le nombre d'actifs qui ne répondent pas à la logique centripète de l'aire urbaine.

Le déplacement domicile-travail des actifs sortants peut être de deux types : soit les actifs travaillent dans une autre aire urbaine et appartiennent à la catégorie des actifs interurbains, soit ils se déplacent vers des communes n'appartenant pas à une aire urbaine moyenne ou grande. Cette dernière catégorie étant ici définie comme l'ensemble des communes des petites aires urbaines, des communes rurales et des communes dites multipolarisées. Parmi les 12 % d'actifs sortants, deux tiers (environ 1,6 million) sont des actifs qui se déplacent vers une autre aire urbaine pour rejoindre leur lieu d'emploi (actifs interurbains) et un tiers (environ 790 000) sont des actifs qui se déplacent soit vers une commune appartenant à une petite aire urbaine (220 000), soit vers une commune rurale ou multipolarisée (570 000).

Un tiers des sortants vont donc travailler dans des communes qui ne sont pas rattachées à l'espace fonctionnel d'une autre aire urbaine (dont le pôle urbain compte plus de 5 000 emplois) alors que la mobilité interurbaine, qui relève davantage de logique de connexion de deux espaces fonctionnels d'agglomérations distinctes, représente les deux-tiers restants. Ce résultat est à mettre en parallèle avec la localisation des emplois, davantage présents dans les espaces urbains en lien avec le processus de métropolisation. En effet, l'évolution de l'emploi depuis le début des années 2000 se concentre de plus en plus dans les grandes agglomérations : en France, « à périmètre identique, les grands pôles⁵⁴ gagnent près de 2 millions d'emplois entre 1999 et 2008, alors que leur population active résidente n'augmente que de 1,3 million de personnes » (Floch, Lévy, 2011). La suite de notre travail sera donc centrée sur l'étude des actifs interurbains, acteurs d'une forme particulière de mobilité à l'interface de deux aires urbaines grandes ou moyennes. Ces derniers seront divisés en deux groupes : le premier portant sur le cas spécifique de la mobilité depuis, mais surtout vers l'aire urbaine de Paris (section 3.2) et le second traitant de l'ensemble des déplacements ayant pour origine ou destination les 352 autres aires urbaines moyennes et grandes (à partir de la section 3.3).

⁵⁴ Pôles urbains des grandes aires urbaines (celles comptant plus de 10 000 emplois dans le pôle urbain).

3.2. Le grand mobile vers Paris : un cas minoritaire et particulier de la mobilité interurbaine

Les actifs interurbains qui travaillent dans l'aire urbaine de Paris sont l'objet de nombreuses études. Un premier objectif sera de quantifier cette pratique à l'échelle nationale (section 3.2.1), puis de comparer nos résultats aux caractéristiques identifiées dans ces travaux (section 3.2.2), et enfin, d'en analyser les spécificités afin d'expliquer les raisons qui ont conduit à les écarter de la suite de notre travail (3.2.3).

3.2.1. 12 % des actifs interurbains travaillent dans l'aire urbaine de Paris

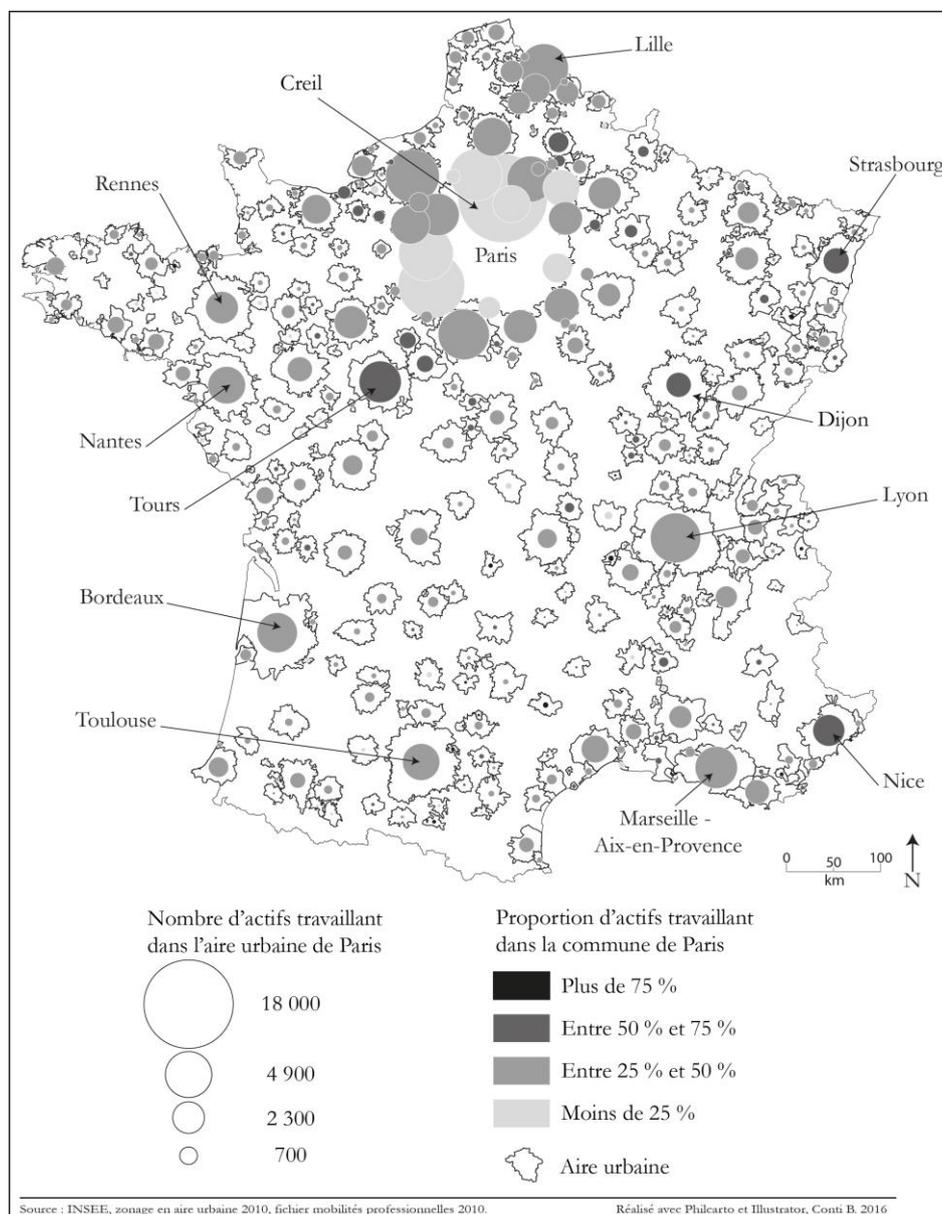
Surreprésentés dans la littérature française sur la grande mobilité, les actifs interurbains travaillant dans la capitale constituent en réalité davantage un cas à part qu'un cas général. Ces individus, un peu plus de 195 000, représentent en effet seulement 12 % des 1,6 million d'actifs interurbains, et à peine 3,5 % des 5,5 millions d'actifs travaillant dans l'aire urbaine de Paris. Ceux qui résident dans l'aire urbaine de Paris, mais qui n'y travaillent pas sont moins nombreux (68 651 personnes) et ne seront pas traités ici.

L'immense majorité des actifs interurbains sont donc des personnes qui habitent une aire urbaine hors Paris et travaillent dans une autre hors Paris. Or les pratiques de mobilité de ces personnes sont très peu étudiées par la littérature actuelle. Avant de présenter les résultats les concernant, un travail de quantification de la mobilité interurbaine à destination de l'aire urbaine de Paris, très présente dans la littérature, a été effectué. La carte suivante (Carte 2) permet de saisir la répartition géographique de ces 195 000 actifs qui travaillent dans l'aire urbaine de Paris alors qu'ils n'y résident pas.

Le premier élément qui ressort est l'importance des aires urbaines situées dans les régions limitrophes de l'Île-de-France (bassin parisien), assez proches de l'aire urbaine parisienne et qui rassemblent un nombre important de ces navetteurs, telles que les aires urbaines de Creil, Chartres, Évreux, Rouen ou encore Beauvais. Le deuxième élément notable, très proche, est que la répartition de ces actifs suit une distribution selon un modèle gravitaire. Plus la distance augmente, plus le nombre d'actifs se rendant dans l'aire urbaine de Paris semble chuter, plus une aire urbaine est importante (en termes de population), plus elle envoie un nombre important d'actifs. Parmi ces dernières, les aires urbaines de Lille, Lyon, Marseille, Toulouse, Rennes et Nantes ressortent ainsi sur la carte avec un nombre conséquent d'actifs qui se rendent vers l'aire

urbaine de Paris pour travailler alors que ces aires urbaines sont assez éloignées comparativement aux premières évoquées.

Carte 2 Lieu de résidence des actifs travaillant dans l'aire urbaine de Paris et part travaillant dans la commune de Paris



Parmi l'ensemble des navetteurs interurbains qui travaillent dans l'aire urbaine parisienne, 36 % ont leur emploi situé dans la commune de Paris. Le troisième élément qui ressort de cette carte est la répartition géographique de cette part d'actifs qui y travaille. Le dégradé de gris de la carte figure cette proportion plus ou moins grande d'actifs à travailler dans la commune centrale de l'aire urbaine parisienne. Celle-ci permet de mesurer l'accessibilité des autres aires urbaines pour les actifs qui se déplacent en TAGV (Train apte à la grande vitesse). Est-ce que les aires urbaines

des monographies précédentes (les villes à une heure de Paris) ressortent comme émettant davantage d'actifs travaillant dans la commune de Paris, donc *a priori* comme mieux connectées aux gares ?

À l'échelle du bassin parisien, l'effet distance semble jouer sur cette proportion. Plus la distance à l'aire urbaine de Paris est grande, plus les actifs ont tendance à travailler dans la commune centrale de l'aire urbaine alors que pour les aires urbaines situées directement à proximité de celle-ci, cette part est réduite. Par exemple, pour l'aire urbaine de Creil, Chartres ou Dreux, moins de 25 % des actifs interurbains travaillent dans la commune de Paris, alors qu'ils sont entre 25 % et 50 % pour les aires urbaines de Rouen, Orléans et Reims et qu'ils sont entre 50 % et 75 % pour celles de Blois, Tours ou Dijon. Toutefois, cet effet de la distance n'est pas lisible pour l'ensemble des aires urbaines du bassin parisien, des aires urbaines proches, comme Montargis ou Sens, envoient une part d'actifs supérieure à 50 % travailler dans Paris.

À l'échelle nationale, la distance semble moins avoir cet effet de polarisation des actifs sur la commune centrale de l'aire urbaine parisienne avec beaucoup d'aires urbaines où cette proportion est entre 25 % et 50 % comme Bordeaux, Lyon, Nantes, Lille, Metz ou Nancy. L'image du navetteur interurbain travaillant uniquement dans la commune centrale semble donc à relativiser en regard de ce premier résultat. Toutefois, nous restons prudents quant aux données de ces actifs qui sont situés à de très grandes distances de leur lieu d'emploi. Les éléments décrits dans le recensement ne détaillent pas la fréquence de déplacement au lieu de travail et certains actifs peuvent déclarer travailler dans l'aire urbaine de Paris sans toutefois ne jamais s'y rendre tels que les actifs qui télétravaillent ou dont le siège social est à Paris. En effet, il paraît étonnant que les actifs interurbains vers Paris soient autant présents sur l'ensemble du territoire de la France continentale.

3.2.2. Caractérisation des interurbains travaillant à Paris

Les deux colonnes du tableau suivant (Tableau 5) comparent les caractéristiques individuelles des interurbains vers l'aire urbaine de Paris avec celles des actifs intraurbains de l'aire urbaine de Paris et à l'échelle nationale. Cette sous-partie vise à présenter ces actifs qui ne seront plus étudiés dans la suite de notre travail et montrer en quoi ils sont assez spécifiques comme l'ont démontré les études qualitatives présentées jusqu'ici.

Les hommes sont majoritaires dans ce type de déplacement. Quantitativement, cette différence entre genres est très similaire aux résultats d'une étude sur les grands migrants SNCF travaillant à Paris qui vivent à plus 100 km de la capitale (Marotel *et al.*, 1983). Nous retrouvons ce partage entre deux tiers d'hommes et un tiers de femmes. Malgré tout, la part que représentent les femmes est loin d'être négligeable et l'image véhiculée par la presse des années 1990 d'un navetteur TGV masculin est à relativiser comme cela a déjà été montré (Lanéelle, 2006).

Tableau 5 Caractéristiques individuelles des navetteurs interurbains vers Paris

	Actifs aux déplacements internes aux aires urbaines	Actifs aux déplacements internes à l'aire urbaine de Paris	Actifs interurbains vers l'aire urbaine de Paris
Hommes	51 %	51 %	68 %
Actifs de moins de 30 ans	33 %	35 %	34 %
Cadres	18 %	28 %	32 %
Diplômés du supérieur	37 %	45 %	48 %
Propriétaires	56 %	49 %	63 %
Actifs en CDI	77 %	80 %	83 %
Part modale des TC*	18 %	42 %	42 %
Habitent en ville-centre	30 %	20 %	41 %
Travaillent en ville-centre	44 %	31 %	36 %
Nombre d'actifs	18 537 858	5 505 356	195 045

*TC : Transports en commun.

Source : recensement population 2010 « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

Toutefois, en ce qui concerne les catégories socioprofessionnelles, la part des cadres est très importante parmi les navetteurs qui se rendent dans l'aire urbaine de Paris pour travailler. Avec 32 % des actifs, il s'agit de la profession et catégorie sociale la plus représentée, devant les professions intermédiaires (28 %), les employés (21 %) et les ouvriers (16 %). Cette distribution est à mettre en regard de la distribution des profils d'actifs vivant et travaillant dans cette aire urbaine où l'on retrouve une majorité d'actifs cadres (28 %) et peu d'ouvriers (14 %). La part d'actifs possédant un diplôme de l'enseignement supérieur est aussi très importante par rapport à celle des actifs aux déplacements intraurbains, avec presque la moitié des actifs concernés (48 %). Ces deux variables, niveau de diplôme élevé et forte présence de cadres, confirment le caractère particulier de certains emplois localisés dans la capitale et absents des autres villes du bassin parisien. Les résultats de la thèse de Joël Meissonnier (2001) sont par ailleurs très riches sur cet aspect du profil des actifs pendulaires vers la capitale et de la spécificité de leurs emplois. Habitant Rouen et travaillant à Paris, les navetteurs interrogés par Joël Meissonnier soulignent le

surcroît d'intérêt des emplois situés dans l'aire urbaine de Paris, et plus spécifiquement dans la commune de Paris, et des opportunités de carrières qu'ils proposent. L'évolution professionnelle est souvent associée à ce type de déplacements vers la capitale.

Le fait que les actifs interurbains travaillant dans l'aire urbaine de Paris soient davantage en situation d'emploi en CDI (83 %) (Contrat à Durée Indéterminée) et propriétaires de leur logement (63 %) confirme également les résultats des enquêtes qualitatives (Meissonnier, 2001 ; Beauvais *et al.*, 2007). Si nous ne connaissons pas les montants des investissements immobiliers de ces actifs qui résident en dehors de Paris, ces chiffres vont dans le sens de l'hypothèse que les trajets à longues distances pour travailler vers Paris sont préférés à un déménagement en banlieue parisienne. Les personnes interrogées dans les monographies distinguent Paris comme lieu d'emploi et Paris comme ville « peu appropriée à une vie, à des rythmes et à des activités de familles » (Beauvais *et al.*, 2007, p.25). Le coût de l'immobilier dans la capitale par rapport aux logements de province, moins chers et avec des superficies plus grandes, constitue un avantage et une bonne raison de préférer une grande mobilité quotidienne plutôt qu'un déménagement. « La ville à taille humaine » (Meissonnier, 2001, p.64) de province est préférée comme lieu de résidence à Paris, davantage symbole d'opportunités d'emploi que d'inscription résidentielle de long terme. Le lieu d'habitation des actifs interurbains vers Paris confirme ce choix de localisation : ils sont 76 % à vivre dans le pôle urbain, dont 41 % en ville-centre de leur aire urbaine. Ce taux est nettement supérieur au taux de 30 % observé au niveau national pour les actifs intraurbains et au 20 % de ceux vivant et travaillant dans l'aire urbaine de Paris. Cette observation va dans le sens du choix d'une localisation résidentielle en centre dans une aire urbaine en région, ainsi que la possibilité pour eux d'avoir un accès plus rapide aux gares ferroviaires situées dans ces communes (Tours, Rouen, Le Mans). Marotel *et al.* (1983) décrivent la mobilité des actifs qui travaillent à Paris et qui résident à plus de 100 km de la capitale. Leurs résultats montrent l'emprise des transports en commun dans le choix modal : « Les trois-quarts de personnes interrogées ont déclaré ne jamais utiliser la voiture pour effectuer l'aller-retour province-Paris. Dans sa grande majorité, cette population est dépendante du train » (p.44). Joël Meissonnier (2001) se concentre également que sur les usagers réguliers du train entre Rouen et Paris. Les actifs grands mobiles étudiés par Jean-Marie Beauvais *et al.* (2007), qui résident à Tours et qui se déplacent quotidiennement vers Paris, n'utilisent que le train. Xavière Lanéelle (2006) réalise une étude des pendulaires de longues distances des navetteurs définis « à partir du critère de leur abonnement auprès de la SNCF, les abonnés étant ceux qui voyagent au moins trois fois par semaine) ».

Toutefois, l'analyse des modes de transport montre que les transports collectifs ne sont pas majoritaires parmi les déplacements des navetteurs vers l'aire urbaine de Paris (42 %), et la voiture reste largement présente dans les usages (54 %). Ce taux d'utilisation des transports collectifs, très élevé lorsqu'on le compare avec celui des actifs qui résident et travaillent dans la même aire urbaine (18 %), est en revanche équivalent avec les usages des actifs de l'aire urbaine de Paris, où 42 % des actifs se déplacent également en transport en commun. Ce résultat est à lier avec le type de liaison effectuée par les actifs. Les liaisons à destination de la ville-centre de l'aire urbaine de Paris ne représentent que 36 % de celles des actifs interurbains à destination de cette aire urbaine. Une part importante, 47 %, travaille dans une commune du pôle urbain de l'aire urbaine qui n'est pas la commune de Paris, et les 17 % restant dans une commune périurbaine de l'aire urbaine.

Ce sont donc une majorité des flux qui sont dirigés, non pas vers le centre historique de l'aire urbaine, mais principalement vers le reste du pôle urbain, comprenant certes quelques pôles d'emplois importants tels que le quartier d'affaire de La Défense. Pour ces déplacements comme pour ceux à destination du périurbain, la voiture constitue un mode de transport plus adapté. Un croisement de ces deux variables montre qu'en effet, à destination de la commune de Paris, 65 % des navetteurs interurbains utilisent les transports en commun, alors qu'ils ne sont plus que 36 % pour ceux qui travaillent dans une commune du pôle urbain et 8 % à les préférer pour ceux qui ont leur emploi dans la couronne périurbaine de l'aire urbaine parisienne.

3.2.3. Les spécificités des actifs allant travailler dans l'aire urbaine de Paris : un cas à part dans l'étude des interurbains

Ainsi, parmi l'ensemble des navetteurs interurbains qui se dirigent vers l'aire urbaine de Paris pour se rendre sur leur lieu d'emploi (195 045 personnes), 23 % des actifs (45 260 individus) correspondent au profil de l'idéal-type du navetteur interurbain se déplaçant à la fois vers la commune de Paris tout en ayant recours aux transports en commun. Trois quarts des actifs ne correspondent donc pas au profil type, avec ici une hétérogénéité de cas d'étude absents de la littérature sur la grande mobilité et la mobilité interurbaine. C'est notamment le cas des actifs qui se déplacent en automobile vers l'aire urbaine de Paris ainsi que ceux qui travaillent dans des pôles d'emploi périphériques situés en dehors de la commune de Paris tels que La Défense ou Roissy. L'étude de ces actifs et de leur mobilité constitue à elle seule une piste de recherche qui ne sera

pas développée ici. En effet, plusieurs raisons nous ont conduits à nous concentrer sur les actifs interurbains en dehors du cas de l'aire urbaine de Paris.

Tout d'abord, le poids de Paris dans l'économie française et son rôle polarisant de l'emploi à une échelle nationale est incomparable avec une autre agglomération en France. L'aire d'influence de la capitale sur des agglomérations parfois éloignées du bassin parisien comme Poitiers, Angers ou Caen est unique en France (Noin, 1996 ; Brunet, 2004). La Carte 2 atteste de l'attractivité à l'échelle nationale de l'aire urbaine de Paris pour les déplacements liés à l'emploi. L'importance de Paris tant au niveau de sa population que de son nombre d'emplois est souvent mise en avant pour expliquer la structure particulière de l'emploi en France (Chalard, Dumont, 2011). L'aire urbaine de Paris regroupe plus de 5 millions d'actifs alors que la deuxième aire urbaine, Lyon, en compte moins de 1 million. Pierre Veltz (2012) consacre également une place particulière à Paris dans l'analyse de la structure du territoire français en mettant en avant la particularité du système parisien et des relations bilatérales avec les agglomérations de province, très souvent supérieures aux relations que peuvent avoir ces agglomérations avec leur périphérie locale (agglomérations plus petites environnantes). Certaines de ces agglomérations pourtant éloignées de la capitale ont ainsi davantage de relations et d'échanges avec celle-ci qu'avec les agglomérations environnantes, à l'exemple de Lyon.

De plus, comme évoqués précédemment, les navetteurs à destination de la capitale sont les principaux cas d'étude des enquêtes qualitatives sur la mobilité entre agglomérations. Une majorité de ces travaux qualitatifs se concentre sur les modes de vie et les conditions de mobilité des actifs interurbains dans le cadre de liaisons avec la commune de Paris en transports en commun (Marotel *et al.*, 1983 ; Meissonnier, 2001 ; Lanéelle, 2006 ; Beauvais *et al.*, 2007). La mise en perspective de nos résultats issus du recensement de la population avec ces recherches relativise le profil type qu'elles étudient. Même si la place des transports en commun dans ce type de liaison est importante, une part significative d'actifs a recours à l'automobile. Pierre Veltz (2012) souligne également l'importance de la capitale dans les flux ferroviaires, « le trafic interrégional [étant] dérisoire » en France par rapport aux flux vers Paris. L'accessibilité en transports en commun de l'aire urbaine de Paris, en lien avec le développement du réseau de chemin de fer français concentré en étoile sur la capitale, en fait un cas à part de l'étude de la mobilité des navetteurs interurbains.

La suite de notre travail sera donc concentrée sur les actifs interurbains aujourd'hui peu présents dans la littérature, qui se déplacent entre deux aires urbaines grandes et moyennes en dehors du cas spécifique de l'aire urbaine parisienne.

3.3. Profils des grands navetteurs interurbains en France

Dans cette sous-partie, le champ d'étude de la mobilité des actifs interurbains en France sera précisé dans un premier temps (section 3.3.1). Ensuite, en lien avec la littérature, les caractéristiques individuelles de ces actifs seront présentées (section 3.3.2) avant d'analyser leurs pratiques de mobilité (section 3.3.3).

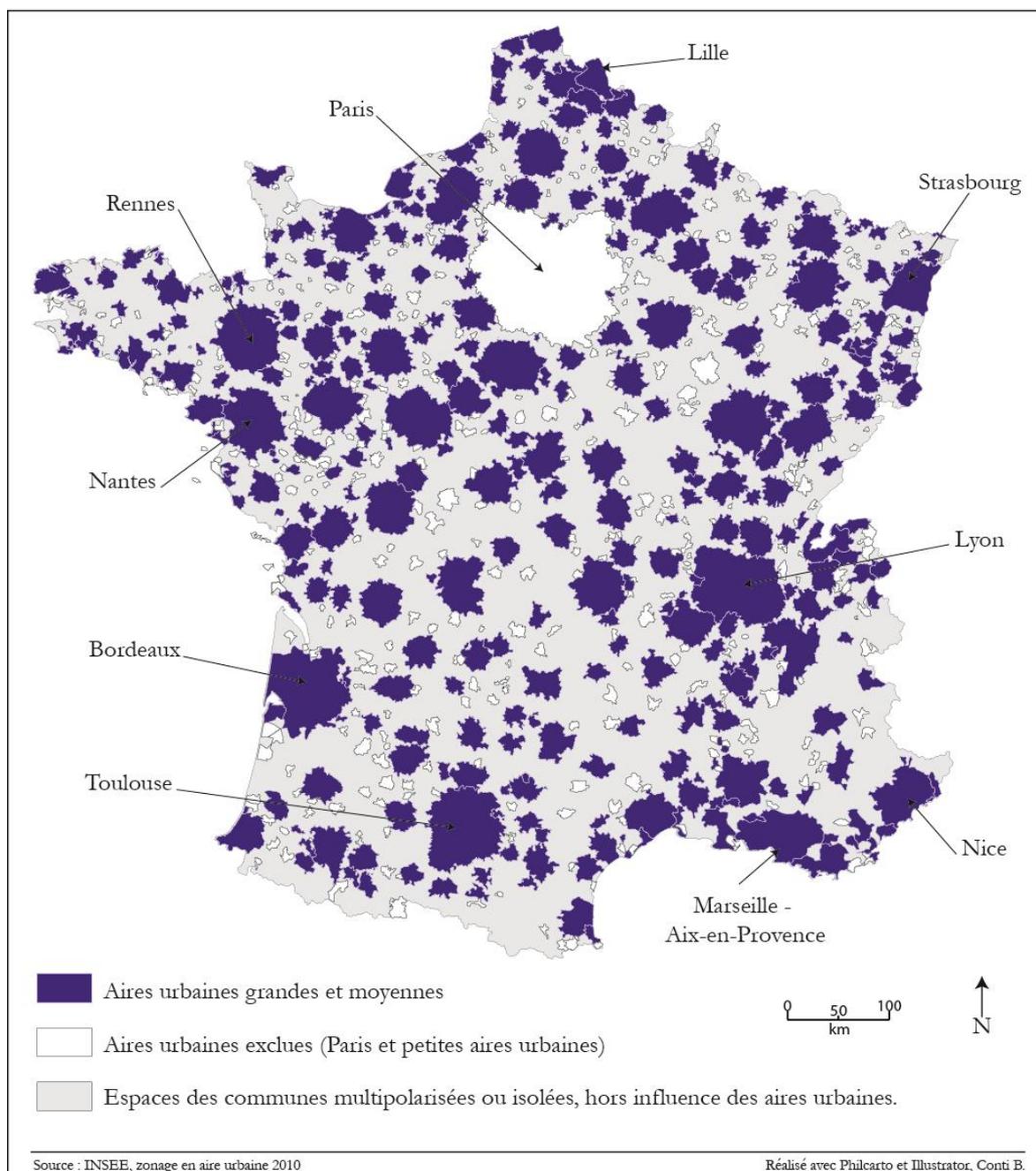
3.3.1. Délimitation du champ d'étude des actifs interurbains

Cette étape consiste à ne pas retenir certains actifs du recensement de la population dont les déplacements domicile-travail paraissent peu réalisables quotidiennement selon les distances calculées. Un seuil maximum de la distance domicile-travail à vol d'oiseau de 200 km a été retenu. Les navettes dont la distance est supérieure seront exclues de la suite de notre analyse du fait de leur manque de fiabilité comme le montre le cas de nombreux actifs déclarant travailler dans l'aire urbaine de Paris partout en France (Carte 2). Ce seuil a notamment été établi afin de prendre en compte dans les calculs uniquement les actifs qui effectuent des déplacements plusieurs fois par semaine, et d'isoler ceux qui disposent d'un second logement à proximité de leur lieu de travail (Terrier, 1986). 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). Ces recherches qui s'intéressent à l'évolution de la mobilité sur différents espaces, de la France entière pour Julien Talbot à l'étude des déplacements centrés sur la région PACA et l'ancienne région Bourgogne, font le choix de ne pas prendre en compte les déplacements domicile-travail présents dans le recensement dont la distance à vol d'oiseau est supérieure à 200 km.

Très peu d'actifs sont exclus de notre étude avec ce seuil qui concerne surtout les trajets vers l'aire urbaine de Paris. Sur les 166 184 actifs interurbains qui, d'après le recensement, ont une distance domicile-travail à vol d'oiseau supérieure à 200 km, presque la moitié (78 668 individus, soit 47 %) déclarent travailler dans l'aire urbaine de Paris. Si l'on ne considère que les navetteurs interurbains (en dehors du cas l'aire urbaine de Paris comme lieu de résidence ou de travail), soit 1 366 177 actifs, 5 % d'entre eux (65 282 individus) sont dans ce cas de figure.

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 3). La population des actifs interurbains prise en compte dans la suite de notre travail est de 1,3 million d'actifs.

Carte 3 Aires urbaines grandes et moyennes du périmètre d'étude des actifs interurbains



3.3.2. Les interurbains, une représentation plus forte des hommes, des cadres et des propriétaires

Le Tableau 6 présente les résultats des caractéristiques générales des actifs interurbains, en comparant à celles des actifs intraurbains. À l'échelle nationale, les interurbains représentent 9 % des actifs des aires urbaines grandes et moyennes, soit 1,3 million de personnes. À l'image de ce qui est observé pour les navetteurs vers Paris, mais également dans la littérature sur les actifs grands mobiles, le profil d'homme jeune, cadre et diplômé est statistiquement surreprésenté par rapport aux autres catégories. Les hommes comptent pour 61 % des actifs interurbains, les personnes de moins de 30 ans sont 38 % et les diplômés de l'enseignement supérieur sont 42 % alors qu'ils ne représentent qu'un tiers des effectifs des actifs intraurbains. Les cadres représentent 20 % de la population des interurbains contre 15 % des actifs intraurbains.

Tableau 6 Caractéristiques individuelles des actifs interurbains en France (hors Paris)

	Actifs intraurbains	Actifs interurbains
Hommes	51 %	61 %
Actifs de moins de 30 ans	32 %	38 %
Cadres	15 %	20 %
Diplômés du supérieur	34 %	42 %
Propriétaires	59 %	64 %
Actifs en CDI	76 %	80 %
Part modale de la voiture	74 %	88 %
Habitent en ville-centre	35 %	33 %
Travaillent en ville-centre	49 %	57 %
Nombre d'actifs	13 032 502	1 300 895

Source : recensement 2010, fichier « Mobilité professionnelle », distance inférieure à 200 km ; calculs de l'auteur.

Cette surreprésentation confirme les résultats d'autres recherches conduites en Europe. En Suisse, Gil Viry *et al.* (2009) qui enquêtent notamment sur les pendulaires de longues distances attestent que ce sont souvent des hommes qui occupent des positions hiérarchiques élevées associées à des niveaux de diplômes également élevés. En Suède, une recherche sur les grands mobiles actifs qui ont une distance domicile-travail supérieure à 30 kilomètres montre que les hommes des catégories supérieures sont également plus nombreux à parcourir des distances plus grandes (Sandow, 2014). Une étude spécifique sur la mobilité entre 94 pôles urbains français (ceux regroupant plus de 20 000 emplois) confirme également l'importance relative des cadres dans la mobilité entre aires urbaines (Gingembre, Baude, 2014).

La surreprésentation des cadres au plan national masque cependant la présence des autres professions et catégories sociales parmi les navetteurs interurbains. La catégorie des cadres et professions intellectuelles supérieures n'est pas la catégorie la plus représentée parmi ces actifs. Si ces derniers représentent 20 % des interurbains, les actifs de la catégorie professions intermédiaires sont plus nombreux (31 %), tout comme les actifs des catégories ouvriers (24 %) et employés (21 %). En chiffres absolus, ces catégories participent tout autant, si ce n'est davantage à la mobilité interurbaine. Cette situation est très différente du cas d'étude de la mobilité vers l'aire urbaine de Paris où les cadres sont la catégorie la plus représentée avec 32 %. Toutefois, au regard de leur poids parmi les actifs interurbains par rapport aux actifs intraurbains, un cadre a davantage de chance d'être un navetteur interurbain par rapport aux autres catégories.

Le Tableau 6 renseigne également la part d'actifs en CDI et de propriétaires. On retrouve ici des indicateurs suggérant un ancrage résidentiel fort décrit dans la mobilité sur les grands mobiles. La part d'actifs en CDI est assez élevée (80 %) tout comme la part d'actifs propriétaires de leur logement : 64 %. Ce résultat est en phase avec le travail sur des actifs en Allemagne, Espagne, France et Suisse mené dans le cadre du programme de recherche JobMob⁵⁵ (Job mobilities and family lives) (Ravalet *et al.*, 2014) que nous avons évoqué dans la section 1.1. Cette observation est vraie pour les locataires et les propriétaires avec un effet encore plus important chez ces derniers. Les propriétaires ont moins tendance à déménager : « en moyenne, à situation équivalente, les propriétaires sont plus satisfaits de leurs conditions de logement que les locataires et ont des durées d'occupation de leur logement beaucoup plus longues » (Debrand, Taffin, 2005, p.137).

Ces caractéristiques individuelles au niveau national nous permettent donc de nuancer certaines des hypothèses que nous avons établies à la lecture de la littérature scientifique sur les grands mobiles et les actifs se déplaçant entre aires urbaines. Nos résultats attestent d'une diversité plus importante des catégories sociales et des types de liaisons par rapport à ces travaux qualitatifs. Toutefois, certaines caractéristiques communes ressortent comme la part importante de personnes jeunes ainsi que la surreprésentation des hommes. La surreprésentation de personnes en CDI comme celle d'actifs propriétaires semblent confirmer un ancrage résidentiel important de ces individus.

⁵⁵ JobMob : Job mobilities and family lives, <http://www.jobmob-and-famlives.eu/>, consulté le 4 mars 2015.

3.3.3. Modes de transport et distance parcourue : l'usage de la voiture soulignée

Un dernier élément de caractérisation du profil des actifs interurbains souvent évoqué dans la littérature sur les déplacements interurbains concerne le mode de transport utilisé. Les navetteurs interurbains utilisent majoritairement l'automobile dans le cadre de leurs déplacements domicile-travail : ils sont 88 % à l'utiliser pour se rendre sur leur lieu d'emploi (contre 10 %⁵⁶ pour les transports collectifs) alors que pour les actifs intraurbains, qui ont un emploi dans leur aire urbaine de résidence, 74 % se déplacent en voiture. Cette proportion de la voiture est très élevée à la fois par rapport aux intraurbains, mais également par rapport à celle des navetteurs interurbains qui se déplacent vers l'aire urbaine de Paris, pour qui « seulement » 54 % des actifs utilisent ce mode de transport.

Cette surreprésentation de la place de l'automobile dans les déplacements interurbains est associée à un taux d'équipement important en automobile (64 % appartiennent à un ménage bimotorisé contre 55 % pour les navetteurs intraurbains). Cet usage, constaté pour les déplacements interurbains, est donc bien différent des observations faites dans certains travaux sur les grands mobiles qui attestent d'un fort usage des transports en commun (Orfeuil, 2010 ; Moss *et al.*, 2012 ; Ravalet, *et al.*, 2014) ou dans les travaux sur les déplacements des interurbains (Marotel *et al.*, 1983 ; Meissonnier, 2001 ; Lanéelle, 2006 ; Beauvais *et al.*, 2007).

La distance moyenne parcourue⁵⁷ par ces actifs est également un élément à mettre en regard de ces travaux. Elle est de 37 km, avec une distance médiane de 28 km. Ces chiffres montrent que nous sommes loin des pratiques de mobilité pendulaire des actifs intraurbains (distance moyenne de 7 km, et médiane de 4 km), mais également des travaux sur la grande mobilité liée au travail et des monographies des actifs travaillant à Paris et vivant à Tours, Rouen ou Le Mans. Dans ces travaux, les actifs grands mobiles parcourent des distances beaucoup plus longues, parfois au-delà de 100 km. Ici, les distances effectuées par les actifs interurbains sont en moyenne plus petites et très variables (Figure 10).

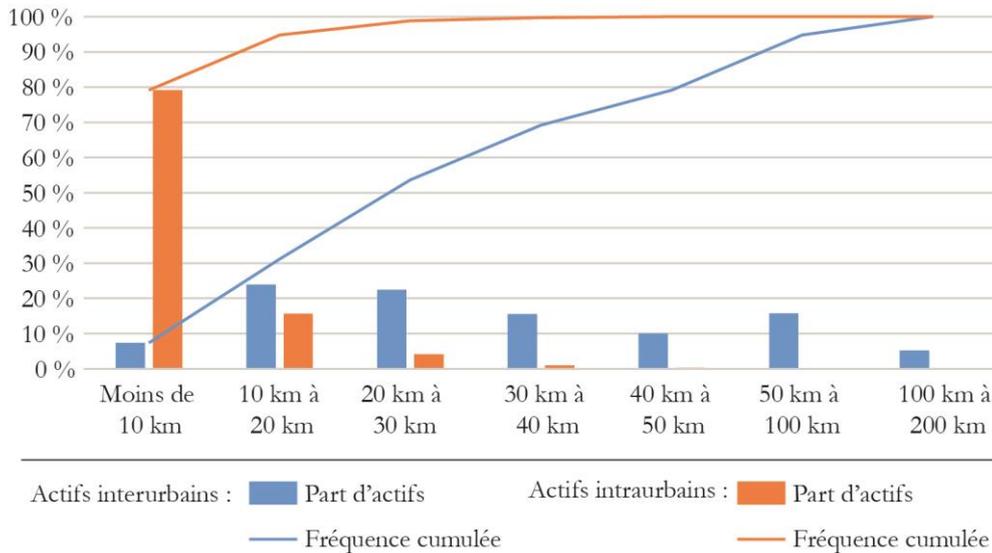
79 % des actifs interurbains en France parcourent moins de 50 km, 16 % entre 50 km et 100 km, et « seulement » 5 % plus de 100 km. En dessous de 50 km, une majorité des actifs se déplacent entre 10 km et 40 km (62 %). Cette distribution est très différente pour les actifs intraurbains qui parcourent en moyenne des distances beaucoup plus courtes. 95 % ont une distance domicile-

⁵⁶ Les 2 % restant déclarent se déplacer en deux roues.

⁵⁷ Les distances sont ici calculées à vol d'oiseau, la méthode de calcul est détaillée dans le chapitre 3 (section 1.3.2).

travail inférieure à 20 km et une très grande majorité réalise des distances inférieures à 10 km (79 %).

Figure 10 Répartition des actifs et fréquences cumulées des classes de distances



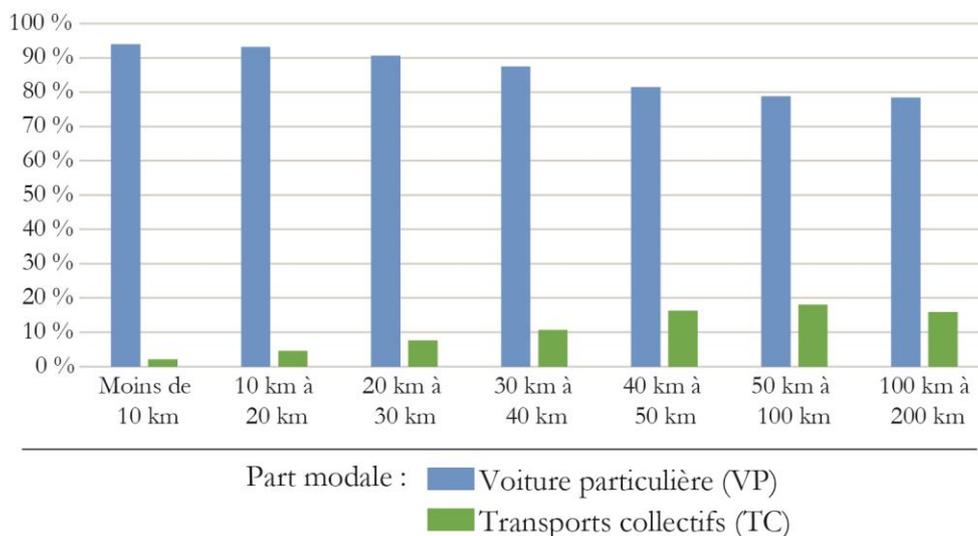
Source : recensement 2010, fichier « Mobilité professionnelle », distance inférieure à 200 km ; calculs de l'auteur.

Les interurbains parcourent donc de grandes distances comparativement aux intraurbains, mais celles-ci ne sont pas non plus exceptionnelles, plutôt « intermédiaires ». Elles sont davantage proches des pratiques de mobilités des périurbains, notamment ceux des grandes aires urbaines et notamment celle de Paris (Baccaïni *et al.*, 2007). Les actifs périurbains de l'aire urbaine de Paris parcourent en moyenne 27 km pour se rendre sur leur lieu d'emploi (François, 2010). Ces distances moyennes semblent en revanche plus éloignées de celles décrites par les auteurs sur la grande mobilité liée au travail (De Silva *et al.*, 2011 ; Holz-Rau *et al.*, 2014) ou la mobilité interurbaine à destination de Paris (Marotel *et al.*, 1983 ; Meissonnier, 2001 ; Lanéelle, 2006 ; Beauvais *et al.*, 2007).

Comment changent les parts modales de la voiture et des transports collectifs en fonction de la distance parcourue ? Comme pour les déplacements intraurbains, plus la distance parcourue par les interurbains augmente, plus la part des transports collectifs augmente également (Figure 11). Toutefois, les parts modales pour ce mode de transport n'atteignent pas des taux d'utilisation comparables à ceux qui travaillent dans l'aire urbaine parisienne. Si en moyenne, 88 % des actifs interurbains se déplacent en voiture particulière, ce chiffre varie très peu pour les distances inférieures à 50 km : il passe de 94 % à 87 % pour les interurbains qui ont une portée de déplacement inférieure à 40 km. Pour les distances supérieures, l'usage de la voiture diminue,

mais reste très élevé : 82 % pour la fourchette de distance entre 40 km et 50 km, 79 % entre 50 km et 100 km et 78 % pour les distances entre 100 km et 200 km.

Figure 11 Part modale du mode de transport principal des actifs interurbains



Source : recensement 2010, fichier « Mobilité professionnelle », distance inférieure à 200 km ; calculs de l'auteur.

Des distances importantes par rapport aux interurbains, mais relativement faibles en regard de la littérature sur la grande mobilité liée au travail, associées à un usage très important de la voiture attestent du caractère particulier des déplacements interurbains en France.

Après avoir étudié les caractéristiques individuelles et celles de leurs déplacements, l'analyse de la géographie de ces déplacements au sein des aires urbaines va être abordée. Ces statistiques descriptives de l'ensemble des navetteurs cachent des différences, notamment en matière de mobilité, entre les différents types de liaisons possibles entre deux aires urbaines. L'étude des différents types d'espaces de résidence et d'emploi et les liaisons entre ces lieux constituent l'objet de la prochaine sous-partie.

3.4. Une diversité de lieux de résidence, une homogénéité du lieu de travail

La répartition spatiale des actifs interurbains au sein de leurs aires urbaines de résidence et de travail atteste d'une certaine diversité et relativise l'image du navetteur se déplaçant entre les villes-centres. Les lieux de résidence de ces actifs sont répartis de façon homogène alors que la distribution des lieux de travail est plus concentrée (section 3.4.1). À partir de ces liaisons entre aires urbaines, nous proposerons une lecture de cette forme de mobilité sous quatre profils

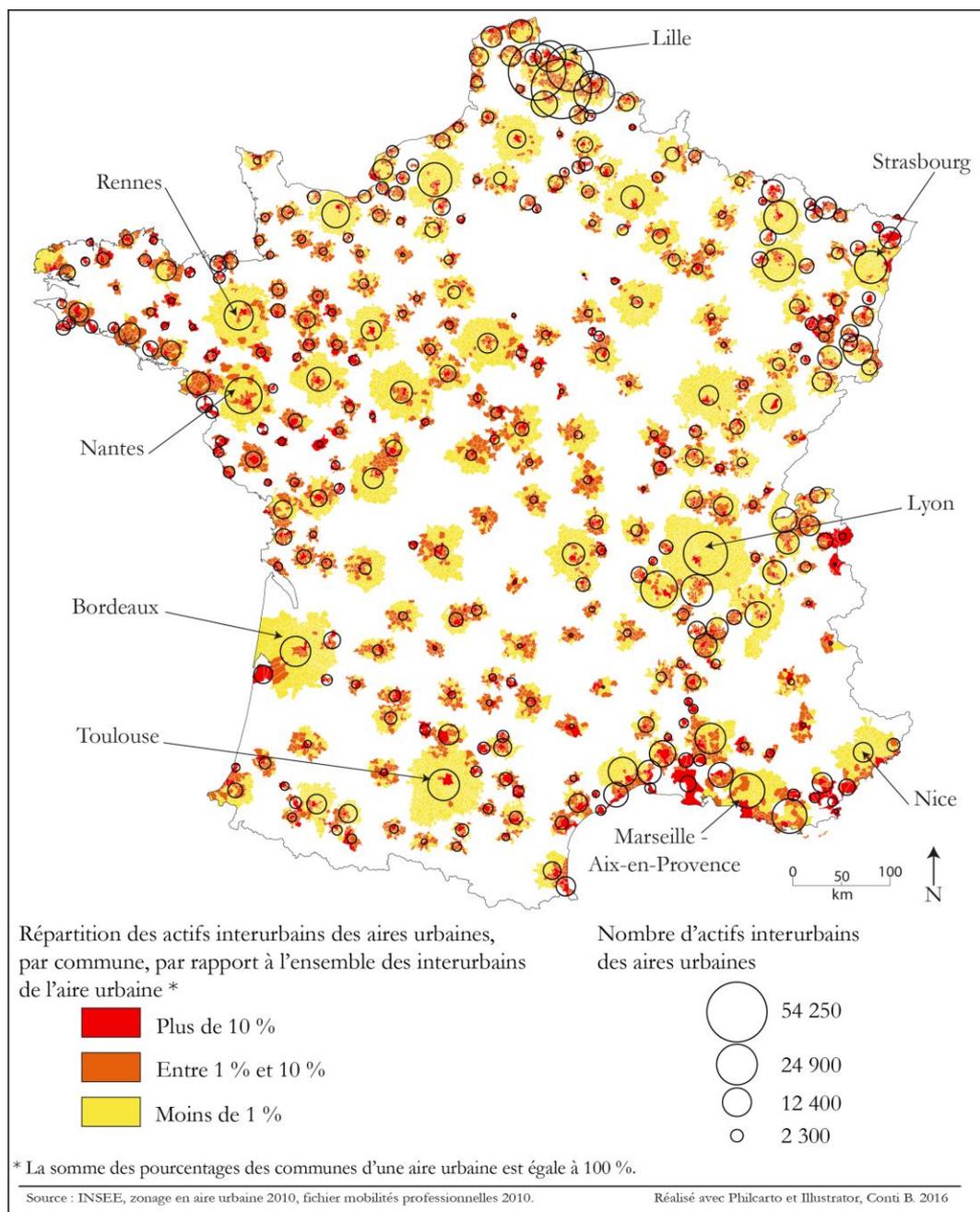
différents (section 3.4.2), dont les caractéristiques seront analysées puis comparées avec les actifs intraurbains (section 3.4.3).

3.4.1. Une diversité de lieux de résidence, le pôle urbain comme lieu de travail

Dans les travaux sur les navetteurs interurbains, les liaisons entre les lieux de résidence et d'emploi sont souvent associées à des déplacements entre les communes villes-centres des aires urbaines et moins des banlieues ou des espaces périurbains. Toutefois, la littérature sur la grande mobilité est moins catégorique sur les types de liaisons rencontrés, notamment concernant le lieu de résidence des actifs qui peut aussi bien se trouver dans la commune ville-centre de l'aire urbaine, dans le pôle urbain ou dans l'espace périurbain. En effet, deux recherches vont dans ce sens : d'une part le travail de Charles Raux *et al.* (2010) pour qui « il n'existe pas de modèle qui lierait la zone d'habitation et des pratiques de grande mobilité » (p.12) ; d'autre part un article issu de l'enquête du programme JobMob : « la diversité des territoires de vie des grands mobiles (urbains, ruraux, périurbains) permet de souligner que le consensus spatial entre vie privée et vie professionnelle est difficile un peu partout » (Ravalet *et al.*, 2014, p.1).

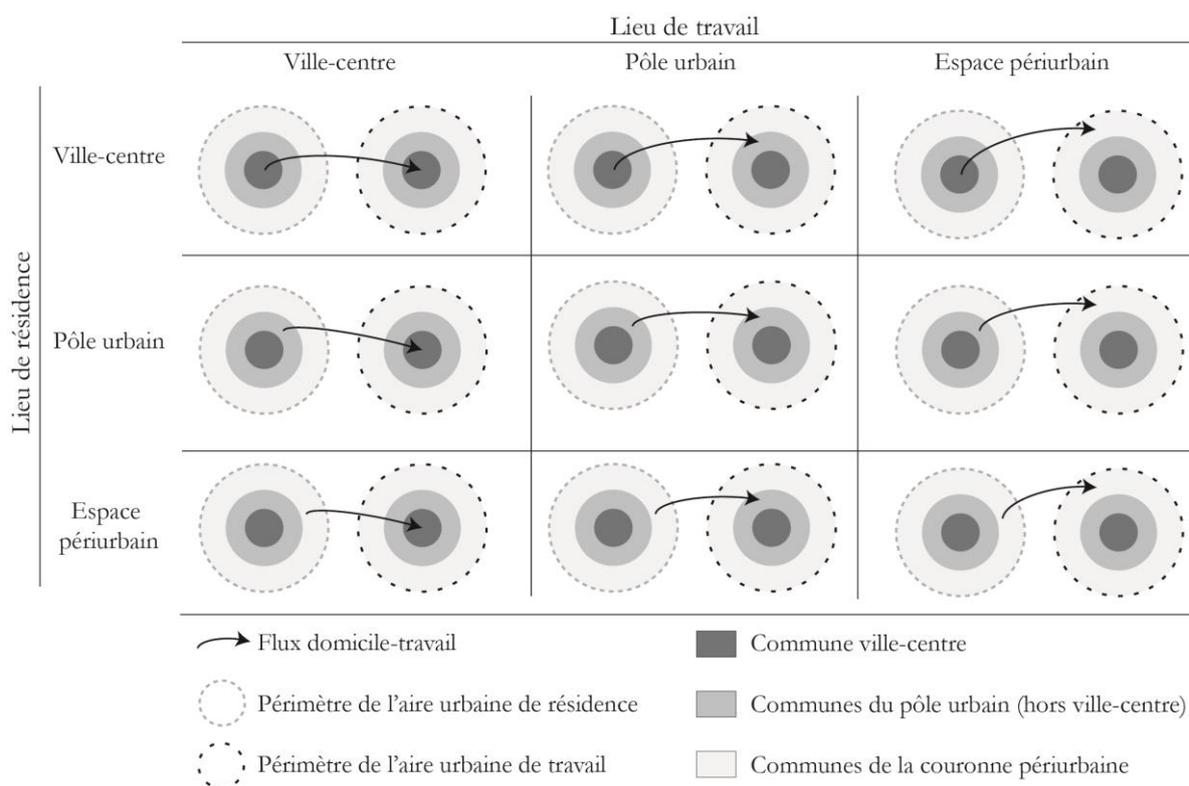
La répartition spatiale des navetteurs en France en chiffres absolus peut être mise en parallèle avec la distribution des populations sur le territoire (Carte 4). Une part plus importante d'actifs interurbains est située dans les plus grandes aires urbaines comme Lille, Lyon, Toulouse, Nantes ou Strasbourg, et moins dans les aires urbaines plus petites. Dans ces plus grandes aires urbaines, il y a une concentration des actifs interurbains dans la commune ville-centre, qui rassemble souvent plus de 10 % des interurbains de l'aire urbaine (commune en rouge sur la carte). C'est notamment le cas à Toulouse, Lyon, Bordeaux, Nantes, Dijon ou Caen. Dans les aires urbaines de taille moins importante, la répartition spatiale de ces actifs apparaît plus diffuse, de la commune ville-centre jusqu'aux communes périurbaines. Plusieurs communes rassemblent alors entre 1 % et 10 % des actifs interurbains propres à l'aire urbaine (commune en orange sur la carte).

Carte 4 Répartition spatiale des navetteurs interurbains en France et au sein des aires urbaines de résidence



Une lecture plus précise des lieux de travail et de résidence des actifs interurbains peut être menée à partir du découpage des communes des aires urbaines en trois groupes : celle de la commune ville-centre, celles des communes du pôle urbain (hors ville-centre), celles de la couronne périurbaines. Neuf types de liaisons sont donc possibles entre deux aires urbaines à partir de ce découpage interne. La Figure 12 propose une lecture de ces neuf liaisons théoriques, à l'appui d'une modélisation graphique (Brunet, 1980 ; Brunet, 1986 ; Djament-Tran, Grataloup, 2010).

Figure 12 Modélisation graphique des types de liaisons entre deux aires urbaines



Source : réalisation de l'auteur.

Le tableau suivant (Tableau 7) décrit la répartition de ces actifs suivant ce découpage. Les interurbains habitent aussi bien dans la ville-centre (33 %), dans le pôle urbain (38 %) et dans l'espace périurbain (29 %), ce qui représente une répartition très similaire à celle des actifs intraurbains des aires urbaines (34 % vivant dans les communes villes-centres, 37 % dans le pôle urbain et 29 % sans les communes périurbaines).

Tableau 7 Répartition des navetteurs interurbains selon leurs lieux de résidence et d'emploi

		Lieu de travail			Total
		Ville-centre	Pôle urbain	Périurbain	
Lieu de résidence	Ville-centre	20 %	9 %	4 %	33 %
	Pôle urbain	20 %	15 %	4 %	38 %
	Périurbain	18 %	8 %	3 %	29 %
	Total	57 %	32 %	11 %	100 %

Source : recensement 2010, fichier « Mobilité professionnelle », distance inférieure à 200 km ; calculs de l'auteur.

Ces résultats confirment ceux sur la grande mobilité liée au travail avec une diversité des lieux de résidence des actifs. En revanche, les chiffres sur la localisation du lieu d'emploi sont plus tranchés et montrent bien le caractère particulier des liaisons réalisées par les actifs interurbains : 57 % d'entre eux qui travaillent dans la ville-centre de l'aire urbaine d'emploi, alors qu'ils ne sont

que 49 % pour les actifs qui résident et travaillent dans la même aire urbaine. L'importance de la ville centre et du pôle urbain comme zone d'attraction des actifs est confirmée puisque 89 % des navetteurs y travaillent.

Les liens entre communes périurbaines ne concernent que peu d'actifs. Seulement 3 % des actifs interurbains travaillent et résident dans des communes périurbaines de deux aires urbaines distinctes. Ce chiffre confirme que la mobilité entre aires urbaines semble bien une pratique faisant le lien entre deux périmètres fonctionnels disjoints par le découpage en aire urbaine. En effet, les actifs résident et travaillent en majorité dans le pôle urbain de l'aire urbaine, donc dans la zone agglomérée.

3.4.2. Quatre profils types à partir des liaisons des navetteurs interurbains

Ces éléments de localisation enrichissent la définition d'un actif interurbain. Ce dernier étant défini par un déplacement d'une aire urbaine vers une autre, indépendamment de sa localisation résidentielle ou de son lieu de travail. Or, les caractéristiques des actifs et leurs comportements de mobilité peuvent être différents suivant ces deux localisations. Réaliser un déplacement d'une ville-centre vers une autre n'est pas la même chose qu'effectuer une liaison entre les espaces périurbains de deux aires urbaines distinctes. Le premier fait davantage référence aux pratiques de déplacement étudiées par la littérature sur les déplacements interurbains alors que le second se rapproche sans doute des pratiques de mobilité domicile-travail observables dans les espaces ruraux.

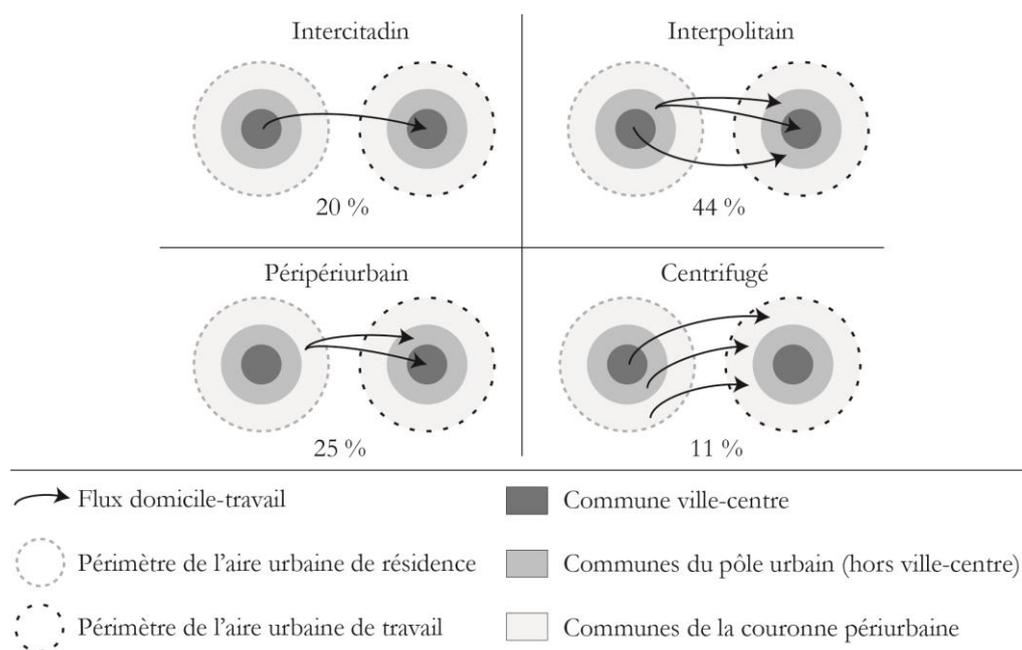
À partir de ce constat, nous proposons un découpage des actifs interurbains en quatre groupes, en fonction du type de liaison réalisée entre les aires urbaines (Figure 13). Ce découpage a deux objectifs : (i) quantifier la place prise par les actifs qui se déplacent entre les communes villes-centres de deux aires urbaines, c'est-à-dire les cas de figure qui se rapprochent le plus de la littérature sur les navetteurs interurbains ; (ii) nous servir de fil conducteur à l'analyse spatiale de la mobilité interurbaine en étudiant pour ces quatre groupes la variabilité de leur profil, leur mobilité, leurs émissions de CO₂ et leur potentiel de réduction de ces émissions.

Pour cette sous-partie, nous répondrons au premier objectif : les déplacements interurbains entre deux communes villes-centres sont-ils majoritaires ? Il s'agit également de proposer une lecture des autres types de profils identifiables à partir des différents lieux de résidence et de travail de ces actifs (ville-centre, pôle urbain, périurbain).

À partir des traitements effectués sur les types de liaisons réalisées, quatre profils ont donc été identifiés :

- « Intercitadins » : ils désignent les actifs qui travaillent et résident dans les communes villes-centres de deux aires urbaines. C'est le profil principalement rencontré dans la littérature.
- « Interpolitains » : ils réalisent des liaisons entre les pôles urbains et les villes-centres de deux aires urbaines distinctes (hors celle réalisée par les intercitadins).
- « Périurbains » : ils réunissent les actifs qui vivent dans les communes périurbaines d'une aire urbaine, mais qui travaillent dans le pôle urbain ou la commune ville-centre d'une autre. Leurs déplacements ressemblent donc à ceux des périurbains classiques, sauf que ces individus se déplacent vers le pôle urbain et la ville-centre d'une autre aire urbaine.
- « Centrifugés » : les individus de ce groupe ont une caractéristique commune, ils travaillent dans une commune périurbaine d'une aire urbaine qui n'est pas rattachée à l'aire urbaine de leur lieu de résidence.

Figure 13 Modélisation graphique et poids des quatre profils d'actifs interurbains en France



Source : réalisation de l'auteur.

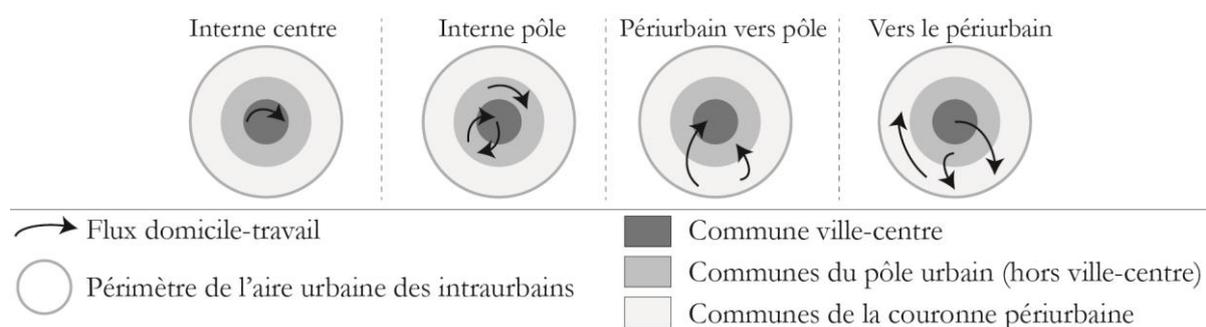
Avant de rentrer dans les détails de ces profils, nous constatons que ces groupes ne rassemblent pas le même nombre d'actifs. Les « intercitadins », qui se déplacent entre deux communes villes-centres et qui sont principalement étudiés par la littérature scientifique ne rassemblent que 20 % des actifs interurbains (environ 250 000 personnes). La mobilité interurbaine étudiée par cette littérature ne se concentre donc que sur un cinquième des actifs si l'on considère l'ensemble des

déplacements entre aires urbaines. Ceux qui se déplacent entre pôles urbains (« interpolitains ») sont les plus nombreux, environ 570 000 personnes (soit 44 %). Les « périurbains », avec 330 000 actifs, comptent pour 25 % des actifs interurbains, alors que les « centrifugés », qui travaillent dans les communes périurbaines, sont les moins nombreux avec 11 % des actifs, soit environ 150 000 personnes.

3.4.3. Caractéristiques des quatre profils d'actifs interurbains

Le tableau comparatif des caractéristiques individuelles des quatre profils de navetteurs interurbains permet d'identifier les variables sur lesquelles le profil constitue un élément de différenciation important (Tableau 8). Ce tableau permet également de comparer les interurbains aux actifs qui travaillent et résident dans la même aire urbaine ayant des profils comparables en terme de localisation de l'emploi et de logement (Figure 14).

Figure 14 Modélisation graphique des quatre profils d'actifs intraurbains en France



Le genre et la classe d'âge sont les variables qui semblent les moins variées en fonction des quatre catégories d'interurbains même si toutefois, pour le groupe des « périurbains », la part des moins de 30 ans semble sous-représentée par rapport aux autres. Le lien avec le cycle résidentiel des individus, où nous retrouvons généralement dans les espaces périurbains des ménages en emplois qui ne sont souvent pas confrontés à la recherche d'un premier emploi, peut être une hypothèse de cette différence entre les groupes (Berger, 2004). En effet, c'est également dans ce groupe qu'est observée une légère surreprésentation des actifs en CDI (82 %).

Tableau 8 Comparatif des caractéristiques des quatre profils d'actifs interurbains et d'actifs intraurbains

	Actifs interurbains					Actifs intraurbains			
	Ensemble des interurbains	« Intercitadins »	« Interpolitains »	« Périurbain »	« Centrifugé »	Interne centre	Interne pôle	Périurbain vers pôle	Vers le périurbain
Hommes	61 %	58 %	62 %	59 %	64 %	48 %	51 %	51 %	54 %
Actifs de moins de 30 ans	38 %	43 %	37 %	34 %	39 %	36 %	32 %	29 %	30 %
Cadres	20 %	26 %	20 %	19 %	13 %	17 %	15 %	14 %	9 %
Diplômés du supérieur	42 %	51 %	42 %	41 %	32 %	38 %	35 %	35 %	25 %
Propriétaires	64 %	49 %	64 %	78 %	61 %	42 %	59 %	80 %	68 %
Actifs en CDI	80 %	76 %	82 %	82 %	78 %	72 %	77 %	85 %	67 %
Distance moyenne D-T*	37 km	45 km	35 km	37 km	33 km	3 km	9 km	16 km	13 km
Part modale de la voiture	88 %	77 %	88 %	93 %	93 %	55 %	77 %	94 %	76 %
Ménages bimotorisés	64 %	50 %	64 %	77 %	64 %	36 %	56 %	77 %	63 %
Nombre d'actifs	1 300 895	257 450	573 034	328 257	142 155	3 549 291	5 339 878	2 099 347	2 043 986

*D-T : Domicile-travail

Source : recensement 2010, fichier « Mobilité professionnelle », distance inférieure à 200 km ; calculs de l'auteur.

Les intercitadins vs les centrifugés

Le pourcentage de cadre et de diplômé de l'enseignement supérieur varie en fonction des groupes par rapport à la moyenne des navetteurs interurbains. D'un côté, les « intercitadins » : 26 % des actifs sont cadres et 51 % disposent d'un diplôme de l'enseignement supérieur. D'un autre côté, les « centrifugés », qui travaillent tous dans une commune périurbaine, la proportion d'actifs cadres n'est que de 13 % alors que les ouvriers, majoritaires, représentent 37 % des actifs. La proportion d'individus diplômés de l'enseignement supérieur est ici relativement faible par rapport aux autres groupes, avec 13 % des actifs concernés. Cette différence semble liée au lieu de travail des deux groupes. Dans le premier cas, les actifs travaillent dans une commune ville-centre d'une aire urbaine alors que dans le second, ils ont leur emploi dans une commune d'un espace périurbain. Les types d'emploi proposés dans ces différents espaces semblent donc différents, avec davantage d'emploi cadre dans le centre des aires urbaines et beaucoup plus d'emplois de type ouvrier dans les espaces périphériques. Ces résultats font notamment écho au travail de thèse de Sandrine Wenglenski (2003) portant sur l'étude des localisations et du marché de l'emploi à l'intérieur des aires urbaines et des différences quantitatives et qualitatives en fonction des différentes professions et catégories sociales.

Pour les deux autres groupes, les « interpolitains » et les « périurbains », les résultats sur ces deux variables sont assez identiques et correspondent aux résultats observés pour l'ensemble des navetteurs interurbains.

Les intercitadins vs les périurbains

Une autre différence est observable entre deux groupes si l'on se concentre sur les caractéristiques du lieu de résidence et des pratiques de mobilités. Ici, ce sont les « intercitadins » et les « périurbains » qui ont des caractéristiques différentes. Les premiers, localisés au cœur de l'espace urbain, ont une part de propriétaires relativement faible en comparaison des seconds qui résident dans les espaces périurbains. 49 % des actifs « intercitadins » sont propriétaires, contre 78 % des « périurbains ». Cette différence est liée avec le lieu de résidence des actifs et renvoie à des résultats classiques sur le taux de propriétaires en fonction des différents espaces de l'aire urbaine, avec des taux beaucoup plus importants dans les espaces périurbains comme le montrent Anne-Marie Chantrel et Dominique Lach (2009). Pour les « périurbains », la part de ménages bimotorisés est de 77 % alors que pour les « intercitadins » cette proportion est de 50 %. Les « périurbains » sont 93 % à se déplacer en automobile alors que les « intercitadins » sont 77 %.

Pour les « centrifugés » cette place importante de l'automobile dans les pratiques de déplacements est également importante : 93 % des actifs l'utilisent. Les « interpolitains » se placent entre ces deux extrêmes avec une part modale de la voiture qui est également importante : 88 %. Ces résultats sont également similaires à ceux de la littérature sur les différents usages de la voiture en fonction des différents espaces de résidences et un usage plus important de l'automobile par les actifs des périphéries urbaines (Berger, 2004 ; Sajous, 2004). Les « intercitadins » se différencient légèrement, avec un usage moins important de la voiture tout en se déplaçant sur des distances plus importantes par rapport aux autres profils d'actifs. En effet, les actifs de ce groupe parcourent en moyenne 45 kilomètres pour se rendre sur leur lieu de travail, contre autour de 35 kilomètres pour les autres actifs.

Les profils d'interurbains vs les profils d'intraurbains

Les comparaisons avec les profils d'actifs intraurbains sont également intéressantes. Elles montrent notamment que les « intercitadins » ont un profil très différent des actifs intraurbains qui vivent et travaillent dans la ville-centre d'une même aire urbaine. Les premiers, par rapport aux seconds sont plus jeunes et plus diplômés, mais surtout ils se déplacent beaucoup plus en voiture et sont davantage motorisés. En revanche, les caractéristiques des « périurbains » et des périurbains intraurbains, qui travaillent dans le pôle urbain de l'aire urbaine où ils résident, sont beaucoup plus similaires, notamment concernant la part de propriétaire, le taux d'actifs en CDI, le taux de motorisation et la part modale de la voiture.

Les « intercitadins » sont ceux qui correspondent le plus à l'image de l'actif interurbain observé dans la littérature scientifique même si nos résultats, en particulier sur l'importance de la voiture dans leur pratique de déplacement, apparaissent moins identifiés. Les autres profils, qui regroupent les quatre cinquièmes des navetteurs interurbains en France, proposent plusieurs images des navetteurs interurbains qui aujourd'hui sont assez peu étudiés alors qu'ils constituent la majorité des navetteurs interurbains. Une plus grande diversité des professions et catégories sociales, des types de liaisons et de modes de transport utilisés sont observés. Certaines variables en revanche semblent assez communes à tous ces actifs comme la part importante des hommes, la proportion d'actifs qui ont moins de 30 ans ou l'importante relative du nombre d'actifs en CDI et propriétaires de leur logement (sauf pour les « intercitadins »). Ces statistiques descriptives ne permettent toutefois pas d'apporter des éléments de réponses sur les facteurs explicatifs de cette forme particulière de mobilité. Dans la dernière sous-partie de ce deuxième chapitre, un travail

d'analyse statistique permettra d'inverser la focale d'étude en mesurant l'influence que peuvent avoir certaines variables sur la probabilité d'être un navetteur interurbain.

3.5. Exercice de modélisation des facteurs explicatifs de mobilité interurbaine

La première partie de ce chapitre a permis de souligner l'importance de certaines caractéristiques individuelles des actifs interurbains. Elle a également montré que plusieurs facteurs, notamment le type d'emploi, semblent ressortir comme des variables explicatives de cette forme de mobilité. L'enjeu de cette dernière sous-partie est d'analyser les éléments explicatifs de la mobilité entre aires urbaines à l'échelle nationale à partir des données du recensement. Une régression logistique a été effectuée afin de déterminer dans quelle mesure ces variables influencent le fait d'être un actif interurbain. L'analyse statistique est menée afin d'expliquer, à l'échelle individuelle, la variable binaire « travailler dans une aire urbaine différente de son aire urbaine de résidence ». La population retenue est l'ensemble des actifs qui habitent et travaillent dans une aire urbaine grande ou moyenne (avec un pôle urbain contenant plus de 5 000 emplois) dont la distance domicile-travail à vol d'oiseau est inférieure à 200 kilomètres, sans prise en compte des navetteurs interurbains vivant ou travaillant dans l'aire urbaine de Paris. Cette population rassemble 14,3 millions d'actifs, dont 1,3 million de navetteurs interurbains.

La démarche et les variables testées seront d'abord présentées (section 3.5.1). Puis les résultats de cette régression fourniront des éléments de réponses pour l'ensemble des interurbains sur les motifs pouvant conduire à cette forme de mobilité (section 3.5.2).

3.5.1. Choix des variables modélisées

Quelles sont les variables qui influencent le fait d'être un actif interurbain par rapport aux actifs intraurbains ? Plusieurs variables sont mobilisées pour répondre à cette question. La régression sera effectuée sur un ensemble de 17 variables (Tableau 9) individuelles et géographiques disponibles dans les fichiers du recensement et du zonage en aires urbaines. Le choix de ces variables repose sur plusieurs hypothèses :

- Un premier groupe de variables mesure l'importance des caractéristiques individuelles. Il permet de comprendre si des actifs possédant certaines caractéristiques ont plus de chance ou non d'être actif interurbain. Un homme, jeune, cadre diplômé de l'enseignement supérieur a-t-il plus de chance de se déplacer entre deux aires urbaines qu'une femme ouvrière et non diplômée ?

- Un deuxième ensemble de variables établira l'importance du statut d'occupation du logement, de la condition d'emploi (en contrat à durée déterminée ou non) ou encore du profil familial. Ce groupe de variables propose une forme d'évaluation de l'ancrage au lieu de résidence.

- Un troisième type de variables tend à mesurer l'importance des facteurs géographiques qui peuvent expliquer la plus ou moins grande probabilité de réaliser ce type de déplacement. Parmi ces variables, la superficie de l'aire urbaine de résidence servira de variable de contrôle de la régression avec le présupposé suivant : plus la superficie d'une aire urbaine est importante, moins un actif a de chance d'être interurbain, alors que, plus la superficie de l'aire urbaine est petite, plus les actifs ont une probabilité forte d'être interurbain (car ces actifs doivent parcourir une distance moins importante pour sortir du périmètre de l'aire urbaine).

- Deux dernières variables tenteront de mesurer l'importance du critère économique dans cette probabilité de faire un déplacement entre deux aires urbaines pour les raisons liées à l'emploi : d'une part la mesure du taux de chômage dans l'aire urbaine de résidence qui peut avoir un effet « repoussoir » des actifs qui les conduit à trouver un travail en dehors de cette aire urbaine ; d'autre part, l'évolution des emplois au lieu de travail entre 2006 et 2011 mesurée dans l'aire urbaine de travail qui peut ici agir comme « attracteur » des actifs dans le cas où cette évolution est positive et importante.

D'autres variables qui ressortent de la littérature des études qualitatives comme éléments explicatifs de la mobilité interurbaine, difficiles à prendre en compte à l'échelle nationale, ne seront pas mesurées dans ce travail. Parmi ces variables, nous pouvons en évoquer trois qui ressortent de la littérature : les prix immobiliers, la qualité de vie associée au lieu résidence et le cercle social de connaissances. Les prix immobiliers de certaines communes centrales des aires urbaines peuvent conduire les individus à préférer vivre dans une autre aire urbaine où les prix immobiliers sont moins importants et réinvestir une partie de ce coût immobilier moins important dans des temps et des coûts de déplacements *a priori* plus importants qu'une localisation à proximité de leur lieu d'emploi. La base de données disponible à l'échelle de notre étude n'étant pas disponible, cette variable n'a pas pu être intégrée à l'analyse statistique. Le réseau d'amis ou la proximité familiale ainsi que la mesure d'une qualité de vie sont des apports importants fournis par les recherches qualitatives, mais difficilement mobilisables pour un travail quantitatif à l'échelle nationale. Ces variables ayant un pouvoir explicatif *a priori* non négligeable d'après ces enquêtes sociologiques ne seront donc pas mesurées dans la suite de travail. Par manque d'information dans les bases de données utilisées, d'autres variables ne seront également pas prises en compte : les contraintes de la biactivité au sein du ménage, notamment la

localisation du lieu d'emploi du conjoint et la pratique de la birésidentialité ou du télétravail comme alternatives possibles aux déplacements quotidiens de longues distances.

Pour chaque variable, la modalité comptant le plus d'individus parmi l'ensemble des actifs des aires urbaines grandes et moyennes a été retenue comme modalité de référence. Celle-ci est indiquée entre parenthèses dans le tableau des résultats, avec par exemple les personnes entre 30 et 40 ans pour la variable de l'âge. Pour chaque modalité de l'ensemble des variables explicatives retenues, quatre paramètres sont donnés :

- le résultat du coefficient de la régression (valeur et signe). Les coefficients sont à comparer avec le résultat de la modalité de référence pour chaque variable. Si le signe est positif, la modalité prise par la variable joue positivement dans la probabilité de faire un déplacement entre deux aires urbaines, et inversement si le signe est négatif.

- le degré de significativité du coefficient donné par la régression. Il permet de mesurer pour chaque modalité si le coefficient est significatif suivant différents degrés.

- l'effet marginal ou la probabilité d'effectuer un déplacement interurbain toute chose égale par ailleurs. Cette colonne indique la probabilité de réaliser un déplacement pour chaque modalité, toute chose égale par ailleurs.

- l'écart à la probabilité de la modalité de référence. Cette dernière colonne permet de comprendre dans quelle mesure, pour chaque modalité, l'écart à la situation de référence (qui correspond à toutes les modalités entre parenthèses dans le tableau) est important ou non, et s'il est négatif ou positif.

Afin de comparer les données issues du recensement avec les résultats des travaux qualitatifs, de nombreuses variables ont été retenues. Ce choix conduit de fait à un nombre important de corrélations entre variables explicatives. Nous resterons donc prudents lors de nos comparaisons entre certaines d'entre elles. Les corrélations possibles sont présentées en annexe (Annexe 6) classées par ordre décroissant de degré de corrélation (V de Cramer). Le Tableau 9 synthétise les résultats de cette régression qui a été menée à l'échelle de la France entière, hors aire urbaine de Paris.

Tableau 9 Résultats de la régression logistique : être ou ne pas être actif interurbain (hors Paris)

Variabes (entre parenthèses, la modalité de référence)	Coefficient	Probabilité (%)	Écart à la référence (%)
Âge (Entre 30 et 40 ans)			
Moins de 20 ans	0,1286 ***	2,90	0,34
Entre 20 et 30 ans	0,1269 ***	2,89	0,34
Entre 40 et 50 ans	-0,146 ***	2,22	-0,34
Plus de 50 ans	-0,2663 ***	1,97	-0,59
Catégorie socioprofessionnelle (Employé)			
Agriculteur	-0,3669 ***	1,79	-0,77
Artisans, commerçant	0,4506 ***	3,96	1,40
Cadre	0,6301 ***	4,70	2,14
Profession intermédiaire	0,3962 ***	3,75	1,20
Ouvrier	0,158 ***	2,98	0,42
Niveau d'étude (Diplôme du supérieur)			
Brevet des collèges	-0,4916 ***	1,58	-0,98
CAP/BEP	-0,4082 ***	1,71	-0,84
Baccalauréat	-0,2136 ***	2,08	-0,48
Secteur d'activité (Commerce)			
Agriculture	-0,4579 ***	1,63	-0,92
Industrie	0,0271 ***	2,63	0,07
Construction	0,0419 ***	2,66	0,11
Administration, enseignement	-0,1851 ***	2,13	-0,42
Genre (Homme)			
Femme	-0,3562 ***	1,80	-0,75
Statut d'occupation du logement (Propriétaire)			
Locataire	0,00625 °	2,57	0,02
Autre	-0,2842 ***	1,94	-0,62
Temps de travail (Temps complet)			
Temps partiel	-0,1656 ***	2,18	-0,38
Type de logement (Maison)			
Appartement	-0,162 ***	2,18	-0,37
Autres (foyer, chambre d'hôtel, pièce)	-0,1287 ***	2,26	-0,30
Type de ménage (Famille couple biactif)			
Personne seule	-0,0459 ***	2,45	-0,11
Famille monoparentale	0,00182	2,56	0,00
Famille couple monoactif	0,0248 ***	2,62	0,06
Autres	0,0789 ***	2,76	0,20
Nombre de personnes scolarisées (aucune)			
Une	-0,0281 ***	2,49	-0,07
Deux ou plus	-0,0966 ***	2,33	-0,23
Condition d'emploi (Contrat à durée indéterminée)			
Contrat à durée déterminée	0,1247 ***	2,89	0,33
Non-salarié (indépendant et employeurs)	-1,0253 ***	0,93	-1,62
Nombre de voitures (Deux ou plus)			
Aucune	-0,5709 ***	1,46	-1,10
Une	-0,1959 ***	2,11	-0,45
Constante	-3,6403***	2,557	

Suite du **Tableau 9** Résultats de la régression logistique : être ou ne pas être actif interurbain (hors Paris)

Variab (entre parenthèses, la modalité de référence)	Coefficient	Probabilité (%)	Écart à la référence (%)
Population l'AU de résidence (Plus de 500 000 habitants)			
Moins de 50 000 habitants	0,3222 ***	3,50	0,94
Entre 50 000 et 200 000 habitants	-0,0439 ***	2,45	-0,11
Entre 200 000 et 500 000 habitants	0,2191 ***	3,16	0,61
Type de tissus de résidence (Pôle urbain)			
Ville-centre	-0,1804 ***	2,14	-0,41
Périurbain	0,0518 ***	2,69	0,13
Superficie de l'AU de résidence (Plus de 2 000 km ²)			
Moins de 500 km ²	1,8261 ***	14,01	11,46
Entre 500 km ² et 1 000 km ²	1,0764 ***	7,15	4,59
Entre 1 000 km ² et 2 000 km ²	0,6886 ***	4,97	2,41
Taux de chômage dans l'AU de résidence	0,0643 ***	2,72	0,17
Évolution de l'emploi au lieu de travail de l'AU de travail	0,0168 ***	2,60	0,04
Constante	-3,6403***	2,557	

*** significatif à 0,0001 ; ** significatif à 0,001 ; * significatif à 0,01 ; ° significatif à 0,1 ; sinon significativité inférieure.

Pourcentage de prédiction concordante : 74,3 % ; c = 0,748 ; N = 14 333 397 actifs ;

Note : La situation de référence correspond aux modalités entre parenthèses.

Lecture : Pour les individus correspondant à la situation de référence, la probabilité d'effectuer des déplacements interurbains domicile-travail est de 2,56 %. Les valeurs exprimées dans la colonne « écart à la référence » correspondent aux écarts par rapport à la modalité de référence. Ainsi, pour les cadres, la probabilité modélisée vaut 4,70 %, et l'écart par rapport aux employés vaut, toutes choses égales par ailleurs, 4,70-2,56= 2,14 %.

Source : recensement population 2010, « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

Cette régression nous permet de montrer qu'un profil sociodémographique général se dégage, assez proche de la littérature sur les grands mobiles (section 3.5.2).

3.5.2. Les cadres motorisés ont plus de chance d'être actif interurbain

Les résultats de la régression logistique permettent de confirmer les résultats des tableaux de statistiques descriptives de la sous-partie précédente sur un nombre important de variables, tout en apportant des précisions sur les différences modalités. Le Tableau 9 apporte également des éléments sur la valeur d'explication qu'apporte chaque variable indépendamment des modalités des autres variables. Au niveau individuel, la catégorie socioprofessionnelle semble la variable qui influence le plus la probabilité de réaliser un déplacement entre aires urbaines pour une raison liée à l'emploi. Par rapport aux employés, qui sont la modalité de référence, les cadres ont une probabilité d'être interurbain qui est supérieure de 2,1 points, les artisans-commerçants 1,4 point et les professions intermédiaires 1,2 point. Nous retrouvons dans ce résultat la surreprésentation des cadres parmi les actifs dans la probabilité d'effectuer des déplacements interurbains,

notamment par rapport aux ouvriers et aux employés. En lien avec la PCS, le niveau d'étude joue également : moins les actifs sont diplômés, moins ils ont de chance d'être interurbains. Les écarts à la probabilité de référence sont respectivement de -0,98 % pour les détenteurs du brevet, de -0,84 % pour ceux qui ont un CAP/BEP et de -0,48 % pour les bacheliers. La régression confirme également, en accord avec la littérature sur les grands mobiles, la chance moins forte d'être actif interurbain lorsqu'on est une femme (-0,75 %). La lecture des modalités des catégories d'âge renforce pareillement les résultats d'études statistiques précédentes : plus on est jeune (ici, moins de 30 ans), plus la probabilité de faire un déplacement interurbain est importante (Öhman, Lindgren ; 2003 ; De Silva *et al.* 2011). La possession de deux véhicules est aussi un élément important de cette probabilité : l'écart à la modalité de référence est de -1,10 % pour les ménages sans automobile et de -0,45 % pour ceux avec un seul véhicule.

Concernant l'ancrage local, mesuré à partir des variables telles que le statut d'occupation du logement, du temps de travail, de la condition d'emploi, du type de ménage ou du nombre de personnes scolarisées au sein du ménage, seules deux variables présentes des résultats significatifs. En effet, les propriétaires et les actifs en contrat à durée indéterminée ont une probabilité plus forte d'être des navetteurs interurbains par rapport aux locataires et aux personnes non salariées ou en contrat à durée déterminée. En revanche, le fait d'appartenir à un ménage biactif, où la mobilité interurbaine peut être un compromis au sein du ménage afin de permettre aux deux actifs de se localiser entre les deux lieux d'emplois (Meissonnier, 2001), ne ressort pas comme significatif. De même, le nombre d'enfants scolarisés peut avoir un effet de maintien des actifs à proximité du lieu d'étude comme le montrent certains travaux (Vignal, 2006 ; Viry *et al.*, 2009 ; Sandow, Westin, 2010 ; Vincent-Geslin, Joly, 2012). Nos résultats montrent que l'impact sur la probabilité d'être un actif interurbain semble ici assez faible et rejoint un résultat dans une étude sur les grands mobiles au Royaume-Uni réalisée par Joyce M. Dargay et Stephen Clark (2012).

Pour les facteurs géographiques, la variable de la superficie de l'aire urbaine de résidence joue pleinement son rôle de contrôle du modèle avec des probabilités associées très différentes, significatives et importantes entre les différentes modalités. Notre hypothèse selon laquelle plus une aire urbaine a une superficie restreinte, plus la probabilité de faire un déplacement entre deux aires urbaines est importante est confirmée. Les autres variables géographiques semblent avoir une faible influence sur la probabilité mesurée, notamment pour le type de tissu de résidence, où les actifs ont une probabilité assez équivalente de réaliser des déplacements interurbains indépendamment de leur localisation résidentielle (ville-centre, pôle urbain ou périurbain). Pour la

taille de l'aire urbaine en termes de population, la probabilité n'est pas linéaire entre les différentes modalités. On ne peut pas conclure sur l'effet de cette taille sur la probabilité mesurée même si elle semble plus forte pour les plus petites et les plus grandes aires urbaines.

Les deux dernières variables présentées dans le tableau de résultats que sont le taux de chômage dans l'aire urbaine de résidence des actifs, recensés en 2011, et l'évolution de l'emploi dans l'aire au lieu de travail, mesurée entre 2006 et 2011 pour cette dernière, ne semblent pas jouer fortement sur la probabilité de réaliser un déplacement interurbain. Toutefois, ces deux variables ont un effet dans le sens attendu : plus le taux de chômage dans l'aire urbaine de résidence est important, plus la probabilité d'être un actif interurbain augmente tout comme le fait que plus le nombre d'emplois dans l'aire urbaine de travail augmente, plus cette probabilité augmente également. En comparant les écarts à la situation de référence de ces deux variables (0,04 % pour l'évolution de l'emploi et 0,14 % pour le taux de chômage), il semblerait que ce soit le taux de chômage localement, dans l'aire urbaine de résidence, qui ait l'influence la plus importante sur la probabilité calculée. Même si le coefficient calculé est assez faible, ce résultat va dans le sens de ceux de la recherche d'Emmanuel Ravalet *et al.* (2014) qui ont notamment montré l'influence de la montée du taux de chômage sur la probabilité d'être un grand mobile, en particulier en Espagne.

L'analyse des variables pouvant expliquer le fait d'être interurbain menée pour l'ensemble des résidents des aires urbaines a également été menée pour chaque profil interurbain. Pour chaque régression, les interurbains sont donc comparés aux actifs intraurbains au profil de déplacement similaire. Les résultats de ces quatre régressions sont présentés en annexe (Annexe 7).

Le sens des variables pour les quatre profils est très semblable aux résultats précédents tels que pour l'âge ou le niveau de diplôme. Quelques différences ressortent sur la profession et catégorie sociale des actifs, notamment celles des « intercitadins » pour qui le fait d'être cadre ressort beaucoup plus que pour les autres profils. Les « intercitadins » qui possèdent deux véhicules ou plus ont également une probabilité plus importante de se déplacer entre deux aires urbaines que ceux qui travaillent et vivent dans la ville-centre d'une même aire urbaine. Ces derniers se déplacent beaucoup plus en transports collectifs et à pied et vivent dans des ménages où le taux de motorisation est moins élevé. À l'inverse, pour les interurbains « périurbains », la possession de véhicule ne semble pas être un marqueur important de cette probabilité. En effet, les actifs qui vivent dans ces espaces et travaillent dans la même aire urbaine sont des actifs qui sont pour beaucoup dans des ménages bimotorisés. Les interurbains et les intraurbains vivant dans les espaces périurbains et travaillant dans un pôle urbain (soit celui de l'aire urbaine de

résidence ou un autre) présentent donc des caractéristiques très proches sur ce point. Les « périurbains » semblent également être une catégorie se distinguant des trois autres par rapport aux lieux de résidence de ces actifs. Toute chose égale par ailleurs, les « périurbains » ont une probabilité plus forte d'être interurbains quand ils vivent dans des aires urbaines dont la population est supérieure à 500 000 habitants et beaucoup moins dans des aires urbaines plus petites, alors que pour les trois autres profils, nous observons l'inverse.

Conclusion du chapitre 2

Derrière le terme d'« actif sortant » se cache une diversité de pratiques de mobilité : des individus travaillant dans les espaces ruraux aux navetteurs TAGV se rendant à Paris jusqu'aux profils variés des navetteurs interurbains. En forte évolution depuis une trentaine d'années, les individus qui réalisent ces déplacements domicile-travail « sortants » de leur aire urbaine de résidence représentent aujourd'hui plus de 12 % des actifs, soit plus de 2 millions de personnes. Parmi ces 12 %, les deux tiers sont des navetteurs interurbains : ils se déplacent d'une aire urbaine vers une autre. La diversité des situations rencontrées pour ces individus est aujourd'hui loin d'être prise en compte dans les travaux analysant les déplacements interurbains. Nos résultats ont montré que le profil des navetteurs interurbains est plus divers et que l'image du navetteur à destination de Paris ne rassemble qu'un peu plus de 10 % de l'ensemble des navetteurs interurbains en France. Le profil général du navetteur interurbain à l'échelle nationale correspond, certes à des individus jeunes, masculins et diplômés de l'enseignement supérieur, mais également à des individus dont les caractéristiques individuelles et géographiques sont plus variées que celles parfois présentées dans les recherches sur les grands mobiles ou les interurbains. Une plus grande diversité en termes de professions et catégories socioprofessionnelles et d'espace de résidence et de travail (de la commune ville-centre aux communes périurbaines) ressort de nos analyses. Certes, les cadres sont surreprésentés parmi les navetteurs interurbains, mais ils restent minoritaires en dehors des liaisons vers Paris. Les autres catégories participent à cette forme de mobilité, tout comme les habitants des communes périurbaines ou des communes du pôle urbain (hors commune ville-centre) qui se déplacent également vers le centre (le pôle urbain) de l'aire urbaine de travail. En effet, les différents profils d'actifs, proposés à partir des différentes liaisons entre les types de communes, éclairent également sur les multiples situations qui se cachent derrière l'appellation d'actif interurbain. Nos résultats, établis à partir du recensement de la population, attestent de la diversité des cas de figure rencontrés. Les relations entre deux communes villes-centres

(effectuées par les « intercidatins »), consacrées dans la littérature, ne sont pas le seul exemple rencontré, représentent seulement un cinquième des types de liaisons. D'autres formes de déplacements sont présentes, notamment les déplacements entre les pôles urbains (en dehors des liaisons effectuées par les « intercidatins ») et ceux au départ des espaces périurbains vers le pôle urbain, qui rassemblent une majorité des navetteurs interurbains.

Les résultats de la régression logistique visant à comprendre les variables explicatives de ce type de mobilité montrent que la catégorie sociale, le niveau d'étude et le genre influencent significativement la probabilité de réaliser un déplacement entre deux aires urbaines. Très présents dans la littérature sur les modes de vie, les variables mesurant une forme d'attachement au lieu de résidence ainsi que le type de ménage semblent être des éléments importants de la construction du mode de vie des grands pendulaires interurbains, tout comme la présence au sein du ménage d'enfants scolarisés, mais ne ressortent pas de notre analyse.

Un dernier résultat fort de ce chapitre concerne les pratiques de mobilités de ces actifs. L'usage important de l'automobile parmi ces navetteurs interurbains et les distances parcourues par ces actifs apportent des résultats complémentaires intéressants à la littérature sur la grande mobilité liée au travail et aux monographies sociologiques sur les trajets interurbains. La voiture particulière, utilisée par 88 % des interurbains, sur une distance moyenne de 37 kilomètres, est le mode de transport dominant, quels que soient les profils d'actifs. Les distances parcourues sont en moyenne plus longues que celles des actifs intraurbains, bien que plus faibles que celles étudiées par les travaux sur la grande mobilité liée au travail. Les actifs interurbains qui parcourent plus de 100 km sont rares.

Même si peu d'actifs sont concernés par cette mobilité entre aires urbaines (9 %), l'usage important de la voiture sur de grandes distances suggère des conséquences loin d'être négligeables sur les émissions de CO₂. Or ces émissions constituent un enjeu pour les déplacements domicile-travail des actifs pour ces conséquences sur le changement climatique. Les résultats présentés dans ce chapitre sur les pratiques de mobilité des interurbains nous incitent à creuser cette question. À quelle hauteur les actifs interurbains contribuent-ils aux émissions de GES liés à la mobilité pendulaire en France ? La réponse à cette question constitue l'enjeu du prochain chapitre dans lequel seront présentées la méthode de calcul originale de ces émissions de CO₂ développée pour cette thèse, ainsi qu'une quantification de ces émissions à l'échelle nationale.

Chapitre 3

Quantification du volume des émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail des actifs interurbains des aires urbaines grandes et moyennes en France

Introduction du chapitre 3

Les caractéristiques individuelles des navetteurs interurbains rendent compte d'une variété de profils pour lesquels l'usage de l'automobile est largement majoritaire. Or, depuis le début des années 1990, l'usage extensif de la voiture pour les déplacements quotidiens est remis en question notamment en raison de sa participation aux émissions de CO₂. L'objectif de ce chapitre est de calculer la contribution des navettes interurbaines au volume des émissions de CO₂ de l'ensemble des déplacements domicile-travail des actifs résidant dans les aires urbaines grandes et moyennes de France continentale (hors Paris). Cette quantification vise à positionner les actifs interurbains dans le débat sur les « responsables » des émissions de GES et les mesures possibles pour les réduire. Nous faisons l'hypothèse que le poids de ces actifs dans les émissions de GES est relativement important au regard de leur proportion dans la population active. Deux éléments soutiennent cette idée. 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, sa part modale atteint 88 % pour les déplacements domicile-travail des actifs entre deux aires urbaines (Tableau 10).

Tableau 10 Caractéristiques des déplacements domicile-travail des résidents des aires urbaines grandes et moyennes en France

	Part d'actif	Part des distances	Part modale de la voiture	Distance moyenne⁵⁸	Distance médiane
Intraurbains	91 %	64 %	74 %	7 km	4 km
Interurbains	9 %	36 %	88 %	37 km	28 km

Source : recensement de la population 2010, « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

⁵⁸ Distance à vol d'oiseau pour les trajets intercommunaux. Pour les trajets intracommunaux, la formule suivante est appliquée : Distance = 0,44 + 0,58 * rayon de la commune (section 1.3.2).

Même si ces actifs interurbains ne représentent que 9 % de la population active des aires urbaines grandes et moyennes françaises, leur usage plus intensif de l'automobile pour leurs déplacements pendulaires rend plausible l'hypothèse d'un niveau d'émissions notable (proportionnellement plus important que 9 %).

Le second élément qui tend à appuyer cette hypothèse est celui de leur part significative dans le total des kilomètres parcourus des déplacements domicile-travail. Les distances moyennes des navettes domicile-travail des actifs interurbains sont plus importantes que celles des actifs intraurbains : 37 km pour les premiers (et une distance médiane de 28 km), contre 7 km pour les seconds (et 4 km pour la distance médiane). Avec une distance moyenne 5 fois plus élevée et une distance médiane 7 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).

Pour établir le poids des navettes interurbaines dans le bilan des émissions de CO₂, une méthode originale a été développée à partir des données de mobilité du recensement. Celle-ci va nous permettre d'estimer les émissions de CO₂ des actifs en France, mais également de mieux décrire les déplacements interurbains et notamment les facteurs explicatifs du choix modal tel que le temps et le coût de déplacement (chapitres 4 et 5). Plusieurs étapes ont été nécessaires afin de pouvoir proposer une mesure de ces émissions. Elles reposent sur la mobilisation et le croisement de plusieurs bases de données : le fichier Route 500 de l'IGN (2012), le fichier « Mobilité professionnelle » du recensement de la population de l'INSEE (2010) et une sélection de fichiers de la dernière Enquête Nationale Transports et Déplacements (2008).

L'enjeu de ce chapitre est donc double : sur le plan méthodologique, il vise à présenter l'infrastructure des données utilisées et la méthode de traitement développée afin d'enrichir les analyses sur les déplacements domicile-travail des actifs interurbains en France (section 1) ; sur le plan thématique, il vise à mettre en avant de nouveaux résultats concernant ces navettes, qui consistent notamment à quantifier dans quelle mesure les navetteurs interurbains contribuent aux émissions de CO₂ des déplacements domicile-travail des aires urbaines grandes en moyennes en France (section 2).

1. Comment mesurer les émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail des actifs ?

Dans cette première sous-partie sera présentée la démarche générale de la méthode originale développée dans le cadre de cette thèse afin de mesurer les émissions de CO₂ des déplacements pendulaires des actifs en France (section 1.1). Trois étapes ont été nécessaires :

- la modélisation d'un réseau de transport intermodal national (section 1.2) : il permet un calcul précis des distances parcourues par les actifs pour leurs déplacements domicile-travail suivant leur mode de transport, ainsi que l'affectation de facteur d'émissions en fonction des vitesses de déplacement pour le cas de l'automobile ;
- le calcul des émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail en fonction de différentes variables affectant ce calcul (la distance ou le mode de transport) (section 1.3) : en fonction des différents modes de transport et des multiples liaisons possibles, les facteurs d'émissions⁵⁹ ne sont pas identiques ;
- les fréquences hebdomadaires et quotidiennes de déplacement domicile-travail des actifs, rarement prises en considération dans les calculs des émissions, seront estimées pour les actifs présents dans le recensement à partir de la base de données de l'ENTD de 2008 (section 1.4).

1.1. Le calcul des émissions à partir du recensement

À partir d'un travail de modélisation des réseaux de transport routier et ferroviaire à l'échelle de la France continentale, nous avons pu estimer les vitesses de déplacement des actifs et les émissions de CO₂ issues de ces déplacements pour tous les actifs présents dans le recensement. Ces calculs ont été effectués entre les différentes communes françaises et s'appuient sur quatre bases de données principales :

- le fichier du recensement de la population de 2010, fourni par l'INSEE ;
- le fichier du Zonage en Aires Urbaines de 2010, réalisé à partir des données du recensement de 2008, également fourni par l'INSEE ;
- la base de données Route 500, développée par l'IGN, datée de 2012 ;
- les fichiers de l'ENTD de 2008, enquête issues de la coopération de nombreux acteurs : le Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM), le CGDD, le SOeS, l'INSEE et l'IFSTTAR.

⁵⁹ Le facteur d'émissions « est utilisé pour transformer une donnée d'activité physique en une quantité d'émissions de gaz à effet de serre ». Source : site de l'ADEME, http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-3_typologie-des-facteurs-d-emission.pdf, consulté le 15 septembre 2016.

À partir des fichiers du recensement de la population, nous ne connaissons que trois variables concernant le déplacement des actifs : leur commune de résidence, celle de travail et le mode de transport principal utilisé (en 5 modalités). Ces informations assez frustes limitent la mise en place d'un calcul satisfaisant permettant d'approcher avec précision les émissions de CO₂ générées. Plusieurs variables peuvent en effet influencer de manière importante le bilan total des émissions de gaz à effet de serre liées aux transports. À l'appui du recensement de la population, ces calculs ne peuvent être effectués qu'à partir de distances parcourues à vol d'oiseau sur lesquelles peuvent être appliquées des vitesses moyennes de parcours qui sont pourtant susceptibles d'être très variables d'une liaison à l'autre. De plus, des informations utiles au calcul des émissions sont absentes du recensement, notamment sur la fréquence de déplacement des actifs pour le motif domicile-travail : nous ne savons pas s'ils vont travailler tous les jours ou seulement certains jours de la semaine, ni s'ils effectuent un ou plusieurs allers-retours par jour. Si nous disposons d'une indication sur le temps de travail (complet ou partiel), la pratique éventuelle du télétravail ne fait pas l'objet d'un recueil d'information dans le recensement de la population.

Pour remédier à ces problèmes, des étapes successives ont été mises en place afin de développer un outil de calcul des émissions de CO₂ pour l'ensemble des actifs des aires urbaines grandes et moyennes de la France continentale (hors Paris). L'une des originalités de notre démarche consiste en la prise en compte de l'intermodalité afin de pouvoir calculer des émissions de CO₂ pour un déplacement combinant plusieurs modes de transport tels que le train et la voiture. Ainsi, trois étapes ont été nécessaires afin de pouvoir calculer les émissions hebdomadaires de l'ensemble des actifs, à partir desquelles nous avons calculé la proportion imputable aux navetteurs interurbains (Figure 15).

La première étape consiste en la création d'un réseau de transport intermodal à l'échelle du territoire français. L'objectif principal de cette étape est la prise en compte des différentes vitesses de déplacement au cours du trajet plutôt que l'application d'une vitesse moyenne calculée à partir des distances à vol d'oiseau. Cette prise en compte est très importante dans le calcul des émissions de CO₂. Différentes vitesses correspondent en effet à des facteurs d'émissions multiples, notamment pour le cas du transport automobile.

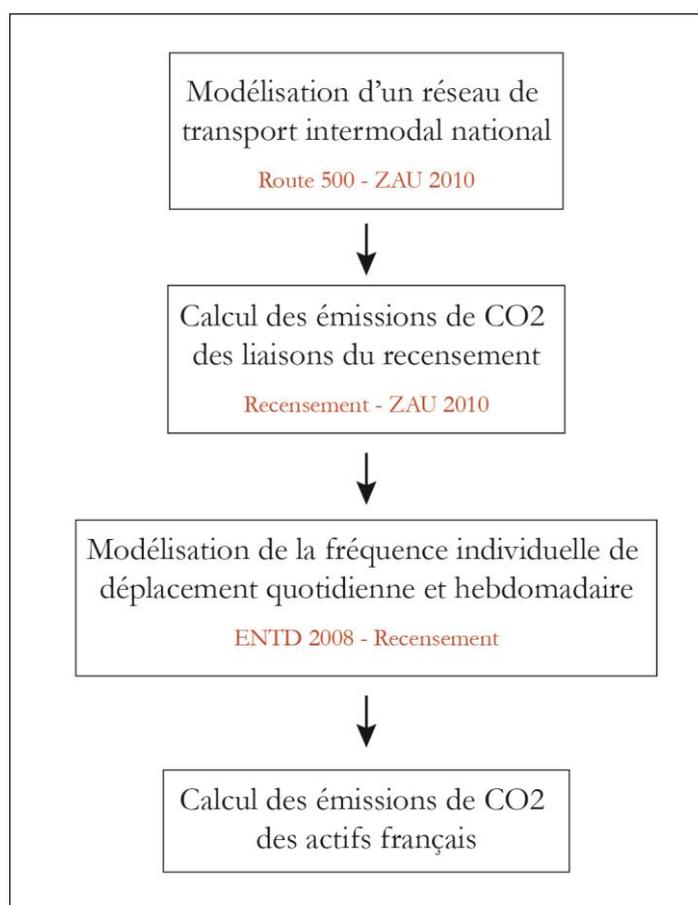
La deuxième étape a pour objectif de modéliser les émissions de CO₂ pour l'ensemble des liaisons présentes dans le recensement. Le nombre limité d'informations contenues dans ce fichier nous conduira à proposer différentes hypothèses sur le mode de transport utilisé par les actifs,

notamment pour le cas de l'utilisation des transports en commun urbains, train et bus ayant des facteurs d'émissions de CO₂ contrastés.

La dernière étape permettant d'affiner le calcul des émissions des déplacements des actifs repose sur un objectif : la prise en compte de la fréquence de déplacement, aussi bien hebdomadaire (nombre de jours par semaine où l'actif se rend sur son lieu de travail) que quotidienne (nombre d'allers-retours moyen par jour où l'actif se rend sur son lieu de travail). En effet, un ensemble d'éléments peut faire varier une de ces deux fréquences, qui peut impacter fortement le bilan final de calcul des émissions. La méthode développée repose sur un croisement des fichiers du recensement de la population et des résultats de l'ENTD de 2008.

À la suite de ces trois étapes, nous serons 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.

Figure 15 Schéma des étapes de la méthode et des bases de données mobilisées pour le calcul des émissions de CO₂ des déplacements des actifs français



Source : réalisation de l'auteur.

1.2. Modélisation d'un réseau national intermodal de transport

Calculer des distances de déplacement des actifs à partir des centroïdes de leur commune de résidence et d'emploi n'est pas une innovation. Plusieurs distanciers ont été développés en France, le plus utilisé étant Odomatrix, développé par l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) 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 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^{60,61}. 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. Il n'est pas possible de considérer des trajets intermodaux (intégrant plusieurs modes de transport sur le même déplacement) ou des trajets utilisant un autre mode que la voiture, en particulier le mode ferroviaire. 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.

Le fichier du ZAU de 2010 et le fichier Route 500 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 (section 1.3). L'affectation des vitesses proposées repose principalement sur le projet de recherche TADEL (Transport, Accessibilité et Développement Économique Local) (Polese *et al.*, 2013) ainsi que sur les vitesses proposées par Hilal (2010) utilisées pour le distancier routier Odomatrix.

La méthode développée dans le cadre de cette thèse s'appuie sur la création d'un réseau contenant l'ensemble des infrastructures de transport routières et ferroviaires rattachées aux centroïdes des communes françaises, auxquelles nous affectons des vitesses théoriques différenciées par type de tronçon afin d'obtenir des temps de déplacement de la commune de résidence à la commune d'emploi. Cette méthode comporte trois étapes :

- la jonction du réseau routier aux centroïdes des communes françaises et l'affectation sur ce réseau de vitesses sur les différents types de tronçons (section 1.2.1) ;

⁶⁰Site 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.

⁶¹ Site de l'INSEE : http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?ref_id=ip1397&page=graph, consulté le 15 juillet 2016.

- la création d'un réseau d'infrastructures ferroviaires permettant la distinction entre trois types de voies (TER, Intercités, LGV[Ligne à grande vitesse]) auxquelles sont affectées des vitesses différentes (section 1.2.2) ;
- la jonction des deux réseaux précédents permettant le passage entre réseau routier et réseau ferroviaire à partir des gares (section 1.2.3).

Deux bases de données sont mobilisées afin de construire les deux réseaux de transport permettant de calculer les temps de déplacement de commune à commune :

- Le Zonage en Aires Urbaines de 2010 (réalisé à partir du recensement de la population de 2008), fourni par l'INSEE ;
- La base de données Route 500, répertoriant plus de 500 000 km du réseau national routier et ferré en 2012, fournie par l'IGN.

1.2.1. Calibrage des vitesses du réseau routier

La création des réseaux et les calculs ont été réalisés au moyen du logiciel TransCAD par une méthode de minimisation du temps de transport dite du « plus court chemin ». Le calibrage des vitesses de déplacements a été effectué dans l'objectif de prendre en compte la congestion⁶², en fonction de l'heure de pointe du matin (Hilal, 2010).

Le ZAU de 2010 classe les communes françaises en quatre catégories principales⁶³. Afin de correspondre à la typologie des vitesses sur le réseau routier établi par le projet de recherche TADEL, ces quatre catégories principales ont été simplifiées pour distinguer les communes appartenant à un pôle urbain des trois autres types de communes. Les communes périurbaines, multipolarisées ou hors influence des aires urbaines sont regroupées dans une catégorie intitulée « Hors pôle urbain » ; la catégorie des communes appartenant à un pôle urbain est conservée et son appellation est inchangée. La population des aires urbaines est également un facteur à considérer pour prendre en compte la congestion urbaine (Hilal, 2010), les pôles urbains des aires urbaines les plus peuplées étant davantage affectés par ce phénomène que ceux des aires urbaines les moins peuplées. Conformément au calibrage mené sur le distancier Odomatrix, les pôles urbains des aires urbaines de plus de 200 000 habitants sont distingués des autres espaces.

⁶² Les conséquences des périodes de vacances scolaires, provoquant une augmentation du phénomène de congestion sur les infrastructures routières, ne seront pas prises en compte ici.

⁶³ Celles appartenant à un pôle urbain, celles appartenant à la couronne périurbaine d'un pôle urbain, celles appartenant à un espace multipolarisé ou encore celles appartenant à un espace sans influence des aires urbaines (communes rurales).

47 pôles urbains⁶⁴ sont donc ici concernés par une réduction des vitesses, alors que les vitesses dans les espaces périurbains de ces agglomérations ne sont pas abaissées.

Les fichiers de la base de données Route 500 fournissent de nombreux éléments d'information pour l'ensemble des tronçons des réseaux routiers et ferrés. Deux formats principaux de fichiers sont présents : les nœuds et les tronçons. Concernant le réseau routier, les nœuds correspondent aux différents types d'intersections du réseau (carrefour, rond-point ou échangeur principalement) ; les tronçons correspondent aux différentes portions d'infrastructures de transport routières auxquelles seront affectées différentes vitesses de déplacements selon le type de tronçon. Avant d'affecter ces vitesses, une première étape est nécessaire : effectuer la jonction des centroïdes des communes avec les nœuds du réseau. En effet, le réseau de la base Route 500 n'est pas connecté à l'ensemble des communes de résidence ou d'emploi. Pour y remédier, des connecteurs sont créés afin de relier l'ensemble des communes au réseau d'infrastructure routière⁶⁵. Six connecteurs virtuels par commune permettent de relier l'ensemble des communes au réseau routier. Ces connecteurs simulent les voies locales d'accès au réseau d'infrastructure contenu dans la base de données Route 500. La Figure 16 ci-dessous illustre par un schéma cette opération pour une commune, avec en rouge les tronçons du réseau routier, et en vert les connecteurs créés. Cette opération est nécessaire, car c'est à partir du centroïde des communes que seront calculés les temps de déplacement.

Toutefois, avec cette procédure le logiciel produit génère des connecteurs qui sont en réalité inexistantes ou très peu probables, tels que ceux traversant un estuaire ou un bras de mer. Tous ces liens ont donc été supprimés manuellement.

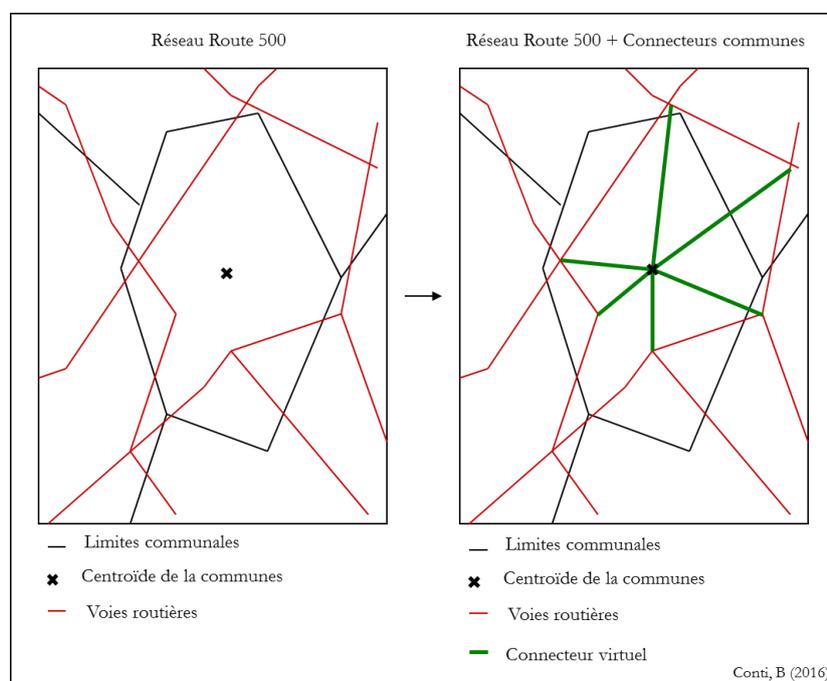
Afin de faciliter les calculs et *in fine* la création d'un réseau regroupant les infrastructures routières et ferrées, une opération de simplification du réseau a été effectuée. Celle-ci a permis de regrouper certains tronçons ayant des caractéristiques communes et de supprimer les nœuds reliant ces tronçons. Les tronçons possédant des caractéristiques différentes pour les variables permettant de définir les vitesses ont été conservés alors que les tronçons reliés par un nœud, mais possédant le même type de classe administrative, le même nombre de chaussées et le même

⁶⁴ Site de l'INSEE : http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=natfef01203, consulté le 16 mai 2015.

⁶⁵ Ces connecteurs virtuels entre les centroïdes de toutes les communes et les nœuds du réseau sont créés à l'aide de la fonction « Connect » sous TransCAD.

type de tissu urbain ont été regroupés en un unique tronçon. Cette procédure⁶⁶ permet de réduire le nombre de tronçons et de nœuds et de faciliter ainsi la vitesse de calcul pour la suite de nos traitements.

Figure 16 Création des connecteurs virtuels entre centroïdes des communes et nœuds du réseau



Source : réalisation de l'auteur.

Le réseau fourni par la base de données Route 500 permet d'attribuer des vitesses sur les différents types de tronçons. Comme évoqué précédemment, les méthodes utilisées par l'équipe de recherche du projet TADEL et sur le logiciel Odomatrix ont été combinées pour l'affectation des vitesses sur le réseau routier (Tableau 11). Quatre critères ont été pris en compte :

- le type de tissus urbains : pôle urbain ou hors pôle urbain ;
- pour les pôles urbains, la population de l'aire urbaine : plus ou moins de 200 000 habitants ;
- le nombre de chaussées : une chaussée ou deux chaussées ;
- la « classe administrative » du tronçon routier : autoroute, nationale, départementale, sans objet (rocade).

⁶⁶ Procédure intitulée « Simplify » sous TransCAD.

Tableau 11 Vitesses affectées selon une typologie de tronçons routiers

Type tissus	Vocation	Nombre de chaussées	Vitesse (km/h)
Pôle urbain d'une aire urbaine de plus de 200 000 habitants	Autoroute	1	50
		2	70
	Nationale	1	20
		2	40
	Départementale	1	20
		2	40
	Sans objet	1	20
		2	40
Pôle urbain d'une aire urbaine de moins de 200 000 habitants	Autoroute	1	70
		2	90
	Nationale	1	40
		2	60
	Départementale	1	40
		2	60
	Sans objet	1	40
		2	60
Hors pôle urbain (périurbain, espace multipolarisé, espace rural)	Autoroute	1	90
		2	120
	Nationale	1	80
		2	110
	Départementale	1	70
		2	80
	Sans objet	1	70
		2	90
Connecteurs	Local	1	20

Source : réalisation et calibrage de l'auteur d'après Hilal (2010) et Polese *et al.*, (2013).

Une dernière jointure spatiale entre la base de données du ZAU et le fichier du réseau de transport routier permet d'identifier, pour chaque tronçon, le type de tissu urbain dans lequel il se trouve (dans un pôle urbain ou hors du pôle urbain et, pour les pôles urbains, l'appartenance ou non à une aire urbaine de plus de 200 000 habitants). À partir de ces quatre variables, les vitesses sont affectées sur les différents types de tronçons. En se basant largement sur les vitesses proposées par le projet TADEL et après plusieurs ajustements, notamment pour les centres des agglomérations les plus peuplées qui posent des problèmes de congestion, 25 modalités de vitesses ont été choisies. Ces vitesses ont été étalonnées afin de correspondre au mieux aux conditions de circulation constatées sur le réseau routier. La méthode de vérification du modèle des vitesses est détaillée en annexe (Annexe 8).

Après cette première étape de calibrage du réseau routier, une démarche identique a été appliquée au réseau ferroviaire pour la deuxième étape de ce travail de modélisation. Toutefois, ce dernier

ne possède pas des caractéristiques aussi fines et un travail de création et d'enrichissement du réseau a été nécessaire avant de pouvoir calibrer les vitesses sur les différents tronçons du réseau.

1.2.2. Création du réseau ferroviaire et calibrage des vitesses de déplacement

Ici encore, la modélisation du réseau ferroviaire ne constitue pas une originalité en soi. Le travail de David Herrgott (2015) sur une modélisation nationale du réseau ferroviaire a déjà permis de définir avec précision les volumes de trafic sur les différents tronçons du réseau ou encore de calculer des niveaux d'offre. Toutefois, ce travail a été effectué pour le seul mode de transport ferroviaire et l'objectif de l'auteur n'était pas de proposer des mesures de temps de parcours sur ce réseau. Le travail de Bahoken *et al.* (2016), qui va davantage dans ce sens, propose de disposer de temps de parcours entre 231 unités urbaines. Par l'addition des temps de parcours réalisés en train et des temps mesurés sur le réseau routier (temps de parcours pour accéder à la gare la plus proche), les auteurs calculent ainsi l'évolution de l'accessibilité ferroviaire en France. Toutefois, l'échelle de l'unité urbaine ne correspond pas à notre objectif de pouvoir établir des liaisons entre chaque paire de communes parmi les 36 000 communes françaises. Un nouveau travail sur le réseau de la base Route 500 a donc été nécessaire préalablement au calcul des temps de parcours sur le réseau ferroviaire.

Comme dans le cas du réseau routier, le réseau d'infrastructures ferroviaires proposé par Route 500 est composé de nœuds et de tronçons. Les nœuds correspondent soit à des points d'intersection du réseau (« aiguillage », « changement d'attribut » ou « cul-de-sac »), soit à des gares du réseau (gare de fret, de voyageurs ou les deux). Pour les tronçons, seule une variable de « Nature » de voie est disponible pour permettre de différencier les vitesses selon les types de tronçons. Cette variable prend trois modalités : voie normale, LGV, inconnue. Cette construction assez fruste ne permet pas dans l'immédiat d'affecter des vitesses aux différents tronçons. En effet, l'élaboration du réseau ferré à l'échelle nationale est plus complexe que pour le mode routier. Pour les infrastructures routières, à chaque tronçon est affectée une vitesse unique, et donc un temps de déplacement unique. Cette méthode ne peut pas fonctionner pour le réseau ferré car, sur un même tronçon, sur la même infrastructure de transport, des vitesses différentes peuvent être attribuées sur la majorité du réseau national : les TAGV (Trains Aptés à la Grande Vitesse), des Intercités/TET (Trains d'Équilibre du Territoire) et des TER (Trains Express Régionaux) utilisent les mêmes voies de circulation, mais à des vitesses différentes ; seules les voies LGV présentent une vitesse « unique » car seuls les TAGV peuvent y circuler.

Afin de créer un réseau final composé de différents types de tronçons caractérisés par des vitesses différentes, nous avons dû créer trois réseaux distincts (en couches) auxquels nous avons affecté des vitesses différentes en fonction du type de voie et du type de matériel roulant. Une fois ces trois couches finalisées, nous avons pu les regrouper afin d'obtenir le réseau national souhaité.

Les trois couches de vitesses choisies ont donc été élaborées à partir de deux éléments : le type d'infrastructure et le type de matériel roulant. Ces couches sont les suivantes :

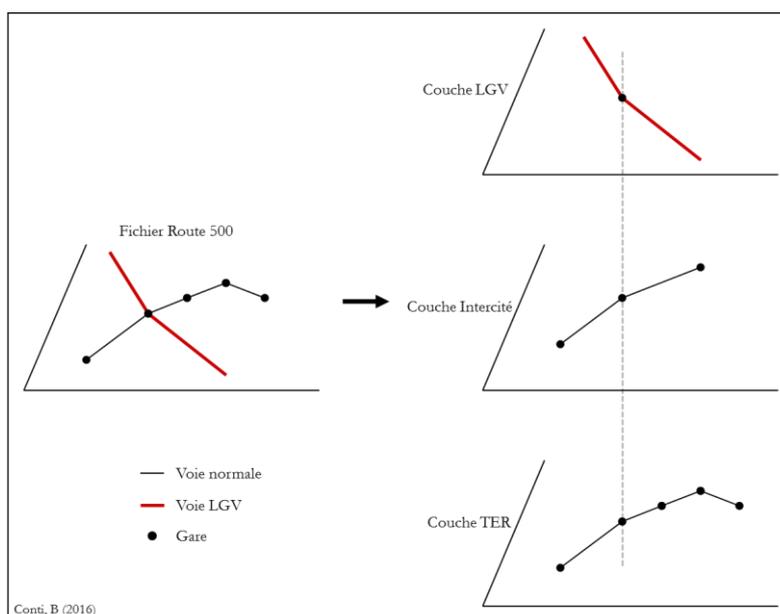
- couche LGV : elle rassemble l'ensemble des lignes à grande vitesse sur lesquelles les TAGV peuvent rouler à leur vitesse maximale. Seul du trafic de TAGV est attribué à cette couche (mais le trafic des TAVG sur le réseau hors LGV est attribué à la couche Intercités) ;

- couche Intercités : elle rassemble l'ensemble des lignes sur lesquelles circulent des Intercités/TET ou des TAGV. Les voies LGV et les voies sur lesquelles circulent uniquement des TER ne sont pas incluses dans cette couche. Nous faisons ici l'hypothèse que les TAGV et les Intercités/TET se déplacent à une vitesse identique sur les lignes de cette couche ;

- couche TER : elle rassemble l'ensemble des lignes de chemin de fer du réseau national à l'exception des voies LGV. Nous posons comme hypothèse que les TER peuvent circuler sur l'ensemble du réseau ferré à l'exception des lignes dédiées à la grande vitesse, et qu'ils desservent l'ensemble des 3 208 gares de voyageurs du réseau national à l'exception des 18 gares situées sur une voie LGV et sans connexion avec le reste du réseau national.

Le schéma suivant (Figure 17) rend compte conceptuellement de la manière dont nous avons considéré le réseau ferré national afin de distinguer les différentes vitesses de chaque couche. Le fichier actuel du réseau disponible dans Route 500 ne dispose que d'une information sur la nature des voies ferrées : ce sont soit des voies normales, soit des voies réservées à la grande vitesse (LGV). À partir de cette information, c'est la construction des couches LGV et TER qui semble *a priori* la plus aisée : pour la première, l'information est directement disponible, pour la seconde, l'ensemble des tronçons est considéré comme appartenant au réseau TER à l'exception des lignes à grandes vitesses. En revanche, le réseau sur lequel circulent les TET/Intercités n'est pas directement disponible. Nous allons présenter maintenant de façon plus détaillée comment ces trois couches ont été élaborées.

Figure 17 Création de trois couches de vitesses à partir du réseau ferré Route 500



Source : réalisation de l'auteur.

La couche LGV

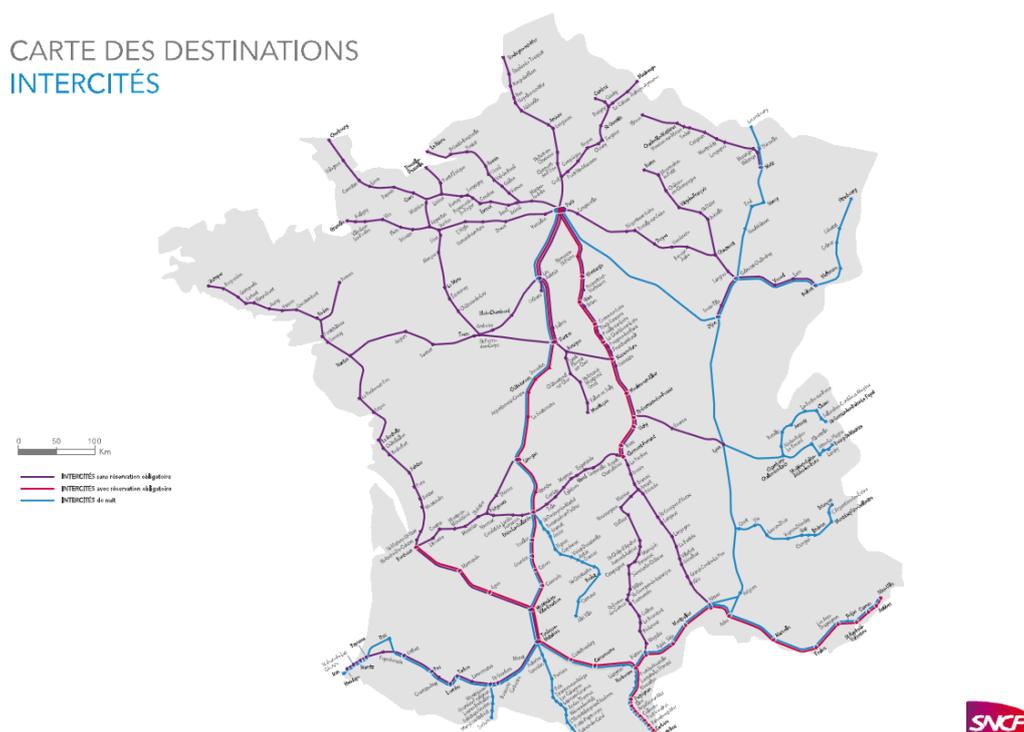
À partir de l'ensemble des voies du fichier Route 500, nous avons effectué une sélection des voies LGV en utilisant la variable « Nature » présente dans le fichier. Une fois sélectionnés manuellement, certains nœuds sont identifiés comme gare LGV exclusive (18 nœuds) et d'autres comme nœud de connexion (55 nœuds) avec le réseau de la couche Intercités. C'est par ces points de connexion, repérés manuellement un par un, que des transferts pourront s'effectuer d'une couche du réseau à une autre afin de permettre de simuler le passage des individus d'un tronçon du réseau LGV à un tronçon du réseau Intercités. Ces mêmes 55 nœuds seront donc également identifiés sur la couche Intercités pour permettre ces passages entre réseaux.

La couche Intercités

Cette couche est la plus complexe à établir puisque les variables disponibles dans les fichiers de la base de données Route 500 ne distinguent pas les voies sur lesquelles circulent les TET de celles où roulent les TER. La sélection des tronçons, des gares et des nœuds de connexion avec le réseau LGV d'une part et le réseau TER d'autre part a été réalisée manuellement pour chaque tronçon, à partir de deux cartes disponibles sur le site de la SNCF (Société nationale des chemins de fer français), la première détaillant l'ensemble des voies où cheminent les TAGV⁶⁷ (Carte 5), la

⁶⁷ Site de la SNCF : http://medias.sncf.com/sncfcom/pdf/destinations/Carte_ReseauTGV.pdf, consulté le 2 février 2015.

Carte 6 Destinations en France des trains Intercités/TET



Source : SNCF, site internet⁶⁸.

La couche TER

Pour cette couche nous faisons l'hypothèse que l'ensemble des tronçons du réseau ferré national, à l'exception des voies LGV, est parcouru par des TER et que toutes les gares du réseau sont desservies par les TER. Les voies LGV sont exclues car les TER ne peuvent pas y circuler et donc ne peuvent pas desservir leurs gares. La variable « Nature » du fichier Route 500 est de nouveau mobilisée afin d'opérer cette distinction entre types de tronçons : l'ensemble des tronçons codés comme « Voie normale » est sélectionné, ainsi que l'ensemble des nœuds appartenant à ce réseau. Les gares dédiées uniquement au fret sont exclues de l'analyse donc supprimées du réseau. L'ensemble du réseau de cette couche compte 3 208 gares et 320 nœuds de connexion avec le réseau Intercités.

Comme pour le réseau routier, les trois couches des tronçons du réseau ferroviaire sont simplifiées afin de limiter les temps de calcul et de limiter les points de connexion non désirés. En effet, pour la suite de la procédure, les trois couches vont être regroupées l'une après l'autre et lors de cette étape les points (nœuds du réseau, gares ou nœuds de connexion) possédant les mêmes coordonnées géographiques seront regroupés en un point unique. Cette méthode a l'avantage de fusionner les gares et les nœuds de connexion en un seul point, mais elle est à

manipuler avec précaution pour certaines paires de points présentant des coordonnées identiques, mais ne devant pas faire l'objet d'une fusion (en particulier, quand l'un des points n'est ni une gare ni un nœud de connexion entre réseaux). Afin de limiter le risque de jointure en des points non pertinents, les trois couches du réseau sont simplifiées en regroupant les tronçons ayant des caractéristiques identiques. Lors de cette étape, les nœuds qui sont des gares ou des points de connexion entre les différentes couches sont conservés ; l'objectif étant de supprimer un maximum de points du réseau qui n'appartiennent pas de ces deux catégories. Le tableau suivant (Tableau 12) fournit un récapitulatif de la procédure de simplification des trois couches d'infrastructure ferroviaire.

Tableau 12 Réduction du nombre de nœuds et de tronçons par la procédure de simplification des réseaux

Type de couche	Avant simplification		Après simplification	
	Nombre de tronçons	Nombre de nœuds	Nombre de tronçons	Nombre de nœuds
LGV	2 181	2 151	174	144
Intercités	15 264	15 105	1 267	1 108
TER	33 008	32 498	5 075	4 583

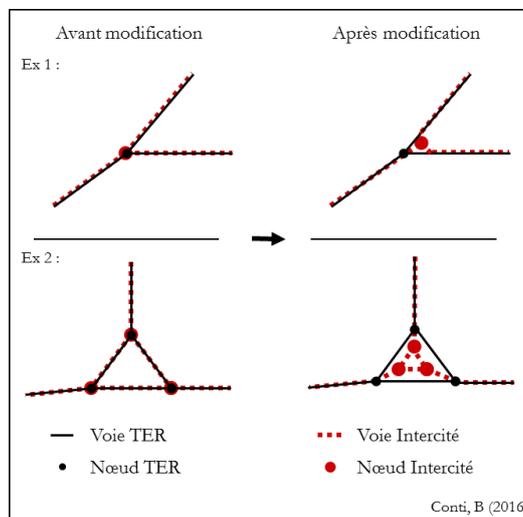
Source : réalisation de l'auteur.

Malgré cette simplification des trois couches d'infrastructures ferroviaires, certains nœuds qui ne sont ni des points de connexion entre réseaux ni des gares, mais majoritairement des points d'intersection du réseau ferré, sont communs entre la couche Intercités et la couche TER. Une fois ces nœuds identifiés et sélectionnés, leurs coordonnées géographiques ont été modifiées manuellement, un par un, de quelques mètres afin d'éviter les fusions indésirables. Le schéma suivant (Figure 18) illustre les modifications apportées au réseau Intercités au travers de deux exemples. Les nœuds de la couche Intercités superposés à des nœuds de la couche TER mais qui ne sont pas des points de connexion entre le réseau de la couche TER et le réseau de la couche Intercités (parfois un seul nœud, parfois trois), sont donc déplacés de quelques mètres pour éviter des connexions non justifiées entre le réseau TER et Intercités.

Ce dédoublement des nœuds superposés n'a pas été opéré dans les deux cas suivants : les nœuds correspondant au bout de ligne de chemin de fer ou les nœuds situés à l'intérieur d'un intervalle de nœuds commun entre la couche du réseau Intercité et TER. La jonction des tronçons à partir

de ces nœuds-là est en effet sans incidence sur l'affectation des vitesses et donc sur les calculs des temps de parcours.

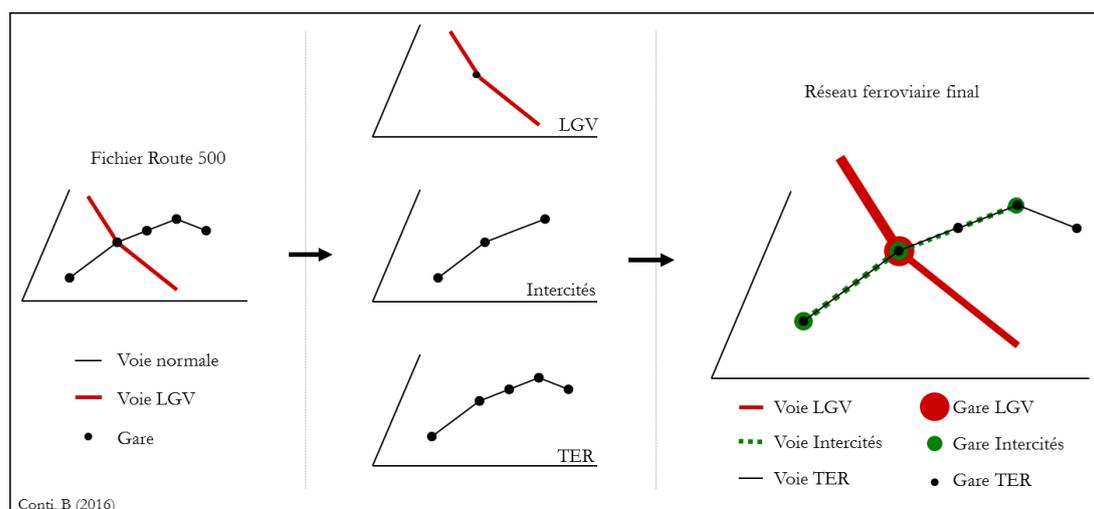
Figure 18 Modification manuelle des nœuds du réseau Intercités communs au réseau TER



Source : réalisation de l'auteur.

Les trois couches distinctes ainsi créées ont ensuite été jointes afin de créer un réseau national d'infrastructure permettant de différencier les voies LGV, TER et Intercités. Ainsi, après avoir dissocié le fichier Route 500 en trois fichiers distincts, ces derniers sont à nouveau joints en un fichier unique comportant des types de tronçons différenciés auxquels nous affecterons des vitesses différentes. Le schéma suivant (Figure 19) rend compte de la démarche qui a été suivie⁶⁹.

Figure 19 Étapes de création d'un réseau ferré composé de trois couches de tronçons



Source : réalisation de l'auteur.

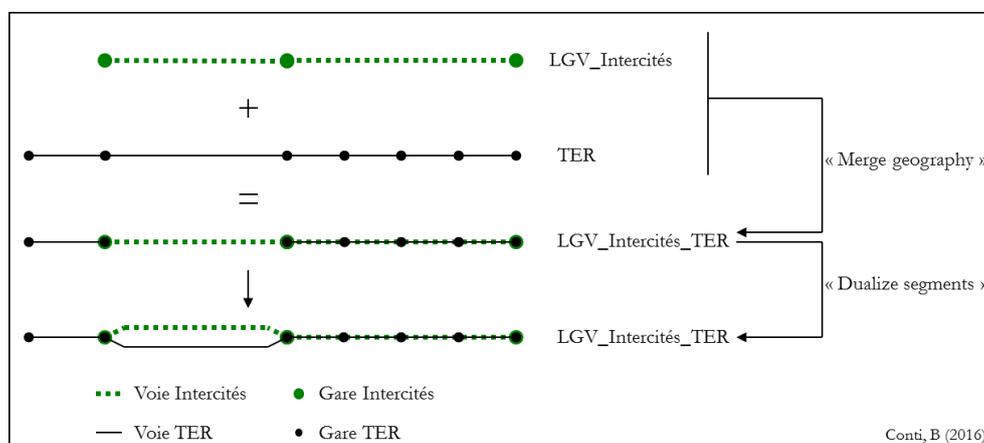
⁶⁹ Jointure réalisée grâce à la procédure « Merge geography » disponible sous TransCAD.

Avant de commencer la procédure de jointure, une variable additionnelle « Type tronçon » a été créée pour chacune des trois couches de réseau afin de pouvoir distinguer les tronçons une fois la jointure terminée. La commande « Merge geography » du logiciel TransCAD agrège les nœuds qui ont les mêmes coordonnées et superpose les tronçons les uns sur les autres, sans possibilité ensuite de distinguer les tronçons de chaque couche. Sur la couche servant de support, toutes les informations concernant les nœuds sont conservées alors que pour la couche collée, les nœuds redondants (identifiés par leurs coordonnées) sont supprimés, pour ne pas dupliquer les nœuds sur la couche support. L'ordre des jointures a donc une importance dans la procédure afin de ne pas perdre d'information sur les nœuds des réseaux à l'occasion de la jointure. Pour cette raison, la jointure a été effectuée en deux étapes :

- Dans la première, la couche LGV sert de support à la jointure avec la couche collée Intercités et une nouvelle couche nommée « LGV_Intercités » est créée ;
- Dans la seconde, la couche « LGV_Intercités » sert de support pour la jointure avec la couche collée TER et une nouvelle couche intitulée « LGV_Intercités_TER » est créée. La réalisation de la jointure dans cet ordre permet de conserver l'information relative aux nœuds du réseau qui sont des gares Intercités ; cette information aurait été perdue si la jointure avait été opérée dans l'ordre inverse.

Cette dernière étape pose toutefois problème pour certains tronçons qui sont communs au réseau Intercités et au réseau TER. Dans ce cas, nous devons doubler manuellement, pour chaque cas, l'ensemble de ces tronçons. Le schéma suivant (Figure 20) illustre la procédure suivie pour restaurer 209 tronçons supprimés lors de la jointure entre la couche « LGV_Intercités » et la couche « TER » du fait de la jointure des deux paires de nœuds aux extrémités du tronçon.

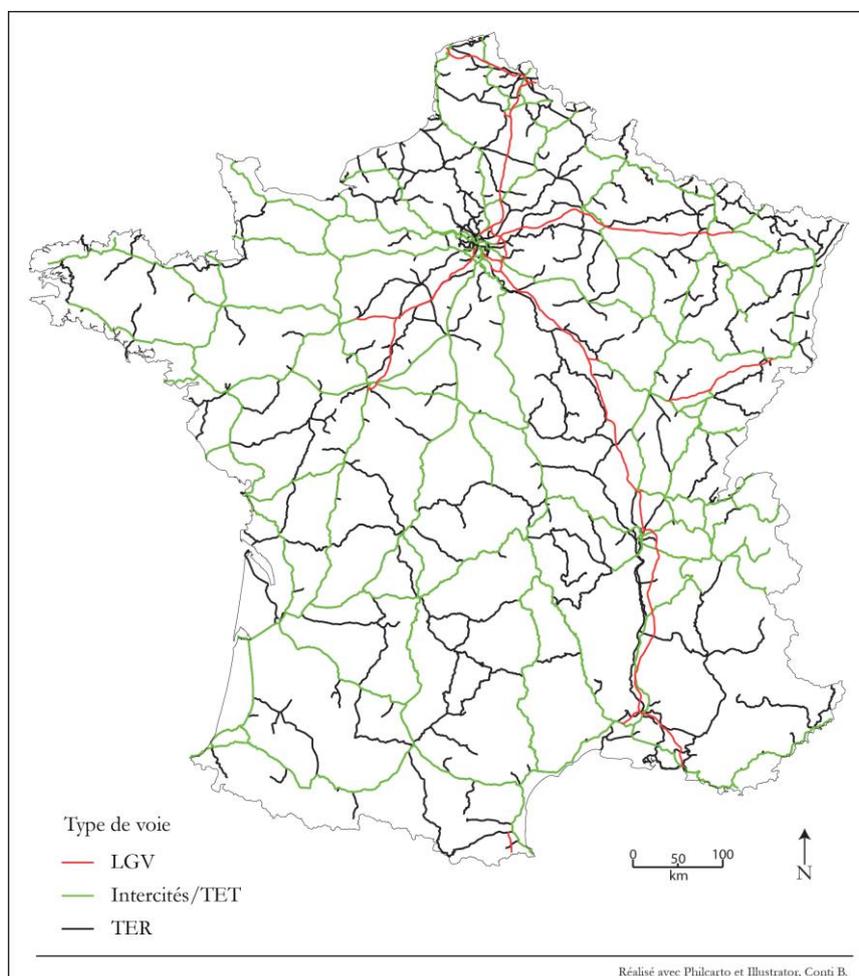
Figure 20 Étapes de création manuelle des segments supprimés par la procédure de jointure



Source : réalisation de l'auteur.

La carte suivante (Carte 7) représente la forme finale du réseau ferroviaire avec les différentes couches de tronçons superposés.

Carte 7 Représentation du réseau ferroviaire construit distinguant trois types de tronçons



Source : réalisation de l'auteur.

Tableau 13 Vitesses affectées selon un typologie de tronçons ferrés

Type de voies	Type de matériel roulant	Vitesse (km/h)
LGV	TAGV	240
Intercités	TAGV – Intercités/TET	120
TER	TER	80

Source : réalisation et calibrage de l'auteur d'après Polese *et al.*, (2013).

La dernière étape de la construction du réseau ferroviaire consiste à affecter des vitesses pour chaque type de tronçon. Les vitesses choisies reprennent ici encore en partie les vitesses étalonnées par l'équipe de recherche du projet TADEL qui avait subdivisé le réseau en trois

couches de vitesses (Tableau 13). Nos premiers tests ont toutefois porté à réajuster à la hausse la vitesse des TER de 10 km/h par rapport aux vitesses initiales.

Après avoir bâti les deux réseaux d'infrastructures de manière distincte, la méthode de construction du réseau national couplant à la fois des tronçons des réseaux routier et ferré va à présent être présentée.

1.2.3. Création d'un réseau de transport intermodal national

Dans cette partie, nous présentons l'objectif final qui sous-tend la création des deux réseaux d'infrastructures précédents : la création d'un réseau intermodal de transport combinant le réseau routier et le réseau ferroviaire national. Sous TransCAD, la jointure entre réseaux routier et ferré ne peut pas être effectuée avec la seule procédure « Merge geography » à l'image de ce qui a été fait pour les différentes couches du réseau ferroviaire, et cela pour une raison : l'absence de connexion dans les fichiers à disposition entre les gares ferroviaires et le réseau routier.

Comme pour le réseau routier, les tronçons des voies ferrées de transport en commun doivent être connectés aux centroïdes des communes qui sont utilisés comme points de départ et d'arrivée de chaque liaison. Deux choix sont possibles : raccorder les gares du réseau ferré aux centroïdes des communes à l'aide de connecteurs virtuels, à l'image de ce qui a été réalisé pour le réseau routier, ou bien relier les gares ferroviaires directement aux nœuds du réseau routier, lui-même raccordé aux centroïdes des communes. C'est ce second choix qui a été privilégié car il permet de décrire de façon plus précise les liaisons pour les communes situées loin des gares et offre la possibilité de tester des scénarios de réduction ou d'augmentation de la vitesse sur le réseau routier, développés dans la suite de cette thèse.

Notre but est donc de connecter les gares du réseau ferré aux tronçons et nœuds de la couche des infrastructures routières. Or, lorsque des nœuds sont présents sur une couche, le logiciel TransCAD ne permet pas la création de connecteurs de ces nœuds au réseau étant donné qu'ils sont déjà connectés à certains tronçons. Dans notre cas, cela signifie qu'avec la procédure de « Merge geography » nous n'avons pas la possibilité de créer des connecteurs reliant les gares à l'infrastructure routière, celles-ci étant déjà reliées aux tronçons du réseau ferroviaire. Ainsi, cette procédure aurait comme conséquence la superposition des deux réseaux, sans possibilité de les joindre. Pour remédier à ce problème, l'étape de jointure entre les deux types d'infrastructure est opérée entre trois temps :

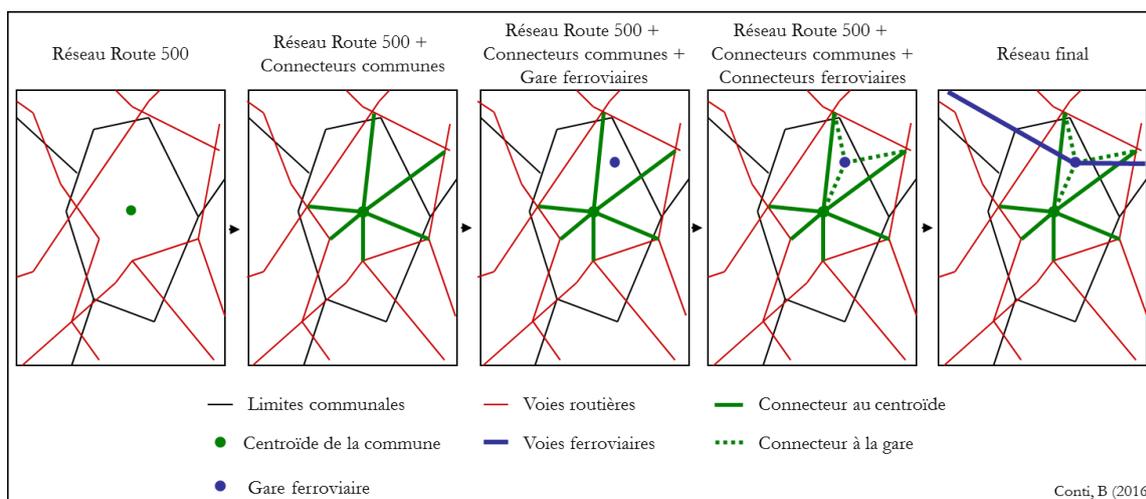
- Tout d'abord, les gares de voyageurs du réseau ferré sont sélectionnées et exportées vers une couche nouvellement créée.

- À partir de cette nouvelle couche ne contenant que les gares ferroviaires de voyageurs, des connecteurs virtuels (trois pour chaque gare) sont créés depuis les gares ferroviaires vers les nœuds du réseau routier. Cette étape a pour effet d'ajouter les gares ferroviaires aux nœuds de la couche du réseau routier (dont, pour mémoire, les centroïdes font partie).

- Enfin, nous procédons à la jointure des couches du réseau routier et du réseau ferré, avec cette dernière comme support afin de garder l'information sur ceux nœuds du réseau qui sont des gares ferroviaires. Comme pour la jointure des couches du réseau ferré, la procédure « Merge geography » fusionne les points qui ont les mêmes coordonnées, en l'occurrence les gares ferroviaires.

Cette méthode permet donc de contrôler les points de jonction entre les deux réseaux sur des nœuds sélectionnés préalablement grâce à leur exportation et à la création de connecteurs à partir de ces points : les gares. Le schéma suivant (Figure 21) synthétise les trois étapes permettant d'obtenir sur un même niveau les réseaux d'infrastructures routières et ferroviaires ainsi que l'étape préalable de connexion entre le réseau routier et les centroïdes des communes.

Figure 21 Exemple sur une commune des étapes de création d'un réseau intermodal de transport



Source : réalisation de l'auteur.

Une fois les liaisons entre les différents réseaux d'infrastructure établies, la dernière étape consiste en la création de deux réseaux⁷⁰. C'est à partir de ces derniers que les distances-temps entre centroïdes de communes sont calculées suivant la méthode du « plus court chemin », minimisant ici le temps de parcours. Deux « réseaux » sont créés : un premier ne prenant en compte que les tronçons routiers et permettant de calculer des temps de parcours uniquement pour ce mode de

⁷⁰ Grâce à la commande « Networks/Paths – Create » qui construit un fichier réseau.

transport ; un second prenant en considération l'ensemble des tronçons du réseau intermodal et permettant de calculer les temps de parcours en transport en commun sur le réseau ferré national. Toutefois, ce second « réseau » ne peut pas utiliser les vitesses affectées initialement au réseau routier. En effet, la méthode dite du « plus court chemin » minimise le temps de parcours et donc fait le choix des infrastructures de transport les plus rapides. Le réseau routier, beaucoup plus dense que le réseau ferroviaire, est souvent le plus rapide pour les liaisons de courte distance. Ainsi, afin de coller au mieux à la réalité des temps de rabattement en transports collectifs vers les gares ferroviaires, des simulations du temps de rabattement vers les gares à partir des centroïdes ont été effectuées et une division par quatre des vitesses initialement affectées au réseau routier semble la plus pertinente au regard des tests effectués sur un échantillon de liaisons (Annexe 8). Ces vitesses réduites pour le rabattement en transports collectifs vers les gares sont intégrées aux calculs de plus court chemin de commune à commune par le réseau ferré.

Une dernière étape de construction de ce second « réseau » consiste à affecter des pénalités temporelles lorsque les individus passent d'un type de tronçon à un autre. Le calcul du plus court chemin sur le réseau actuel ne fait pas de distinction entre un passage d'un tronçon de type routier vers un autre de type TER ou LGV, ou par exemple, un passage d'un tronçon de type LGV vers un tronçon de type TER. Cette option d'affectation de pénalités au changement de type de tronçon permet ainsi deux choses :

- Différencier les temps de transfert lors du passage d'un tronçon routier vers un tronçon ferré afin de simuler les temps d'attente virtuels aux gares avant le départ d'un train. L'hypothèse faite ici est que les actifs qui vont prendre un TGV arrivent davantage en avance à la gare que les actifs qui viennent prendre un TER. Afin de prendre en compte ce temps d'attente, des pénalités sont affectées en fonction des types de tronçons du réseau ferré (LGV, Intercités et TER) ;

- Attribuer des temps de transfert au passage entre deux types de tronçons ferrés différents. Cette affectation permet également de limiter les transferts d'un tronçon à l'autre sur un même trajet lorsque deux types de tronçons sont superposés (Intercités et TER notamment).

Nous avons fait le choix de ne pas affecter de temps de pénalité lors d'un passage entre deux tronçons de même type. Certes, l'affectation de pénalités dans ce cas permettrait de simuler les temps d'arrêt en gare lors d'un trajet. Néanmoins, en l'absence de sélection possible des nœuds (les gares en l'occurrence) auxquels nous voudrions affecter ces pénalités, le logiciel affecte une pénalité de transfert à tous les nœuds, sans distinction. Ainsi, les intersections de voies se verraient affecter à tort des temps d'attente simulant un arrêt en gare. Pour ces raisons, aucune

pénalité de transfert entre des tronçons de même type n'a été appliquée. Les vitesses de déplacement attribuées aux tronçons permettent déjà de prendre en considération, pour partie, les délais d'attente pour arrêt en gare. Le Tableau 14 récapitule l'ensemble des pénalités affectées, après ajustement, lors d'un passage entre deux tronçons.

Tableau 14 Pénalités de temps affectées selon une typologie de transferts entre tronçons

Type de tronçon		Pénalité
Depuis	Vers	
Routier	Routier	0 min
Routier	TER	5 min
Routier	Intercités	10 min
Routier	LGV	15 min
TER	Routier	5 min
TER	TER	0 min
TER	Intercités	5 min
TER	LGV	5 min
Intercités	Routier	5 min
Intercités	TER	5 min
Intercités	Intercités	0 min
Intercités	LGV	5 min
LGV	Routier	5 min
LGV	TER	5 min
LGV	Intercités	5 min
LGV	LGV	0 min

Source : réalisation de l'auteur.

Trois situations sont à signaler :

- Lors d'un transfert entre deux types de tronçons identiques, aucune pénalité n'est affectée.
- Lors d'un transfert d'un tronçon du réseau ferré vers tronçon d'un type différent, 5 minutes de pénalités sont affectées. Ce temps permet de simuler le temps de transfert lors d'un changement possible de train ou de modéliser le temps de transfert de la gare vers le réseau routier.
- Lors d'un transfert du réseau routier vers le réseau ferroviaire, trois pénalités différentes sont affectées en fonction de la nature du tronçon ferroviaire : 5 minutes vers un tronçon TER, 10 minutes vers un tronçon Intercités et 15 minutes vers un tronçon LGV. Ces différences sont liées à notre volonté de représenter le temps d'attente en gare avant un départ de train, en faisant l'hypothèse qu'il varie en fonction du type de train, ne pouvant prendre en compte l'offre réelle dans notre modélisation.

À partir de la vitesse affectée au type du tronçon considéré et de sa longueur, le temps de déplacement pour chaque tronçon est alors calculé. Par la méthode dite « du plus court chemin », nous choisissons de minimiser la variable du temps total de déplacement, incluant la somme des temps de parcours des différents tronçons à laquelle nous ajoutons des pénalités de transfert. Alors, pour chaque tronçon, nous sommes en mesure de calculer des émissions de CO₂ tenant compte de la vitesse moyenne calculée sur celui-ci.

1.3. Modélisation des émissions de CO₂

La méthode de calcul de l'ensemble des émissions de CO₂ du « puits à la roue » comporte la prise en compte de deux phases d'émissions : une première dite « du puits au réservoir⁷¹ » et une seconde « du réservoir à la roue⁷¹ ». Dans la première, les émissions prises en compte sont celles dues à la production et la distribution de l'énergie (électricité, biocarburant, carburants fossiles) du mode de transport alors que la seconde intègre l'ensemble des émissions produites durant le transport lui-même du fait de la consommation d'énergie. L'addition de ces deux phases permet la construction d'un indicateur appelé facteur d'émission (ADEME, 2014a). Le calcul des émissions de CO₂ pour le transport à partir de ces facteurs d'émissions repose alors sur une équation :

$$\text{Émissions CO}_2 = \text{Distance} * \text{Facteur Emission}$$

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 simple cache cependant une sensibilité à de nombreux facteurs qui peuvent faire fluctuer le total des émissions. Dans la suite de cette partie, nous présenterons successivement les choix opérés pour les trois éléments qui rentrent dans ce calcul : la variabilité de ces facteurs d'émissions (section 1.3.1), les différentes méthodes de calcul des distances domicile-travail (section 1.3.2) et enfin une précision apportée aux différents modes de transport regroupés, nous le rappelons, en seulement cinq modalités dans le recensement (section 1.3.3).

⁷¹ Site du ministère de l'environnement : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Tout-savoir-sur-l-affichage-des-.html>, consulté le 16 mars 2016.

1.3.1. Le calcul des facteurs d'émissions

Un nombre important de critères peuvent faire varier fortement les facteurs d'émissions pour les différents modes de transport. Pour le cas du transport routier, trois éléments ont une influence majeure⁷² :

- Le type de véhicule utilisé : s'agit-il d'une voiture ou d'un poids lourd, d'une motorisation essence ou diesel, ou encore quelle est la cylindrée du véhicule ?
- La performance du véhicule : à quelle(s) norme(s) correspond le véhicule (norme euro 1 à 6 pour les polluants atmosphériques, par exemple) ? Quel âge a le véhicule ?
- Des paramètres liés à la circulation : quelle vitesse, pente ou prise en compte du départ à froid du véhicule ?

Différents modèles proposent des facteurs d'émissions en fonction de certains de ces critères et de différents modes de transport (Deloitte, 2008 ; Longuar *et al.*, 2012). Sans faire un compte rendu exhaustif de l'ensemble de ces travaux, aujourd'hui deux groupes de facteurs d'émissions sont largement utilisés : ceux développés pour le transport routier automobile par l'Agence européenne de l'environnement et un ensemble de facteurs d'émissions fournis par l'ADEME pour les autres modes de transport.

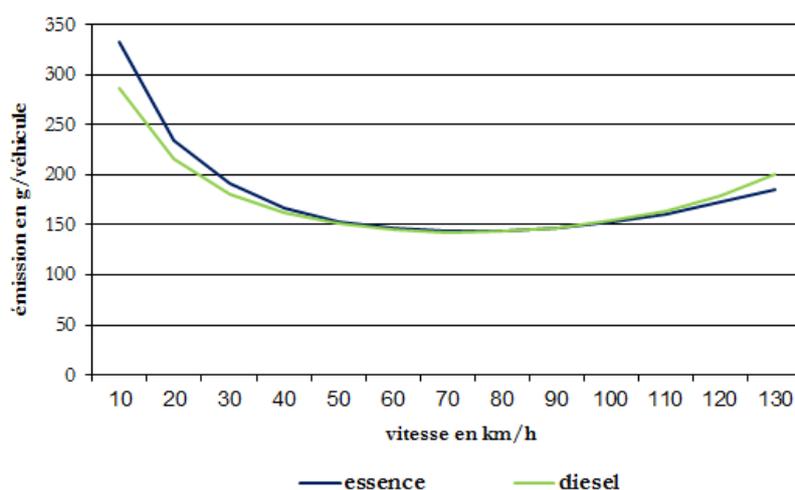
Les facteurs d'émissions du transport routier individuel

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). Développé depuis la fin des années 1990 sous la coordination de l'Agence européenne de l'environnement, le dernier modèle appelé COPERT IV permet de prendre en compte un nombre important de paramètres liés au véhicule ou à ses conditions d'usage. 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 en 2014, propose en 2009 des courbes de facteurs d'émissions variant en fonction de la vitesse à partir d'un véhicule moyen du parc français en circulation (Figure 22). Deux courbes sont disponibles en fonction du carburant utilisé, essence ou diesel, et de la vitesse de déplacement.

⁷² Site du CEREMA : http://www.cete-aix.fr/imgarea/Cotita09_15.05%20changement%20climatique_emis.%20GESCTENorm..pdf, consulté le 15 septembre 2016.

C'est à partir de ces courbes d'émissions en fonction de la vitesse de déplacement que les émissions de CO₂ des actifs se déplaçant en automobile ont été calculées dans cette thèse. Ce paramètre de la vitesse est important à prendre en compte, car les émissions de CO₂ peuvent varier du simple au double : autour de 150 gCO₂/km pour les vitesses comprises entre 50 et 100 km/h jusqu'à plus de 300 gCO₂/km pour les vitesses autour de 10 km/h. Pour chaque tronçon du réseau, des vitesses ont été affectées, et à partir de ces vitesses les émissions ont été calculées pour le mode automobile. Toutefois, cette méthode de calcul ne permet pas de prendre en compte les émissions du « puits au réservoir », à la différence des facteurs d'émissions fournis par l'ADEME et utilisés pour les autres modes de transport.

Figure 22 Courbes d'émissions de CO₂ en automobile en fonction de la vitesse et du type de carburant



Source : réalisation de l'auteur d'après Sétra (2009), à partir du modèle COPERT IV.

En plus de la vitesse, la nature du carburant a été prise en considération. Même si la forme des deux courbes, diesel et essence, est assez similaire, les émissions diffèrent entre les deux types de carburant⁷³. Pour prendre en compte ce paramètre, les bases de données du SOeS⁷⁴ fournissent un état des lieux du parc roulant en France, et montrent que 76 % des kilomètres parcourus par les voitures particulières ont été réalisés par des véhicules roulant au diesel. Cette proportion a été considérée dans les étapes de calcul pour le cas des déplacements en automobile.

⁷³ Formule de la courbe d'émissions de CO₂ pour les voitures à motorisation essence en fonction de la vitesse « v » : gCO₂/véhicule=(1104,490*v^{-0,522})+(8*10⁻⁴*v^{2,403})+0,920 ; pour les voitures à motorisation diesel : gCO₂/véhicule=(746,67*v^{-0,413})+(3,09*10⁻⁵*v^{3,081})-1,966), Sétra (2009).

⁷⁴ Site de l'INSEE : http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=0&ref_id=NATTEF13629, consulté le 15 mai 2016.

Cette précision des émissions de CO₂, incluant un calibrage sur les vitesses de déplacements, a été possible uniquement pour le cas du transport routier automobile. Pour les autres modes de transport, des facteurs d'émissions moyens ont été choisis à partir du site internet de l'ADEME : basecarbone.fr.

Pour les déplacements en deux-roues motorisés, le site de l'ADEME propose deux valeurs en fonction de la cylindrée du véhicule : 238 g CO₂/km pour les cylindrées supérieures à 750 cm³, 204 g CO₂/km pour les cylindrées inférieures à 750 cm³. L'enquête sur les deux-roues motorisés du parc français réalisée par le CGDD (2013) permet de mesurer la proportion de ces deux catégories de véhicules dans l'ensemble des kilomètres parcourus par des deux-roues motorisés en France. L'enquête montre que 28 % de ces kilomètres sont effectués par des deux-roues avec une cylindrée supérieure à 750 cm³. Cette proportion sera donc reprise dans nos calculs pour le cas des déplacements en deux-roues motorisés.

Les facteurs d'émissions des 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). Ces facteurs renvoient à des émissions calculées du « puits à la roue ». Le Tableau 15 regroupe les différents facteurs d'émissions choisis pour les calculs dans le cas des déplacements en transport en commun dans le cadre de cette thèse.

Tableau 15 Facteurs d'émissions utilisés pour les déplacements en transports collectifs

Mode de transport	Secteur géographique / Type de voies ferrées	Émissions CO ₂ (g/passager.km)
Métro/tramway	Paris	6
	Agglomération de plus de 250 000 habitants	6,63
	Agglomération de moins de 250 habitants	6,81
Autobus	Agglomération de plus de 250 000 habitants	154
	Agglomération entre 150 000 et 250 000 habitants	167
	Agglomérations de moins de 150 000 habitants	182
Autocar interurbain	-	171
Train sur voie LGV	-	3,69
Train sur voie Intercités	Ligne électrifiée	5,6
	Ligne non électrifiée	79,8
Trains sur voie TER	Ligne électrifiée	8,91
	Ligne non électrifiée	79,8

Source : réalisation de l'auteur d'après le site internet de l'ADEME, basecarbone.fr.

Ces facteurs d'émissions, qui sont des moyennes, cachent un nombre important de paramètres qui ne peuvent pas être pris en compte à l'échelle à laquelle est effectuée notre étude. En effet,

comme pour le cas du transport routier automobile, plusieurs éléments peuvent faire varier ces chiffres, comme le taux de remplissage des véhicules, le nombre d'arrêts, la fréquence de déplacement ou encore la motorisation du véhicule (diesel, essence, électrique ou hybride), mais aussi les paramètres de circulation (pente, embouteillage). Ces différents paramètres qui pour la plupart sont observables à l'échelle des agglomérations au travers d'enquêtes de transport propres à chaque autorité organisatrice, ne le sont pas à l'échelle du territoire national.

Les facteurs d'émissions choisis ne constituent qu'une partie de la formule pour le calcul des émissions de CO₂. Une autre partie concerne la distance par laquelle sont multipliés les facteurs d'émissions qui sont établis pour un kilomètre : en gCO₂/km pour le transport individuel et en gCO₂/passager.km pour le transport collectif. Dans la prochaine sous-partie seront présentées les méthodes développées pour calculer les distances domicile-travail dans cette thèse.

1.3.2. Deux méthodes de calcul des distances domicile-travail

La distance parcourue lors des déplacements domicile-travail est le deuxième élément à prendre en compte pour calculer les émissions de CO₂ des déplacements des actifs à l'échelle nationale. Les données de l'INSEE à partir du recensement permettent de connaître les communes de résidence et de travail des individus, mais la base ne renseigne pas sur la distance séparant ces communes. À partir de ces données, trois méthodes classiques permettant de calculer cette distance ont été appliquées. Ces différentes méthodes ont été mobilisées afin de répondre à des problématiques de liaisons et de modes de transport distinctes.

La distance à vol d'oiseau corrigée

La première méthode de calcul des distances est effectuée par une jointure entre les bases de données du recensement et une base de données des coordonnées de chaque centroïde des communes françaises. À partir du code INSEE propre à chaque commune française, sont associées, pour le lieu de résidence et le lieu de travail, les coordonnées du centroïde des communes. L'application de la formule suivante permet d'estimer la distance euclidienne entre les deux communes :

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Avec « D », la distance euclidienne à vol d'oiseau entre la commune de résidence et la commune d'emploi, « x₁ » et « y₁ » les coordonnées dans l'espace de la commune de résidence, « x₂ » et « y₂ » celles de la commune de travail.

La distance euclidienne à vol d'oiseau ne permet pas toutefois d'apprécier la sinuosité du tracé des infrastructures de transport. Les routes sont rarement rectilignes entre les points de départ et d'arrivée. Pour y remédier, nous avons appliqué un facteur de correction simulant ce degré de sinuosité en reprenant les travaux de Jean-Pierre Orfeuill (2000) et ceux d'Anne Aguiléra et Dominique Mignot (2011). Les distances à vol d'oiseau sont alors pondérées par un facteur de 1,3.

La distance intracommunale

La mesure des distances intracommunales est un problème sur lequel la thèse récente de Cyril Pivano (2016) apporte un éclairage intéressant qui montre la variabilité des distances à l'échelle d'une seule commune. En fonction de la répartition des lieux d'emploi et d'habitat à l'intérieur de celle-ci, les distances peuvent être très différentes. Ce niveau de détail ne pouvant toutefois être atteint pour un travail à l'échelle du territoire national, une autre étude permet de calculer plus simplement ces distances intracommunales (Mercier, 2007). L'auteur a en effet mis en lumière une relation entre cette distance intracommunale et le rayon de la commune :

$$\text{Distance intracommunale} = 0,44 + 0,58 * \text{rayon de la commune}$$

Cette relation est établie à l'échelle des aires urbaines au niveau des IRIS (Ilots Regroupés pour l'Information Statistique), soit un niveau plus fin que celui des communes. Deux éléments nous permettent de faire l'hypothèse d'une possible généralisation de cette formule à l'ensemble des communes françaises. D'une part, la grande homogénéité de la taille des communes françaises sur l'ensemble du territoire rend crédible son utilisation de manière uniforme sur l'ensemble du territoire. D'autre part, une grande majorité des déplacements intracommunaux sont réalisés dans les espaces urbains (Hubert, 2009), terrains d'étude de la formule établie par Sylvie Mercier (2007). Pour ces raisons, cette formule a été utilisée dans cette thèse pour le calcul des distances des déplacements domicile-travail intracommunaux.

La distance réseau

Le dernier type de distance utilisé est celui calculé à partir du réseau que nous avons développé sous TransCAD (section 1.2). Comme évoqué précédemment, les réseaux nationaux routier et ferroviaire ont été joints en un seul réseau national. Cela offre l'opportunité de calculer des distances sur ce réseau à partir de l'hypothèse d'une minimisation du temps de transport. Cette

méthode permet d'estimer plus précisément les distances parcourues que la simple application d'un facteur de pondération à la distance euclidienne.

Ces trois méthodes ont été différemment mobilisées pour saisir le plus fidèlement possible les distances réalisées par les actifs. L'idéal aurait été d'utiliser la dernière méthode pour l'ensemble des déplacements, mais deux paramètres nous ont conduits à devoir utiliser les deux autres méthodes pour certains cas particuliers : le mode de transport et le type de liaison. En effet, si pour la majorité des déplacements la distance réseau est utilisée pour calculer les émissions, les deux autres méthodes sont mobilisées dans deux cas spécifiques :

- Pour les actifs intraurbains dont les lieux de résidence et de travail sont situés dans la même commune la distance à vol d'oiseau et la distance réseau calculées sont nulles. Pour ces trajets, la distance intracommunale a donc été utilisée ;

- Une limite de la distance réseau est qu'elle ne permet pas de calculer les distances pour les actifs intraurbains utilisant les transports en commun ferrés à l'intérieur des agglomérations. Les réseaux présents dans le fichier Route 500 ne contiennent pas d'information sur les réseaux ferrés locaux de métro et de tramway. Ne disposant pas de ces données par ailleurs, nous ne pouvons pas calculer les distances réalisées par les actifs utilisant ces modes. La distance à vol d'oiseau corrigée a été mobilisée dans ce cas, permettant d'estimer les distances entre communes dans le cas des déplacements locaux sur les réseaux ferroviaires.

Les distances et les facteurs d'émissions sont les principaux éléments permettant de calculer les émissions de CO₂ pour les déplacements des actifs. Toutefois, ces éléments sont variables d'un mode de transport à l'autre et soulèvent un enjeu méthodologique dans le cas d'une exploration s'appuyant sur les données du recensement. En effet, ces données ne permettent pas d'identifier avec précision le mode de transport utilisé par les actifs, notamment pour la modalité « transports en commun » qui regroupe des usagers du métro, du tramway, de l'autocar ou encore du bus.

1.3.3. Le choix des modes de transport utilisés

Le recensement de la population renseigne uniquement le « mode de transport principal » utilisé par les actifs. Non seulement, la part des déplacements domicile-travail multimodaux est impossible à mesurer derrière l'intitulé « mode de transport principal », mais par ailleurs, parmi les modalités proposées, certaines regroupent plusieurs modes. L'usage des deux roues et les transports en commun sont deux modalités pour lesquelles plusieurs facteurs d'émissions sont

applicables. La modalité « deux-roues » rassemble des personnes qui se déplacent à bicyclette et d'autres qui se déplacent en deux-roues motorisés. La modalité « transports en commun » regroupe quant à elle une diversité de modalités, de fait confondues, encore plus vaste : s'agit-il d'un déplacement en métro, tramway, autobus, autocar ou en train (TER, Intercités ou TGV) ? Ces deux questions se posent à la fois pour les déplacements intraurbains et interurbains.

Pour le cas de l'usage des deux-roues, les résultats de l'ENTD de 2008 fournissent des éléments d'estimation des parts modales entre le vélo et les deux-roues motorisés pour les déplacements domicile-travail (François, 2010). À l'échelle nationale, les résultats montrent que 57 % des actifs recourant à des deux-roues se déplacent en deux-roues motorisés contre 43 % à bicyclette. Ce rapport entre les deux modes de transport a été appliqué pour le cas des déplacements regroupés sous la modalité « deux-roues » présente dans le recensement. Pour le cas des transports en commun, une typologie des liaisons a été construite sur laquelle nous avons fait des hypothèses de probabilité d'utilisation de chaque mode de transport. Le schéma suivant (Figure 23) résume, pour chaque liaison, le ou les modes de transports attribués ainsi que la méthode de calcul de distance utilisée.

Plusieurs choix ont été effectués :

- Pour les déplacements qui ne sont pas internes aux aires urbaines, le calcul des émissions de CO₂ repose sur le modèle opéré sous TransCAD du réseau de transport multimodal. Dans celui-ci nous avons réduit les vitesses de déplacements du réseau routier et maintenu celles du réseau ferroviaire. Ces vitesses réduites permettent de simuler également un réseau de transport en commun de faible vitesse, nommé « autocar lent » ici. Cette vitesse réduite n'a pas d'impact sur le calcul des émissions puisqu'un facteur d'émission unique a été choisi pour les déplacements en autocar. Ce choix a sans doute pour conséquence de réduire le total des émissions des actifs interurbains par rapport aux autres et donc de ne pas surestimer leurs émissions.

- Pour les déplacements internes aux espaces périurbains ou les mettant en relation avec le pôle urbain, un seul mode de transports collectifs a été retenu : l'autocar. Nous faisons ici l'hypothèse que c'est le mode de transport principal utilisé par les actifs au détriment notamment du transport express régional. Ce choix s'inscrit également dans notre volonté de privilégier une surestimation des émissions des déplacements internes aux aires urbaines plutôt que d'affecter des modalités allant dans le sens de notre démonstration.

- Pour les flux dans les agglomérations sans métro ou tramway, ou les flux qui ne sont pas internes aux agglomérations possédant de tels réseaux (au départ ou à destination de l'agglomération), le mode attribué est le bus urbain. Ici encore, nous surestimons sans doute les

émissions de CO₂, notamment pour les liaisons où une partie du trajet est réalisée à l'intérieur du périmètre de l'intercommunalité principale possédant un réseau de transport en commun ferré.

- Le dernier élément à noter concerne les déplacements internes aux AOM (Autorité organisatrice de la mobilité) qui possèdent sur leur territoire un réseau de tramway ou de métro : 28 agglomérations françaises sont dans ce cas au début de l'année 2016⁷⁵. Pour ces trajets, nous avons choisi de partager les distances parcourues, donc les émissions de CO₂, en deux : 50 % pour le métro/tramway et 50 % pour les déplacements en autobus. Cette répartition équitable entre les deux modes de transport a notamment été constatée en Ile-de-France lors de la dernière EGT de 2010 (OMNIL, 2012), mais également dans plusieurs réseaux de province (MEDDE, 2015).

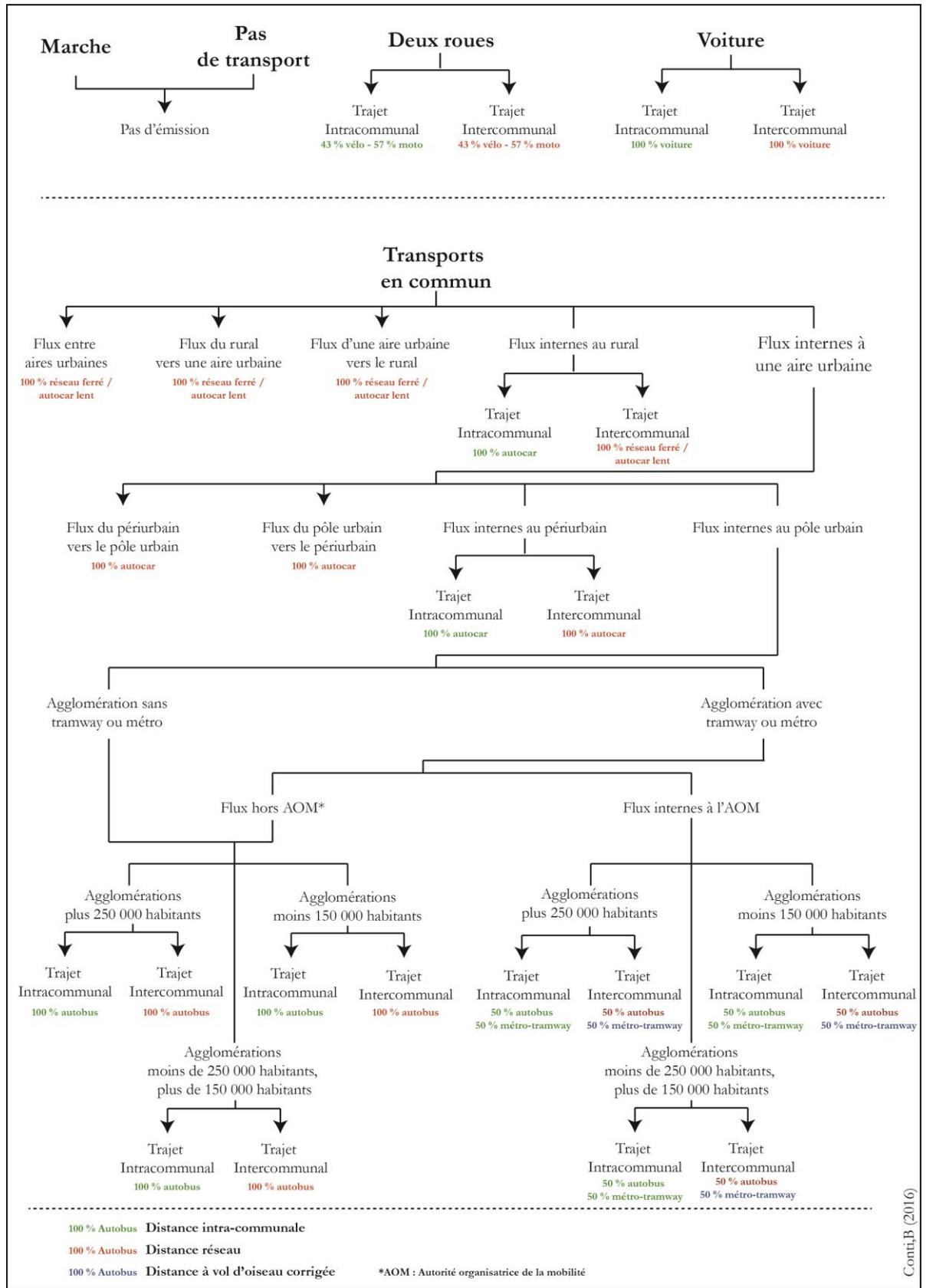
La pratique du covoiturage semble *a priori* un élément important pouvant jouer sur le bilan des émissions du fait de son développement depuis une dizaine d'années, grâce notamment à internet. Toutefois, cette pratique pour le cas des déplacements pendulaires n'apparaît pas comme un enjeu central dans le calcul des émissions.

Le travail de Régis De Solere *et al.* (2012) qui dresse un panorama de la mobilité urbaine en France entre 2000 et 2010 montre que pour les déplacements à destination du lieu d'emploi, « la voiture est utilisée plus souvent qu'en moyenne de façon solitaire : le taux d'occupation des voitures est d'environ 1,3 pour l'ensemble des déplacements, contre moins de 1,1 pour les déplacements vers le travail » (p.70). Un article de presse paru dans le journal Les Échos en septembre 2012⁷⁶ qui revient sur la progression du covoiturage en France et met en avant le fait que cette évolution concerne davantage les autres motifs que celui du domicile-travail. En effet, en septembre 2012, « sur Covoiturage.fr, le trajet moyen est de 330 kilomètres avec quelques "hits" : le Paris-Lyon ou encore le Paris-Rennes, très prisés des internautes. Chez le concurrent Carpooling.fr, le trajet moyen est, lui, de 200 kilomètres »⁷⁶.

⁷⁵ Agglomérations dotées d'un réseau de tramway ou métro en France en 2016 : Angers, Aubagne, Besançon, Bordeaux, Brest, Caen, Clermont-Ferrand, Dijon, Grenoble, Le Havre, Le Mans, Lille-Roubaix-Tourcoing, Lyon, Marseille, Montpellier, Mulhouse, Nancy, Nantes, Nice, Orléans, Paris, Reims, Rennes, Rouen, Saint-Etienne, Strasbourg, Toulouse, Tours, Valenciennes.

⁷⁶ Site des Échos : http://m.lesechos.fr/redirect_article.php?id=0202268907317, consulté 16 mars 2015.

Figure 23 Type de liaisons, mode de transport attribué et méthode de calcul de la distance utilisée



Source : réalisation de l'auteur.

Avec une distance moyenne constatée de 364 kilomètres, une autre étude sur le covoiturage menée pour le compte de l'ADEME par le bureau d'étude et de recherche 6-t (Louvet, 2015) sur le site de Blablacar.fr va dans le même sens : la pratique du covoiturage est peu utilisée pour le motif domicile-travail, « ce type de covoiturage [étant] en général perçu par les “covoitureurs” comme inadapté » (p.4) pour ce motif de déplacement. D'autres travaux qui tentent de mesurer l'importance du covoiturage dans les pratiques liées au travail à l'échelle nationale, grâce notamment à l'ENTD de 2008, attestent également de la faiblesse de cette pratique. Ainsi, dans leur travail d'estimation du potentiel de développement du covoiturage, Fabre *et al.* (2012) prennent comme référence des taux d'occupation des véhicules très bas : « on compte 1,042 personne (100/96) par voiture dans les flux domicile-travail » ; et pour le CGDD (Biotteau, 2014), les taux d'occupation sont compris entre 1,04 et 1,084 personne par véhicule pour les déplacements domicile-travail.

La faiblesse de la pratique du covoiturage pour ce motif de déplacement nous a conduits à faire le choix de ne pas retenir son influence sur le calcul des émissions des CO₂ liées aux déplacements domicile-travail des actifs à l'échelle nationale.

Après avoir créé un réseau d'infrastructures de transport intermodal et calibré les facteurs d'émissions ainsi que les distances parcourues par les actifs, la dernière étape pour estimer la part des émissions de CO₂ des actifs interurbains consiste à prendre en compte les fréquences de déplacement hebdomadaires et quotidiennes pour le motif travail.

1.4. 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'enjeu de cette partie sera de prendre en compte cette fréquence de déplacement dans le calcul des émissions. Nous reviendrons dans un premier temps sur les éléments pouvant jouer sur cette fréquence tels que la pratique du télétravail et du retour au domicile le midi. Nous montrerons que, parmi ces facteurs, le retour au domicile pour la pause méridienne semble un enjeu important (section 1.4.1). Puis la base de données de l'ENTD sera mobilisée (section 1.4.2) afin de calculer les fréquences de déplacement hebdomadaires et quotidiennes des actifs (section 1.4.3).

1.4.1. La prise en compte des fréquences de déplacement

Nous allons revenir dans cette sous-partie sur trois éléments pouvant avoir une influence sur la fréquence de déplacement domicile-travail : la pratique du télétravail, le nombre de jours travaillés dans une semaine et le retour au domicile le midi.

La faible pratique du télétravail

En 2016, la pratique du télétravail semble marginale dans le quotidien des actifs avec « un discours aussi enthousiaste que sont mitigées les observations relatives à sa mise en œuvre dans les entreprises » (Aguiléra *et al.*, 2014b, p.1). Une étude sur les pendulaires en Finlande (Helminen, Ristimäki, 2007) tente de déterminer l'évolution de la place prise par le télétravail en fonction de la distance parcourue par les individus pour se rendre sur leur lieu d'emploi : la probabilité de télétravailler augmente en fonction de la distance parcourue, mais sa pratique ne réduit le total des distances parcourues que de 0,7 %. En France, la place du télétravail révélée par l'ENTD de 2008 est assez faible : pour les actifs qui ont un lieu de travail fixe hors du domicile, la part d'actifs déclarant télétravailler régulièrement est seulement de 3 % et de 5 % pour les télétravailleurs occasionnels (Aguiléra *et al.*, 2014b). La corrélation avec la variable de distance parcourue n'est pas évidente. D'après nos calculs à partir de l'ENTD de 2008, les télétravailleurs parcourent des distances domicile-travail plus importantes que les autres, mais cette différence n'est pas conséquente : 85 % des actifs qui ne télétravaillent pas ont des distances domicile-travail inférieures à 20 km, contre 82 % pour les télétravailleurs. Avec 3 % de télétravailleurs réguliers, cette pratique reste donc assez peu développée en France, en regard d'autres pays européens⁷⁷. Nous avons choisi de ne pas la considérer pour l'étape de calcul des émissions de CO₂.

La fréquence de déplacement hebdomadaire

Les chiffres nationaux des deux dernières enquêtes Emploi du temps menées par l'INSEE au début des années 2000 (Chenu, 2002) et de la dernière, terminée en 2010 (Sautory-Zilloniz, 2014), montrent deux choses : d'une part, le profil d'une semaine avec cinq jours de travail est largement dominant ; d'autre part, certains facteurs peuvent avoir une influence sur cette moyenne, et notamment des variables individuelles telles que l'âge, le genre, le statut professionnel ou encore le niveau de diplôme. D'autres facteurs peuvent également influencer sur cette fréquence comme la pratique du télétravail ou la longueur des déplacements. Au-delà des pratiques de télétravail qui,

⁷⁷ Site internet de l'ANACT (Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail) : <http://www.anact.fr/le-teletravail-ou-en-est-en-2014>

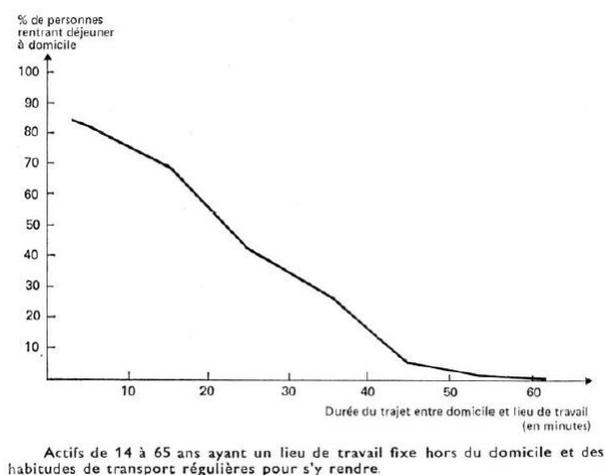
nous l'avons vu, restent marginales en France (Aguiléra *et al.*, 2014b), certains actifs qui réalisent des distances importantes peuvent concentrer leur temps de travail hebdomadaire sur quelques jours. Pour en tenir compte, dans leur travail sur les actifs finlandais qui parcourent des distances importantes, des chercheurs proposent une fréquence hebdomadaire de 4,75 allers-retours par semaine pour les déplacements domicile-travail compris entre 50 et 300 kilomètres (Helminen, Ristimäki, 2007). En France, Jean-Marie Beauvais *et al.* (2007) ont effectué un travail de comparaison de la fréquence hebdomadaire des pendulaires entre Tours et Paris entre les actifs qui réalisent ce déplacement de manière quotidienne (en voiture ou en train) et les actifs qui possèdent un second logement dans la capitale. Pour mesurer la fréquence hebdomadaire, « la tentation était grande de multiplier le nombre de migrants ayant un logement par une fréquence de 5 allers-retours par semaine et de multiplier le nombre de migrants ayant deux logements par une fréquence de 1 aller-retour par semaine » (Beauvais *et al.*, 2007, p.65). Or les entretiens ont montré que les deux populations n'ont pas des fréquences si différentes : certains actifs qui n'ont pas de second logement ne vont travailler qu'une ou deux fois par semaine alors que d'autres qui ont un second logement à Paris effectuent parfois un autre aller-retour en milieu de semaine. Ainsi, « de l'enquête qualitative, il ressort que les fréquences ne varient pas de 1 à 5 entre les birésidents et les monorésidents, mais seulement de 1 à 2,7 » (Beauvais *et al.*, 2007, p.66).

Ce résultat n'est pas généralisable à l'ensemble des actifs interurbains, mais met en lumière des pratiques de mobilité et d'immobilité encore peu connues aujourd'hui. De plus, il illustre le fait que l'incidence de la fréquence de déplacement sur le calcul des émissions de CO₂ peut être importante. En ne prenant pas ce paramètre en compte, les émissions des actifs interurbains seront sans doute surestimées par rapport à leur niveau réel car, *a priori*, ces actifs parcourant des distances plus grandes auront de plus fortes probabilités de se rendre moins souvent sur leur lieu de travail au cours de la semaine. La fréquence de déplacement hebdomadaire a donc été prise en compte dans les mesures d'émissions de CO₂ de cette thèse.

La fréquence quotidienne ou la place de la pause méridienne

Pour le nombre de déplacements quotidiens, c'est la pratique du retour au domicile lors de la pause méridienne qui constitue un enjeu. Cette question du retour au domicile était déjà présente dans l'enquête transport de 1967 (Villeneuve, 1974), avec une pratique à l'époque qui concernait une majorité d'actifs (80 %).

Figure 24 Part des personnes rentrant habituellement déjeuner chez elles selon la durée du trajet du domicile au lieu de travail en 1967



Source : Villeneuve (1974)

Dans son article, André Villeneuve met déjà en avant un facteur clé expliquant cette pratique ou son absence : la durée du trajet entre lieu de résidence et lieu de travail. Plus le temps de déplacement entre ces deux endroits est grand, moindre est la probabilité pour un actif de rentrer à son domicile le midi : « Au-delà de trois-quarts d'heure de trajet, une heure et demie aller-retour (sur une pause de midi qui ne peut guère excéder deux heures, au plus), personne ne déjeune chez soi » (Villeneuve, 1974, p.6) (Figure 24).

En 2008, d'après la dernière ENTD, les retours au domicile le midi ont fortement diminué : ils ne concernent plus que 26 % de toutes les personnes se déplaçant un jour de semaine (Hubert *et al.*, 2012). Le temps de transport est une variable « critique » de ce type de trajet avec « plus de 90 % des individus faisant deux navettes quotidiennes qui ont un temps de trajet inférieur ou égal à 20 minutes » (Hubert *et al.*, 2012, p.41). Au moyen d'une régression, l'auteur cherche à déterminer quelles sont les caractéristiques individuelles qui peuvent expliquer ce comportement. Le mode de transport utilisé (corrélé avec le temps de transport) et la catégorie socioprofessionnelle ressortent de son analyse comme des variables explicatives de premier plan. Si elle tend à diminuer, la pratique du retour à domicile pour la pause méridienne est encore une pratique importante pour certains actifs et joue un rôle significatif dans le calcul des émissions de CO₂ puisqu'elle peut doubler le nombre de trajets quotidiens domicile-travail, surtout pour les courtes distances. Sa prise en compte apparaît nécessaire en regard du poids final qu'elle peut prendre dans notre calcul.

La pratique du covoiturage et celle du télétravail ne seront donc pas prises en compte dans notre analyse alors que les fréquences de déplacement quotidiennes et hebdomadaires feront l'objet d'un travail de modélisation. Or, évaluer l'importance de ces facteurs à partir des fichiers du recensement de la population est aujourd'hui impossible, car ces pratiques ne sont pas répertoriées lors de l'enquête. Pour pouvoir approcher au mieux ces deux variables et les considérer dans nos calculs, la base de données de l'ENTD de 2008 a été mobilisée.

1.4.2. L'ENTD comme source sur les fréquences de déplacement domicile-travail

La dernière ENTD, datée de 2008, repose sur une collecte d'information en deux phases. La première a été menée auprès de 20 000 ménages, soit environ 45 000 individus, alors que pour la seconde, où un individu de chaque ménage est tiré au sort, environ 18 500 individus ont été interrogés. À partir de ces deux visites, dix-neuf fichiers rassemblent des informations sur, notamment, la mobilité des individus et les caractéristiques de leur(s) véhicule(s). Cette enquête fournit un panorama représentatif de la mobilité des Français et une description de trois types de déplacements : la mobilité régulière (domicile-travail, domicile-lieu d'étude ou de garde d'enfants), enquêtée lors de la première visite, la mobilité locale centrée autour du domicile ayant une distance inférieure à 80 kilomètres, enquêtée lors de la seconde visite, et enfin la mobilité longue distance pour les déplacements à plus de 80 kilomètres de la résidence principale, également enquêtée lors de la seconde visite. C'est le premier type de mobilité qui nous intéresse ici, celle portant sur la mobilité pendulaire des actifs français.

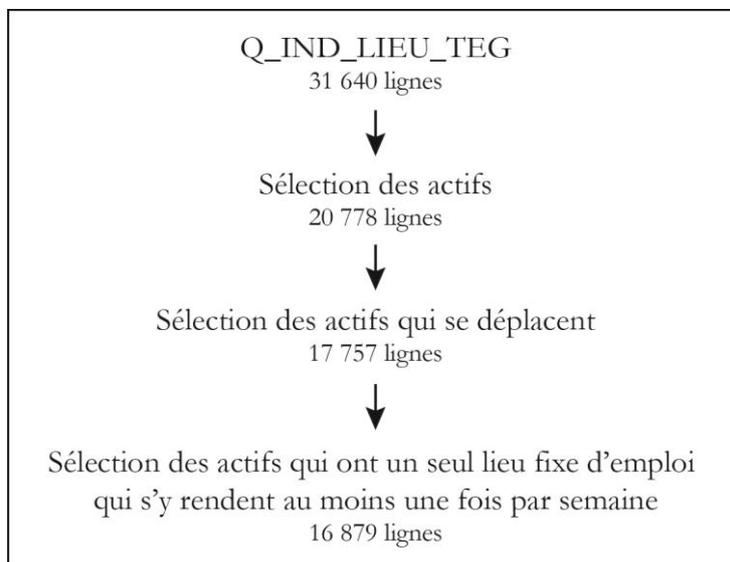
Parmi tous les fichiers disponibles dans l'ENTD, deux ont été mobilisés afin de modéliser la fréquence de déplacement des individus pour leur trajet vers leur lieu d'emploi :

- « Q_IND_LIEU_TEG » : ce fichier fournit l'ensemble des déplacements domicile-travail (mais aussi, domicile-études et domicile-garderie) des individus enquêtés lors de la première visite ;
- « Q_TCL_INDIVIDU » : cette base de données contient les informations sociodémographiques sur les individus.

Dans le premier fichier (Q_IND_LIEU_TEG), les déplacements référencés rassemblent l'ensemble des trajets domicile-travail, domicile-étude et domicile-lieu de garderie effectués la veille du jour d'enquête par les membres du ménage âgés de 6 ans et plus. À partir de ce fichier,

plusieurs sélections successives ont été opérées afin de disposer d'un fichier permettant de calculer les fréquences souhaitées (Figure 25).

Figure 25 Sélection des individus de l'ENTD pris en compte dans le modèle de fréquence



Source : réalisation de l'auteur.

Trois sélections principales ont été opérées à partir du fichier initial de l'ENTD de 2008 :

- Seuls les trajets domicile-travail des actifs ont été conservés, car ce sont eux qui correspondent aux déplacements référencés dans le fichier Mobilité Professionnelle du recensement fourni par l'INSEE.

- Les indications concernant la fréquence de déplacement ne sont pas renseignées pour l'ensemble des actifs : pour ceux qui travaillent à leur domicile ou qui possèdent un lieu variable d'emploi, cette information n'est pas disponible. En effet, l'ENTD offre la possibilité de décrire précisément l'état du lieu de travail : un lieu fixe unique et hors du domicile, plusieurs lieux fixes hors du domicile, un ou plusieurs lieux fixes où l'actif se rend moins d'une fois par semaine, un lieu variable ou encore un lieu de travail au domicile. Seuls les individus pour lesquels les variables de fréquence de déplacement quotidiennes et hebdomadaires sont renseignées ont donc été conservés. Cette étape a réduit la taille de l'échantillon de 20 778 actifs à 17 757.

- La dernière sélection concerne les individus possédant deux lieux d'emplois, pour lesquels la fréquence de déplacement est disponible pour ces deux localisations. Pour des raisons de compatibilité avec les fichiers du recensement qui ne fournissent l'information que sur le lieu principal de travail, seul a été retenu le premier lieu de travail déclaré par les actifs qui possèdent plusieurs lieux fixes de travail (où ils se rendent au moins une fois par semaine). Cette dernière étape nous

fournit un échantillon final de 16 879 actifs, ce qui représente 20,7 millions d'actifs en considérant les pondérations du fichier de l'ENTD.

Une dernière étape a permis de disposer des variables sociodémographiques des individus. Notre fichier final, contenant les déplacements domicile-travail, a été joint avec celui des individus interrogés (Q_TCM_INDIVIDU) grâce à l'identifiant de l'individu disponible dans les deux bases de données. Cette étape permet de rattacher pour chaque trajet les caractéristiques sociodémographiques des individus mobilisées pour l'étape de modélisation des fréquences de déplacement (l'âge, le temps de travail, le niveau de diplôme, le genre et la profession et catégorie socioprofessionnelle).

1.4.3. Les modèles de fréquence des déplacements domicile-travail

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

La fréquence de déplacement hebdomadaire

Afin de disposer de l'information de fréquence de déplacement hebdomadaire, un modèle multinomial ordonné a été créé et opéré sous le logiciel R. Ce type de modèle est utilisé dans le cas où la variable modélisée (ici la fréquence de déplacement) possède plus de deux modalités et où ces différentes modalités peuvent être ordonnées. La fréquence de déplacement hebdomadaire disponible dans l'ENTD (variable « V1_BTRAVBARF ») est une variable numérique pouvant prendre des modalités allant de 1 à 7. Certaines modalités étant très fréquentes et d'autres non, nous avons fait le choix de limiter le nombre de variables à modéliser à quatre en prenant la moyenne pondérée des classes regroupées. Ainsi, de sept modalités possibles (nombre de jours par semaine où un individu se rend sur son lieu d'emploi), nous passons à quatre : 2,5 fois (pour 1, 2 et 3), 4 fois, 5 fois ou 6,1 fois (pour 6 et plus). Après plusieurs tests visant à prendre en compte les variables ayant *a priori* une influence sur la fréquence de déplacement hebdomadaire et à limiter au maximum les corrélations entre les différentes variables explicatives, six variables ont été retenues : l'âge de l'actif (cinq modalités) ; la distance à vol d'oiseau du trajet (huit modalités) ;

le mode de transport utilisé (quatre modalités) ; le temps de travail (trois modalités) ; le niveau de PCS-diplôme (douze modalités) ; le genre (deux modalités).

Les modalités de ces six variables permettant d'estimer la fréquence de déplacement ont également fait l'objet de regroupements en différentes classes (Annexe 9). Cette étape est nécessaire car les modalités prises par des variables communes au recensement et à l'ENTD diffèrent d'une base à l'autre. Or, nous voulons qu'elles soient compatibles afin de pouvoir réaliser une jonction entre les deux fichiers. Par exemple, la variable relative au mode de transport connaît cinq modalités dans le recensement alors que dans l'ENTD cette variable peut en prendre plus de trente. Le niveau de diplôme dans le recensement est regroupé en onze modalités alors qu'il en comporte quatorze dans l'ENTD. Une seule nouvelle variable a été créée, regroupant deux variables : le niveau de diplôme et de la catégorie socioprofessionnelle permettant d'obtenir de meilleurs résultats sur le profil socioéconomique des actifs. Pour chacune des six catégories socioprofessionnelles, deux modalités ont été créées en fonction du niveau de diplôme (Annexe 9). À partir de ces six variables, le modèle multinomial ordonné permet de définir les probabilités des quatre modalités de fréquence pour chacune des 11 520 combinaisons théoriques possibles. À chaque combinaison, une probabilité d'effectuer 2,5 ; 4 ; 5 ou 6,1 déplacements par semaine est estimée (la somme des probabilités de chaque combinaison est égale à 1). Une nouvelle colonne est créée afin d'estimer une seule fréquence pour chaque combinaison : la somme des produits de chaque probabilité avec sa modalité permet finalement de disposer d'une fréquence pour chaque combinaison. Par exemple, Julie, une femme cadre, diplômée au moins d'un master, se déplaçant en automobile, travaillant à temps complet, ayant entre 20 et 30 ans dont le lieu de travail est situé entre 20 et 30 km de son lieu de résidence, se rend en moyenne 4,82 fois par semaine sur son lieu de travail selon notre modélisation (Tableau 16).

Tableau 16 Probabilités en sortie du modèle de fréquence hebdomadaire

Fréquence hebdomadaire de déplacement	2,5	4	5	6,1
Probabilités issues du modèle	0,041	0,125	0,791	0,043
Ex. de la fréquence calculée pour Julie	$(2,5*0,041)+(4*0,125)+(5*0,791)+(6,1*0,044)=4,82$			

Source : calculs et réalisation de l'auteur à partir des données de l'ENTD (2008).

Une fois ces probabilités disponibles pour l'ensemble des combinaisons, une nouvelle variable est créée dans le fichier du recensement dont les modalités correspondent aux différentes combinaisons du modèle. C'est par ces combinaisons ou « clés » que nous effectuons notre

jonction finale avec le fichier du recensement, permettant ainsi de disposer pour chaque individu du recensement d'une estimation de la fréquence de déplacement hebdomadaire entre son lieu de résidence et son lieu d'emploi.

La fréquence de déplacement quotidienne

La méthode utilisée afin de fournir une estimation de la fréquence de déplacement quotidienne entre le domicile et le lieu de travail pour les individus du recensement est similaire à celle décrite précédemment pour le cas de la fréquence de déplacement hebdomadaire. Les mêmes étapes ont été suivies pour obtenir cette estimation.

La fréquence de déplacement quotidienne disponible dans l'ENTD (« V1_BTRAVNBARJ ») mesure le nombre d'allers-retours par jour de déplacement vers le lieu d'emploi. Même si la plupart des observations prennent les valeurs 1 ou 2 pour le nombre d'allers-retours quotidiens, certains actifs ont des fréquences de déplacement plus élevées. Ici, deux directions peuvent être prises : soit regrouper l'ensemble des modalités égales ou supérieures à 2 et leur affecter la modalité de 2 allers-retours par jour de déplacement, soit garder les modalités 1 aller-retour et 2 allers-retours et faire une moyenne pondérée des autres modalités et leur affecter la valeur de cette moyenne (à l'image de ce qui a été fait pour la fréquence hebdomadaire). Afin de choisir, deux régressions logistiques emboîtées ont été menées pour mesurer la différence entre les actifs qui réalisent 2 allers-retours par jour et ceux qui en réalisent plus de deux. Une première régression comparant les modalités 1 aller-retour et 2 allers-retours ou plus a été calculée, puis une seconde comparant les modalités 2 allers-retours et 3 allers-retours ou plus. Les résultats attestent de différences entre ces deux dernières séries de modalités candidates et conduisent à la construction d'une troisième modalité. Celle-ci est la moyenne pondérée des modalités ayant une valeur égale ou supérieure à 3 allers-retours par jour de déplacement. Ainsi, parmi les multiples modalités prises par la variable de fréquence de déplacement quotidien (nombre d'aller-retour par jour de déplacement), trois modalités sont retenues : 1 aller-retour, 2 allers-retours et 4,2 allers-retours.

La fréquence quotidienne est modélisée de façon identique à la fréquence hebdomadaire, en reprenant les six variables utilisées dans le premier modèle. Pour chaque combinaison théorique des trente-quatre modalités des six variables, trois probabilités sont estimées par le modèle en fonction des trois modalités décrites précédemment. À partir de ces trois probabilités est calculée une seule probabilité pour chaque combinaison en effectuant, comme précédemment, la somme des produits de chaque probabilité par la fréquence correspondante. Par la même « clé » de

liaison, une jonction est effectuée entre cette base de données et le recensement, permettant d'estimer une fréquence quotidienne pour chaque actif présent dans le recensement.

À l'issue de ce travail, nous disposons donc d'un réseau de transport intermodal à l'échelle nationale qui nous a permis de calculer une estimation des émissions de CO₂ des déplacements domicile-travail de chaque actif du recensement. Des fréquences hebdomadaires et quotidiennes ont également été estimées pour chaque actif afin de mesurer avec davantage de précisions leurs émissions. Ces trois étapes nous permettent maintenant de quantifier la part des actifs interurbains dans le volume total des émissions de CO₂ produites pour les déplacements domicile-travail des actifs des aires urbaines grandes et moyennes en France.

2. Mobilité interurbaine pendulaire : 9 % des actifs contribuent à hauteur de 29 % des émissions des déplacements

Grâce à ce travail préparatoire, 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 de CO₂ liées à la mobilité pendulaire dans ces espaces. Dans cette deuxième partie de ce chapitre, nous détaillerons cet important résultat, en déclinant notamment nos estimations en fonction des principales variables mobilisées. Nous discuterons par exemple les poids respectifs des différents modes de transport dans ce résultat ou les différences en fonction des distances parcourues (section 2.1). Dans une seconde sous-partie, le rôle des différents profils d'actifs dans ces émissions sera souligné et mis en regard avec des groupes d'actifs intraurbains, notamment périurbains (section 2.2)

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

Le rôle important des interurbains dans les émissions de CO₂

À la question de la hauteur à laquelle les navetteurs interurbains contribuent aux émissions de CO₂ à l'échelle du territoire national, nos résultats montrent que leur poids est loin d'être anecdotique. En supposant que les actifs interurbains et intraurbains réalisent le même nombre de déplacements, les 9 % de navetteurs interurbains contribuent à hauteur d'un tiers de ces émissions (33 %). En prenant en compte l'ensemble des éléments décrits dans la partie précédente et notamment les fréquences de déplacement, nous estimons que les interurbains

contribuent à hauteur de 29 % des émissions de CO₂ des déplacements domicile-travail des actifs vivant dans les aires urbaines françaises grandes et moyennes hors Paris (Tableau 17). Les interurbains émettent donc en moyenne par semaine quatre fois plus de CO₂ par rapport aux actifs interurbains et constituent, selon nous, un enjeu très important pour les politiques publiques de réductions de ces émissions.

Tableau 17 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 CO₂/semaine)	Part des émissions de CO₂ pour un trajet	Part des émissions de CO₂ pour une semaine
Intraurbains	91 %	16 581	67 %	71 %
Interurbains	9 %	69 198	33 %	29 %

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

La prise en compte des fréquences de déplacement pour le calcul des émissions a une forte importance puisqu'elle fait chuter de 4 points la part des interurbains dans les émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail de l'ensemble des actifs. De même, il peut paraître 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 %). En effet, avec des distances moyennes plus grandes et un usage plus important de l'automobile, nous pouvions nous attendre à ce que leur poids dans le bilan des émissions soit supérieur à leur poids dans le total des kilomètres parcourus. Cet écart est ici 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 émissions 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 au plus bas. 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. À l'inverse, les actifs qui résident et travaillent dans la même aire urbaine ont de plus fortes probabilités de parcourir une proportion plus importante de tronçons uniquement situés dans les pôles urbains, là 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.

La voiture particulière, principale émettrice des émissions de CO₂

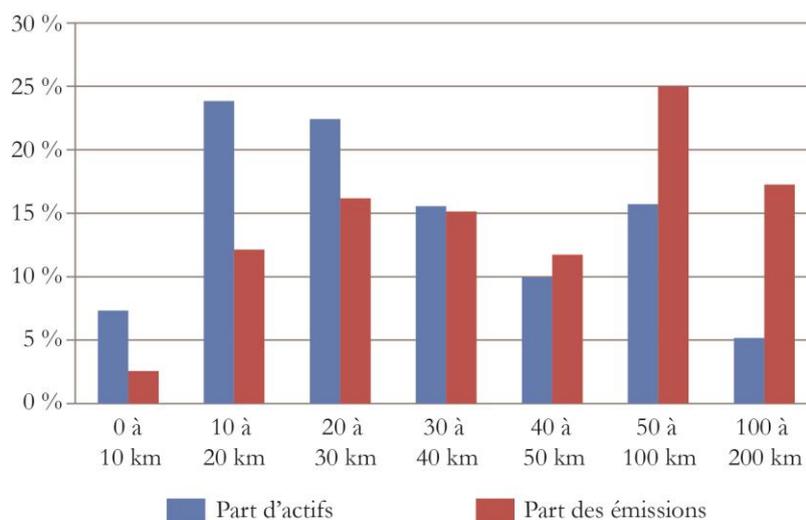
Parmi l'ensemble des modes de transport utilisé par les actifs, la voiture particulière tient un rôle central. Elle est utilisée en moyenne par 88 % des actifs interurbains. Son rôle dans les émissions de CO₂ est encore plus important puisque ce mode de transport à lui seul est responsable de 95 % des 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. Cet élément est un argument fort justifiant la partie II de ce travail de thèse qui a pour objectif de réduire le volume de ces émissions pour les déplacements domicile-travail des actifs interurbains en France.

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 gCO₂/semaine, alors que ceux qui ont une distance moyenne cinq fois plus grande (entre 40 et 50 km) émettent 3 fois plus de CO₂ (80 000 gCO₂/semaine), et que ceux qui parcourent entre 100 km et 200 km émettent en moyenne 9,5 fois plus de CO₂ (230 000 gCO₂/semaine).

Ainsi, 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 26). Les 21 % d'actifs interurbains qui se déplacent au-delà de 50 km pour aller au travail produisent 42 % des émissions des navettes interurbaines. L'effet cumulé de la réalisation de grandes distances et d'un usage important de l'automobile pour ces actifs (environ 80 % se déplacent en voiture), conduit à des niveaux individuels d'émissions très élevés.

Figure 26 Répartition des actifs interurbains et de leurs émissions de CO₂ en fonction de classes de distances



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

Les cadres interurbains, qui parcourent en moyenne des distances plus grandes que les autres PCS (46 km), sont surreprésentés dans ces émissions par rapport à leurs poids dans la population active des actifs interurbains des aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris). Ils représentent 20 % des actifs interurbains, mais comptent pour 23 % du volume d'émissions des interurbains en émettant en moyenne 81 000 gCO₂/semaine contre 59 000 gCO₂/semaine pour les employés⁷⁸.

Une mobilité pendulaire compensée par d'autres déplacements ?

Il serait intéressant de pouvoir mesurer l'impact de cette forme de mobilité sur les autres motifs de déplacement et de pouvoir établir un chiffrage plus global des émissions de CO₂ de ces actifs, à l'image de ce qui a pu être constaté sur la mobilité longue distance et la structuration des activités autour du lieu de résidence et de travail pour les actifs qui réalisent de grandes distances à l'intérieur des agglomérations (Boulaïbal, 2001 ; Aguiléra *et al.*, 2010). De même, il serait judicieux de prendre en considération la mobilité de loisirs qui peut jouer comme un mécanisme de compensation des émissions, avec des actifs qui émettent beaucoup pour leurs déplacements liés à l'emploi et très peu pour ceux liés à leurs loisirs (Orefuil, Soleyret, 2002 ; Holz-Rau *et al.*, 2014). Toutefois, les études sur ces sujets mettent fortement en avant l'importance du lieu de

⁷⁸ En dehors du cas des cadres (23 % des émissions de CO₂ liées aux déplacements interurbains, 20 % des actifs interurbains), la répartition du volume des émissions de CO₂ liées aux déplacements des actifs interurbains par PCS est fortement corrélée à leur distribution dans la population active interurbaine : les professions intermédiaires, 31 % des émissions (31 % des interurbains) ; les employés, 18 % des émissions (21 % des interurbains) ; les ouvriers, 23 % des émissions (24 % des interurbains) ; les agriculteurs et artisans, commerçants et chefs d'entreprise regroupent 5 % des émissions (4 % des interurbains).

résidence sur les différences de pratiques pour ces deux 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 %). Nous faisons donc l'hypothèse que pour ces actifs interurbains, le mécanisme de « compensation » entre mobilité domicile-travail de longue distance et mobilité de loisirs n'est sans doute pas aussi direct.

2.2. 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 pollutions

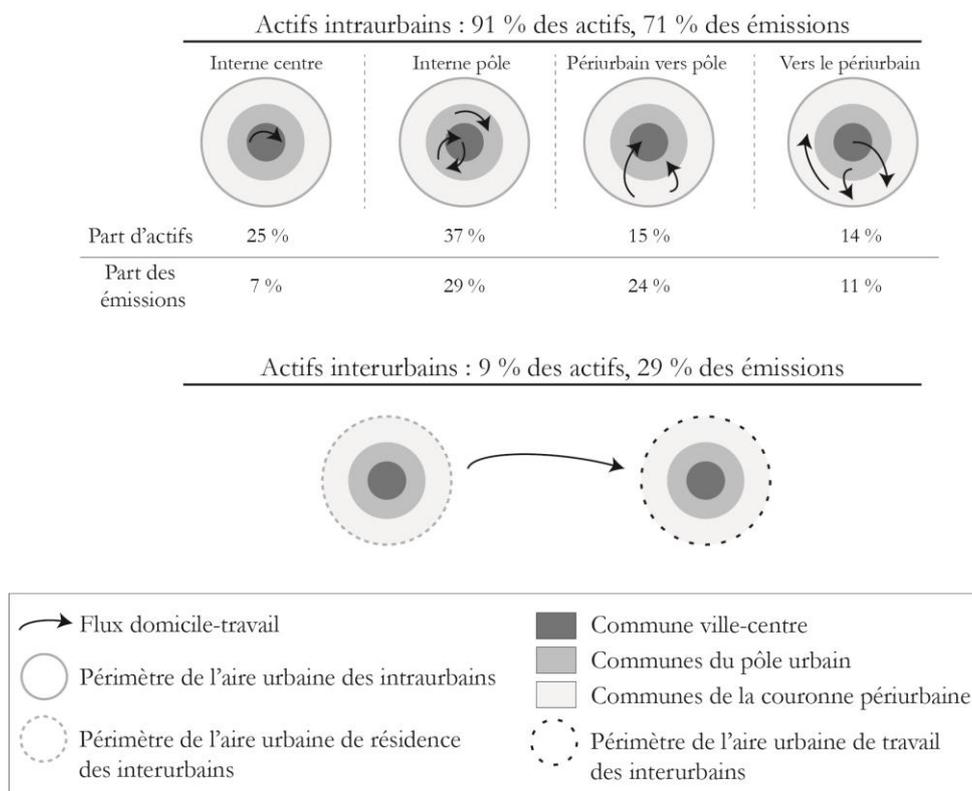
Les interurbains émettent deux fois plus de CO₂ que les périurbains

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 choses :

- 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 mis en avant pour leurs 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 gCO₂/semaine contre 6 000 gCO₂/semaine), et deux fois plus qu'un actif qui vit et travaille dans le même pôle urbain (16 000 gCO₂/semaine). La répartition des émissions au sein des actifs vivant et travaillant dans une même aire urbaine montre bien le poids relatif des périurbains par rapport aux autres profils d'actifs (Figure 27). 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 domicile-travail.

Figure 27 Répartition des émissions de CO₂ des déplacements domicile-travail entre les actifs interurbains et les quatre profils d'intraurbains



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

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 gCO₂/semaine en moyenne pour leurs déplacements domicile-travail, contre 34 500 gCO₂/semaine pour les périurbains intraurbains, soit deux fois moins. Souvent évoqués pour leurs poids dans les émissions de GES, les périurbains ne sont pas les seuls gros 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. Ces chiffres cachent toutefois une diversité de profils derrière le terme d'interurbain. La mobilité interurbaine, nous l'avons établi (Chapitre 2), présente une diversité de profils : les actifs interurbains ne réalisent pas tous le même type de liaisons. Dès lors, une analyse des émissions par profils d'interurbains nous apparaît porteuse d'enseignements, tout comme une comparaison à profils de liaison équivalents entre interurbains et intraurbains.

Les « intercitadins » émettent onze fois plus que les intraurbains à profil équivalent

Le découpage des actifs en quatre profils à partir de leurs déplacements domicile-travail permet de deux points : d'une part, les différences d'émissions de CO₂ entre ces profils pour le cas des interurbains sont minimales ; d'autre part, la comparaison de la répartition des émissions à profils de liaison équivalents entre interurbains et intraurbains montre en revanche des différences importantes, notamment pour ceux qui vivent et travaillent dans les communes villes-centres (Tableau 18).

Tableau 18 Répartition des émissions de CO₂ des déplacements domicile-travail des actifs interurbains et intraurbains en fonction des profils de mobilité

Actifs interurbains					
	« Intercitadins »	« Interpolitains »	« Périurbains »	« Centrifugés »	Ensemble
Part d'actifs	20 %	44 %	25 %	11 %	100 %
Part des émissions	20 %	43 %	26 %	11 %	100 %
Émissions (gCO₂/semaine)	71 631	67 542	71 200	66 845	69 198

Actifs intraurbains					
	Interne centre	Interne pôle	Périurbain vers pôle	Vers le périurbain	Ensemble
Part d'actifs	27 %	41 %	16 %	16 %	100 %
Part des émissions	10 %	41 %	34 %	15 %	100 %
Émissions (gCO₂/semaine)	6 139	16 619	34 508	16 205	16 581

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

Les quatre profils d'actifs interurbains ne sont pas vraiment discriminants sur la répartition des émissions de CO₂ parmi l'ensemble des navetteurs interurbains. Que ce soit pour les kilomètres parcourus ou les émissions de CO₂, le poids des différents profils est similaire à leur part respective parmi l'ensemble des navetteurs interurbains. Les profils « intercitadins » et « interpolitains » où les actifs vivent et travaillent dans des pôles urbains distincts rassemblent 64 % des individus, responsables de 65 % des distances, de 64 % des émissions de CO₂ par trajet et de 63 % de ces mêmes émissions à l'échelle de la semaine. Toutefois, c'est parmi les « intercitadins » que se retrouvent en forte proportion les actifs qui parcourent des distances supérieures à 50 km : 28 % d'entre eux ont ce profil. Pour les autres profils (« périurbains » et

« centrifugés »), leurs participations aux émissions de CO₂ sont similaires à leur poids parmi les navetteurs interurbains. L'usage massif de la voiture pour l'ensemble des profils d'interurbains explique ce résultat.

La comparaison des quatre profils entre les interurbains et les intraurbains attestent de différences importantes. À profil équivalent, ce sont les actifs au profil périurbain qui ont des résultats les plus proches : les « péripériurbains » émettent en moyenne deux fois plus de CO₂ que leurs homologues intraurbains (71 200 gCO₂/semaine contre 34 500 gCO₂/semaine). Les « interpolitains » et les « centrifugés » pour leur part émettent quatre fois plus de CO₂ pour leurs déplacements domicile-travail que les actifs qui réalisent le même type de liaison à l'échelle intraurbaine. En revanche, c'est pour les actifs « intercitadins » que la différence est la plus forte par rapport aux actifs qui réalisent le même type de déplacement à l'échelle intraurbaine (ceux qui vivent et travaillent dans la commune ville-centre). Les « intercitadins » émettent onze fois plus de CO₂ que ces intraurbains qui effectuent leur déplacement dans la ville-centre : les premiers émettent en moyenne 71 600 gCO₂/semaine, contre un peu plus de 6 000 gCO₂/semaine les seconds. À profil équivalent, ce sont donc les « intercitadins » qui semblent les plus éloignés de leurs homologues intraurbains du fait de déplacements sur de plus longues distances, mais surtout du fait d'un usage beaucoup plus important de la voiture pour leurs déplacements pendulaires. En effet, à profil équivalent, si la distance parcourue explique une part importante des variations de niveau d'émission de CO₂, les différences de choix modaux entre intraurbains et interurbains et le fait que pour ces derniers l'usage de l'automobile soit plus important pour l'ensemble de profils, renforcent ces variations.

Conclusion du chapitre 3

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 création d'un réseau d'infrastructures intermodal à l'échelle nationale à partir de la base de données Route 500, le calcul de facteurs d'émissions de CO₂ pour les différents modes de transport, et enfin l'estimation de fréquences de déplacement quotidiennes et hebdomadaires à partir de l'ENTD de 2008. Pour la première étape, un calibrage classique des vitesses du réseau routier permet d'estimer les émissions pour ce mode de transport. Associées à ce réseau routier, trois couches de tronçons ferroviaires associés à des vitesses distinctes permettent de construire un

réseau de transport intermodal à l'échelle du territoire national et de pouvoir estimer notamment les émissions des actifs se déplaçant en transport en commun. La seconde étape a consisté en un calibrage des outils mobilisés pour le calcul des émissions de CO₂, prenant en compte différentes manières de calculer la distance entre le lieu de résidence et le lieu de travail, et affinant la prise en compte de la diversité des modes de transport utilisés en fonction des multiples liaisons possibles (en lien avec les différents types de forme urbaine et les périmètres de pertinence des modes). Enfin, la dernière étape a consisté en un travail de modélisation des fréquences de déplacement (quotidiennes et hebdomadaires) en fonction de caractéristiques individuelles et du type de déplacements à partir de la base de données de l'ENTD de 2008.

Le résultat important de ce chapitre concerne le poids des interurbains dans le volume des émissions de CO₂ des déplacements domicile-travail des actifs urbains français. 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 dans une aire urbaine et travaillent dans une autre. 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 intraurbains au profil périurbain (ceux qui vivent dans une commune périurbaine et travaillent dans le pôle urbain associé). Les comparaisons des différents profils d'actifs entre interurbains et intraurbains permettent de souligner les émissions importantes des « intercitadins » qui émettent en moyenne onze fois plus de CO₂ par semaine pour leurs déplacements domicile-travail que les intraurbains au profil comparable.

L'usage intensif de l'automobile pour les déplacements domicile-travail des interurbains semble au cœur de la problématique de ces émissions. Indépendamment du type de profil d'actif, cet usage intensif induit des niveaux d'émissions importants en regard des émissions des déplacements des actifs intraurbains. Ces résultats interrogent donc quant aux possibilités de réduire ces émissions de CO₂ et conduisent aux réflexions qui seront menées dans la partie suivante sur les politiques pouvant être mises en œuvre pour diminuer l'impact environnemental de ces déplacements domicile-travail.

Conclusion de la partie I

La quantification et la qualification à l'échelle nationale des actifs interurbains font apparaître des éléments nouveaux de la mobilité pendulaire en France. Nous avons choisi dans cette thèse de centrer notre recherche sur des actifs peu étudiés : les interurbains résidant et travaillant dans des aires urbaines grandes et moyennes hors région parisienne. Ils représentent 9 % de l'ensemble des actifs résidant et travaillant dans les aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris) et ont des caractéristiques sociodémographiques très diverses, notamment en matière de genre, de classes d'âge ou de professions et catégories socioprofessionnelles. Les caractéristiques de leurs déplacements domicile-travail sont différentes de celles des grands mobiles, puisqu'ils parcourent des distances plus courtes que ces derniers, en moyenne 37 km, mais qui reste plus de deux fois plus grande que la distance domicile-travail moyenne des actifs français (François, 2010).

À partir des liaisons entre les types de communes de résidence et d'emploi, une typologie de ces actifs en quatre groupes a été proposée et permet de souligner la diversité des interurbains. Ceux qui se déplacent entre communes villes-centres de deux aires urbaines, nommés dans cette thèse les « intercitadins », centraux dans les études sur les interurbains, représentent seulement 20 % des actifs interurbains. Toutefois, cette diversité de profils n'est pas associée à des pratiques de mobilité distinctes : l'usage de la voiture particulière est une caractéristique très largement partagée par ces quatre profils d'interurbains. La part modale de l'automobile est de 77 % pour les « intercitadins », 88 % pour les « interpolitains », et 93 % pour les « périurbains » et les « centrifugés ».

Ces grandes distances kilométriques et l'usage important de l'automobile nous ont conduits dans le chapitre 3 à quantifier les émissions de CO₂ des navetteurs interurbains des aires urbaines grandes et moyennes et à les comparer à celles des actifs intraurbains, et notamment les périurbains. Par un travail de modélisation suivant une méthodologie originale développée dans le cadre de cette thèse, nous avons estimé que les 9 % d'actifs identifiés par le caractère interurbain de leur mobilité domicile-travail contribuent à hauteur de 29 % du volume des émissions de CO₂ liées aux déplacements pendulaires de l'ensemble des actifs des espaces étudiés.

Avec des distances parcourues en moyenne élevées et un usage presque exclusif de l'automobile, il apparaît que les interurbains sont responsables d'un volume d'émissions de CO₂ bien plus important que leur poids dans la population active des aires urbaines grandes et moyennes. La mobilité domicile-travail de ces actifs renvoie donc à des enjeux forts en matière de politique publique environnementale. La quantification et l'analyse des potentiels de réduction des

émissions de CO₂ associées à cette mobilité constituent les objectifs principaux de la seconde partie de cette thèse.

Partie II

Les déplacements des actifs interurbains : le
report modal comme levier de réduction des
émissions de CO₂

Introduction de la partie II

L'identification des déplacements participant de façon importante aux émissions de CO₂ est actuellement un enjeu fort des politiques publiques visant à réduire l'impact de l'activité humaine sur le changement climatique. Parmi l'ensemble des déplacements liés au travail en France, ceux des actifs périurbains sont souvent mis en avant par les chercheurs et les acteurs politiques pour leur responsabilité dans le niveau d'émission du fait d'un usage important de l'automobile sur de grandes distances. Plusieurs leviers, actions politiques ou propositions de chercheurs ont alors émergé afin de réduire ces émissions.

La première partie de ce travail de thèse a permis de mettre en lumière le rôle des déplacements des actifs interurbains dans le volume de ces émissions de CO₂. L'objectif de cette seconde partie est de transposer les réflexions visant à réduire ces émissions à l'échelle de l'aire urbaine pour le cas spécifique des déplacements des actifs interurbains. Nous chercherons donc à mesurer des potentiels de réduction de ces émissions selon différents leviers d'actions. Deux hypothèses seront testées dans cette seconde partie : d'une part, nous supposons que les dispositifs que nous avons choisi de mesurer ont des effets variables sur le potentiel de réduction des émissions de CO₂, d'autre part que le facteur spatial, à différentes échelles, est un élément explicatif de la différenciation de ces potentiels. Par facteur spatial nous entendons deux choses : le type de liaison des actifs interurbains en fonction des quatre profils identifiés dans le chapitre 2 ; la distribution et l'organisation des échanges interurbains à l'échelle des systèmes urbains.

En mobilisant des recherches se rattachant principalement à la géographie et à l'économie, notre démonstration visant à tester ces deux hypothèses sera structurée en trois chapitres.

Dans le chapitre 4, nous enrichirons l'analyse des caractéristiques de déplacements des actifs interurbains par la mobilisation de deux nouvelles variables issues du travail de modélisation du chapitre 3 : le temps et le coût financier de déplacement pour chaque actif. À partir de ces deux variables, nous détaillerons le travail de scénarisation qui a été mis en place afin de pouvoir quantifier les effets des mesures visant à réduire les émissions de CO₂, testées dans le cadre de cette thèse.

Le chapitre 5 vise à explorer les deux hypothèses proposées dans cette seconde partie. À l'aide d'un modèle de choix discret permettant de quantifier les effets des scénarios proposés dans le chapitre 4, nous analyserons leurs conséquences sur la réduction des émissions de CO₂. En reprenant les profils proposés à la fin du chapitre 2, nous montrerons qu'ils influencent les

différents potentiels calculés. Les conséquences sociales de ces mesures seront également soulignées, notamment en termes d'impact sur le coût financier de déplacement.

Dans le chapitre 6, nous testerons une seconde fois notre seconde hypothèse, mais à une échelle d'analyse différente : celle des systèmes urbains. En prenant comme grille de lecture ce périmètre fonctionnel proposé par plusieurs géographes, nous mesurerons les effets des scénarios sur plusieurs systèmes urbains. L'enjeu sera également de croiser ces périmètres fonctionnels avec les périmètres institutionnels afin d'apporter un éclairage sur les acteurs pouvant mettre en œuvre les dispositifs mobilisés dans les différents scénarios.

Chapitre 4

Élaboration de scénarios permettant de mesurer des potentiels de report modal des déplacements des actifs interurbains

Introduction du chapitre 4

Le chapitre précédent a permis de mesurer le poids des émissions de CO₂ des déplacements interurbains parmi l'ensemble des actifs français vivant dans les aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris). Au regard de leur poids dans la population active, nous observons une conséquente contribution de leur part aux émissions de CO₂ : 9 % des actifs émettent 29 % du total des émissions liées aux déplacements domicile-travail des actifs qui vivent et travaillent dans les aires urbaines grandes et moyennes en France (hors Paris).

L'importance du poids relatif des navetteurs interurbains dans le total des émissions est expliquée par deux facteurs, à savoir l'usage massif de la voiture individuelle pour ces déplacements et le fait que ces derniers sont réalisés en moyenne sur de plus grandes distances. Cet usage de la voiture interroge les arbitrages des actifs dans le choix de leur mode de transport. Deux éléments mis en avant par les économistes pour expliquer ce choix seront étudiés dans ce chapitre : le temps et le coût de déplacement (Manheim, Ben Akiva, 1982 ; Ben-Akiva, Lerman, 1985). Suivant les valeurs prises par ces variables, en fonction des différents modes de transport, les individus choisissent en théorie la solution la plus avantageuse (Kaufmann, 2000).

La création d'un réseau de transport intermodal décrit dans le chapitre 3 permet non seulement de fournir des estimations des émissions de CO₂ des actifs interurbains, mais également de produire des estimations de leurs temps et coûts de déplacement. Les comparaisons des valeurs prises par ces variables en fonction des différents modes de transport constituent le premier objectif de ce chapitre : dans quelle mesure de ces deux éléments, le coût financier et le temps de déplacement, varient-ils en fonction du mode de transport choisi par les actifs interurbains ? Les analyses produites seront centrées sur deux types d'actifs interurbains : ceux qui se déplacent en voiture particulière (notée VP) et ceux qui se déplacent en transports collectifs (notés TC).

À partir de cet état des lieux des valeurs prises par ces deux variables pour les différents modes de transport, nous tenterons dans une seconde partie de comprendre comment l'usage de la voiture

peut être réduit afin de diminuer les émissions de CO₂ en faisant varier les valeurs de ces deux caractéristiques. Afin de mesurer l'impact des mesures visant à réduire l'usage de l'automobile, un travail de modélisation du choix modal (choix du mode de transport) pour les déplacements domicile-travail, entre véhicule particulier et transports collectifs ferrés, a été réalisé. Le développement de ce modèle (modèle de choix discret) donne la possibilité de réaliser des simulations de politiques de transports et d'en comprendre les effets sur le choix modal (Ben-Akiva, Lerman, 1985 ; Train, 2009). Le modèle qui a été développé dans le cadre de cette thèse et les résultats produits seront présentés dans le chapitre suivant. Dans ce chapitre, afin d'introduire les mesures qui seront testées dans le modèle, nous détaillerons l'élaboration des différents scénarios proposés et les mesures choisies visant à influencer le temps et le coût de déplacement des différents modes de transport.

L'objectif de ce chapitre est donc double : d'une part renforcer la caractérisation et l'analyse des pratiques de mobilité des actifs interurbains en France par la mobilisation des variables de temps et de coût financier (section 1) ; d'autre part proposer une série de scénarios intégrant différentes mesures visant à jouer sur ces deux variables afin de réduire l'usage de la voiture particulière (section 2).

1. Influence du coût du temps de déplacement sur le choix du mode de transport

Le temps est une variable importante du choix modal pour les individus (Kaufmann, 2002) et peut-être utilisé comme un indicateur de l'intensité de la « consommation » de transport (Baccaïni *et al.*, 2007). Les différences de coût de déplacement entre les différents modes sont également une variable jouant sur le choix du mode de transport utilisé. Certaines recherches montrent que pour les déplacements domicile-travail, les vitesses permises par l'automobile permettent dans la majorité des cas des durées de trajets bien plus courtes que pour les déplacements en transport en commun (Caenen *et al.*, 2011). Avec des temps de déplacements beaucoup plus réduits que pour les autres modes à origine-destination équivalente, cette vitesse est un avantage comparatif notable de la voiture, ce qui explique sa large utilisation (Héran, 2001). En revanche, les différences de coûts financiers d'usage des modes de transport montrent tout autre chose : l'usage de la voiture coûte en moyenne plus cher que les autres modes de transport, notamment les transports collectifs. Une étude pour le compte de la FNAUT⁷⁹ propose une estimation de cette

⁷⁹ Fédération Nationale des Associations d'Usagers des Transports.

différence et révèle que l'usage de la voiture coûte en moyenne trois fois plus cher aux usagers que les transports collectifs (Beauvais Consultants, 2013). L'enjeu de cette partie est de répondre à la question suivante : qu'en est-il pour les déplacements des actifs interurbains ?

Nous expliquerons tout d'abord les méthodes développées à partir du réseau intermodal construit dans le chapitre 3 pour mesurer le temps et le coût de déplacement (section 1.1). Puis dans une seconde sous-partie nous analyserons les valeurs prises par ces deux variables pour les actifs intraurbains, et les mettrons notamment en regard des modes de transports utilisés (section 1.2).

1.1. Méthodes de calcul du coût et du temps de déplacement des actifs interurbains

Grâce au calibrage du réseau multimodal de transport décrit dans le chapitre 3, nous avons la possibilité de proposer une estimation de deux variables importantes jouant sur le choix modal : le coût et le temps de déplacement. Nous expliquerons successivement dans cette première sous-partie la méthode de calcul du temps (section 1.1.1) puis celle du coût (section 1.1.2) de déplacement.

1.1.1. Le calcul du temps de transport des déplacements des actifs interurbains

Le distancier, présenté dans le chapitre 3, permet de calculer des temps de transport pour l'ensemble des liaisons possibles entre toutes les communes de France continentale, en voiture (VP) et en transports collectifs (TC)⁸⁰. Les vitesses choisies, donc les temps estimés, ont été calibrées sur les temps de déplacement à l'heure de pointe du matin pour le cas des tronçons VP et des pénalités de transfert entre les différents types de tronçons ont été mises en place afin de simuler les temps d'attente aux gares lors d'un départ en train ou lors d'une correspondance entre deux types de tronçons ferrés.

À partir de ce distancier national, les temps de transport en VP et TC ont été calculés pour les 950 000 liaisons entre les communes de résidence et celles de travail présentes dans le recensement. Le temps de déplacement en VP est directement calculé par TransCAD à partir des vitesses et longueurs de chaque arc du réseau routier. En revanche, nous avons fait le choix de diviser le calcul du temps de déplacement en TC en deux parties distinctes : d'une part le temps de rabattement du lieu de résidence jusqu'à la gare en voiture, et d'autre part, le temps de

⁸⁰ Soit plus de 1,3 milliard d'origines-destinations possibles pour les liaisons entre communes.

transport en TC de la gare jusqu'au lieu de travail. Cette distinction offre davantage de précision pour le calcul du temps de déplacement en TC et fournit ainsi la possibilité d'une lecture plus détaillée des effets potentiels des différentes mesures testées dans les scénarios. En revanche, le temps de rabattement final, de la gare d'arrivée jusqu'à la commune de travail, est intégré dans le temps total de déplacement TC et n'a pas fait l'objet d'un traitement spécifique. Nous retenons l'hypothèse selon laquelle les actifs qui se déplacent en transports collectifs utilisent leur véhicule pour se rendre jusqu'à leur gare de départ alors qu'ils utilisent les transports urbains une fois la gare d'arrivée atteinte. Ce choix a été fait pour se rapprocher au maximum des usages réels observés dans les enquêtes qualitatives. Les méthodes suivantes ont donc été appliquées pour calculer les temps de déplacements en VP et en TC :

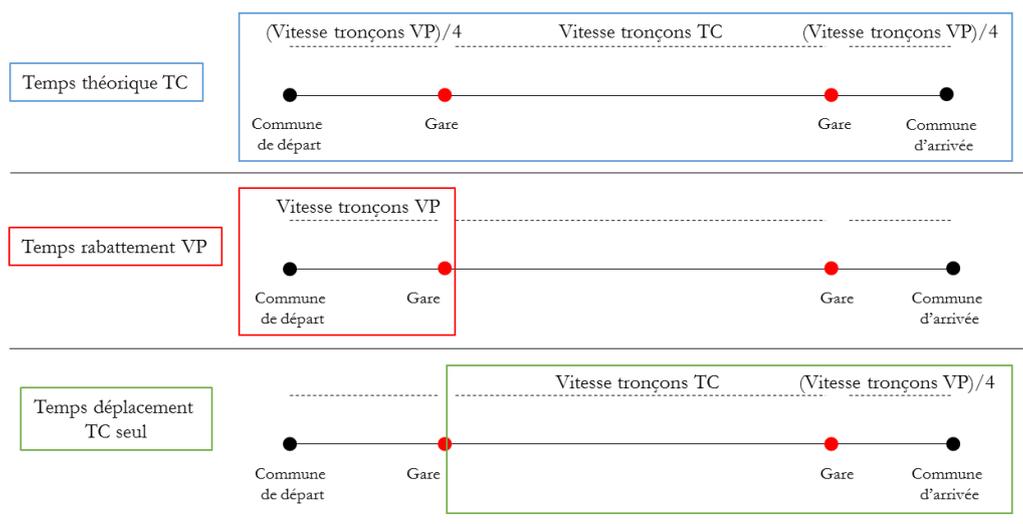
Le calcul du temps de déplacement en VP

Grâce aux variables de vitesse et de longueur de chaque tronçon du réseau routier, nous avons pu calculer pour chacun d'eux un temps de déplacement. Le calcul d'un temps de déplacement pour un trajet d'une commune A vers une commune B résulte de l'addition des temps de déplacement de chacun des tronçons parcourus. Pour rappel, la méthode utilisée est celle « du plus court chemin » minimisant le temps de déplacement entre deux communes. Avec la commande TransCAD « Multiple Shortest Path », le logiciel fournit une matrice des temps de déplacement en VP de l'ensemble des origines-destinations des communes de France continentale. Pour chaque liaison, le logiciel calcule le plus court chemin en termes de distance-temps, puis additionne les temps de chaque tronçon afin de fournir une durée totale de l'ensemble du trajet. À partir de cette matrice, et des codes INSEE des communes de résidence et de travail, une jointure avec les bases de données du recensement nous permet de disposer pour chaque actif interurbain en France, de son temps de déplacement théorique en VP.

Le calcul des temps de déplacement en TC

Ce calcul est plus complexe. En effet, lorsque le logiciel utilise différents types de tronçons (ici les tronçons VP, TER, Intercités et LGV) pour calculer un temps de déplacement, il ne fait pas la distinction dans le résultat final disponible entre les différents temps de parcours des différents types de tronçons. Nous ne pouvons donc pas distinguer le temps de rabattement en VP du temps de déplacement en TC. Ces deux temps ont donc été déduits *a posteriori* à partir de la méthode décrite dans le schéma suivant (Figure 28).

Figure 28 Schéma de calcul des temps de déplacement en transports collectifs



Source : réalisation de l'auteur.

Trois étapes ont été nécessaires afin de pouvoir séparer le temps de rabattement du lieu de résidence de la gare de départ du temps de déplacement de cette même gare jusqu'à la commune de travail :

1) Nous avons d'abord calculé un temps de trajet global, en choisissant de minimiser le temps de déplacement. Pour rappel, pour le calcul des temps de déplacement en TC, les vitesses sur le réseau en VP ont été divisées par quatre (voir chapitre 3, section 1.2). Nous disposons alors, pour chaque liaison, d'un temps théorique de déplacement en TC intégrant le temps de transport en TC de la gare jusqu'au lieu de travail, mais également un temps de rabattement sur le réseau VP dont le temps de parcours est multiplié par 4 (encadré en bleu, Figure 28).

2) La seconde étape a consisté à calculer, pour chaque commune, le temps de déplacement à la gare la plus proche afin de disposer du temps de rabattement. Ici, nous faisons une estimation de ce temps en faisant l'hypothèse que la gare la plus proche (en matière de distance-temps sur le réseau VP aux vitesses « normales ») est également la gare choisie par le logiciel lors du calcul du temps de déplacement entre les communes de résidence et de travail. Pour chaque commune, nous avons donc un temps de rabattement calculé à partir des vitesses utilisées pour le calcul des temps de déplacement sur les tronçons VP (en encadré rouge, la Figure 28).

3) La dernière étape pour calculer le temps de « déplacement TC seul » a consisté en la soustraction du temps de rabattement en VP au temps théorique en TC. Une fois les matrices des temps « théorique TC » et « rabattement VP » jointes avec les bases de données du recensement par le code INSEE des communes de résidence et de travail, le temps « déplacement TC seul » a été calculé sous SAS. Toutefois, afin de prendre en compte le fait que dans le temps de

déplacement théorique, les vitesses sur le réseau VP ont été divisées par 4, nous avons multiplié par 4 le temps de rabattement en VP.

$$\text{Temps de déplacement TC seul} = \text{Temps théorique TC} - (4 * \text{Temps de rabattement VP})$$

À la suite de ces calculs pour les déplacements en VP et en TC, nous disposons maintenant, à partir du recensement, d'une base de données avec, pour chaque actif interurbain, un temps théorique de déplacement en VP et un temps théorique de déplacement en TC, pour lequel sont estimés un temps de rabattement en VP vers la gare la plus proche et un temps de trajet en TC. La section suivante vise à présenter les calculs effectués afin de disposer des coûts de déplacement en voiture particulière et en transports collectifs des déplacements des actifs interurbains.

1.1.2. Le calcul du coût de transport des déplacements des actifs interurbains

Lors de la création des matrices de temps de déplacement décrites précédemment, les distances kilométriques sur les tronçons parcourus ont également été exportées. La procédure pour l'étape de jointure avec les fichiers du recensement est réalisée de façon identique, grâce aux codes INSEE des communes de résidence et de travail. À partir de ces distances, des valeurs de coûts kilométriques sont attribuées en fonction du mode de transport.

Pour estimer un coût de déplacement en transport en commun et en voiture particulière, les valeurs de référence de l'étude de la FNAUT (Fédération Nationale des Associations d'Usagers des Transports) réalisée par le cabinet Beauvais Consultants (2013) ont été retenues. Cette étude, intitulée « Dépenses supportées par les voyageurs selon les différents modes de transport » propose des valeurs nationales de références de coût de transport pour différents modes⁸¹. Nous avons choisi de retenir les valeurs de référence proposées par cette étude à la fois parce qu'elle se positionne à l'échelle nationale et qu'elle propose une approche comparative des différents types de transports collectifs (TGV, Intercités, TER, autocar). Les valeurs trouvées dans cette étude sont par ailleurs très proches des valeurs d'une autre étude sur le coût de la voiture réalisé par le

⁸¹ L'étude s'appuie notamment sur un grand nombre de données fournies par les entreprises et associations de transport : SNCF (Société nationale des chemins de fer français), la RATP (Régie autonome des transports parisiens), Veolia-Transdev, Keolis, Car Postal, Eurolines, Réunir, iDBUS, l'UTP (l'Union des transports publics), le GART (Groupement des autorités responsables de transport), le CERTU (Centre d'études sur les réseaux de transport et l'urbanisme), le SOeS (Service de l'Observation et des Statistiques), la DGAC (Direction générale de l'aviation civile), l'INSEE (Institut national de la statistique et des études économiques), les réseaux de Tours et de Grenoble, le Conseil général du Cher, et la FNTV (Fédération nationale des transports de voyageurs) (Beauvais Consultants, 2013).

bureau d'étude ADETEC en 2012 ainsi que de celles de la recherche portée par le CEREMA (2015a) portant sur les déplacements domicile-travail dans deux régions (Champagne-Ardenne et Languedoc-Roussillon) : « Transport de voyageurs régionaux. Comparaison fer/route du point de vue des coûts ressentis par l'utilisateur ». Les étapes de calcul du coût de déplacement en voiture particulière et en transports collectifs ont été les suivantes :

Le calcul des coûts de déplacement en VP

Les coûts de déplacement en automobile payés par l'utilisateur ont deux composantes principales : une partie fixe et une partie variable. La partie fixe appelée « coût fixe » intègre l'ensemble des dépenses qui ne sont pas directement liées à l'utilisation de l'automobile, alors que la partie variable, appelée « coût marginal », rassemblent l'ensemble des frais liés son usage. Les paramètres propres à chaque groupe sont les suivants :

- coût fixe : achat du véhicule, achats de pièces détachées et d'accessoires, entretien et réparation du véhicule, assurance automobile ;

- coût marginal : carburants et lubrifiants, dépenses de stationnement et péages autoroutiers.

Dans nos calculs, nous avons divisé les coûts de déplacement en VP entre ces deux coûts et choisi de ne retenir pour le calcul du coût marginal que le coût lié aux frais de carburant. Une étude de Beauvais Consultants (2013) réalise également une distinction entre les déplacements selon qu'ils sont inférieurs ou supérieurs à 80 km. Cette distinction est intéressante pour nous car certains des actifs interurbains parcourent de telles distances. Les deux groupes de valeurs ont été pris en compte (Tableau 19).

Tableau 19 Valeurs des coûts kilométriques d'usage de la voiture particulière

	Dépenses (euros par km)	
	Moins de 80 km	Plus de 80 km
Coût fixe	0,19	0,14
Coût marginal (carburant)	0,08	0,05
Coût total	0,27	0,19

Sources : réalisation de l'auteur d'après FNAUT - Beauvais Consultants (2013).

Pour chaque actif, un coût total est finalement calculé en fonction de la distance domicile-travail parcourue sur le réseau :

$$\text{Coût total VP} = (\text{coût fixe} \times \text{distance réseau VP}) + (\text{coût marginal} \times \text{distance réseau VP})$$

Pour les actifs qui ont une distance supérieure à 80 km, les coûts retenus sont uniquement ceux de la deuxième colonne. Ainsi, par ce calcul, nous disposons désormais pour chaque individu d'une valeur du coût de déplacement réalisé en automobile.

Le calcul du coût de déplacement en TC

Le déplacement en transport en commun a deux composantes, une partie réalisée en transport en commun et une partie réalisée en automobile (correspondant au rabattement vers la gare la plus proche). Pour la partie effectuée en voiture, les valeurs du coût de déplacement pour un trajet inférieur à 80 km ont été utilisées (tous les actifs interurbains sont situés à moins de 80 km d'une gare). Comme pour la voiture, ces valeurs (en euros par km) sont ensuite multipliées par les distances réseaux des différents types de tronçons parcourus (VP et TC). Le tableau ci-dessous (Tableau 20) détaille les valeurs mobilisées pour le calcul du coût de déplacement en TC. Ici, l'étude de Beauvais Consultants (2013) attribue une valeur du coût d'usage des TC identique pour les déplacements inférieurs ou supérieurs à 80 km.

Tableau 20 Valeurs des coûts kilométriques d'usage des transports collectifs

	Dépenses (euros par km)
Coût de rabattement à la gare la plus proche	
Coût fixe	0,19
Coût marginal (carburant)	0,08
Coût de déplacement en TC	
Coût d'usage TC	0,10

Sources : réalisation de l'auteur d'après FNAUT - Beauvais Consultants (2013).

Pour chaque actif, un coût total est calculé en fonction de la distance domicile-travail parcourue sur les différents types de réseau (VP et TC), selon la formule suivante :

$$\text{Coût total TC} = (\text{coût fixe} \times \text{distance réseau VP à la gare la plus proche}) + (\text{coût marginal} \times \text{distance réseau VP à la gare la plus proche}) + (\text{coût d'usage TC} \times \text{distance réseau TC})$$

Par ces calculs, les bases de données du recensement sont donc enrichies de deux colonnes supplémentaires : l'une indiquant le coût de déplacement en voiture particulière et l'autre fournissant le coût de déplacement en transports collectifs. Ces éléments vont nous permettre d'estimer dans la sous-partie suivante un autre aspect des pratiques de mobilité des actifs interurbains qui n'était pas directement disponible dans les bases de données du recensement.

1.2. Les temps et coûts de déplacement des actifs interurbains en France

L'étude des temps et des coûts de déplacements des actifs qui se déplacent entre aires urbaines en France sera l'objet de cette sous-partie. Nous verrons en quoi les valeurs prises par ces deux variables sont différentes en fonction du mode de transport utilisé par les navetteurs interurbains et soulignerons notamment l'intérêt de prendre en compte le temps de rabattement à la gare comme élément distinctif de ces actifs (section 1.2.1). Dans un second temps, nous étudierons les valeurs prises par ces variables en fonction de deux caractéristiques : la profession et catégorie socioprofessionnelle ainsi que les quatre profils d'interurbains définis dans le chapitre 2 à partir des localisations d'emploi et de résidence au sein des aires urbaines (section 1.2.2).

1.2.1. Des temps et des coûts de déplacements interurbains conformes à la littérature

Pour l'ensemble des actifs interurbains de France, le temps moyen de déplacement domicile-travail est de 45 min (Tableau 21). Avec des distances kilométriques en moyenne plus longues, cette valeur est sans surprise plus importante que la moyenne nationale qui est de 22 min d'après la dernière ENTD de 2008 (François, 2010). Les interurbains passent donc deux fois plus de temps en moyenne que l'ensemble des actifs à se déplacer pour se rendre sur leur lieu d'emploi. La moyenne nationale de 22 min cache cependant des différences en fonction des territoires, notamment en Île-de-France où ce temps est plus important (Caenen *et al.*, 2011). Un actif en Île-de-France met en moyenne 34 min pour se rendre jusqu'à son lieu de travail contre 19 min pour les actifs en région. La part d'actifs passant un temps important à se déplacer est également plus importante en Île-de-France : 32 % des actifs mettent plus de 45 min pour rejoindre leur travail contre 9 % en province.

Ces résultats vont une nouvelle fois dans le sens de nos observations sur la comparaison avec la grande mobilité liée au travail. Pour une partie des auteurs travaillant sur ce sujet, cette grande mobilité est définie par des temps de déplacements d'au moins 60 min (Le Breton, 2008 ; Viry *et al.*, 2009 ; Ravalet *et al.*, 2014) et parfois au-delà de 90 min (Marion, Horner, 2008 ; Moss *et al.*, 2012). Avec un temps moyen de 45 min et un temps médian de 37 min, une partie seulement des interurbains ont une pratique de mobilité qui se rapproche de ces travaux. Ainsi, comme proposé dans notre analyse des distances kilométriques, nous estimons que cette pratique de mobilité associée à des temps de déplacements importants peut se rapprocher de pratiques de

déplacement des actifs intraurbains périurbains des grandes aires urbaines, notamment celles de Paris ou de Lyon (Orfeuill, 2010 ; Caenen *et al.*, 2011 ; Ravalet *et al.*, 2015).

Tableau 21 Coûts et temps moyen et médian d'un trajet interurbain en France en fonction du mode de transport

	Temps moyen	Temps médian	Coût moyen	Coût médian	Distance moyenne
Voiture particulière	42 min	35 min	10 €	8,50 €	35 km
Transports collectifs	77 min	71 min	7,50 €	6 €	50 km
Ensemble des interurbains	45 min	37 min	9,70 €	8 €	37 km

Source : recensement population 2010, « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

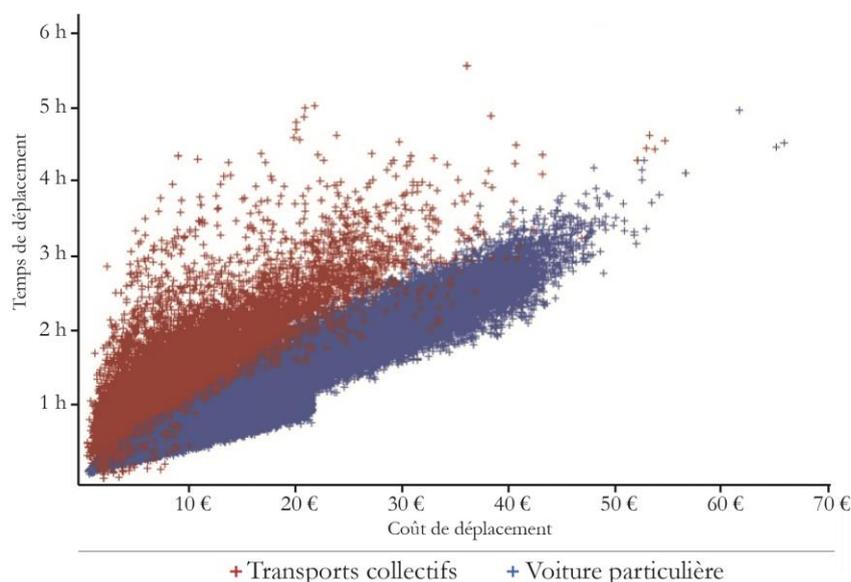
Le temps passé à se déplacer en voiture particulière est en moyenne plus court que celui en transports collectifs : 42 min contre 77 min. Les transports collectifs sont utilisés pour les déplacements sur de plus longues distances (50 km en moyenne) alors que la voiture est choisie pour réaliser des distances plus courtes (35 kilomètres). Cette différence de choix modal en fonction de la distance parcourue que nous observons pour le cas des déplacements interurbains en France ressemble aux observations réalisées une fois encore en Île-de-France (Caenen *et al.*, 2011). Les actifs interurbains qui se déplacent en transports collectifs, même s'ils sont peu nombreux, semblent être ceux qui se rapprochent le plus des pratiques de la grande mobilité liée au travail.

À l'inverse pour la variable de coût de transport, les actifs qui se déplacent en transports collectifs ont des coûts de trajet inférieurs à ceux qui se déplacent en voiture : 7,50 € contre 10 € en moyenne. Cette différence d'un tiers entre le coût des deux modes est similaire au résultat d'une étude réalisée par le CEREMA (2015a) sur la comparaison des coûts de transport entre voitures particulières et transport ferroviaire dans deux anciennes régions françaises (Languedoc-Roussillon et Champagne-Ardenne).

En croisant ces deux variables, temps et coût de déplacement moyen, les observations faites pour les actifs interurbains renvoient à des résultats conformes à la littérature (Dupuy, 1995 ; Hivert, 2000 ; Orfeuill, 2004) : « le déplacement a un coût temporel et monétaire inégal selon le mode de transport utilisé. La voiture constitue à la fois le mode de transport le plus rapide et le plus onéreux » (Wenglenski, 2004, p.541). À l'échelle des déplacements interurbains, cette

comparaison est observée ici : en moyenne la voiture est utilisée pour des distances (kilométriques et temporelles) courtes et un coût monétaire important ; les transports collectifs pour des distances plus longues et un coût financier moindre. La répartition des temps et des coûts de déplacements des actifs sur deux axes confirment ces affirmations développées à partir des coûts et temps moyens (Figure 29). Les coûts de déplacements sont relativement moins élevés pour les actifs qui se déplacent en transports collectifs que pour les actifs qui utilisent la voiture particulière.

Figure 29 Coût et temps de déplacements des actifs interurbains en France en fonction du mode de transport



Source : recensement population 2010, « Mobilité professionnelle » ; calculs et réalisation de l'auteur.

Cette figure montre qu'au-delà des moyennes présentées précédemment, certains actifs ont des temps et de coûts de déplacement qui nous interrogent (Ex. : certains actifs ont des temps de déplacement d'environ 4 h, pour un coût supérieur à 60 €). Même s'ils ne concernent qu'une faible partie des actifs interurbains, nous ne sommes pas en mesure de proposer une explication sur le profil particulier de ces actifs.

Pour les déplacements des actifs interurbains en transports collectifs nous intégrons un temps de rabattement à la gare de départ (section 1.1.1). Une comparaison théorique de ce temps de rabattement entre les actifs usagers des transports collectifs et ceux qui se déplacent en voiture montre que ces temps sont différents. Les actifs qui se déplacent en TC ont un temps moyen de rabattement à la gare la plus proche qui est de 6 min, avec la moitié d'entre eux qui résident à

moins de 5 min. Pour les interurbains en voiture, dans le cas théorique où ils seraient amenés à se déplacer en transports collectifs, ce temps est plus long : 9 min en moyenne (7 min ou moins pour la moitié de ces actifs). Ce résultat confirme l'intérêt de séparer ce temps de rabattement à la gare la plus proche du temps total de déplacement pour les calculs futurs. Cette variable semble en effet corrélée au mode de transport utilisé : les actifs utilisateurs des TC ont des temps de rabattement plus courts que ceux qui se déplacent en VP.

1.2.2. Deux facteurs de variabilité des coûts et temps de déplacement : le type de profils de liaison d'actifs interurbains et la catégorie sociale

Les temps et coûts de déplacement des différentes professions et catégories socioprofessionnelles des actifs interurbains sont également conformes aux observations réalisées à l'échelle nationale pour l'ensemble des actifs en France et en Île-de-France (Baccaïni *et al.*, 2007 ; Caenen *et al.*, 2011). Les cadres interurbains sont ceux qui passent le plus de temps à se déplacer, en moyenne 54 min pour un aller, et qui ont le coût de déplacement le plus élevé, 11,50 € (Tableau 22). À l'inverse, les catégories des ouvriers et des employés sont celles qui ont des temps de transport les plus courts (autour de 41 min) et des coûts monétaires moindres (environ 8,50 €). Ces observations renforcent les analyses portées dans le chapitre 2 : les cadres interurbains forment un groupe proche des études sur la grande mobilité liée au travail ou sur les déplacements interurbains avec des temps de déplacement importants.

Tableau 22 Coûts et temps moyen et médian d'un trajet interurbain en France en fonction des professions et catégories socioprofessionnelles

	Temps moyen	Temps médian	Coût moyen	Coût médian
Agriculteurs exploitants	43 min	34 min	9,50 €	7,50 €
Artisans, commerçants	45 min	37 min	10,50 €	8,50 €
Cadres	54 min	46 min	11,50 €	10 €
Professions intermédiaires	45 min	38 min	10 €	8,50 €
Employés	42 min	34 min	8,50 €	7 €
Ouvriers	41 min	33 min	9 €	7 €
Ensemble des interurbains	45 min	37 min	9,70 €	8 €

Source : recensement population 2010, « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

Les résultats de la confrontation de ces données avec les profils définis dans le chapitre 2 montrent quelques différences. L'opposition constatée entre les « intercitadins » et les

« centrifugés » ressort également pour les temps et les coûts de déplacements moyens de ces deux catégories. Les premiers sont ceux qui passent le plus de temps à se déplacer, en moyenne 52 min, alors que les seconds mettent presque un quart d’heure de moins (38 min) pour atteindre leur lieu de travail. Les temps médians vont également dans le même sens : 45 min pour les « intercitadins » contre « 29 min » pour les « centrifugés ». Le coût moyen d’un trajet suit cette analyse : les premiers dépensent en moyenne 11 € contre 9 € pour les seconds (Tableau 23). Les chiffres des deux autres groupes se situant davantage autour des résultats constatés pour l’ensemble des navetteurs interurbains.

Tableau 23 Coûts et temps moyen et médian d’un trajet interurbain en France en fonction des professions et catégories socioprofessionnelles

	Temps moyen	Temps médian	Coût moyen	Coût médian
« Intercitadins »	52 min	45 min	11 €	9 €
« Interpolitains »	46 min	38 min	9,50 €	7,50 €
« Périurbains »	42 min	34 min	10 €	8 €
« Centrifugés »	38 min	29 min	9 €	7 €
Ensemble des interurbains	45 min	37 min	9,70 €	8 €

Source : recensement population 2010, « Mobilité professionnelle » ; calculs de l’auteur.

L’étude des variables de coût et de temps de déplacement des actifs interurbains en France en fonction des différents modes de transport va dans le sens des résultats portés à l’échelle nationale par plusieurs recherches. Les temps de déplacement en voiture sont plus courts, mais plus onéreux pour les actifs alors que ceux qui se déplacent en transports collectifs passent plus de temps à se déplacer pour un coût moindre. Le temps de rabattement à la gare semble également un des facteurs corrélés au choix du mode de transport : les actifs qui utilisent les transports collectifs sont davantage situés à proximité des gares que les actifs qui se déplacent en automobile.

Les coûts et temps de déplacement des trajets interurbains calculés à partir de notre réseau de transport intermodal semblent donc assez cohérents avec la littérature scientifique. Toutefois, ces résultats descriptifs ne permettent que de supposer des liens de corrélation entre ces variables et les choix du mode de transports. Ils confortent notre proposition de mobiliser ces deux variables afin de comprendre le choix modal des actifs interurbains. Afin de mesurer avec davantage de précision l’influence de ces facteurs sur le choix du mode de transport, un modèle de choix modal a été développé. Celui-ci permet, en jouant sur ces temps et coûts de déplacement, d’estimer avec

précision le rôle de ces variables dans le choix du mode de transport d'une part et d'autre part de calculer un potentiel de réduction de l'usage de l'automobile. L'objectif de la seconde partie de ce chapitre est de présenter une série de scénarios visant à réduire le volume des émissions de CO₂ des déplacements des actifs interurbains. Pour cela, nous mobiliserons ces deux variables afin de mesurer trois éléments : leur influence sur la réduction de l'usage de l'automobile, leur impact sur la baisse du volume des émissions de CO₂, l'identification des politiques les plus efficaces pour conduire cette baisse.

2. Quels leviers de réduction des émissions de CO₂ pour les déplacements interurbains ?

La réduction des émissions de CO₂ produites par l'utilisation de l'automobile à moteur thermique peut être mise en œuvre sous plusieurs formes. Des leviers d'action (politiques de transport, solutions technologiques, actions d'urbanisme) sont envisageables à de multiples échelles (individuelle, communale ou étatique notamment). L'enjeu de la deuxième partie de ce chapitre est d'identifier les principales propositions ou dispositifs suggérés par les chercheurs ou les acteurs publics visant à réduire les émissions de CO₂ des déplacements. Nous serons attentifs, dans nos réflexions sur l'effet de ces mesures pour le cas des déplacements interurbains, au fait que certains de ces leviers peuvent avoir des conséquences sur d'autres aspects, notamment sociaux. L'impact de ces dispositifs, en particulier sur le coût individuel et le temps passé à se déplacer, sera mesuré dans le chapitre 5.

Dans cette partie, nous proposerons en premier lieu une synthèse de ces leviers d'action en fonction de leurs objectifs (favoriser le report modal ou améliorer le système automobile en place) et de leur positionnement quant au type d'action (jouer sur l'offre ou la demande de transport) (section 2.1). À partir de cette revue de la littérature, nous présenterons les mesures retenues en fonction des choix effectués et des possibilités offertes par notre base de données (section 2.2). Enfin, nous étudierons les six mesures que nous avons décidé de tester pour le cas des déplacements interurbains, en jouant principalement sur le temps et le coût des déplacements (section 2.3).

2.1. Favoriser le report modal ou rester dans le système automobile ?

À l'échelle européenne, les réflexions qui visent à limiter les émissions de CO₂ liées aux transports concernent à la fois le secteur du transport de marchandises et de passagers (EU, 2007). Les

enjeux liés à l'usage de la voiture individuelle sont particulièrement investis par les acteurs publics. Beaucoup de mesures sont actuellement proposées par les chercheurs ou mises en place par les acteurs publics afin de réduire les émissions de CO₂ liées à l'usage de la voiture individuelle. Avec l'appui d'une revue de la littérature scientifique et de la littérature grise⁸², un travail de synthèse de ces propositions a été mené. Ces travaux menés sur différents pays nous permettront d'animer nos réflexions et de justifier les mesures, retenues dans le cadre de cette thèse, qui concernent le cas français des déplacements interurbains. Les principaux documents qui ont servi à ce travail sont de natures diverses, et relèvent également d'échelons décisionnels et d'application multiples :

- Un ensemble de travaux de recherche en géographie, sociologie, économie et aménagement qui ont pour objet d'étude l'automobile, les facteurs explicatifs de son niveau d'usage et les alternatives possibles de report modal sera mobilisé (Dupuy, 1995 ; Cervero, Kockelman, 1997 ; Newman, Kenworthy, 2000 ; Kaufmann, 2000 ; Héran, 2001 ; Crozet, Marlot, 2001 ; Crozet, Joly, 2004 ; Massot, Orfeuill, 2005 ; Vincent-Geslin, 2008 ; Lesteven, 2012 ; Aguiléra *et al.*, 2014b ; Biotteau, 2014).

- La littérature grise sur le sujet est également fournie. Nous avons retenu trois documents principaux qui synthétisent les politiques et les propositions avancées par les acteurs publics en Europe et en France : le document de la Commission des Communautés Européennes daté de 2007, « Résultats du réexamen de la stratégie communautaire de réduction des émissions de CO₂ des voitures et véhicules commerciaux légers » ; la synthèse documentaire établie par Robert Laugier (2010), pour le compte du Centre de Ressources Documentaires Aménagement Logement Nature, intitulé « Ville et mobilité durables » ; le site internet du Ministère de l'Environnement et de la Mer⁸³, présentant les « mesures phares » visant à réduire les émissions de CO₂ du secteur des transports en France⁸⁴.

Vingt grandes mesures permettant de réduire les émissions de CO₂ ont été identifiées. Nous proposons de les regrouper en quatre groupes à la lecture de deux variables détaillées ci-dessous⁸⁵ (Tableau 24) :

⁸² « Ce qui est produit par toutes les instances du gouvernement, de l'enseignement et la recherche publique, du commerce et de l'industrie, sous un format papier ou numérique, et qui n'est pas contrôlé par l'édition commerciale » (Schöpfel, Farace, 2010, p.2030).

⁸³ Site du MEEM : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Transports,34304.html>, consulté le 4 juillet 2016.

⁸⁴ À partir de la dernière mise à jour datée du 2 février 2016.

⁸⁵ Cette façon de regrouper les mesures est une proposition parmi d'autres possibles. Nous aurions pu proposer d'autres variables de lecture telles que le domaine d'étude (aménagement, économie, sociologie), l'importance de l'innovation technologique de la mesure (d'importante à inexistante) ou encore l'échelle institutionnelle possédant le pouvoir de décisions de chaque mesure (union politique et économique [ex. : Union européenne], État, collectivité territoriale). De plus, ce tableau de synthèse ne fait pas apparaître certaines mesures pouvant se situer à la frontière des deux modalités de chaque variable. Par exemple, la promotion et le développement d'une offre de covoiturage

- Une première famille de variables permet d'identifier si un changement de mode de transport est proposé. Certaines mesures visent à promouvoir un report modal, alors que d'autres proposent de réduire les émissions de CO₂ tout en restant dans le « système automobile » décrit par Gabriel Dupuy (2006). L'objectif de ces dispositifs est de permettre aux individus de continuer à utiliser l'automobile tout en polluant moins.

- La seconde variable permet de distinguer cette première famille de variables selon qu'elle concerne l'offre ou la demande de transport. Cette approche classique de la socio-économie des transports permet également d'identifier les différentes échelles de mise en application de ces mesures. Celles qui jouent sur l'offre de transport sont le plus souvent rattachées à un niveau institutionnel qui peut être à différentes échelles (commune, département, région ou État pour le cas français) alors que les dispositifs qui peuvent affecter la demande de transport peuvent être identifiés comme liés aux choix ou comportements individuels face à des mesures mises en place à différentes échelles.

Ce découpage permet d'une part de cibler donc de regrouper les mesures proposant un report modal et d'autre part de mieux identifier les échelles d'analyses. Le Tableau 24 offre une lecture synthétique des différentes mesures retenues selon ces deux variables.

Tableau 24 Synthèse des principales mesures visant à réduire les émissions de CO₂ lié aux déplacements

	Report modal	Système Automobile
Offre	Développer l'offre transport alternative Proposer des offres tarifaires Mettre en place des parkings relais Étendre la pratique du télétravail	Promouvoir le véhicule électrique Améliorer l'efficacité des carburants Développer l'efficacité des véhicules Élargir l'offre de biocarburants Surveiller la pression des pneumatiques
Demande	Réduire les vitesses Taxe carbone Augmenter les prix des carburants Limiter le stationnement Promouvoir le péage urbain Limiter l'étalement urbain Diversifier les fonctions urbaines Densifier autour des gares	Étendre le bonus-malus écologique Informer le consommateur Favoriser l'éco-conduite

Source : réalisation de l'auteur.

que l'on peut situer à la frontière entre une offre qui reste dans le système automobile et une offre de transports collectifs, donc permettant un report modal, tout comme le télétravail qui est placé parmi les mesures permettant le report modal alors que sa mise en place permettrait en théorie l'absence de déplacement (Moritz-Jungmayr, 1998).

Pour chacun des quatre groupes de mesures, sans entrer dans le détail technique ou les évolutions du débat politique, nous reviendrons sur les différents facteurs sur lesquels s'appuient ces mesures dans l'objectif de réduire les émissions de CO₂ liées à l'usage de la voiture à moteur thermique. Les mesures améliorant les performances environnementales du système automobile seront tout d'abord détaillées (sections 2.1.1 et 2.1.2) avant de présenter celles permettant théoriquement de favoriser le report modal (section 2.1.3 et 2.1.4).

2.1.1. Améliorer les performances du système automobile – jouer sur l'offre

Améliorer l'efficacité des carburants et des véhicules actuels, développer l'utilisation du véhicule électrique, améliorer le contrôle de pression des pneus et développer de nouveaux carburants constituent un ensemble de solutions technologiques. C'est par l'amélioration du véhicule en soi que ces nouvelles technologies visent à réduire les émissions de CO₂.

- L'emploi du véhicule électrique permet de s'affranchir des carburants issus du pétrole lors de la phase d'utilisation. Les émissions de CO₂ durant cette phase peuvent donc en théorie être presque nulles. Toutefois, le véhicule électrique n'est pas toujours une solution complètement neutre sur ce plan car la production d'énergie électrique peut être réalisée par des centrales utilisant elles-mêmes des ressources très émettrices de gaz à effet de serre (charbon et pétrole notamment). En France, ce sont davantage les centrales nucléaires et la gestion de leurs déchets qui peuvent être source de débats (Topçu, 2013).

- L'augmentation de l'efficacité des carburants et des véhicules visent à rendre plus performante l'opération de transformation de la ressource primaire, le carburant, en énergie permettant la propulsion du véhicule. Les véhicules consomment moins de carburant et sont moins émetteurs de gaz à effet de serre grâce aux améliorations de la qualité des carburants et du rendement de conversion.

- Le pneu constitue l'interface matérielle entre le véhicule et la chaussée. Il joue un rôle central dans l'interaction avec la route et dans les forces de frottement réduisant la vitesse du véhicule (Mus, 2009). Le niveau de pressions des pneus constitue un facteur important dans la consommation de carburant. En ce sens, l'Union européenne recommande la « présence obligatoire de systèmes précis de surveillance de la pression des pneus » afin de limiter la surconsommation de carburant (EU, 2007, p.9).

- Soutenus par l'Union européenne et la France, les biocarburants de première⁸⁶, deuxième⁸⁷ ou troisième⁸⁸ générations permettraient de réduire les émissions de CO₂ par rapport à l'utilisation de produits pétroliers. Toutefois, les biocarburants de première génération sont aujourd'hui remis en question pour un ensemble de nuisances (économiques, sociales et environnementales) (Cheneval *et al.*, 2011) alors que ceux de deuxième et troisième génération sont encore en phase de développement.

2.1.2. Améliorer les performances du système automobile – jouer sur la demande

Le changement de comportement des individus dans leur façon de conduire ou dans leur pratique d'achat sont des leviers permettant une réduction potentielle des émissions de GES. Il s'agit ici de politiques d'incitation ou de communication visant à faire évoluer les comportements de conduite.

- Favoriser l'éco-conduite est un enjeu souligné et soutenu par l'Union européenne qui « pourrait envisager d'introduire des exigences en la matière dans les futures révisions de la directive sur le permis de conduire » (EU, 2007, p.11). Même si aujourd'hui son impact sur les émissions de CO₂ n'est pas clairement quantifié, l'éco-conduite permettrait de réduire les consommations énergétiques de 10 % à 20 % (Kemel, 2013).

- La mise en place d'un système d'information sur les émissions de CO₂ de chaque véhicule associé à un système de bonus-malus écologique⁸⁹ a pour objectif d'orienter la demande des personnes vers les automobiles les moins polluantes. En France, « l'étiquette CO₂ des véhicules particuliers à la vente a été rendue obligatoire en 2006 pour les véhicules neufs »⁹⁰. L'objectif est de sensibiliser les acheteurs de véhicules à leurs émissions. Associée à ce dispositif purement informatif, une mesure incitative a été déployée en France en 2008 et a évolué plusieurs fois depuis : le bonus-malus écologique. Son principe est simple : taxer les véhicules qui émettent le

⁸⁶ « Les biocarburants actuels sont dits de première génération ("G1"). Ils sont obtenus à partir des organes de réserves de certaines plantes cultivées : graines, tubercules ou tiges » (Cormeau, Ghosse, 2008, p.231).

⁸⁷ « Les biocarburants dits de deuxième génération ("G2") sont issus de la biomasse lignocellulosique. La lignocellulose est le principal constituant des parois des cellules végétales. Elle représente, d'une part, les tissus de soutien des plantes (tiges, branches ou tronc) et permet donc une utilisation de la plante entière. D'autre part, c'est une ressource d'origine plus large : agriculture, forêt et résidus de provenances multiples » (Cormeau, Ghosse, 2008, p.231).

⁸⁸ « Cette production consiste en l'utilisation d'algues pour produire de l'énergie sous différentes formes (diesel, éthanol, méthane et hydrogène) » (Cheneval *et al.*, 2011, §29)

⁸⁹ « Le système bonus-malus vise à récompenser, *via* un bonus, les acquéreurs de voitures neuves émettant le moins de CO₂, et à pénaliser, *via* un malus, ceux qui optent pour les modèles les plus polluants ». Source : site du MEEM, <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Bonus-Malus-definitions-et-baremes.html>, consulté le 18 août 2016.

⁹⁰ Site du MEEM : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Transports,34304.html>, consulté le 6 septembre 2016.

plus de CO₂ et faire bénéficier d'une prime les véhicules les moins polluants. Par cette mesure, l'État français veut orienter les pratiques d'achat individuel vers les véhicules les moins émetteurs.

2.1.3. Favoriser le report modal – jouer sur l'offre

Les politiques de report modal mises en place à différentes échelles peuvent être mises en place par différents leviers : faire la promotion des transports alternatifs à l'usage individuel de la voiture ; mettre en place des politiques tarifaires incitatives ou même développer le télétravail (qui vise à réduire le nombre de trajets).

- Le développement d'offres de transport alternatives à l'automobile est souvent mis en avant par les chercheurs en complément de mesures restrictives visant à réduire l'usage de l'automobile. En effet, si la réduction de l'usage de la voiture individuelle n'implique pas forcément une réduction des déplacements, elle implique un report modal. Dès lors, une offre alternative doit être en mesure de permettre ce report modal. La promotion et le développement de nouvelles infrastructures de transports urbains alternatifs en France depuis le début des années 2000, telles que le tramway, des voies de bus dédiées ou l'offre de véhicules en libre-service, en est une illustration (De Solere, 2012).

- En parallèle au déploiement de ce « champ des possibles » (Kaufmann, 2008), des mesures tarifaires (Bouteiller, 2015) et la mise en place de parcs-relais (Perrin, 2010) visent aussi à orienter le comportement individuel et à favoriser le report modal. La promotion de certaines offres tarifaires, l'extension de la tarification intégrée voire la gratuité des transports dans certaines agglomérations ont pour objectif d'augmenter la fréquentation des transports collectifs et de favoriser le report modal pour les individus se déplaçant en automobile. Le développement des parcs-relais en France depuis les années 1980 participe également de cet objectif en favorisant l'intermodalité : en permettant aux personnes de garer leur véhicule près des gares, ils permettent de transférer une partie de la réalisation du trajet vers un autre mode de transport.

- Le développement des technologies de l'information et de la communication (TIC) est l'un des supports permettant la mise en place de systèmes de télétravail, diminuant ainsi le besoin de se déplacer vers son lieu de travail pour certaines professions (Moritz-Jungmayr, 1998). Grâce notamment à internet, certains actifs auraient la possibilité de travailler à leur domicile ou dans des tiers lieux de travail connectés à proximité de leur lieu de résidence (Perrin, Aguiléra, 2016), permettant ainsi d'éliminer une partie des déplacements ou de limiter les besoins de déplacement vers le lieu d'emploi. Toutefois, les derniers travaux mesurant la pénétration de cette pratique auprès des entreprises montrent, en France, une réticence forte à la fois des salariés et des

employeurs à la mise en œuvre d'un tel dispositif (Aguiléra *et al.*, 2014b). La diversité des emplois est également un facteur limitant le développement du télétravail : les employés du secteur des services ont plus de chances de pouvoir télétravailler que ceux d'une usine de production.

2.1.4. Favoriser le report modal – jouer sur la demande

Un dernier groupe de mesures rassemble des dispositifs qui visent à orienter la demande pour favoriser le report modal. La mise en place d'une taxe carbone, d'un péage urbain, d'une réduction des vitesses ou de formes d'urbanisations (densification notamment) en sont les exemples les plus importants. L'augmentation des prix des carburants peut également permettre d'orienter le comportement des actifs et de favoriser le report modal en influant sur le coût du déplacement en automobile. Toutefois, ce dispositif est du ressort de l'action politique, mais elle est également une conséquence exogène du marché international du prix du baril de pétrole.

- L'envol des prix des carburants lors des récentes crises pétrolières a eu un impact visible sur les comportements des automobilistes avec une réduction de l'usage de la voiture (Hivert, Wingert, 2011). Des mesures politiques peuvent également volontairement jouer sur les prix du pétrole, avec différents objectifs tels que la limitation des variations de prix, le financement de l'entretien ou le développement des infrastructures de transport ainsi qu'un impact potentiel sur l'usage individuel de la voiture. En France, une partie du prix des carburants est lié à des taxes ayant ces objectifs : la TIPP⁹¹ devenue TICPE⁹² depuis 2011.

- Une taxe sur les émissions de carbones produites par l'utilisation des véhicules est aujourd'hui de vigueur en France et intégrée dans le prix à la pompe sous le nom de contribution climat énergie (CCE)⁹³ depuis 2014. Cette taxe a pour objectif affiché d'intégrer les externalités⁹⁴ liées aux émissions de CO₂ et donc de décourager l'usage de la voiture. Le taux de la CCE est fixée chaque année par l'État français qui a pour objectif de l'augmenter, par paliers successifs, jusqu'en 2030.

- Les politiques de stationnement veulent orienter la demande en augmentant les tarifs de stationnement ou en limitant le nombre des places disponibles. Le péage urbain vise quant à lui à taxer l'usage même de la voiture sur un axe ou une zone définie. Les péages urbains, qui n'ont à ce jour jamais été mis en place en France, et les politiques de stationnement en centre-ville sont

⁹¹ Taxe Intérieure de Consommation sur les Produits Pétroliers.

⁹² Taxe Intérieure de Consommation sur les Produits Énergétiques.

⁹³ Elle concerne également le charbon, le gaz et le fuel.

⁹⁴ Appelée également taxe pigouvienne, du nom de l'économiste anglais Athur Cecil Pigou.

des mesures souvent évoqués pour diminuer l'usage de la voiture dans les espaces de forte densité où une offre de transports collectifs existe (Crozet, Marlot, 2001).

- La mesure de réduction des vitesses sur le réseau routier et autoroutier est souvent mise en avant pour des raisons de sécurité routière. La diminution de la vitesse réduit les risques d'accidents et les dommages corporels (Brenac *et al.*, 2016). Elle est aussi évoquée pour limiter la congestion et faciliter l'écoulement du trafic (Duret, 2010). Toutefois, certains économistes l'envisagent également comme solution visant à réduire l'usage de l'automobile en faisant baisser son avantage comparatif par rapport aux autres modes de transport et notamment aux transports collectifs (Héran, 2001 ; Crozet, Joly, 2004).

D'autres mesures ou dispositifs visent à influencer sur l'urbanisation et plus précisément sur l'organisation spatiale des lieux de résidence et de travail. En favorisant la proximité des lieux d'emplois et des lieux d'habitation des actifs occupant ces emplois, un des objectifs de ces dispositifs est également de jouer sur les différences de temps et de coûts de déplacement entre l'usage de la voiture et celui des transports collectifs. Ces mesures de planification ont pour objectif la réduction de l'usage des voitures individuelles : densifier et limiter l'étalement urbain, diversifier les fonctions de certains espaces ou encore orienter la localisation de l'urbanisation autour des gares et axes de transports.

- Mises en avant par les travaux de deux chercheurs australiens, Peter Newman et Jeffrey Kenworthy (1999), les fortes densités de population et d'emploi sont associées à un usage moindre de l'automobile alors que dans les espaces plus diffus les populations ont davantage recours à son utilisation pour leurs déplacements quotidiens (chapitre 1, section 1.3). La limitation de l'étalement urbain et la promotion de la densité constituent des facteurs importants permettant de favoriser l'usage de modes de transport alternatifs à la voiture individuelle. Les recherches s'attachant à comprendre le lien entre forme urbaine et pratique de mobilité sont nombreuses et le critère de la densité est largement mis en avant comme l'un des facteurs explicatifs du choix modal (Cervero, Kockelman, 1997 ; Fouchier, 1998 ; Pouyanne, 2004 ; Jabareen 2006).

- Le renforcement de la mixité fonctionnelle, souvent associé à la question de la densité, est également une mesure permettant de réduire l'usage de l'automobile. Les personnes vivant dans des agglomérations au sein desquelles les activités de loisirs, les lieux d'emploi et de résidence sont séparés spatialement auraient davantage recours à l'automobile. À l'inverse, les personnes vivant dans des espaces présentant davantage de mixité se déplaceraient davantage en transports collectifs ou à pied (Cervero, Kockelman, 1997).

- Une dernière mesure visant à jouer sur les localisations des lieux d'emplois ou d'habitat vise à promouvoir l'urbanisation autour des infrastructures de transports. À l'image du développement urbain le long des infrastructures de chemins de fer au XIX^{ème} siècle (Bavoux *et al.*, 2005), certains aménageurs plaident pour une urbanisation le long des lignes de transports collectifs, censée favoriser leur utilisation et diminuer le recours à l'automobile, notamment sur les trajets de longues distances. Le terme de « Transit Oriented Development » (TOD) est employé pour évoquer ce type d'urbanisation liant politiques de transport et d'aménagement (Cervero *et al.*, 2004).

Ces quatre groupes de mesures sont menés soit sur l'ensemble des automobilistes et des trajets (taxe carbone, bonus-malus écologique, télétravail) soit se concentrent sur certains types de déplacement, notamment internes aux agglomérations (péage urbain, limitation du stationnement urbain, augmentation de la densité urbaine). Ces dispositifs, dont certains sont déjà en place, ont des échelles d'action variées. Pour l'élaboration des scénarios visant à mesurer les conséquences de ces dispositifs sur la réduction des émissions de CO₂ des déplacements des actifs interurbains en France, nous avons retenu cinq de ces leviers. L'enjeu de la prochaine sous-partie sera de présenter les choix successifs qui ont été opérés pour la sélection des différents scénarios mis en place.

2.2. Mesure des potentiels de report modal : présentation des mesures testées

Afin d'estimer les effets des différentes mesures sur le potentiel de report modal des déplacements pendulaires interurbains, cinq mesures ont été retenues. Trois éléments ont permis de sélectionner successivement des leviers et ainsi d'élaborer les scénarios testés : le rapport à l'automobile (section 2.2.1) ; la temporalité de mise en œuvre des dispositifs (section 2.2.2) ; et enfin, l'échelle géographique de mise en place des mesures (section 2.2.3). Après chacune de ces trois étapes, les dispositifs présentés précédemment seront successivement écartés. Nous terminerons cette sous-partie en présentant deux cas particuliers de mesures : la mise en place du covoiturage et du télétravail (section 2.2.4). Notre étude sera alors concentrée sur les effets de cinq leviers d'action.

2.2.1. S'éloigner du système automobile

Alors que nous avons cherché à identifier les mesures visant à limiter les émissions de CO₂ liées à l'usage de la voiture particulière (Chapitre 4, section 2.1), deux types de rapport à l'usage de l'automobile ont été identifiés : selon que les mesures visent à améliorer les performances environnementales des voitures ou à favoriser un report modal. Le premier groupe de mesures a été écarté et leurs conséquences ne seront pas calculées pour les déplacements des actifs interurbains. La raison principale de ce choix repose sur le fait que nous avons fait le choix de centrer nos recherches sur les mesures locales, régionales et nationales où les aspects spatiaux sont importants.

Les mesures visant à améliorer les performances des voitures individuelles constituent des pistes de recherches intéressantes afin de réduire les émissions de CO₂, mais elles ne seront pas explorées ici. Seuls les dispositifs incitant au report modal sont donc conservés dans la suite de ce travail.

2.2.2. Mesurer à partir des lieux de résidence et d'emploi réels des actifs

Parmi les leviers identifiés, douze vont dans le sens d'un report modal. Parmi ceux-ci, trois mesures concernent des réflexions dont une des modalités de mise en œuvre est un changement du lieu de résidence ou de travail : la limitation de l'étalement urbain (et la densification des espaces bâtis), le développement de la mixité fonctionnelle et les opérations de densification autour des gares. En effet, chacune d'entre elles apporte des réflexions sur la manière de construire l'urbain dans le futur en proposant un réagencement des lieux de résidence ou de travail en devenir. Des travaux de réagencements théoriques des lieux d'emploi et d'habitat afin d'aboutir à une situation permettant au maximum de réduire l'usage de l'automobile ont été menés à l'échelle urbaine (Massot *et al.*, 2006).

S'il s'agit d'une piste de recherche intéressante à appliquer au cas des déplacements interurbains, nous avons choisi de concentrer ce travail sur les leviers concernant directement les déplacements eux-mêmes. Les stratégies de localisation ou de relocalisation qui se jouent à des échelles temporelles longues ne seront pas mesurées ici.

Les scénarios proposés chercheront à mesurer un potentiel de report modal à partir des localisations des lieux d'emploi et de résidence renseignés dans les fichiers du recensement de la population.

2.2.3. Une mesure à l'échelle de la France continentale

L'ambition d'une mesure à l'échelle nationale du potentiel de report modal des déplacements interurbains à partir des fichiers du recensement de la population française rend difficile la mise en place de plusieurs leviers : modifier l'offre de transport et mettre en place des parkings relais. Le développement d'une solution de transport (nouvelle offre ou création d'une infrastructure) ou le développement de parking relais à proximité de l'ensemble des gares françaises sont des éléments qui ne seront pas testés dans le cadre de ce travail.

La création d'une nouvelle ligne de transport ou d'un nouveau service de transport avec une détermination de nouveaux points d'arrêt occasionnant des répercussions sur le choix modal doit être territorialisée pour une plus grande efficacité de mesures (Beaucire, Drevelle, 2013). En fonction des différents lieux d'emploi et de résidence des interurbains, des réseaux de transports collectifs pourraient être mis en place. Notre ambition de travailler à l'échelle nationale ne permet pas de proposer de façon optimale de telles créations ou modification de l'offre de transport existante. Ces mesures seraient de plus très coûteuses à mettre en place.

L'élaboration d'une offre de parkings relais permettant de favoriser l'intermodalité entre le réseau routier et le réseau de transports collectifs est également un outil nécessitant une réflexion à une échelle plus fine que la nôtre. Ne disposant que de la localisation des gares ferroviaires du réseau national et non des réseaux de transports urbains, la mise en place d'une telle mesure semble difficile à mener pour les réseaux de la France entière. Une étude locale, à l'échelle d'une région par exemple, permettrait de considérer ces réseaux urbains et de prendre en compte l'influence des parkings relais sur le potentiel de report modal.

Le développement de places de parking et la création d'une nouvelle offre de transport ou d'une nouvelle infrastructure ne seront donc pas des solutions explorées dans ce travail pour mesurer le potentiel de report modal des actifs interurbains.

2.2.4. Le cas particulier du covoiturage et du télétravail

Le développement du covoiturage et du télétravail représentent deux mesures à part qui ne peuvent pas être intégrées dans notre travail de scénarisation :

- Le covoiturage est une pratique de déplacement à la frontière entre un mode de transport individuel et un mode de transport collectif. Les infrastructures utilisées sont les mêmes que pour les automobilistes, mais les modalités de construction d'un modèle intégrant l'ensemble des liaisons présentes dans le recensement limitent les possibilités de proposer une mesure

satisfaisante de ce mode dans ce travail de thèse. Prendre en compte l'axe de la liaison domicile-travail, tel qu'a pu le faire Mouna Boulahbal (2001) pour mesurer l'importance de cet axe dans les activités quotidiennes pourrait constituer une perspective intéressante de mesure du potentiel de covoiturage, à mener dans de futures recherches sur les déplacements interurbains.

- Le cas du télétravail à domicile ou dans un tiers lieu de travail est aussi spécifique et nécessite un exercice de modélisation qui lui est propre. En cas de télétravail au lieu de résidence, le fait de ne pas se rendre sur son lieu d'emploi ne peut pas être considéré comme du report modal : il n'y a pas changement d'un mode de transport vers un autre, mais absence de déplacement. En cas de télétravail dans un tiers lieu de travail, un nouveau lieu d'emploi est à prendre en compte et peut difficilement l'être : cette information nous est inconnue. La pratique du télétravail ne sera donc pas prise en compte dans cet exercice de modélisation et scénarisation. Toutefois, nous proposerons une lecture de son impact sur les émissions de CO₂ à partir d'une hypothèse simple : dans quelle mesure un jour de télétravail à domicile de l'ensemble des actifs interurbains permettrait-il de réduire les émissions de CO₂ ? La réponse à cette question sera comparée avec les résultats des différents scénarios jouant quant à eux sur les coûts et les temps de déplacements afin de mesurer un potentiel de report modal.

Cinq mesures ou dispositifs ayant un impact sur la réduction de l'usage de l'automobile et permettant une réduction des émissions de gaz à effet de serre ont finalement été retenus parmi les vingt présentées en début de ce chapitre : l'augmentation des prix des carburants, une augmentation de la taxe carbone, une tarification attractive pour l'usage des transports collectifs, une réduction de la vitesse sur routes et autoroutes, une limitation de la présence de l'automobile dans les centres-villes (politique de stationnement et péage urbain).

Les scénarios élaborés à partir de ces dispositifs ont pour objectif de mesurer le potentiel de report modal des actifs pouvant basculer du mode automobile aux transports collectifs en fonction de différents leviers jouant sur le coût et le temps de déplacement. La mesure de ce potentiel n'est pas la finalité de cet exercice, mais un outil permettant de comprendre en quoi chacune de ces mesures visant à réduire l'usage de l'automobile pour les déplacements interurbains influence d'une part les émissions de CO₂ et d'autre part le temps et le coût de déplacement. Ces scénarios feront l'objet d'une présentation détaillée dans la suite de ce chapitre (section 2.3).

2.3. Six familles de scénarios mobilisés pour favoriser le report modal des déplacements pendulaires interurbains

À partir des mesures sélectionnées, plusieurs scénarios seront construits, jouant sur les coûts et les temps de déplacements des actifs. Ils ont pour objectif de mesurer l'influence de ces deux paramètres sur le choix du mode de transport, et donc sur l'usage de la VP par les interurbains. La littérature a montré que d'autres paramètres mis en avant par les sociologues jouent sur le choix modal et le report modal (Kaufmann, 2000 ; Vincent-Geslin, 2010). Vincent Kaufmann (2000) montre l'influence de trois autres catégories de facteurs sur le comportement individuel du choix du mode de transport : la « raison du cœur, qui renvoie aux valeurs et croyances de la personne » ; « l'expérience et l'histoire de vie de la personne » ; « la rationalité par rapport aux habitudes qui fait référence aux comportements traditionnels » (Kaufmann, 2000, p.81). Ces facteurs nous semblent effectivement importants, cependant la méthode choisie dans ce travail ne permet pas de les intégrer à la scénarisation. Les outils construits pour identifier et caractériser les actifs interurbains en France à partir des bases de données disponibles permettent de travailler sur les leviers du report modal qui concernent directement les systèmes de transports, à travers les facteurs coût et temps.

Les scénarios proposés ont pour objectif de comprendre l'influence des différents leviers d'action permettant de diminuer l'usage de la voiture. Pour chacune des six familles de scénarios, trois niveaux d'intensité des différents dispositifs, nommés « modalités » (sauf pour un scénario qui ne comporte que deux modalités) ont été définis selon différents degrés de réalisme des hypothèses retenues :

- Modalité « volontaire » : ce premier type de modalité correspond à un scénario de volonté affichée de réduction de l'importance de l'usage de la voiture pour les déplacements interurbains. Dans ce groupe, le calibrage des modalités suit les politiques volontaristes en œuvre actuellement.

- Modalité « audacieuse » : ce deuxième type de modalité est construit sur une base non seulement affichée, mais très volontariste de réduction la part modale de la voiture. Pour ces modalités, le dimensionnement des mesures s'appuie sur un cas en général extrême mis en place par certains États ou acteurs publics.

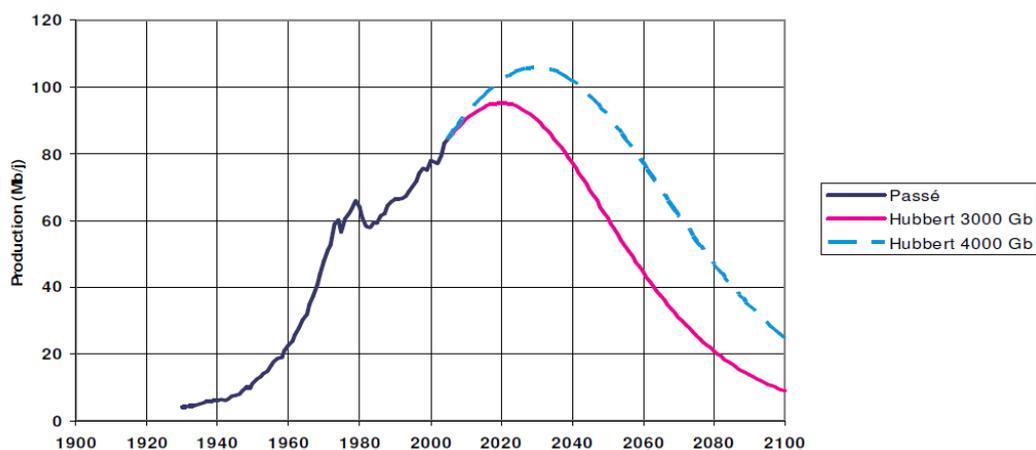
- Modalité « de rupture » : ces modalités sont étalonnées bien au-delà des politiques de transport et d'aménagement envisagées actuellement. L'objectif de ce groupe de modalités sera de comparer leurs effets avec les deux autres groupes afin de mesurer l'écart avec ces modalités extrêmes.

Ces trois différentes modalités sont déclinées et adaptées à chacune des six familles de scénarios (section 2.3.1 à 2.3.6). Il est également apparu que ces modalités offraient une autre lecture des réponses potentielles aux politiques de réduction de l'usage de la voiture particulière non par le choix des mesures, mais par le degré d'intensité de leurs mises en place : nous avons élaboré trois autres scénarios combinant les mesures des scénarios 1 à 6 selon les modalités volontaires, audacieuses et de rupture (section 2.3.7). Le potentiel de report modal de la voiture particulière vers les transports collectifs est donc estimé selon six familles de scénarios et trois scénarios combinés.

2.3.1. Famille de scénarios 1 : Augmenter les prix des carburants

L'augmentation des prix des carburants pour réduire l'usage de l'automobile est une mesure qui tient moins de la volonté politique que du fait que cette ressource devient de plus en plus rare alors que sa demande augmente. Cette baisse de l'offre serait liée à une baisse des ressources disponibles à l'échelle mondiale ainsi qu'à l'augmentation des frais de production. Cette hypothèse repose sur les théories du géophysicien américain King Hubbert (1956) et la figuration d'une courbe de production en forme de cloche (Figure 30).

Figure 30 Hypothèses des courbes de production du pétrole (courbe de Hubbert)



Source : Babusiaux, Bauquis, 2007 ; d'après les données IFP (Institut Français du Pétrole).

Toutefois, les théories explicatives du prix du pétrole et de son évolution future sont nombreuses (Babusiaux, Bauquis, 2007 ; Babusiaux, Pierru, 2010) et chaque année l'AIE (Agence Internationale de l'Énergie) réalise un rapport proposant différents scénarios d'évolution. L'enjeu n'est pas de discuter ici des facteurs explicatifs de l'évolution des prix des carburants, mais de proposer trois modalités de valeurs à partir de ces prévisions. En effet, une partie du prix à la

pompe payé par les automobilistes en France est directement liée aux fluctuations internationales du cours du baril de pétrole alors qu'une autre partie est fixée par l'État.

Pour élaborer nos hypothèses sur l'évolution des prix des carburants, deux documents ont servi de référence : l'évolution du prix des carburants de 1973 à 2013 à partir des bases de données de l'INSEE (Bernard *et al.*, 2013) et un travail de modélisation de l'impact sur les transports en cas d'augmentation des prix du pétrole par l'Agence des transports de Nouvelle-Zélande (Donovan *et al.*, 2008). Le travail de Jean-Baptiste Bernard *et al.* (2013) montre la volatilité des prix du pétrole au cours du temps et des différentes crises pétrolières passées. Les prix du pétrole ont connu des chocs importants : en 1973 où les prix sont multipliés par 4, en 1980 par 3 et en 2008 par 2. Dans le rapport de Stuart Donovan *et al.* (2008) trois scénarios d'évolution du prix du baril de pétrole sont proposés, dont un scénario d'augmentation importante dans lequel le prix du baril est multiplié par 5 à l'horizon 2030.

Avec l'appui de ces travaux, trois déclinaisons d'augmentation des prix des carburants ont donc été retenues pour cette première famille de scénarios :

- Volontaire⁹⁵ : multiplication des prix des carburants par 2.
- Audacieux : multiplication des prix des carburants par 5.
- Rupture : multiplication des prix des carburants par 10.

Les prix des carburants sont donc multipliés par ces facteurs pour le coût du déplacement en VP ainsi que pour le coût de rabattement à la gare la plus proche pour le calcul du coût de déplacement en TC. Les coûts fixes restent quant à eux identiques comme les coûts des trajets en TC. Le tableau des coûts au kilomètre en fonction des trois modalités est présenté en annexe (Annexe 10).

2.3.2. Famille de scénarios 2 : Augmenter la « taxe carbone »

« Le Gouvernement se fixe pour objectif, pour la composante carbone intégrée aux tarifs des taxes intérieures sur la consommation des produits énergétiques inscrites au tableau B du 1 de l'article 265 du code des douanes, d'atteindre une valeur de la tonne carbone de

⁹⁵ Ici les termes volontaire et audacieux ne semblent pas complètement appropriés puisque l'augmentation des prix des carburants tient plus d'un choc exogène que d'une volonté politique. Toutefois, pour des raisons de cohérence avec les autres modalités des autres scénarios ces termes sont conservés en l'état.

56 € en 2020 et de 100 € en 2030. » Point VIII de l'Article 1 de la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

Mise en place en France depuis 2014 sous le nom de contribution climat énergie (CCE), une taxe carbone est payée par les automobiles lors de leur achat de carburant. Cette taxe est fixée à 22 €/t de carbone en 2016 et prévue à 30,50 €/t de carbone en 2017 pour atteindre l'objectif de 100 €/t en 2030⁹⁶. Alors que l'augmentation des prix des carburants est une mesure pouvant être entendue comme subie par les automobilistes (lorsqu'elle est liée aux fluctuations du prix du baril de pétrole), la mise en place d'une composante carbone dans la TICPE a pour objectif affiché de répercuter les émissions de CO₂ sur les automobiles et de les inciter à moins utiliser leur automobile. Cet objectif de 100 €/t de carbone correspond au scénario « 450 ppm » de l'Agence Internationale de l'Énergie qui vise à limiter le réchauffement climatique à + 2 °C à l'horizon 2100 et propose une taxe carbone à 100 € à l'horizon 2030 et 140 € en 2040 pour y aboutir (Figure 31).

Figure 31 Hypothèses de prix de la tonne de carbone, par région et scénario (AIE)

	Region	Sectors	2020	2030	2040
Current Policies Scenario	European Union	Power, industry and aviation	20	30	40
	Korea	Power and industry	20	30	40
New Policies Scenario	European Union	Power, industry and aviation	22	37	50
	Chile	Power	7	15	24
	Korea	Power and industry	22	37	50
	China	All	10	23	35
	South Africa	Power and industry	7	15	24
450 ppm Scenario	USA and Canada	Power and industry	20	100	140
	European Union	Power, industry and aviation	22	100	140
	Japan	Power and industry	20	100	140
	Korea	Power and industry	22	100	140
	Australia and New Zealand	Power and industry	20	100	140
	China, Russia, Brazil and South Africa	Power and industry	10	75	125

Source : réalisé par l'auteur d'après le World Energy Outlook 2014 ; Agence Internationale de l'Énergie, 2014.

À la lecture des éléments mis en place par l'État français et du scénario établi par l'AIE, trois niveaux de prix de la taxe carbone ont été choisis :

- Volontaire : taxe carbone à 100 €.

⁹⁶ Site du MEEM : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-fiscalite-des-produits,11221.html>, consulté le 9 juillet 2016.

- Audacieux : taxe carbone à 150 €.
- Rupture : taxe carbone à 200 €.

Pour le calcul du montant de cette taxe, les émissions de CO₂ estimées pour chaque liaison du recensement dans le chapitre 3 ont été utilisées. La CCE déjà intégrée aux prix des carburants a été prise en compte et intégrée directement dans les niveaux de prix choisis ici. Par exemple, pour la taxe carbone à 100 €, une contribution de 78 €/t de CO₂ émis a été ajoutée aux prix des carburants. Cette mesure permet de calculer avec précision le montant de la taxe carbone en fonction de la quantité de CO₂ émise lors du déplacement. Une fois ce calcul effectué, cette taxe carbone est ajoutée aux coûts fixe et marginal d'usage afin d'obtenir un nouveau coût total d'usage de la VP.

Cette taxe a été appliquée pour le calcul des coûts d'utilisation de la VP. Pour le cas des déplacements en TC, cette taxe n'a pas été appliquée aux trajets en VP réalisés entre le domicile et la gare la plus proche. Nous faisons l'hypothèse que les déplacements réalisés en TC bénéficient d'une exonération de cette taxe.

2.3.3. Famille de scénarios 3 : Diminuer le tarif des transports collectifs

À l'échelle des déplacements interurbains, nous considérons ici l'offre ferroviaire comme une alternative possible à l'automobile. Pour ce travail à l'échelle nationale, le choix a été fait de considérer un coût du trajet établi à partir de la distance parcourue sur le réseau (10 cts/km) (voir section 1.1.2). Toutefois, en France, la tarification régionale des transports collectifs est un sujet complexe tant chaque région dispose de sa propre politique en la matière. Elle peut être différente selon les distances parcourues, en fonction de l'usage, mais également en fonction de critères sociaux (Bouteiller, 2015).

L'offre tarifaire est alors très différente d'une région à l'autre : certaines régions proposent un abonnement sur une origine-destination déterminée pour les déplacements domicile-travail (région Centre-Val de Loire⁹⁷) ; d'autres proposent un abonnement permettant un usage illimité du réseau TER et urbain (région Bourgogne Franche-Comté⁹⁸) ; la région Languedoc-Roussillon⁹⁹

⁹⁷ Site de la SNCF : <http://www.ter.sncf.com/centre-val-de-loire/offres/cartes-abonnements/salaries/abonnement-de-travail-region-centre>, consulté le 17 juillet 2016.

⁹⁸ Site de Francetvinfo : <http://france3-regions.blog.francetvinfo.fr/fusion-bourgogne-franche-comte/2015/11/12/ter-en-bourgogne-et-franche-comte-des-dizaines-de-tarifs-differents.html>, consulté le 17 juillet 2016.

⁹⁹ Site de Libération : http://www.liberation.fr/futurs/2015/01/05/le-ter-a-un-euro-generalise-en-languedoc-roussillon_1174347, consulté le 17 juillet 2016.

a de son côté développé une offre « tarif » avec un ticket à 1 € pour certaines liaisons et sous certaines conditions (depuis 2015) quand la région Bretagne a choisi de simplifier son offre tarifaire avec des « prix ronds pour y voir plus clair »¹⁰⁰, fixés entre 5 € et 28 € en fonction des distances parcourues (depuis 2015).

Ces éléments rendent le calcul du ticket de transport payé par un actif interurbain complexe à estimer, et ce d'autant plus que certaines des nouvelles régions doivent modifier leur offre tarifaire suite à leur fusion¹⁰¹. En faisant l'hypothèse que les actifs interurbains utilisent les transports collectifs pour se déplacer vers leur lieu de travail, nous supposons qu'ils ont accès à un abonnement leur permettant de réduire le coût de leur déplacement au regard des tarifs mis en place par les régions pour un titre unique. À titre de comparaison, en 2016 la région Île-de-France propose un abonnement au tarif de 70 € pour l'utilisation illimitée du réseau régional (Transilien, RER¹⁰², métro, bus et tramway), soit approximativement un coût par trajet de 1,70 €¹⁰³.

À partir de ces éléments, trois tarifs d'utilisation des transports collectifs ont été fixés, avec cette fois-ci un coût indépendant de la distance parcourue.

- Volontaire : ticket à 2 €.
- Audacieux : ticket à 1 €.
- Rupture : gratuité des transports.

Ce coût ne concerne que la partie réalisée en transports collectifs. Le coût de rabattement à la gare la plus proche est toujours calculé, comme précédemment, à partir de l'usage d'une automobile (coût fixe et coût marginal). De plus, le cas de la gratuité des transports a également été estimé bien que sa mise en place semble peu probable à court terme. Les transports représentent en effet un poids conséquent dans le budget des régions : « elles consacrent annuellement 6,8 Mds € à cette compétence, ce qui en fait le premier poste de dépense » (ARF, 2015, p.15). Cette troisième modalité a tout de même été complétée afin de mesurer l'impact d'un tel dispositif qui intègre une forte dimension symbolique et de comparer son effet avec la gratuité des transports proposée dans certains réseaux urbains en France (CERTU, 2010 ; Huré, 2012).

¹⁰⁰ Site de la Région Bretagne : http://www.bretagne.bzh/jcms/prod_245130/fr/ter-bretagne-des-prix-ronds-pour-y-voir-plus-clair?lg=fr, consulté le 17 juillet 2016.

¹⁰¹ La loi relative à la délimitation des régions, votée en 2014, diminue le nombre de régions en faisant fusionner certaines, passant de 22 à 13 régions au 1^{er} janvier 2016.

¹⁰² Réseau Express Régional.

¹⁰³ Coût calculé sur la base de 21 jours ouvrés sur un mois pour un actif réalisant un seul aller-retour quotidien entre ses lieux de résidence et de travail, selon nos calculs.

2.3.4. Famille de scénarios 4 : Diminuer les vitesses sur le réseau routier

La réduction des vitesses limites autorisées est un levier de changement avancé par de multiples acteurs et auteurs, et ce pour différentes raisons. Elle permettrait de réduire le nombre d'accidents de la route et de fluidifier le trafic (FNAUT, 2014), de limiter la pollution sonore (Bruitparif, 2012), et atmosphérique (AtmoPACA, 2010), de favoriser le report modal et de lutter contre la dépendance automobile (Héran, 2001 ; Wiel, 2002 ; Wiel, 2003 ; Crozet, Joly, 2004 ; Genre-Grandpierre, 2007). Limiter la vitesse de déplacement est aussi un enjeu social. Cela permettrait théoriquement de diminuer l'efficacité du système automobile et de lutter contre la dépendance automobile. En diminuant un des avantages de ce mode de transport (réaliser des trajets rapides de porte-à-porte), une des forces du système automobile se trouverait affaiblie. Toutefois, ce dispositif ne constitue pas un levier en soi et doit s'accompagner du développement d'une offre alternative de transport pour plusieurs chercheurs. (Héran, 2001 ; Crozet, Joly, 2004). En France, la FNAUT milite pour une réduction des vitesses de déplacements de 10 km/h sur les infrastructures routières nationales dont les vitesses actuelles sont de 90 km/h, 110 km/h et 130 km/h. Ces réductions de la vitesse maximum autorisée situées aux alentours de 10 % de la vitesse initiale permettraient selon la FNAUT de limiter le risque d'accident et les émissions de gaz à effet de serre. À l'échelle urbaine, certaines communes telles que Grenoble mettent en place une diminution de la vitesse à travers la création de zones à 30 km/h à l'échelle de presque toute la ville. Dans ce cas, c'est presque une réduction de 50 % des vitesses autorisées qui est effectuée.

Pour le cas des déplacements interurbains, trois augmentations des temps de déplacement (correspondant à des baisses de la vitesse) pour les trajets domicile-travail des actifs se déplaçant en voiture particulière ont été testées :

- Volontaire : temps de déplacement augmenté de 50 % (multiplié par 1,5).
- Audacieux : temps de déplacement augmenté de 75 % (multiplié par 1,75).
- Rupture : temps de déplacement augmenté de 100 % (multiplié par 2).

Ces augmentations de temps de trajets ont été établies pour le calcul du temps de déplacement en voiture particulière ainsi que pour les trajets de rabattement à la gare la plus proche pour le calcul du temps de déplacement en transports collectifs.

2.3.5. Famille de scénarios 5 : Limiter l'accès à la ville-centre

Dans les dispositifs de limitation de l'usage de l'automobile dans les centres urbains, deux mesures ont un impact sur les coûts de déplacements des automobilistes : les politiques de stationnement et l'instauration d'un péage urbain. Ces deux dispositifs sont aujourd'hui pensés à l'échelle de l'agglomération et visent à contraindre l'usage de l'automobile dans leur centre. Toutefois, ils peuvent avoir des conséquences importantes sur les déplacements interurbains lorsque les actifs travaillent dans les communes villes-centres des aires urbaines. Ces deux mesures ayant le même objectif à une échelle comparable, nous avons décidé de les réunir au sein de la même famille de scénarios.

Les politiques de stationnement urbain et la mise en place d'un péage urbain (de cordon et de zone, ADEME, 2014b) ont l'objectif commun de limiter l'usage de la voiture dans le centre-ville des agglomérations. En France, les effets de la limitation des places de stationnement au lieu de travail sont connus. En revanche, aucune agglomération n'est encore engagée dans la mise en place d'un péage de zone ou de cordon contrairement à d'autres villes dans le monde telles que Singapour, Milan, Londres ou Stockholm (Mirabel, Reymond, 2013). L'objectif affiché de ces péages urbains est de décongestionner les centres des agglomérations, de financer une infrastructure de transport ou de réduire les nuisances environnementales. Dans une étude internationale de l'ADEME (2014b) conduite sur les péages urbains, différents tarifs sont identifiés : certains sont modulables en fonction de l'heure de la journée, le plus souvent afin de taxer plus fortement les véhicules lors des heures de pointe, quand d'autres font payer l'utilisateur une fois par jour, lui permettant ensuite de se déplacer de façon illimitée dans la zone pendant la journée (Rome). Le tableau ci-dessous (Tableau 25) représente les tarifs constatés par l'ADEME (2014) pour le cas d'un passage sans badge ou abonnement. Les prix payés par les utilisateurs quotidiens sont donc *a priori* moins élevés que ceux constatés par l'ADEME. Ils nous fournissent toutefois des indications sur les niveaux pratiqués dans les différents pays afin de nous permettre d'estimer des modalités de scénarios en cohérence avec ces chiffres.

Les prix moyens des péages urbains dépassent rarement les 5 € alors qu'ils sont exceptionnellement hauts à Londres et à Rome. Toutefois, ces derniers ne concernent qu'un périmètre limité de l'aire de ces deux municipalités.

Tableau 25 Tarifs des péages urbains dans plusieurs villes du monde (euros 2011)

Péage	Tarif	Nature du péage	Objectif théorique du péage
Durham	2,30 €/passage (p')	Cordon	Décongestion
Bergen	2 ou 4 €/p'	Cordon	Financement
Singapour	0,23 € à 2,40 €/p'	Zone	Décongestion
Londres	11,50 €/p	Zone	Décongestion
Téhéran	5 à 9 €/p'	Zone	Décongestion
Milan	2 à 10 €/p'	Zone	Environnemental
Rome	20 €/jour	Zone	Environnemental
Stockholm	1 à 2 €/p'	Cordon	Décongestion
La Valette	Gratuit 30 min puis 0,82 € par 30 min	Cordon	Décongestion

Source : réalisation de l'auteur d'après ADEME, 2014b.

Pour le stationnement au lieu de travail, les différentes EMD menées auprès des agglomérations françaises montrent que le fait de ne pas posséder de place de stationnement à destination sur son lieu de travail est un facteur explicatif important de la réduction de l'usage de l'automobile (Orfeuil, 1997 ; CERTU, 2013a). Par exemple, d'après l'EMD de 2006 réalisée à Lille, « si le stationnement est assuré sur le lieu de travail, la part des personnes utilisant leur véhicule est de 80 %. Elle baisse à 58 % s'il n'y est pas assuré » (CERTU, 2013b, p.1). La mise en place de frais de stationnement reste encore l'objet d'une compétence communale dont les tarifs sont variables : certaines mettant en place des plages de gratuité alors que d'autres pratiquent un tarif préférentiel pour les résidents ou pour certains usages (notamment les professionnels mobiles tels que les artisans) (CERTU, 2013b). Les tarifs moyens mensuels des abonnements de stationnement en France varient ainsi de 10 € à 50 €, avec une majorité d'agglomérations dont le tarif mensuel est fixé en dessous de 25 €. Ramené à la journée, cela fait en moyenne un peu plus de 1 € par jour.

Toutefois, ces tarifs concernent les prix pour les résidents. Il est donc difficile d'estimer le prix payé par les actifs interurbains. De plus, certains de ces actifs disposent sans doute d'une place de stationnement au lieu de travail, et ne sont donc pas concernés par ces politiques. C'est également pour cette raison qu'un scénario combiné est privilégié, car dans le cas d'un péage urbain, tous les actifs sont concernés, indépendamment du fait de disposer d'une place de stationnement fournie par l'employeur.

Ayant des objectifs communs, nous proposons une majoration du coût de déplacement en VP pour les actifs qui travaillent dans les villes-centres des aires urbaines sur la base théorique d'une mise en place de ce type de mesures. Trois niveaux de tarifs ont été choisis au regard des prix pratiqués en France pour le cas du stationnement et dans les autres pays pour le cas du péage urbain :

- Volontaire : tarif de 5 € par entrée dans la ville-centre.
- Audacieux : tarif de 10 € par entrée dans la ville-centre.
- Rupture : tarif de 15 € par entrée dans la ville-centre.

Ces tarifs sont uniquement appliqués au cas spécifique des déplacements en voiture particulière à destination des communes villes-centres des aires urbaines. Au coût de déplacement total en voiture est ajouté un tarif fixe (indépendant de la distance réalisée) pour les actifs qui travaillent dans ces communes. Pour les autres, leur coût de déplacement en voiture particulière ne change pas. Les coûts ont été calculés par trajet et non à la journée car une large majorité des actifs interurbains ne fait qu'un seul aller-retour par jour (ce qui explique le scénario de rupture fixé à 15 € alors que le péage de Rome, pour la journée, est fixé à 20 €).

2.3.6. Famille de scénarios 6 : Augmenter l'accessibilité à la gare la plus proche

Les calculs présentés dans la section 1.2, nous ont montré que le temps de rabattement à la gare est un facteur pouvant jouer sur la part modale des navetteurs interurbains. Les actifs situés à proximité d'une gare sont plus nombreux à se déplacer en transports collectifs. Ce résultat conduit à mesurer le poids du rabattement dans le potentiel de report modal.

Aussi, cette sixième famille de scénarios vise à proposer une réflexion sur l'accessibilité à la gare la plus proche et sur le temps de rabattement. Dans celui-ci, c'est l'influence de la proximité à une gare qui est mesurée en imaginant une réduction théorique du temps de déplacement à la gare la plus proche. Les actifs interurbains peuvent rejoindre la gare la plus proche de leur commune de résidence afin de prendre les transports collectifs par la suite, jusqu'à leur lieu de travail, dans des temps de déplacement réduits.

En regard de la distribution des temps de déplacements entre le domicile des actifs interurbains et la gare la plus proche de leur lieu de résidence, seulement deux modalités ont été choisies. En effet, une grande majorité des actifs interurbains sont déjà situés à des distances-temps assez faibles des gares, moins de 10 min en voiture.

Deux temps théoriques sont donc simulés :

- Volontaire/Audacieux : temps de rabattement à la gare fixé à 5 min.
- Rupture : temps de rabattement à la gare nul.

Pour le premier cas, le temps de rabattement de la commune de résidence à la gare la plus proche est modifié pour seulement une partie des liaisons, celles pour lesquelles il est supérieur à 5 min ; il reste inchangé pour les autres. En revanche, dans le cas d'un temps de rabattement à la gare inexistant, c'est l'ensemble des liaisons qui est concerné.

Dans les scénarios volontaire et audacieux, pour le cas des liaisons où le temps de rabattement est supérieur à 5 min, le coût de rabattement doit être recalculé. Pour se faire, les valeurs moyennes existantes (coût de carburant et coût fixe) des liaisons des actifs dont la commune de résidence est située à 5 min d'une gare ont servi de repère pour établir un coût constant pour les liaisons dont nous avons fixé arbitrairement le temps de rabattement à 5 min. Les valeurs moyennes trouvées sont de 0,40 € pour les coûts fixes et de 0,17 € pour les coûts de carburant, soit un total de 0,57 €. Ces 57 centimes d'euros sont ajoutés enfin aux coûts du reste de la liaison effectuée en transports collectifs.

2.3.7. Combinaisons de dispositifs : scénarios volontaire, audacieux et de rupture

À partir des différentes mesures présentées, trois scénarios combinant différents dispositifs ont été construits. Leur objectif est de proposer une estimation de l'effet cumulatif des modalités choisies dans les six familles de scénarios de référence. Pour construire ces trois scénarios, les mesures des trois niveaux de modalités (volontaire, audacieux et rupture) ont été accumulées. Le Tableau 26 qui fournit une vue d'ensemble des 17 modalités testées offre une lecture synthétique des éléments de chacun des trois scénarios combinés. Ainsi, la colonne du scénario « volontaire » par exemple, rassemble l'ensemble des 6 modalités dites « volontaires » établies précédemment. Ce scénario, dit volontaire, correspond donc à un cas théorique où :

- Les prix des carburants sont multipliés par deux ;
- Une taxe carbone à 100 €/tonne de CO₂ est en place ;
- Un titre de transports collectifs au tarif unique de 2 € est disponible ;
- Les temps de déplacements des trajets en voiture particulière sont augmentés de 50 % ;
- Une politique de restriction de la voiture dans les communes villes-centres des aires urbaines est en place et coûte 5 € aux actifs utilisant leur voiture ;
- Les actifs interurbains sont tous situés à 5 min maximum d'une gare.

Cette logique cumulative des mesures est identique pour le scénario « audacieux » et le scénario de « rupture ».

Tableau 26 Synthèse des valeurs choisies pour les différents scénarios

Scénarios	Valeurs retenues pour chaque modalité		
	Volontaire	Audacieux	Rupture
1- Prix pétroliers	Multiplié par 2	Multiplié par 5	Multiplié par 10
2- Taxe carbone	100 €/tonne	150 €/tonne	200 €/tonne
3- Tarif ticket TC	2 €	1 €	Gratuité
4- Augmentation temps VP	+ 50 %	+ 75 %	+ 100 %
5- Accès à la ville-centre	5 €	10 €	15 €
6- Accès à la gare	5 min ou moins	5 min ou moins	0 min

Source : réalisation de l'auteur.

L'objectif de ces trois scénarios est de comprendre l'intérêt ou l'inefficacité de cumuler des dispositifs visant à réduire l'usage de l'automobile et de hiérarchiser leur contribution à la réduction des émissions de CO₂. Dans quelle mesure la combinaison de dispositifs « plausibles » du scénario volontaire contribue-t-elle à réduire la part modale de la voiture de façon significative par rapport à une évaluation isolée de chacune des mesures ? Dans quelles proportions l'accumulation de différents niveaux (en termes de probabilité) de mesures participe à la réduction de l'usage de la voiture pour les déplacements interurbains ? Ces trois scénarios ont-ils des effets identiques ou au contraire très éloignés sur l'évolution de la part modale de la voiture particulière ?

Conclusion du chapitre 4

Le temps et le coût de déplacement sont des variables influant le choix du mode de transport pour les actifs interurbains en France. En moyenne, les actifs interurbains qui utilisent les transports collectifs passent plus de temps à se déplacer pour un coût moindre (77 min pour 7,50 €) alors que les usagers de l'automobile consacrent moins de temps à leurs déplacements pour un coût plus important (42 min pour 10 €). Ces deux variables font apparaître des corrélations entre le choix du mode de transport et l'écart de coût que nous avons voulu mesurer avec davantage de précision grâce à un travail de modélisation. Si ces facteurs peuvent jouer sur le choix modal, ils constituent alors sans doute des leviers d'action afin de favoriser le report modal et donc la réduction des émissions de CO₂.

Ces politiques de réduction de l'usage de l'automobile pour les déplacements interurbains en France, avec pour objectif la diminution des émissions de CO₂, peuvent prendre de nombreuses orientations. Dans cette thèse, le choix a été fait de se concentrer sur les dispositifs favorisant le report modal, c'est-à-dire des mesures dont l'objectif est de contraindre ou inciter les actifs à se déplacer autrement qu'en voiture particulière à partir de l'existant des lieux de résidence et d'emploi du recensement. Afin de mesurer les potentiels de report modal, un travail de scénarisation a été développé dans ce chapitre. Ce dernier repose sur une mesure des conséquences de l'évolution des variables de coût et de temps sur les parts modales donc nous avons montré l'influence sur le choix modal. Les modifications de ces deux variables sont établies à partir de six familles de scénarios intégrant pour chacune trois modalités de mise en œuvre différentes. Ces six familles de scénarios s'inspirent de dispositifs ou réflexions dont les effets sont pensés à l'échelle nationale ou à celle des agglomérations : augmentation des prix des carburants, augmentation de la taxe carbone, mise en place de tarif fixe de titre de transports collectifs, réduction des limitations de vitesse du réseau routier, majoration des coûts d'accès de la voiture aux centres urbains, réduction des contraintes liées au rabattement à la gare.

À ces six familles de scénarios, s'ajoutent trois scénarios combinés à partir des différentes modalités développées dans les six familles de scénarios précédentes : un scénario « volontaire » à partir de mesures constatées actuellement, un scénario « audacieux » intégrant des dispositifs très engagés dans la réduction des émissions de CO₂ et un scénario « de rupture » regroupant des mesures extrêmes.

L'ensemble des dix-sept modalités des scénarios étudiées dans le cadre de cette thèse vise à mesurer le potentiel de réduction de l'usage de l'automobile dans les pratiques de déplacements domicile-travail des actifs interurbains afin de diminuer leur poids dans les émissions de CO₂. À partir des hypothèses, scénarios et outils élaborés dans ce chapitre, le chapitre 5 a pour objectif d'une part, de présenter le travail de modélisation du choix du mode de transport à l'échelle interurbaine afin de mesurer l'influence de ces modalités, d'autre part de présenter les principaux résultats du travail de scénarisation construit dans ce chapitre. En parallèle des conséquences des différents dispositifs sur la réduction des émissions de CO₂, les conséquences sociales de ces leviers seront soulignées.

Chapitre 5

Potentiels de réduction des émissions de CO₂ des déplacements interurbains et conséquences sociales de ces politiques

Introduction du chapitre 5

Ce chapitre revient sur la construction du modèle de choix discret développé afin de mesurer les conséquences des différents scénarios proposés visant à diminuer les émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail interurbains entre aires urbaines grandes et moyennes en France (hors Paris) (chapitre 4). Poursuivant notre ambition d'une recherche menée à l'échelle nationale, les bases de données du recensement et le réseau intermodal de transport construit précédemment (chapitre 3) sont également mobilisés dans ce travail. Le développement de ce modèle de choix discret, estimant le choix du mode de transport des individus, permet de réaliser des simulations de politiques de transports et d'en comprendre les effets sur la répartition modale (Ben-Akiva, Lerman, 1985). La mesure du choix du mode de transport sera réalisée entre deux modalités : la voiture individuelle ou les transports collectifs dans ce cas ferrés. Dans ce chapitre, nous expliquerons le modèle de choix discret, puis nous présenterons les résultats obtenus.

Ce travail de modélisation du choix modal des actifs interurbains à l'échelle française permet de proposer des débuts de réponses aux deux questions suivantes : quel est le potentiel de report modal des déplacements interurbains en France ? Quelles en sont les conséquences en matière de réduction des émissions de CO₂ ? De plus, si l'objectif du calcul du potentiel de report modal des actifs interurbains et d'identification des dispositifs politiques permettant de conduire ces actifs à moins utiliser leur automobile s'appuie sur une question environnementale, d'autres variables sont à prendre en compte. La volonté de réduire les émissions de CO₂ peut avoir des conséquences économiques (Hourcade, Fortin, 2000), mais également sociales. Celles-ci seront abordées dans notre travail au travers du prisme du coût financier du déplacement. L'usage de l'automobile à moteur thermique soulève certains questionnements quant à la capacité de certains individus à se déplacer dans une situation d'augmentation des prix des carburants (Verry, Vanco, 2009). Ces inégalités entre catégories sociales renforcées par les conséquences estimées de certaines mesures ou dispositifs plus ou moins volontaires seront mesurées dans les scénarios envisagés. Toutefois, les résultats des scénarios présentés dans ce chapitre ne prétendent pas avoir

un objectif de prédiction. Leurs mesures sur des dispositifs « ni souhaités, ni redoutés »¹⁰⁴, soulèvent simplement des questions sur leurs influences plus qu'elles n'affirment une réalité future en cas de mise en place des scénarios proposés. Ce d'autant plus que le potentiel de report modal calculé ici ne prend pas en compte la capacité de l'offre ferroviaire de prendre en charge l'ensemble des actifs basculant de la voiture particulière aux transports collectifs.

Dans la première partie de ce chapitre, la méthode et l'élaboration du modèle de choix discret seront présentées ainsi que les différentes variables explicatives mobilisées afin de tester les scénarios construits dans le chapitre 4 (section 1). Dans une deuxième partie, l'étude des paramètres de sortie du modèle nous fournira des éléments d'informations sur l'importance de la sensibilité des variables utilisées pour expliquer le choix du mode de transport (section 2). Les traitements réalisés à l'appui de ces éléments méthodologiques, nous permettront d'analyser le potentiel de report modal et ses enjeux. Dans une troisième partie, nous analyserons les résultats des scénarios sur le report modal et les conséquences en matière de réduction des émissions de CO₂ (section 3). Enfin, les conséquences territoriales et sociales de ces politiques seront abordées au travers des profils d'actifs interurbains construits dans le chapitre 2 et en fonction des professions et catégories socioprofessionnelles (section 4).

1. Création d'un modèle de choix discret pour estimer le potentiel de report des déplacements interurbains

Dans cette partie sera développée la méthode de construction du modèle permettant de réaliser des estimations de l'évolution des parts modales des actifs interurbains en fonction de différents scénarios. Dans un premier temps, nous reviendrons sur le type de modèle mis en place pour la réalisation de ces estimations, celui d'un modèle de choix discret (section 1.1). Nous présenterons ensuite les variables mobilisées afin d'estimer le choix modal et la façon dont elles ont été estimées (section 1.2). Enfin, nous reviendrons sur le principe mathématique du modèle et son paramétrage (section 1.3 et 1.4).

¹⁰⁴ Site du CGET, territoires 2040 : <http://territoires2040.datar.gouv.fr/spip.php?rubrique57>, consulté le 6 juillet 2016.

1.1. L'« utilité » mesurée par un modèle de « choix discret »

En s'appuyant sur la définition d'Antoine Billot et de Jacques-François Thisse (1995), « la théorie des choix discrets a pour objet de décrire le comportement de choix d'un individu en présence d'actions mutuellement exclusives » (p.921). Le comportement désigne pour ce travail de thèse celui des actifs interurbains face aux choix d'utiliser soit les transports collectifs, soit la voiture particulière pour se rendre sur leur lieu d'emploi, une fois fixés leurs lieux de résidence et d'emploi. L'élaboration d'un modèle de choix discret pour simuler le choix du mode de transport des individus est une méthode mobilisée par de nombreux chercheurs travaillant sur le transport (De Palma, Fontan, 2001 ; Pouyanne, 2004 ; De Lapparent, 2005). Le principe théorique de ce type de modèle, développé par Moshe Ben-Akiva et Steven R. Lerman (1985) est une prise en compte des préférences propres aux personnes et des caractéristiques du déplacement (temps et coût principalement) afin d'évaluer quel mode de transport sera choisi par les individus. La variable modélisée est celle de « l'utilité »¹⁰⁵. Pour chaque individu considéré, le modèle permet d'estimer une « fonction d'utilité » symbolisant la préférence individuelle pour chaque mode de transport. Puis, en comparant les fonctions d'utilité de chaque mode, le choix du mode de transport peut être estimé en fonction des différences de préférences individuelles calculées (ou fonction d'utilité). Par exemple, la voiture individuelle sera choisie si la fonction d'utilité de ce mode est supérieure à celle des transports collectifs.

Le document du CEREMA « Modélisation multimodale des déplacements de voyageurs. Concevoir un modèle de choix modal » (2015) fait un état des lieux du développement de cette méthode pour étudier les déplacements du quotidien en France. En fonction des bases de données disponibles, les auteurs mobilisent différentes variables afin de calculer les fonctions d'utilité pour chaque mode de transport. Pour concevoir un modèle de choix modal, plusieurs types de variables sont généralement utilisés (De Lapparent, 2005 ; CEREMA, 2015b) :

- les variables propres aux déplacements : le temps de transport, le temps de rabattement, le temps d'attente, le coût du déplacement, le temps de correspondance.
- les variables propres aux individus : le niveau de revenus, le genre, la catégorie socioprofessionnelle, l'âge, la possession de véhicule.

¹⁰⁵ Trois auteurs sont à l'origine de cette théorie de la valeur d'utilité, surnommée la « révolution marginaliste » : le français Léon Walras, l'autrichien Carl Wengener et l'anglais William Stanley Jevons. Il est question de « révolution » car ces auteurs abandonnent la théorie de la valeur, qui repose sur la quantité de travail nécessaire à la création d'un bien pour la théorie liée à l'utilité que ce bien procure aux individus. L'utilité peut être définie comme la satisfaction tirée de ce bien (Henry, 2009).

Selon les études, et en lien avec les bases de données disponibles, le nombre et le choix des variables prises en compte sont différents. D'après le document du CEREMA, en France, les modèles de choix modal appliqués à l'échelle des agglomérations s'appuient le plus souvent sur les bases de données des EMD. Ces dernières fournissent un nombre conséquent d'informations aussi bien au niveau individuel que sur les caractéristiques propres au déplacement sur lesquelles peuvent s'appuyer les chercheurs. L'offre de transport, les temps et les coûts de déplacement à l'échelle d'une agglomération y sont facilement mobilisables. En s'appuyant sur ces études, le tableau suivant (Tableau 27) recense les principales variables mobilisées dans le cas d'un calcul d'utilité comparé de l'usage de la voiture individuelle et des transports collectifs (CEREMA, 2015b).

Tableau 27 Variables propres au déplacement permettant de calculer les fonctions d'utilité en voiture particulière et en transports collectifs (D'après CEREMA, 2015b)

Utilité transports collectifs (TC)	Utilité voiture particulière (VP)
Temps d'accès à l'arrêt	Temps d'accès à la voiture
Temps d'attente initial	Temps de parcours à vide (sans congestion)
Temps passé à bord du véhicule	Temps perdu lié à la congestion
Temps d'attente en correspondance	Temps d'accès à la destination finale
Temps d'accès à la destination finale	Coût fixe du trajet
Pénalité de correspondance	Coût d'usage de la voiture
Temps de correspondances	
Coût du trajet TC	

Source : réalisation de l'auteur, d'après CEREMA, 2015b

Pour l'étude des déplacements interurbains à l'échelle nationale, il n'existe pas, à notre connaissance, de bases de données permettant de prendre en compte l'ensemble des variables qui sont utilisées dans le cas des travaux de modélisation menés pour les déplacements internes au périmètre des agglomérations. Pour cette raison, deux bases de données seront croisées pour nous permettre de calculer les fonctions d'utilité des modes de transports des actifs étudiés dans ce travail de thèse : d'une part les bases de données du recensement nous permettant de prendre en compte les variables propres aux individus, d'autre part les résultats issus de la création du réseau intermodal de transport du chapitre 3, qui nous a permis d'établir de nouvelles variables propres aux déplacements.

1.2. Variables utilisées pour modéliser les choix individuels des actifs interurbains se déplaçant entre aires urbaines grandes et moyennes

Pour l'étude du choix modal des actifs interurbains, deux variables propres aux déplacements seront retenues : le coût du trajet et le temps de déplacement. Une troisième variable est prise en compte pour le calcul de la fonction d'utilité des déplacements en transports collectifs : le temps de rabattement à la gare la plus proche. Nous ne reviendrons pas ici sur la méthode de calcul de ces deux variables qui a été détaillée dans le chapitre 4 (section 1.1).

En plus des variables de coûts et de temps de déplacements des actifs, quatre autres variables explicatives ont été mobilisées pour construire le modèle : la profession et catégorie socioprofessionnelle, le nombre de voitures que possède le ménage, le type de lieux de résidence et de travail (commune périurbaine, du pôle urbain ou ville-centre). Afin de calibrer le modèle, plusieurs essais ont été effectués. Trois variables ont un fort pouvoir explicatif du choix du mode de transport :

- Les professions et les catégories socioprofessionnelles permettent d'identifier des différences d'usage des modes de transport (François, 2010 ; Caenen *et al.*, 2011). Les cadres et les ouvriers n'ont en effet pas les mêmes pratiques de mobilité pour le cas des déplacements interurbains tel que cela a été démontré dans le chapitre 2, notamment les cadres utilisent davantage les transports collectifs¹⁰⁶ ;

- Le nombre de voitures du ménage est une variable clef du choix du mode de transport. Plus le nombre de voitures au sein du ménage est important, plus les chances de se déplacer en automobile semblent fortes (Rocci, 2007 ; Robin, 2008) ;

- Les types de communes de résidence et de travail tels que définis au chapitre 2 sont également des variables explicatives à prendre en compte pour estimer le choix modal (Wiel, 1999 ; Berger, 2004). Les actifs interurbains qui résident et travaillent dans les espaces périurbains utilisent davantage une voiture pour leur déplacement domicile-travail que les actifs qui se déplacent entre deux communes villes-centres d'une aire urbaine.

C'est à partir de ces variables individuelles et propres au déplacement que le modèle de choix discret permet d'estimer, pour chaque actif, une probabilité de prendre les transports collectifs ou la voiture particulière à partir des fonctions d'utilité de chacun des deux modes de transports. Dans la sous-partie suivante, seront présentés plus en détail le fonctionnement du modèle et la façon dont sont prises en compte ces variables.

¹⁰⁶ L'âge et le genre n'ont pas été retenus pour ce travail de modélisation. Lors de l'élaboration du modèle, l'âge des actifs n'est pas ressorti comme une variable significative du modèle alors que la variable du genre, assez corrélée à la PCS, n'améliorait pas de manière significative la qualité du modèle.

1.3. Principe du modèle de choix discret

L'ambition du modèle de choix discret ici élaboré est d'évaluer les probabilités qu'ont les actifs interurbains à utiliser soit leur voiture particulière, soit les transports collectifs pour leurs déplacements domicile-travail. Pour ce faire, la variable modélisée est la probabilité de prendre la voiture. Les individus pris en compte pour ce travail de modélisation sont tous les actifs interurbains résidant dans les aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris) de France continentale, dont la distance domicile-travail est inférieure à 200 km et qui ont déclaré dans le recensement se déplacer soit en transports collectifs, soit en voiture particulière.

Afin de déterminer de façon précise cette probabilité d'utiliser la voiture particulière, plusieurs variables explicatives sont mobilisées : le temps et le coût de déplacement, la profession et catégorie socioprofessionnelle des actifs, le nombre de voitures du ménage et le type de commune de résidence et de travail. Le but du modèle est d'estimer l'influence de ces paramètres sur le choix modal afin de mesurer l'utilité de chaque mode, puis d'évaluer la probabilité de prendre soit la voiture, soit les transports en commun. Une fois ces paramètres fixés, le calcul des fonctions d'utilité de chaque mode de transport peut être réalisé. La formulation mathématique employée pour calculer les utilités TC et VP est la suivante :

$$(a) U_{i,h} = \varepsilon + \alpha C_{i,h} + \beta T_{i,h} + \gamma' X'_i$$

L'utilité du mode h pour chaque individu i dépend du coût de transport C_h , du temps de transport T_h et X'_i désigne les autres variables explicatives du modèle (ici la profession et catégorie socioprofessionnelle, le nombre de véhicules du ménage, le type de lieu de résidence et de travail). Le coût, le temps et les modalités choisies pour les autres variables sont les données d'entrées pour expliquer le choix du mode de transport. L'objectif du modèle de choix discret est de déterminer les paramètres α (propre au coût), β (propre au temps), γ' (paramètres propres à chacune des autres variables explicatives X'_i) et ε (constante) afin de minimiser l'écart à la réalité. Cette prise en compte permet de préciser l'importance de chacune de ces variables dans le choix du mode de transport.

1.4. Estimations faites pour le calibrage du modèle de choix discret

Afin de pouvoir faire des estimations d'évolution de la part modale à partir de nos différents scénarios, trois étapes sont nécessaires : calibrer les variables choisies pour la modélisation (section 1.4.1) ; calculer les fonctions d'utilité de la voiture particulière et des transports collectifs (section 1.4.2) ; évaluer la probabilité pour chaque actif de prendre un de ces deux modes de transports en fonction des utilités précédemment établies (section 1.4.3).

1.4.1. Calibrage des variables utilisées

La première étape consiste à affiner la liste des variables explicatives et leur modalité par un processus itératif. Après plusieurs tests, sept variables sont utilisées pour calculer les paramètres des fonctions d'utilité des deux modes de transport ici modélisés, la voiture et les transports collectifs ferrés. Trois modifications importantes des variables prises en compte dans la modélisation ont été faites.

(i) Conformément à ce qui a été développé précédemment, le temps de déplacement des liaisons en transports collectifs est divisé en deux parties. Une première prenant en compte le temps de rabattement jusqu'à la gare la plus proche du domicile, une seconde intégrant le reste du temps de déplacement. Ces deux temps feront l'objet d'un paramétrage séparé dans le modèle.

(ii) Les premiers tests de modélisation ont fait apparaître des coefficients très proches entre le coût de transport en voiture et en transports collectifs. Cela signifie que le « coût ressenti » par les actifs, « la représentation que ce fait l'utilisateur » (CEREMA, 2015a, p.6), entre les deux modes de transports est identique. Si pour les actifs, les coûts du déplacement en VP et TC ont la même importance, nous pouvons modéliser une variable les combinant (De Lapparent, 2005) :

$$C_{VP-TC} = \text{Coût total VP} - \text{Coût total TC}$$

(iii) Nos premiers tests montrent que les temps de déplacements sont ressentis également de façon homogène entre un déplacement en voiture et en transports collectifs. Cela signifie que les actifs perçoivent de façon identique le temps passé à se déplacer en VP et en TC. Nos premiers traitements montrent que les coefficients pour ces deux temps de déplacement dans le choix

modal ont la même influence sur le choix modal. Une nouvelle variable intégrant l'effet des deux temps de trajet, TC et VP, a été créée (De Lapparent, 2005) :

$$T_{VP-TC} = \text{Temps déplacement VP} - \text{Temps de déplacement TC seul}$$

Le temps de rabattement à la gare la plus proche n'est pas intégré dans ce calcul et fera l'objet d'une variable distincte. À la différence des deux autres temps de déplacement, ce temps de rabattement n'est pas ressenti de la même façon par les actifs.

Les sept variables utilisées pour estimer les paramètres lors de la modélisation sont donc les suivantes :

- C_{VP-TC} : la différence de coût de déplacement entre les deux modes de transports ;
- T_{VP-TC} : la différence de temps de déplacement entre les deux modes de transports ;
- T_{VPgare} : le temps de rabattement à la gare la plus proche ;
- PCS : la profession et catégorie socioprofessionnelle (en six modalités¹⁰⁷) ;
- N_{VP} : le nombre de voitures du ménage (en trois modalités¹⁰⁸) ;
- FU_{LR} : le type de commune de résidence (en trois modalités¹⁰⁹) ;
- FU_{LT} : le type de commune de travail (en trois modalités¹¹⁰).

À partir de ces variables, une régression logistique a été réalisée afin de déterminer l'influence de chacune d'entre elles sur le choix modal. Il s'agit donc d'estimer les paramètres pondérant le poids de chacune des variables à partir du choix du mode de transport renseigné dans les fichiers du recensement de la population.

1.4.2. Calculs des fonctions d'utilité

Grâce aux données de sortie du modèle, sept paramètres sont estimés pour chacune des variables mentionnées ci-dessus, ainsi qu'une constante d'ajustement du modèle (ε). Le calcul des utilités des deux modes de transport, pour chaque individu retenu, est la deuxième étape de ce travail de modélisation.

¹⁰⁷ Les six classes de PCS utilisées sont : agriculteurs ; artisans, commerçants et chefs d'entreprise ; cadres et professions intellectuelles supérieures ; professions intermédiaires ; employés ; ouvriers.

¹⁰⁸ Les trois classes du nombre de voitures du ménage sont : aucune ; une voiture, deux voitures ou plus.

¹⁰⁹ Les trois classes du type de commune de résidence sont : commune ville-centre, commune du pôle urbain, commune périurbaine.

¹¹⁰ Les trois classes du type de commune de travail sont : commune ville-centre, commune du pôle urbain, commune périurbaine.

En adaptant la formule (a) au cas présent, voici les deux formules de calculs des utilités de chaque mode de transport :

$$(b) U_{VP,i} = \varepsilon + \alpha C_{VP,i} + \beta T_{VP,i} + \sum_{j \in [1,6]} \gamma_j \delta_{PCS_i,j} + \sum_{k \in [1,3]} \lambda_k \delta_{N_{VP_i},k} + \sum_{l \in [1,3]} \pi_l \delta_{FU_{LR_i},l} + \sum_{m \in [1,3]} \sigma_m \delta_{FU_{LT_i},m}$$

$$(c) U_{TC,i} = \alpha C_{TC,i} + \beta T_{TC,i} + \lambda T_{VPgare,i}$$

La formule (b) permet d'estimer l'utilité de la voiture particulière pour un individu i , et la formule (c) celle des transports collectifs. Les éléments de la formule de l'utilité de la voiture particulière sont (b) :

- ε : constante d'ajustement du modèle des effets de variables inobservables ;
- $C_{VP,i}$: le coût du trajet en VP pour chaque individu i ;
- $T_{VP,i}$: le temps de trajet en VP pour chaque individu i ;
- $\delta_{PCS_i,j}$: la prise en compte de la PCS pour chaque individu i (le paramètre γ_j prend une valeur différente pour chacune des six PCS) ;
- $\delta_{N_{VP_i},k}$: la prise en compte du nombre de voitures pour chaque individu i (le paramètre λ_k prend une valeur différente pour chacune des trois modalités possibles) ;
- $\delta_{FU_{LR_i},l}$: la prise en compte du type de commune au lieu de résidence pour chaque individu i (le paramètre π_l prend une valeur différente pour chacune des trois modalités possibles) ;
- $\delta_{FU_{LT_i},m}$: la prise en compte du type de commune au lieu de travail pour chaque individu i (le paramètre σ_m prend une valeur différente pour chacune des trois modalités possibles).

-Pour la formule de l'utilité des transports collectifs (c), les éléments sont :

- $C_{TC,i}$: le coût du trajet en TC pour chaque individu i ;
- $T_{TC,i}$: le temps de trajet en TC de la gare la plus proche du domicile jusqu'au lieu de travail pour chaque individu i ;
- $T_{VPgare,i}$: le temps de trajet VP de la commune de résidence à la gare la plus proche pour chaque individu i ;

Après l'étape de calculs des paramètres du modèle et de calculs des fonctions d'utilité des deux modes de transports, la dernière phase consiste au calcul de la probabilité, pour chaque actif, de choisir un des deux modes de transports.

1.4.3. Calculs de la probabilité de prendre la voiture particulière

C'est à partir des fonctions d'utilité des deux modes de transport que le calcul de la probabilité de prendre la voiture, pour chaque individu, est réalisé. La formulation de cette probabilité pour le cas d'un modèle logit binomial développé ici est la suivante :

$$(d) P_{VP,i} = \frac{e^{U_{VP,i}}}{e^{U_{VP,i}} + e^{U_{TC,i}}}$$

La probabilité de prendre la voiture particulière pour un actif est un rapport entre l'utilité de la voiture particulière et la somme des utilités calculées¹¹¹. La probabilité calculée prend alors une valeur comprise entre 0 et 1. Plus cette valeur est proche de 0, plus le modèle estime que l'individu a une probabilité forte d'utiliser les transports collectifs, plus cette valeur se rapproche de 1, plus le modèle estime que l'individu a une forte probabilité de se déplacer en voiture particulière.

Calculer une probabilité pour les actifs de se déplacer en VP (P_{VP}) à partir des valeurs des paramètres établies grâce au modèle de choix discret répond au premier objectif de ce travail de modélisation. Le second objectif de la réalisation de ce modèle est d'évaluer le potentiel de report modal des actifs interurbains. Les valeurs de certaines variables seront donc modifiées afin d'estimer les évolutions sur la probabilité de prendre la voiture particulière. Aussi, dans la suite de ce travail, cette probabilité de prendre la voiture particulière, comme toutes les valeurs calculées à partir de celle-ci seront nommées « probabilité de référence ». Par exemple, lorsque nous parlerons de la « P_{VP} de référence », nous désignerons la probabilité de prendre la voiture calculée à partir des temps et des coûts de déplacement évalués au cours de cette première étape. Cette « P_{VP} de référence » sera alors comparée aux différences P_{VP} (probabilité de prendre la voiture) calculées pour chaque mesure de chaque scénario. C'est tout l'enjeu de la suite de ce chapitre qui consiste, à l'échelle nationale, pour le cas des déplacements interurbains, à mesurer principalement l'influence de deux variables : le coût et le temps de déplacement. En jouant sur

¹¹¹ La probabilité de prendre les transports collectifs est donc égale à : $(1 - P_{VP})$.

les variables $C_{VP,i}$, $C_{TC,i}$ et $T_{VP,i}$ les résultats des formules calculant l'utilité des deux modes de transport (formules (b) et (c)) vont être modifiés, et donc la probabilité d'utiliser la voiture le sera également (formule (d)).

Avant de comparer les différentes probabilités en fonction des scénarios, la partie suivante présente les résultats du modèle de choix discret qui permettent d'estimer les paramètres utilisés dans le calcul des fonctions d'utilité.

2. Les résultats du modèle de référence : la probabilité des actifs interurbains d'utiliser la voiture particulière

Dans le modèle de choix modal développé dans le cadre de cette thèse, la probabilité modélisée est celle d'utiliser une voiture pour un actif interurbain. Ce modèle a été construit à partir de l'ensemble des actifs qui vivent et travaillent dans deux aires urbaines grandes ou moyennes différentes en France (hors Paris), se déplaçant soit en voiture particulière soit en transports collectifs à partir du réseau ferré sur une distance inférieure à 200 kilomètres. Les résultats de cette régression logistique sont présentés dans le Tableau 28. Les modalités de référence des variables explicatives du modèle sont indiquées entre parenthèses dans le tableau. Elles ont été choisies afin de construire le profil d'un actif possédant la plus faible probabilité d'utiliser la voiture particulière. Soit un actif dont la profession et catégorie socioprofessionnelle est employé, qui vit et travaille dans les communes villes-centres de deux aires urbaines et dont le ménage ne possède pas de véhicule.

Les résultats de cette régression sont conformes à la littérature sur l'influence des différentes variables sur le choix du mode de transport (Hammadou, 2001 ; De Palma, Fontan, 2001 ; Pouyanne, 2004 ; De Lapparent, 2005). Le coût et le temps de déplacement apparaissent comme des variables jouant négativement pour les deux modes de transport : plus le coût et le temps de trajet augmentent, plus la probabilité de prendre soit les transports en commun soit la voiture diminue. Pour les deux modes de transport, l'influence de ces variables est du même ordre.

Afin de valider notre modèle, une méthode possible est de calculer une « valeur du temps » : « la compensation monétaire que souhaite recevoir l'individu suite à une augmentation du temps de trajet à niveau d'utilité constant » (De Lapparent, 2004, p.5). Autrement dit, cela revient à mesurer le coût monétaire que représente un temps donné de déplacement, le plus souvent exprimé en euros par heure (€/h). L'enjeu de cette thèse n'est pas déterminer une valeur du temps pour les

actifs interurbains, mais discuter la différence entre le résultat obtenu dans le modèle et les valeurs tutélares existantes, autour de 10 €/h (Quinet, 2013). La valeur du temps pour les actifs interurbains est légèrement inférieure avec 4,25 €/h pour l'ensemble du trajet¹¹². En revanche pour le temps de rabattement à la gare la plus proche cette valeur est trois fois supérieure avec 12,86 €/h¹¹³. Ces chiffres sont satisfaisants et correspondent à l'ordre de grandeur du rapport Quinet (2013).

La différence entre les deux valeurs du temps est visible dans le tableau de résultat avec un coefficient pour le temps de rabattement qui est trois fois plus important que celui du déplacement total pour un actif interurbain (0,0369 contre -0,0122). Ce résultat du modèle indique que la probabilité de prendre la voiture diminue lorsque le temps de rabattement à la gare diminue : plus un actif est situé proche d'une gare, plus il a de chance de ne pas utiliser sa voiture pour se rendre sur son lieu d'emploi. Ce temps de rabattement est donc très important dans le choix du mode du transport : il est trois fois plus important que le temps total de déplacement.

Tableau 28 Résultats de la régression logistique sur la probabilité d'utiliser une voiture particulière pour la réalisation d'un déplacement interurbain

Variables	Coefficient	Probabilité (%)	Écart à la référence (%)
Différence des coûts de trajet	-0,1721***	41,87	-4,24
Différence des temps de trajet	-0,0122***	45,80	-0,30
Temps de rabattement à la gare la plus proche	0,0369***	47,02	0,92
PCS (Employé)			
Agriculteur	1,2538***	74,98	28,88
Artisans, commerçant	1,514***	79,54	33,44
Cadre	0,1315***	49,39	3,28
Profession intermédiaire	0,2371***	52,02	5,92
Ouvrier	0,5833***	60,52	14,42
Nombre de voitures du ménage (Aucune)			
Une	1,682***	82,14	36,04
Deux ou plus	2,1514***	88,03	41,92
Type de commune de travail (ville-centre)			
Pôle urbain	0,7895***	65,33	19,22
Périurbain	1,0766***	71,51	25,41
Type de commune de résidence (ville-centre)			
Pôle urbain	0,2218***	51,64	5,54
Périurbain	0,6114***	61,19	15,08
Constante	-0,1561***	46,11	

*** significatif à 0,0001. Pourcentage de prédictions concordantes : 78,7 % ; c = 0,789 ; N = 1 257 939 actifs ;

Note : La situation de référence correspond aux modalités entre parenthèses.

Source : recensement population 2010, « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

¹¹² Formule : $([-0,0122/-0,1721]*60)$.

¹¹³ Formule : $([-0,0369/-0,1721]*60)$.

Les autres variables jouent également fortement dans la probabilité associée d'utiliser la voiture pour réaliser un déplacement domicile-travail. Le plus notable est le nombre de voitures du ménage : plus le ménage possède de voitures, plus la probabilité de prendre l'automobile pour les déplacements domicile-travail interurbains est importante. Toute chose égale par ailleurs, un actif dont le ménage possède deux voitures ou plus a une probabilité de prendre la voiture de 88 %. C'est la variable explicative la plus forte du choix modal pour les actifs interurbains déjà mis en avant par Robert Cervero (2002). La profession et catégorie socioprofessionnelle est également un des éléments explicatifs du choix du mode de transport. Les employés et les cadres ont une probabilité moins forte que les autres de prendre la voiture alors que ce sont les artisans, commerçants et chefs d'entreprise ont une très forte probabilité d'utiliser ce mode (François, 2010 ; Caenen *et al.*, 2011).

Les variables géographiques introduites dans le modèle ont également un pouvoir explicatif très important (Joly *et al.*, 2009) dans le fait de se déplacer en voiture plutôt qu'en transports collectifs. Toutes choses égales par ailleurs, les interurbains qui travaillent dans une commune périurbaine ont ainsi une probabilité de prendre la voiture qui est beaucoup plus importante que ceux qui travaillent dans la commune ville-centre de l'aire urbaine : 72 % contre 46 %. Toute chose égale par ailleurs, la probabilité d'utiliser la voiture pour un actif qui réside dans une commune périurbaine est également plus forte (61 %) que pour un individu vivant dans une commune du pôle urbain (52 %). Ces taux peuvent apparaître relativement bas en regard des résultats des chapitres précédents. L'explication vient du fait que les variables sociodémographiques de références du modèle augmentent fortement la probabilité de se déplacer en TC : elles désignent un actif employé dont le ménage n'a pas de voiture, qui réside et travaille dans deux communes villes-centres.

L'ensemble de ces résultats vont donc dans le sens des conclusions des travaux cherchant à déterminer quels sont les paramètres qui influencent la probabilité d'utiliser la voiture : l'importance de la possession d'un ou plusieurs véhicules, la profession et catégorie socioprofessionnelle « artisans et commerçants », le fait de travailler et d'habiter dans une commune périurbaine (François, 2010 ; Caenen *et al.*, 2011). Grâce à ce modèle, les coefficients de chacune des variables sont utilisés afin de calculer, dans la partie suivante, la part modale de la voiture pour chacun des scénarios.

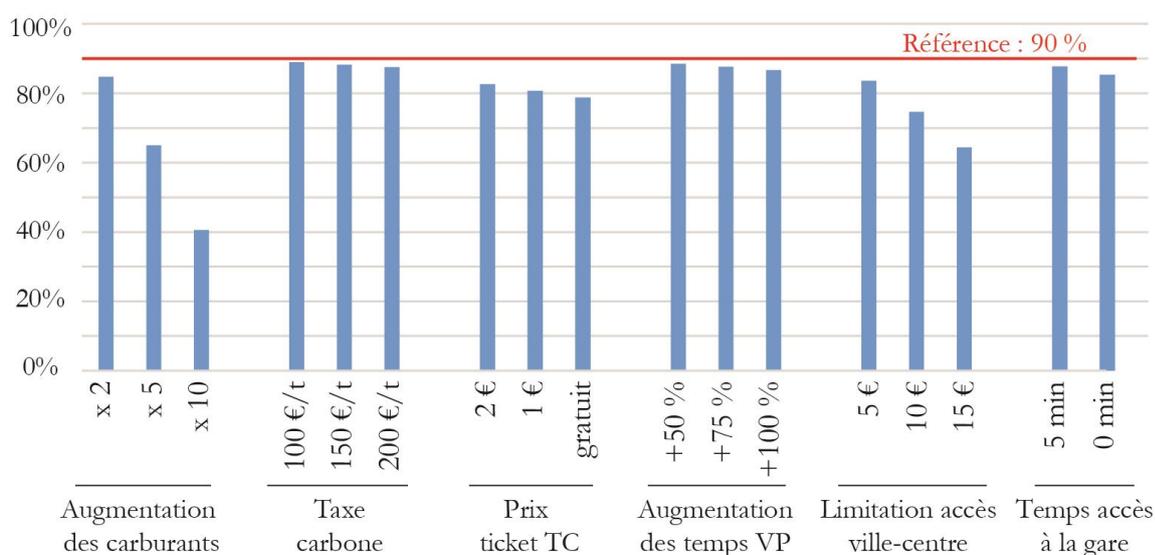
3. Report modal : d'importants potentiels de réduction des émissions de CO₂

Dans cette partie nous montrerons dans un premier temps que les scénarios proposés dans le chapitre 4 ont des conséquences inégales sur le report modal (section 3.1). Les conséquences sur les émissions de CO₂ sont elles aussi variables d'une famille de scénario à l'autre avec des impacts différents de ceux constatés pour la part modale (section 3.2). Dans une dernière partie, seront présentées les conséquences des trois scénarios combinant les différents niveaux de modalités sur la part modale et le volume des émissions de CO₂ (section 3.3).

3.1. Des familles de scénarios aux effets hétérogènes sur la réduction de l'usage de la voiture

D'après les données du recensement, parmi les actifs qui se déplacent soit en transports collectifs soit en voiture particulière, 90 % des actifs interurbains utilisent la voiture pour le trajet de leur lieu de résidence jusqu'à leur lieu de travail. La Figure 32 est une représentation synthétique de l'influence des scénarios, élaborés dans le chapitre précédent, sur cette part modale de l'automobile. Parmi les six familles de scénarios, trois semblent permettre de réduire l'usage de la voiture particulière de façon substantielle (section 3.1.1) alors que trois autres ne favorisent que très peu le report modal (section 3.1.2).

Figure 32 Part modale de la voiture particulière pour les déplacements interurbains en fonction des scénarios



Source : réalisation et calculs de l'auteur.

3.1.1. Trois familles de scénarios en faveur du report modal

L'augmentation des prix des carburants, la mise en place de péage urbain et le développement de prix de ticket de transport à tarif réduit sont les trois familles de scénarios qui, selon notre modèle, ont les conséquences les plus fortes sur le report modal des actifs interurbains en France. L'augmentation du prix des carburants est la famille de scénarios qui comprend les modalités ayant le plus fort impact sur le choix du mode de transport. Dans une situation où les prix des carburants seraient amenés à doubler (soit 2,72 €/l¹¹⁴), 15 % des actifs se déplaceraient en transports collectifs, 35 % dans le cas d'une multiplication par cinq (6,80 €/l) et dans le cas d'une multiplication brutale par dix (13,60 €/l), 59 % des actifs utiliseraient les TC. Ces scénarios qui ont des conséquences très fortes sur le budget consacré au transport semblent plus efficaces que la mise en place d'une taxe carbone pour laquelle le « signal prix » ne semble pas avoir d'effet.

Une deuxième mesure touche également au « porte-monnaie » des actifs dans le cas d'une utilisation de la voiture, c'est le développement de politiques limitant l'accès aux centres urbains des aires urbaines par la mise en place de politiques de stationnement et/ou de péage urbain. Parmi l'ensemble des interurbains, 57 % des actifs travaillent dans une commune ville-centre d'une aire urbaine. Malgré le fait que cette mesure ne concerne que cette part des interurbains, les conséquences sur le choix modal mesuré pour l'ensemble des actifs sont nettes. Pour un coût d'accès à 5 €, 84 % se déplacent en voiture particulière, si ce coût passe à 10 €, ce taux passe à 75 % et dans le cas d'un tarif fixé à 15 €, à 64 %. Sans considération des risques de report du trafic automobile vers les communes limitrophes à la ville-centre, cette mesure, mise en place actuellement à l'échelle de la commune ou des agglomérations, a donc des conséquences importantes à une autre échelle, celle des déplacements interurbains. Les politiques limitant l'accès aux communes villes-centres permettent également de favoriser le report modal de façon importante pour les relations entre aires urbaines.

Différentes augmentations du coût de trajet en voiture particulière influencent le choix modal des actifs. L'aspect financier est *a priori* davantage un levier d'action que le temps de déplacement. Ce constat est également vérifié lorsque les coûts de trajets en transports collectifs sont concernés. Le dernier dispositif permettant de favoriser le report modal concerne la réduction des prix des déplacements en transports collectifs. Par la mise en place de trois modalités réduisant le coût du

¹¹⁴ Le montant moyen des prix des carburants choisis par Beauvais Consultant (2013) est de 1,36 €/l. Ce prix prend en compte la répartition entre véhicule essence et diesel du parc de véhicules particuliers roulants.

déplacement en TC (ticket unique à 1 € ou 2 € et gratuité du déplacement), la part modale d'actifs se déplaçant en voiture baisse autour de 80 %. Toutefois, cette famille de scénarios nous apprend deux choses : d'une part que jouer sur le prix du déplacement en transports collectifs est moins efficace que jouer sur le tarif de déplacement en voiture particulière (politique d'accès à la ville-centre et prix des carburants) ; d'autre part que la gratuité totale n'apparaît pas comme un levier important du report modal par rapport à des tickets à 1 € ou 2 €. En effet, entre les trois mesures proposées dans cette famille de scénarios jouant sur le coût de déplacement en transports collectifs, les écarts sont relativement faibles.

À côté de ces trois mesures qui ont des effets importants sur le report modal des actifs, trois autres familles de scénarios semblent n'avoir que peu d'impact.

3.1.2. Trois familles de scénarios peu efficaces pour favoriser le report modal

Les familles de scénarios mesurant les conséquences des politiques de développement d'une taxe carbone, de réduction des vitesses de déplacement sur les tronçons routiers et d'augmentation de l'accessibilité à la gare n'ont qu'un effet limité sur le report modal des déplacements interurbains.

La mise en place d'une taxe carbone, afin de décourager les automobilistes d'utiliser leur voiture apparaît, comme une mesure inefficace pour les déplacements interurbains. Le modèle montre que ce dispositif mis en œuvre en France depuis 2014 ne favorise presque pas le report modal, et ce pour tous les niveaux de prix testés. Que la taxe carbone soit fixée à 100 €/tonne de CO₂ ou à 200 €/tonne de CO₂, cela ne semble avoir qu'un effet limité sur le choix modal des individus. Les conséquences financières d'une telle mesure ne semblent pas suffisantes pour conduire les actifs à changer de mode de transport et donc choisir les transports collectifs. Ce résultat est d'autant plus fort que dans la méthode de calculs de la taxe carbone, seuls les déplacements en voiture particulière sont concernés par cette taxe alors que les trajets de rabattement à la gare la plus proche pour les utilisateurs des transports collectifs ne le sont pas. Cette mesure, jouant sur le coût de déplacement des actifs, semble donc beaucoup moins efficace qu'un choc exogène d'augmentation des prix des carburants. Une piste d'explication réside dans son impact financier qui reste relativement faible sur le coût de déplacement en regard de l'augmentation des prix des carburants mesurée.

La réduction des vitesses de déplacements, mis en avant par certains chercheurs (Héran, 2001) comme outil permettant de réduire un des avantages comparatifs de l'automobile, n'est pas

confirmée pour le cas des déplacements interurbains. Qu'importe les trois modalités de réduction des vitesses, donc d'augmentation des temps de déplacement, la part modale de la voiture particulière reste très proche des 90 % observés dans le recensement. Nous parlons bien ici des vitesses calibrées sur les tronçons routiers à l'heure de pointe du matin, et pas des vitesses maximales autorisées en fonction des différents types de tronçons. Même diviser par deux les vitesses constatées actuellement, soit doubler le temps de déplacement en voiture particulière, ne semble pas être un levier de changement modal pour le cas des actifs interurbains. Les temps de déplacement en voiture individuelle restent trop compétitifs par rapport au temps de déplacement en transports collectifs et même un fort impact sur les vitesses n'apparaît pas comme un outil favorisant le changement de mode.

La sixième famille de scénarios élaborée dans le cadre de cette thèse, celle d'une accessibilité plus forte pour rallier la gare la plus proche dans le cas d'un déplacement en transports collectifs, n'a pas non plus d'effet significatif sur le report modal des déplacements des actifs interurbains. Même dans le cas théorique où ce dispositif permettrait virtuellement de supprimer le temps de rabattement à la gare la plus proche du lieu de résidence, la part modale de la voiture diminue très peu (85 %), et reste donc très proche de celle constatée dans le recensement. Ce résultat est intéressant et peut apparaître étonnant en regard de l'analyse du modèle de référence où le temps de rabattement pèse *a priori* trois fois plus dans le choix modal que le temps total de déplacement. Une piste d'explication repose sans doute sur le volume que représente ce temps de déplacement par rapport au temps total du déplacement. Même s'il pèse trois fois plus dans le choix modal, si ce temps de rabattement est plus de dix fois supérieur, son effet reste limité. Par exemple, dans le cas d'un actif qui a un temps de déplacement total de 50 min, un temps de rabattement de 5 min ou nul aura un impact limité sur son choix modal.

Ces premiers résultats semblent démontrer que pour les actifs interurbains, la variable du temps de déplacement n'est pas centrale dans le choix du mode de transport. En effet, parmi les six familles de scénarios imaginées, les deux familles modifiant cette variable n'apparaissent pas comme des leviers de changement de mode de transport. Les trois familles de scénarios qui semblent les plus à même de réduire cet usage, reposent sur des leviers à différentes échelles. Ainsi, la conjoncture macroéconomique mondiale, qui peut jouer sur les augmentations des prix des carburants, a l'influence la plus forte sur le report modal dans le cas d'une multiplication des prix des carburants par dix. Le dispositif de tarif unique de ticket de transports collectifs, qui est en France de la responsabilité des régions, est la mesure qui a le moins d'influence parmi les trois

familles de scénarios les plus effectifs sur le report modal. À l'échelle locale, des communes et agglomérations, le dispositif de tarification de l'accès aux centres urbains a des conséquences intermédiaires aux deux mesures précédentes. À partir de ces différents dispositifs qui font évoluer la part modale de la voiture des actifs interurbains, nous pouvons mesurer les conséquences sur les émissions de CO₂. La sous-partie suivante vise à démontrer que les effets entre ces deux variables ne sont pas complètement directs.

3.2. Des réductions d'émissions de CO₂ variables selon les familles de scénarios

La diminution de la part modale de la voiture particulière et la diminution des émissions de CO₂ sont liées, mais les effets de l'un sur l'autre ne sont pas forcément mécaniques. Dans quelle mesure la réduction de la part modale de la voiture contribue-t-elle à une diminution des émissions de CO₂ ? Pour calculer les conséquences des scénarios sur les émissions de CO₂, nous avons pondéré les émissions de CO₂ en VP et TC par les parts modales de ces deux modes pour chacun des scénarios¹¹⁵. Puis, la somme totale des émissions des trajets des actifs interurbains a été comparée avec le scénario de référence issu du modèle¹¹⁶ (Figure 33).

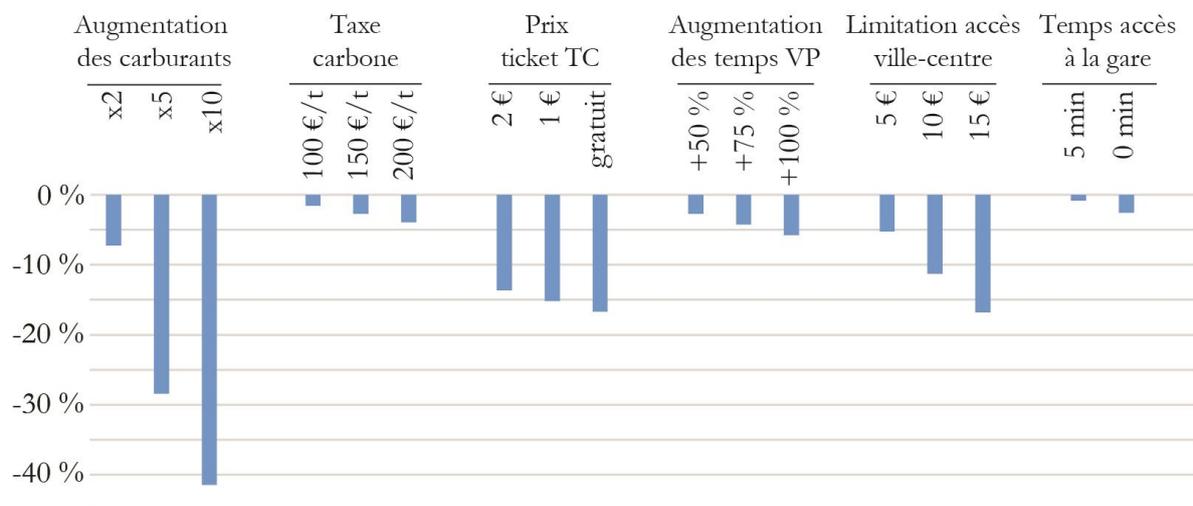
La baisse des émissions de CO₂ semble à première vue assez proche de la réduction de la part modale de la voiture individuelle. Nous retrouvons la même distinction entre les trois familles de scénarios qui réduisent davantage les émissions de CO₂ (augmentation des prix des carburants, réduction des tarifs TC, tarification de l'accès aux villes-centres) et les trois autres qui semblent avoir un effet plus limité (augmentation de la taxe carbone, diminution des vitesses VP et diminution du temps de rabattement). Aussi nous concentrerons nos développements sur les trois familles de scénarios ayant le plus d'effet.

¹¹⁵ Formule de calcul : Émission de CO₂ d'un scénario = (Part modale VP * Émissions CO₂ en VP) + (Part modale TC * Émissions CO₂ en TC).

Cette méthode de calcul repose donc sur les émissions de CO₂ calibrées sur les vitesses et distances de référence (chapitre 3). Pour le cas du scénario de réduction des vitesses, ces émissions de CO₂ de référence ont également été réutilisées. De nouveaux calculs sur les niveaux d'émissions à partir de ces vitesses réduites n'ont pas été effectués.

¹¹⁶ Les émissions de CO₂ ne sont pas prises en compte dans le modèle de choix discret. La comparaison entre les émissions issues de ce modèle de référence et les observations à partir du recensement peut donc être mobilisée pour valider notre modèle dans le cas de résultat proche. C'est le cas ici, avec pour le scénario de référence du modèle à partir duquel sont comparés les scénarios, une somme des émissions égales à 8 657,2 tCO₂ pour l'ensemble des trajets et une somme des émissions issues des trajets du recensement égales à 8 614,5 tCO₂.

Figure 33 Conséquences des scénarios sur le volume d'émissions de CO₂ liées aux déplacements pendulaires interurbains



Source : réalisation et calculs de l'auteur.

Trois faits marquants ressortent de l'analyse des répercussions sur les émissions de CO₂ :

(i) Les actifs qui passent de la voiture particulière aux transports collectifs ne sont pas tous les mêmes en fonction des scénarios. Pour un même taux de réduction de la part modale de la voiture nous observons des taux de réduction des émissions de CO₂ différents. Ce constat nous permet de dire que les familles de scénarios aboutissent à un report modal sur différents actifs, puisqu'ils ne contribuent pas de la même façon aux émissions (chapitre 3). Par exemple, ce n'est pas parce que la part modale de la voiture diminue de 10 points que les émissions de CO₂ vont être réduites d'autant. Parfois, l'impact sur les émissions de CO₂ est plus important, d'autres fois moins. Pour chaque scénario, ce sont donc différents individus qui passent de la voiture individuelle aux transports collectifs, diminuant plus ou moins les émissions de gaz à effet de serre.

(ii) L'augmentation des prix des carburants est la mesure qui permet de faire baisser le plus les émissions de CO₂ par rapport à tous les autres scénarios. Les émissions ne pouvant jamais être nulles, car même les déplacements en transports collectifs émettent du dioxyde de carbone, la multiplication des prix des carburants par 10 permet de réduire les émissions des actifs interurbains de plus de 40 %, avec une part modale de la voiture en baisse de 49 points. Pour ce scénario, la réduction d'un point de part modale de la voiture semble donc correspondre à une diminution d'environ un point d'émissions de CO₂.

(iii) L'analyse comparative des mesures sur les tarifs des titres de transports collectifs et de mise en place d'une tarification d'accès aux centres urbains montre bien que ce ne sont pas toujours les déplacements les plus émetteurs pour lesquels nous observons un report modal. En

effet, un tarif d'accès à la ville-centre à 15 € réduit de façon significative la part modale de l'automobile (-26 %), mais ne diminue les émissions « que » de 17 %. À l'inverse, les scénarios sur la baisse des prix des billets de transports collectifs réduisent la part modale de la voiture d'environ 10 points alors qu'ils réduisent les émissions de CO₂ d'environ 15 points. Lors d'un scénario de baisse des tarifs de déplacement en transports collectifs, ce sont donc les actifs émettant le plus qui ont quitté la voiture. L'objectif d'un passage à 100 % des actifs de la voiture particulière vers les transports collectifs ne semble donc pas un passage nécessaire pour réduire de façon significative les émissions de CO₂. Certaines mesures permettent de réduire de façon importante les émissions de CO₂ en favorisant le report modal des liaisons les plus émettrices en dioxyde de carbone. Une politique tarifaire sur les prix des titres de transport semble davantage une mesure intéressante pour réduire les émissions de CO₂ car elle cible les actifs réalisant les liaisons les plus émettrices. À l'inverse, les politiques tarifaires d'accès aux communes villes-centres permettent de réduire la part modale de la voiture, mais les liaisons pour lesquelles nous observons un report modal ne sont pas les plus émettrices, donc l'effet reste limité.

Comme nous l'avions évoqué dans le chapitre 4, un scénario en marge du modèle a été testé, celui lié à la pratique du télétravail. La méthode de calcul est différente des scénarios présentés jusqu'ici puisqu'elle ne s'appuie pas sur une politique de report modal d'une part et d'autre part elle ne concerne pas un trajet, mais la semaine complète. Deux modalités ont été testées : une mise en œuvre générale d'un jour de télétravail pour l'ensemble des actifs interurbains ; un second cas où seuls les cadres sont concernés par ce dispositif. Nous avons donc calculé pour ces deux cas les émissions de CO₂ à l'échelle de la semaine et comparé avec les émissions estimées à partir des résultats du recensement. Les émissions calculées ne concernent donc que les déplacements domicile-travail et ne prennent pas en compte les autres déplacements qu'un actif peut réaliser s'il télétravaille ou non. De plus, nous faisons l'hypothèse que lorsque les actifs télétravaillent, ils ne se déplacent pas pour ce motif et restent à leur domicile. Les déplacements des actifs qui se rendent dans un tiers-lieu de travail ne sont donc pas envisagés dans le calcul.

En prenant en compte les fréquences de déplacements quotidiennes et hebdomadaires développées à partir de nos calculs de l'ENTD (chapitre 3), les résultats montrent que si tous les actifs interurbains télétravaillent un jour par semaine, la réduction de leurs émissions de CO₂ est de 22 %. Si seulement les cadres sont concernés par cette mesure, la diminution des émissions n'est plus que de 5 %. Ces chiffres montrent que le potentiel lié au télétravail n'est pas anecdotique du fait que les déplacements des actifs interurbains sont effectués sur de longues

distances et en voiture, mais restent toutefois inférieur à certains autres dispositifs envisagés dans le cadre de cette thèse.

Les mesures exposées jusqu'ici de façon séparée peuvent également faire l'objet de politiques combinées. L'objectif de la prochaine sous-partie est de montrer les effets que peuvent avoir une accumulation de ces dispositifs sur la réduction de la part modale de la voiture d'une part et sur la réduction des émissions de CO₂ d'autre part.

3.3. Combiner des mesures pour un effet cumulatif

À partir des 17 modalités testées, les combinaisons possibles sont nombreuses. Trois scénarios combinant à chaque fois une modalité des 6 mesures ont été choisis :

- Un scénario volontaire qui cumule les dispositifs de premier niveau les plus plausibles actuellement : un prix des carburants à 2,72 €/l, une taxe carbone à 100 €/tCO₂, des billets de train à 2 € le trajet (l'équivalent d'un abonnement mensuel à 84 €)¹¹⁷, une réduction des vitesses de 33 %¹¹⁸, un tarif d'accès aux communes villes-centres à 5 € et un temps d'accès à la gare de 5 min maximum pour tous.

- Un scénario audacieux qui regroupent des mesures moins plausibles : un prix des carburants multiplié à par cinq (6,80 €/l), une taxe carbone à 150 €/tCO₂, des tickets à 1 € l'unité (ou un abonnement mensuel de 42 €), une réduction des vitesses de 43 %, une politique d'accès aux centres urbains à 10 € et un temps d'accès à la gare de 5 min maximum pour tous.

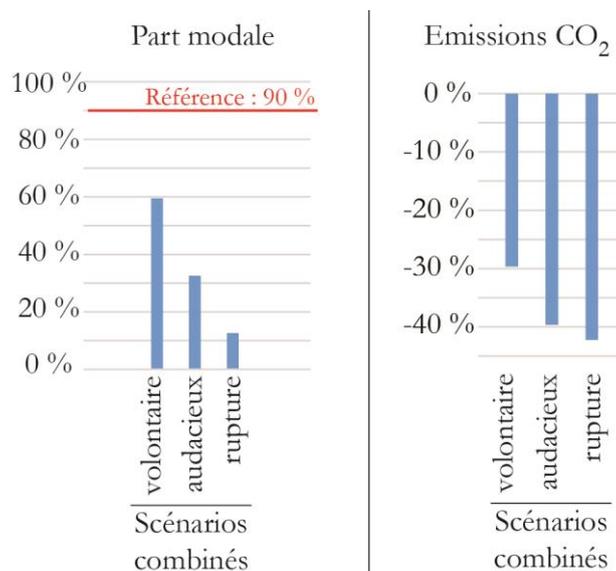
- Un scénario de rupture dont les modalités semblent aujourd'hui improbables : un prix des carburants à 13,60 €/l, une taxe carbone à 200 €/tCO₂, des transports collectifs interurbains gratuits, une réduction des vitesses de 50 %, un tarif d'accès aux communes villes-centres à 15 € et un temps de rabattement à la gare nul.

Les conséquences de l'accumulation de ces dispositifs au travers de ces trois scénarios sur la part modale de la voiture particulière et les émissions de CO₂ sont présentées ci-dessous (Figure 34).

¹¹⁷ Sur la base d'un aller-retour par jour, 21 jours par mois, d'après nos calculs : $2 \times 2 \times 21 = 84$ €

¹¹⁸ Ce qui correspond à une augmentation des temps de déplacement de 50 %.

Figure 34 Conséquences des trois scénarios combinés sur la part modale VP et les émissions de CO₂



Source : réalisation et calculs de l'auteur.

Quatre résultats forts ressortent de l'analyse de ces deux graphiques : l'addition de mesure est efficace (section 3.3.1), la différence d'intensité entre ces trois scénarios joue sur le report modal (section 3.3.2) alors que les conséquences sur les émissions de CO₂ semblent atteindre un palier de réduction (section 3.3.3). Ces résultats nous amèneront à conclure sur les liens entre report modal et réduction des émissions ainsi que sur l'efficacité comparée de ces trois scénarios (section 3.3.4).

3.3.1. L'accumulation de mesures permet de favoriser le report modal de nouveaux actifs interurbains

L'effet cumulatif des mesures est constaté et permet de favoriser plus fortement le report modal. Pour chaque mesure, ce sont des actifs différents qui sont ciblés, et l'accumulation de mesures permet donc de faire changer de mode de transport plus d'actifs. Il n'y a pas une seule mesure qui permet de réduire fortement la part modale de la voiture, mais c'est bien une combinaison d'éléments qui le permet. Par exemple, pour le cas du scénario volontaire, si les parts d'actifs de chacune des six mesures qui basculent de la voiture particulière aux transports collectifs de façon indépendante sont additionnées, le total est de 21 % (Figure 33). En supposant que pour chaque scénario, ce ne soit pas les mêmes actifs qui changent de mode de transport, ce qui semble très peu probable, ce sont donc 21 % des actifs qui font du report modal. Or ce que nous montre le graphique ci-dessus, c'est que l'accumulation des mesures pour le cas du scénario volontaire

conduit 30 % des actifs à changer de mode de transport, soit 9 points de plus. La mise en place de scénario combiné permet donc de toucher beaucoup plus d'individus que dans le cas où chaque mesure est envisagée de façon isolée. Ce constat est également vérifié pour le scénario audacieux, mais moins pour le scénario de rupture où l'augmentation des prix des carburants rassemble, à lui seul, deux tiers des actifs qui changent de mode de transport. Ce premier résultat fort va dans le sens de nombreux travaux mettant en avant la nécessité de politiques combinées pour avoir un impact significatif sur l'usage des transports collectifs : promotion de la densité et de la mixité fonctionnelle (Cervero, Kockelman, 1997), développement des transports collectifs et urbanisation autour des gares (Newman, Kenworthy, 2000), diminution des vitesses de déplacement tout en développant les réseaux de transports collectifs (Héran, 2001 ; Crozet, Joly, 2004).

3.3.2. Plus les mesures sont « fortes », plus le report modal est important

Le deuxième résultat concerne également la part modale de la voiture particulière. Celle-ci diminue d'autant plus que les scénarios regroupent des mesures très « fortes ». Le scénario volontaire permet de faire passer la part modale de la voiture particulière de 90 % à 60 %, le scénario audacieux à 33 % et le scénario de rupture à 13 %. À chaque fois, une diminution notable de la part modale de la voiture est constatée sans pour autant permettre de faire changer de mode de transport l'ensemble des actifs interurbains de France. Pour certains, même dans le cas extrême du scénario de rupture, l'usage de la voiture reste compétitif par rapport aux transports collectifs. Toutefois, un résultat fort est celui du scénario volontaire qui regroupe des mesures qui en 2016 semblent plausibles et qui permettent de réduire de façon conséquente la part modale de la voiture. L'accumulation de dispositifs décourageant faiblement l'usage de la voiture ou encourageant celui des transports collectifs permet donc d'avoir des effets très importants sur le report modal. Dans le scénario volontaire, 30 % des actifs passent de la voiture particulière aux transports collectifs. Ce résultat est à souligner.

3.3.3. Une réduction maximale des émissions de CO₂ autour de 40 %

L'effet cumulatif de ces mesures sur les émissions de CO₂ constitue le troisième résultat important. Le scénario volontaire permet de les réduire de 30 %, l'addition de mesures audacieuses de 40 % et de 42 % dans le scénario de rupture. Il semblerait qu'un palier de réduction maximum des émissions de CO₂ se situe autour de 40 % de réduction des émissions,

car même avec une part modale de la voiture à 16 % dans le scénario de rupture, les émissions ne baissent « que » de 42 %. Cela signifie qu'une partie des trajets émettent autant de CO₂ aussi bien en voiture qu'en transports collectifs et qu'un seuil maximum de réduction des émissions semble atteint. C'est effectivement le cas, car dans le cas d'un report total des actifs de la voiture particulière vers les transports collectifs la réduction des émissions de CO₂, que l'on peut qualifier de maximale, est de 42 %. L'objectif de l'État de diviser par 4 ces émissions (facteur 4) ne peut pas être atteint pour les déplacements interurbains en France avec comme unique levier le report modal¹¹⁹. Nous faisons l'hypothèse que cette impossibilité soit liée en grande partie au rabattement du lieu de résidence à la gare la plus proche qui est effectué en voiture et donc émet du CO₂. Dans certains cas, le report modal pourrait produire l'effet inverse quant à l'objectif de réduction des émissions de CO₂, car il conduit *a priori* certains actifs à utiliser leur voiture sur de plus longues distances afin d'atteindre la gare la plus proche et de finir son déplacement en transports collectifs alors que le trajet direct en voiture particulière du lieu de résidence au lieu de travail est moins émetteur en CO₂.

3.3.4. Des réductions de CO₂ importantes dès la mise en place de mesures volontaires

Le dernier point que nous souhaitons soulever est une conséquence de ce qui vient d'être expliqué : le report modal n'est pas toujours synonyme de diminution des émissions de CO₂. En comparant les réductions d'émissions de CO₂ et de part modale des trois scénarios combinés, le résultat est notable. Entre le scénario audacieux et de rupture, la part modale de la voiture baisse de 20 points (passant de 33 % à 13 %) alors que les émissions de CO₂ ne sont réduites que de 2 points (passant de 40 % à 42 %). Le « gain » de part modale pour les transports collectifs ne se traduit pas avec la même force pour la réduction des émissions de gaz à effet de serre. La mise en place des mesures du scénario de rupture a un effet important sur la baisse de la part modale de la voiture et a des conséquences limitées en ce qui concerne la réduction des émissions de dioxyde de carbone par rapport aux mesures du scénario audacieux. Ce constat est également vérifié pour le scénario volontaire qui en baissant la part modale de la voiture à 60 % permet une réduction des émissions de 30 %. Soit le rapport « baisse de la part modale/réduction des émissions » le plus efficace des trois scénarios alors qu'il concentre des politiques qui, en 2016, nous apparaissent comme les plus plausibles ou les plus réalistes à mettre en place en regard des autres

¹¹⁹ « Par la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique (POPE) du 13 juillet 2005, la France s'est de plus donné à elle-même des objectifs propres, tendant à diviser par 4 les émissions de GES entre 1990 et 2050 » (CGEDD, 2013, p.9)

scénarios. Il semblerait donc que ce scénario soit le plus efficient pour réduire l'usage de la voiture particulière sur les liaisons fortement émettrices de CO₂.

L'impact du scénario volontaire ressort donc nettement de nos résultats. L'accumulation des mesures de ce scénario permet de souligner trois éléments importants :

- des dispositifs dont la mise en œuvre est aujourd'hui envisageable permettent de réduire significativement les émissions de CO₂ des actifs interurbains en France ;
- la combinaison de mesures permet de « toucher » un nombre plus important d'actifs que dans le cas d'une mise en place isolée des mesures volontaires ;
- le report modal est incité sur des liaisons les plus émettrices de CO₂.

L'objectif premier de ces calculs de réduction de l'usage automobile pour les déplacements interurbains en France est de mesurer le potentiel de baisse des émissions de gaz à effet de serre. Ce potentiel apparaît d'autant plus important dans le cas d'une mise en place combinée de dispositifs mesurés pour l'ensemble des actifs interurbains. Une lecture de ces potentiels de report modal et de réduction des émissions de CO₂ par les profils d'interurbains définis dans le chapitre 2 va nous permettre d'identifier les liaisons où ces mesures sont les plus efficaces et de discuter leurs conséquences sociales, en matière de coût financier.

4. Les conséquences territoriales et sociales des politiques en faveur du report modal explorées selon différents scénarios

Cette dernière sous-partie a pour objectif d'analyser les conséquences des politiques de réduction de l'usage de l'automobile au travers de deux grilles de lectures, d'une part géographique et d'autre part sociale. Dans une première sous-partie, nous montrerons que ces politiques n'ont pas les mêmes effets pour tous les actifs en fonctions des différents profils d'actifs définis selon leur type de liaison réalisé (section 4.1) ; alors que dans une deuxième sous-partie, nous nous attacherons à comprendre plutôt leurs incidences sociales (section 4.2). Dans une dernière sous-partie, nous croiserons ces deux aspects afin d'identifier pour chaque profil de liaison si nous retrouvons les conséquences sociales soulevées dans la sous-partie précédente (section 4.3).

4.1. Les relations vers le pôle urbain plus favorables au report modal

En reprenant la typologie des actifs interurbains proposée dans le chapitre 2, nous allons montrer en quoi les lieux de résidence et de travail des actifs sont des facteurs importants dans le potentiel de report modal d'une part (section 4.1.1) et sur la réduction des émissions de CO₂ d'autre part (section 4.1.2). Ces politiques de report modal ont également des incidences inégales sur les coûts et temps de déplacements des différents profils d'interurbains (section 4.1.3).

4.1.1. Des profils aux potentiels de report modal très différents

Les intercitadins (pour rappel, ces actifs vivent et travaillent dans les communes villes-centres de deux aires urbaines distinctes), se détachent nettement des autres profils d'actifs concernant le potentiel de report modal selon les différents scénarios (Tableau 29). Ce profil rassemble 20 % des interurbains avec une pratique initiale légèrement différente des autres : ils sont 79 % à se déplacer en voiture, alors que les trois autres profils ont une part modale de l'automobile supérieure à 90 %.

Les résultats en fonction des différentes modalités des six familles de scénarios sont très nets : dans tous les cas ce sont les liaisons de ville-centre à ville-centre qui ont le plus fort potentiel de réduction de l'usage de la voiture. L'accumulation des modalités dans le cas des scénarios combinés appuie encore davantage ce constat. La mise en place de dispositifs probables dans le cas du scénario volontaire permet de réduire la part modale de la voiture de 79 % à 34 %, soit une division par plus de deux entre les deux situations. Dans le cas du scénario audacieux, ce taux passe à 8 % alors que le scénario de rupture permet de supprimer presque complètement l'usage de la voiture pour ces actifs.

Tableau 29 Part modale de la VP des profils d'interurbains en fonction des scénarios combinés

	Part d'actifs	Part modale VP de référence	Part modale VP des scénarios		
			Volontaire	Audacieux	Rupture
« Intercitadins »	20 %	79 %	34 %	8 %	1 %
« Interpolitains »	44 %	91 %	63 %	36 %	14 %
« Périurbains »	25 %	94 %	64 %	33 %	11 %
« Centrifugés »	11 %	96 %	83 %	63 %	34 %

Source : réalisation et calculs de l'auteur.

Les relations entre villes-centres ressortent donc comme des liaisons sur lesquelles un très fort potentiel de report modal existe. Avec une part modale de la voiture très importante aujourd'hui, et un potentiel de report modal très important d'après nos travaux, il semblerait cohérent de mettre en œuvre une politique de report modal pour ces liaisons. Certes, nous ne prenons pas en compte l'ensemble de l'offre ferroviaire existante puisque nous n'avons pas considéré les fréquences et heures de passage des trains, mais le potentiel calculé repose tout de même sur les infrastructures ferroviaires existantes et les gares de voyageurs en fonctionnement. Le potentiel de report modal de ces actifs est élevé et la concrétisation des mesures le ciblant possiblement envisageable à partir de l'offre existante (TER ou TET) dans les relations interurbaines où aujourd'hui une majorité des actifs préfèrent se déplacer en voiture plutôt que de prendre le train. Pour ces liaisons, la mise en place d'un titre de transport à 2 € permettrait de faire baisser la part modale de la voiture à 66 %, et une gratuité des transports collectifs à 60 %.

Deux profils d'actifs interurbains possèdent des potentiels de report modal assez proches : les interpolitains (ceux qui vivent et travaillent dans deux pôles urbains distincts, mais qui ne sont pas des intercitadins) et les périurbains (qui vivent dans le périurbain d'une aire urbaine et travaillent dans le pôle urbain d'une autre). Les actifs de ces deux profils ont le point commun de travailler soit dans la commune ville-centre de l'aire urbaine, soit dans une autre commune du pôle urbain. Ces deux groupes ont une part modale de la voiture de référence très importante, 91 % pour les interpolitains, 94 % pour les périurbains. Pourtant, la mise en place de scénarios combinés pour ces actifs montre d'importants gains possibles en termes de report modal. Dans le scénario volontaire, leur part modale en voiture chute respectivement à 63 % et 64 %, dans le scénario audacieux à 36 % et 33 % et dans le scénario de rupture à 14 % et 11 %. Ces chiffres ne sont pas aussi importants que pour le premier profil, mais dessinent tout de même un réel potentiel de développement du report modal vers les transports collectifs. Le fait que ces actifs travaillent dans des communes du centre de l'aire urbaine leur permet de profiter d'une desserte ferroviaire plus importante et ont donc une possibilité plus élevée de faire du report modal.

Les liaisons à destination d'un pôle urbain rassemblent 89 % des liaisons interurbaines étudiées dans cette thèse. Or pour ces 89 %, un potentiel de report modal important semble exister en regard de nos résultats, ce qui confirme l'hypothèse de Pierre Zembri sur le fait qu'il semble « réaliste d'axer une politique de promotion du report modal sur les segments intervilles » et celles en lien avec un centre dans le cas de l'offre régionale de transport (Zembri, 2004, p.95). Sans

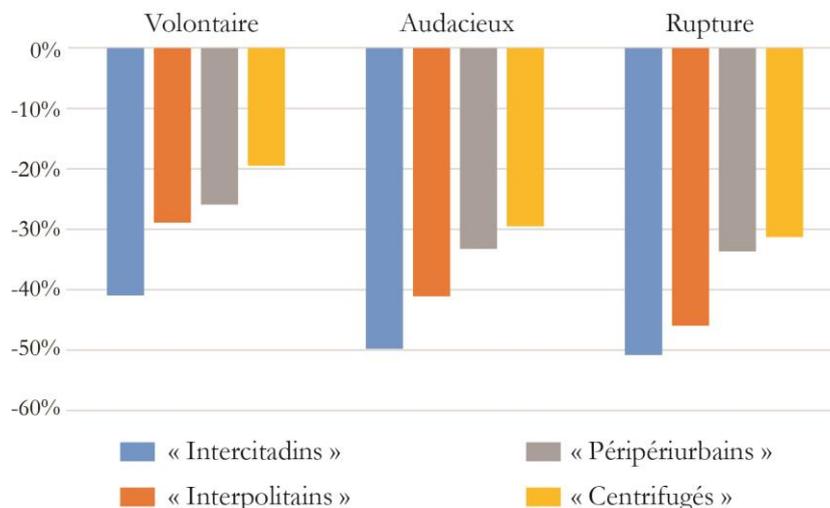
prendre en compte les altermobilités possibles tels que le covoiturage ou le réseau de bus interurbains, l'infrastructure ferroviaire existante permet de répondre pour une part importante au besoin de report modal pour lequel nous avons identifié un réel potentiel de développement.

En revanche, ce type d'orientation ne semble pas pertinent pour 11 % des actifs interurbains, ceux qui travaillent dans les communes périurbaines (les actifs centrifugés). Pour ces actifs, qui se déplacent initialement à 96 % en voiture, la mise en place de dispositif de réduction de l'usage de la voiture au profit des transports collectifs ne semble pas avoir d'effet significatif. Dans le cas du scénario volontaire, qui comprend tout de même six dispositifs visant à réduire son usage, encore 83 % des actifs se déplacent en automobile. Même dans le cas d'une accumulation de mesures extrêmes comme dans le cas du scénario de rupture où les prix du pétrole sont multipliés par 10, les transports gratuits, les vitesses de déplacements divisées par deux, il est encore plus intéressant pour un tiers des actifs de se déplacer en voiture qu'en transports collectifs. Le covoiturage semble pour ces actifs une solution de report modal peut-être plus appropriée dans une optique centrée sur le secteur des transports. Toutefois, peut-être que les solutions de diminution du volume des émissions de CO₂ des déplacements de ces actifs relèvent davantage d'une problématique d'aménagement plus générale de localisation des lieux d'emplois.

4.1.2. Les intercitadins ont le plus fort potentiel de réduction des émissions de CO₂

Quelles sont les conséquences de ce report modal sur les émissions de CO₂, en fonction de ces quatre profils ? La réduction des émissions de CO₂ en fonction des différents profils suit les observations que nous venons de réaliser sur la réduction de l'usage de la voiture. Les actifs qui se déplacent entre deux communes villes-centres sont ceux qui réduisent le plus fortement leurs émissions de CO₂ par rapport à la situation de référence : de -40 % pour le cas du scénario volontaire à -50 % pour le scénario de rupture (Figure 35). À l'opposé, les actifs qui travaillent dans les espaces périurbains d'une autre aire urbaine, les « centrifugés » sont ceux qui ont des potentiels de réduction les plus faibles par rapport aux autres groupes (-19 % pour le scénario volontaire jusqu'à -31 % pour le scénario extrême).

Figure 35 Conséquences des scénarios combinés sur les émissions de CO₂ en fonction des quatre profils d'actifs interurbains



Source : réalisation et calculs de l'auteur.

Alors que les deux autres profils d'actifs interpolitains et péripériurbains sont dans une situation intermédiaire pour la réduction de la part modale de la voiture, leurs potentiels de réduction des émissions de CO₂ ne sont pas équivalents. Les chiffres de réduction des péripériurbains sont en effet très proches des actifs centrifugés. Malgré une baisse importante de la part modale pour ces actifs, les émissions de CO₂ ne sont pas réduites d'autant : elles chutent entre 26 % pour le scénario volontaire et 34 % pour le scénario audacieux. Le report modal de ces habitants situés en moyenne plus loin des gares que les autres actifs ne conduit pas mécaniquement à une baisse des émissions de CO₂. Leurs émissions entre ces deux modes de transports peuvent en effet être très proches dans le cas d'un rabattement en VP à une gare qui peut être éloignée du domicile.

Les interpolitains, à l'inverse, résidant à l'intérieur des pôles urbains bénéficient d'une plus grande proximité aux gares qui leur permet à la fois de réduire fortement l'usage de l'automobile, mais également de diminuer leurs émissions de CO₂. Les baisses constatées pour ces actifs se rapprochent alors de celles des actifs intercitadins, notamment pour les scénarios audacieux (-41 %) et de rupture (-46 %).

La localisation des lieux de résidence et de travail au sein des deux aires urbaines semble donc jouer fortement sur le potentiel de report modal. Les relations entre communes villes-centres sont celles où le potentiel de report modal est le plus important et là où les émissions de CO₂ diminuent le plus fortement. Une grande accessibilité au réseau ferroviaire dans ces communes leur permet de faire basculer les actifs d'un mode à l'autre assez facilement et de réduire les émissions de CO₂ très fortement du fait de rabattement à la gare la plus proche en voiture presque inexistant. C'est sur ces liaisons que nous identifions la marge d'action la plus forte.

Toutefois, les relations à destination du pôle urbain ont également un potentiel de report modal, certes moins fort que pour les relations entre villes-centres, qui permet d'imaginer de réelles réductions de l'usage de la voiture. En revanche, les relations à destination des espaces périurbains ne permettent pas d'envisager un report modal sous la forme que nous proposons ici, en nous appuyant sur le réseau ferroviaire existant. Passer de l'usage de la voiture particulière aux transports collectifs ferrés pour ces actifs ne semble pas une solution afin de réduire les émissions de CO₂.

Les conséquences des politiques de report modal ne concernent pas seulement les émissions de CO₂, elles ont aussi un impact social. En effet, en fonction des différents scénarios, le coût moyen de déplacement évolue fortement pour les différents profils d'actifs.

4.1.3. Des politiques de report modal davantage favorables financièrement aux actifs intercitadins

Pour calculer le coût moyen d'un déplacement interurbain pour les différents scénarios, nous avons utilisé les résultats des parts modales de chaque scénario¹²⁰. Pour chaque scénario, le coût moyen évolue donc en fonction du type de mesure et de la part modale finale : la réduction des tarifs des titres de transports collectifs et la politique de tarification d'accès aux communes villes-centres ont des résultats comparables en termes de report modal, en revanche leur conséquence sur le coût moyen d'un déplacement est très différente. La première modalité diminue le coût de déplacement en TC sans changer le coût de déplacement en VP, alors que les politiques tarifaires d'accès aux centres urbains augmentent le coût de déplacement en VP sans faire évoluer le coût de déplacement en TC. Dans la situation de référence, le coût moyen d'un déplacement payé par un actif est de 9,70 €. Ce coût varie peu pour le scénario de taxe carbone, de réduction des vitesses et d'une diminution des temps de rabattement à la gare. En revanche, il augmente fortement dans deux cas :

- pour les modalités du scénario d'augmentation des prix du carburant : de 11,70 € (multiplication par deux des prix des carburants) à 15,10 € (multiplication par dix des prix à la pompe) ;

- pour les dispositifs limitant l'accès aux centres des aires urbaines : de 11,50 € en moyenne (pour un tarif à 5 €) à 12,10 € (pour un tarif à 15 €).

¹²⁰ Les conséquences sur les coûts de déplacements sont calculées de la même façon que pour les émissions de CO₂ : Coût de trajet d'un scénario = (Part modale VP * coût total du trajet en VP) + (Part modale TC + coût total du trajet en TC).

Le coût moyen d'un trajet interurbain baisse significativement dans un seul scénario, celui de réduction des prix des titres de transports collectifs. Il passe de 7,90 € (ticket à 2 €) à 7,10 € (transports collectifs gratuits).

Malgré des coûts de déplacement en transports collectifs en moyenne plus faibles, le report modal par des mesures isolées ne permet donc pas toujours de réduire le prix moyen d'un déplacement. En fonction du type de mesure et du nombre d'actifs basculant de l'usage de la voiture particulière aux transports collectifs, le coût moyen n'est pas toujours réduit alors que davantage d'actifs prennent les transports collectifs.

En revanche, les trois scénarios combinés, dans lesquels le taux de report modal est très important, permettent de réduire ce coût moyen. Dans le cas du scénario volontaire, le coût moyen chute à 8,50 € (-13 %), dans le scénario audacieux il est à 6,50 € (-32 %) et dans le scénario de rupture, le coût moyen du déplacement est de 2,20 € (soit une baisse de 78 %). La combinaison de mesures semble donc plus efficace pour réduire le coût moyen du déplacement du fait d'un nombre plus conséquent d'actifs basculant de la voiture vers les transports collectifs.

Les conséquences en termes de coût entre les différents profils sont très marquées. Les actifs intercitadins sont ceux qui, du fait d'un report modal plus important, profitent le plus des politiques de report modal :

- Pour les modalités qui font augmenter le coût de déplacement, c'est ce profil d'actifs qui connaît une hausse du coût moyen la moins importante ;
- Lorsque des modalités visent à réduire le coût de déplacement, ce sont eux qui profitent le plus de cette baisse.

À l'opposé, les actifs centrifugés sont ceux qui subissent le plus les conséquences financières des politiques mises en places. Pour presque toutes les modalités, leur coût moyen de déplacement est supérieur aux trois profils. Seules les modalités liées au développement d'une tarification d'accès aux centres urbains sont favorables aux interurbains « centrifugés », qui par définition ne travaillent pas dans la ville-centre d'une aire urbaine. Les deux autres groupes des actifs interpolitains et périurbains ont des évolutions de leur coût moyen de déplacement qui se situent dans une fourchette intermédiaire entre ces deux profils.

Les conséquences des scénarios combinés sur le coût de déplacement des différents profils d'actifs confirment les analyses portées pour chaque modalité. Pour le scénario volontaire, les intercitadins réduisent de 33 % leur coût de déplacement, puis de 65 % dans le scénario audacieux, jusqu'à 98 % pour le scénario de rupture (soit un coût moyen de déplacement de

21 cts lié à la gratuité des transports et un report modal presque total). En revanche, pour les actifs qui se déplacent à destination des communes périurbaines, l'accessibilité aux transports collectifs est plus limitée, et le coût moyen ne varie pas aussi fortement. Du fait d'un potentiel de report modal beaucoup moins significatif, le coût moyen d'un trajet pour les centrifugés baisse de 3 % dans le scénario volontaire (8,80 €), augmente de 3 % dans le scénario audacieux (9,20 €) puis baisse de seulement 40 % dans le cas du scénario de rupture (5,40 €), alors que la baisse dans ce scénario pour les deux autres groupes des interpolitains et périurbains est de 75 % et 79 %.

Les intercitadins ressortent comme un groupe à part avec un potentiel de report modal et de réduction des émissions de CO₂ très importants qui leur permettent de « profiter », davantage que les autres groupes, des politiques de report modal : soit en limitant l'augmentation du coût moyen de déplacement, soit en le diminuant fortement en fonction des modalités. Les actifs qui travaillent dans les espaces périurbains d'une autre aire urbaine sont dans une situation différente. Ayant des potentiels de report modal moindres, la diminution des émissions de CO₂ apparaît relativement peu importante au regard de celle des autres groupes. Les interpolitains et les périurbains ont des profils assez proches, notamment sur le potentiel de report modal et donc l'évolution de leur coût de déplacement. En revanche, les premiers connaissent une réduction plus forte de leurs émissions de CO₂ du fait d'une proximité plus importante aux gares.

L'introduction du coût de déplacement des différents profils d'actifs a montré que les politiques de report modal n'ont pas uniquement une incidence environnementale, mais qu'elles induisent également des conséquences sociales. L'enjeu de la prochaine sous-partie est de proposer une lecture sociale plus approfondie de ces enjeux grâce à la variable de la profession et catégorie socioprofessionnelle.

4.2. Politiques de report modal et professions et catégories socioprofessionnelles : une amélioration environnementale, mais pas sans conséquence sociale

L'interaction entre les enjeux environnementaux et sociaux de la mobilité a déjà été soulevée par de nombreux auteurs (Caubel, 2007 ; Bouzouina, Nicolas, 2009 ; Larrère, 2009 ; Desjardins, 2011). Notre objectif dans le cadre de cette thèse est de montrer que cette question est également pertinente pour les politiques visant à réduire les émissions de CO₂ des déplacements interurbains en France. Au travers de la variable de la profession et catégorie socioprofessionnelle (PCS), nous montrerons que les cadres ont plus de facilité à changer de mode de transport et à réduire leurs

émissions de CO₂ par rapport aux autres groupes (section 4.2.1) et qu'ils s'en « sortent » le mieux financièrement (section 4.2.2).

4.2.1. Les cadres, plus sensibles aux politiques de report modal

Dans le cas des déplacements interurbains, les différentes PCS identifiées dans le recensement utilisent toutes très fortement la voiture pour leurs déplacements domicile-travail. En ne prenant pas en compte dans notre analyse les agriculteurs et artisans, commerçants et chefs d'entreprise qui représentent 4 % des actifs interurbains, les autres catégories utilisent majoritairement la voiture pour leur déplacement pendulaire : 87 % pour les cadres, 88 % pour les employés, 90 % pour les professions intermédiaires et 93 % pour les ouvriers. Cette différence dans les parts modales entre les groupes est également observée dans tous les scénarios testés. À chaque fois, la catégorie des cadres est celle qui possède le taux d'utilisation de la voiture le plus faible alors que les ouvriers sont ceux qui l'utilisent le plus. Dans une situation intermédiaire, nous retrouvons les professions intermédiaires et les employés. Par exemple, dans le cas des scénarios combinés (Tableau 30), la part modale de la voiture pour les cadres chute à 47 % pour le scénario volontaire, soit une baisse de 40 points, alors qu'elle reste très élevée pour les ouvriers à 71 %, soit une baisse de moitié moins forte de 22 points. Cette distinction, entre cadres d'un côté et ouvriers de l'autre et avec les deux autres groupes en position intermédiaire, est constatée pour les autres scénarios combinés. Le scénario de rupture permet même un report modal presque total des cadres vers les transports collectifs (94 %).

Il est difficile de conclure sur une forme de dépendance à l'égard de l'automobile pour les ouvriers uniquement à partir de ces chiffres. Toutefois, cette catégorie semble dans une situation où le report modal apparaît comme plus complexe à mettre en place malgré des actions fortes qui contraignent l'usage de la voiture.

Tableau 30 Part modale de la VP par PCS en fonction des scénarios combinés

	Part d'actifs	Part modale VP de référence	Part modale VP des scénarios		
			Volontaire	Audacieux	Rupture
Cadres	20 %	87 %	47 %	21 %	6 %
Professions intermédiaires	32 %	90 %	58 %	30 %	11 %
Employés	21 %	88 %	58 %	32 %	12 %
Ouvriers	23 %	93 %	71 %	45 %	20 %

Source : réalisation et calculs de l'auteur.

Les effets de ce report modal sur les émissions de CO₂ sont le pendant de cette observation. À chaque fois, ce sont les cadres qui réduisent le plus fortement leurs émissions de CO₂ par rapport à la situation de référence. Pour le scénario volontaire, qui regroupe les modalités les plus crédibles à nos yeux, la baisse des émissions de CO₂ pour les cadres est de 38 % alors qu'elle n'est que de 29 % pour les professions intermédiaires, 26 % pour les employés et 24 % pour les ouvriers. Pour le scénario de rupture, les cadres réduisent de moitié leur niveau d'émissions (51 %), les professions intermédiaires de 42 % et les deux derniers groupes à 37 %. Si à chaque fois les cadres sont ceux qui réduisent le plus fortement leurs émissions, les scénarios proposés permettent également de faire changer de mode de transport les ouvriers qui sont les plus émetteurs : alors qu'ils connaissent un report modal moins important que les employés dans le cas du scénario volontaire (Tableau 30), les ouvriers baissent leurs niveaux d'émissions de façon presque équivalente.

L'analyse des conséquences des scénarios proposés atteste que les cadres représentent une catégorie à part. Ils se reportent plus facilement vers les transports collectifs et participent plus fortement à la réduction des émissions de GES. L'analyse des coûts de déplacements en fonction des différentes catégories sociales montre qu'ils représentent également un cas particulier par rapport aux autres groupes.

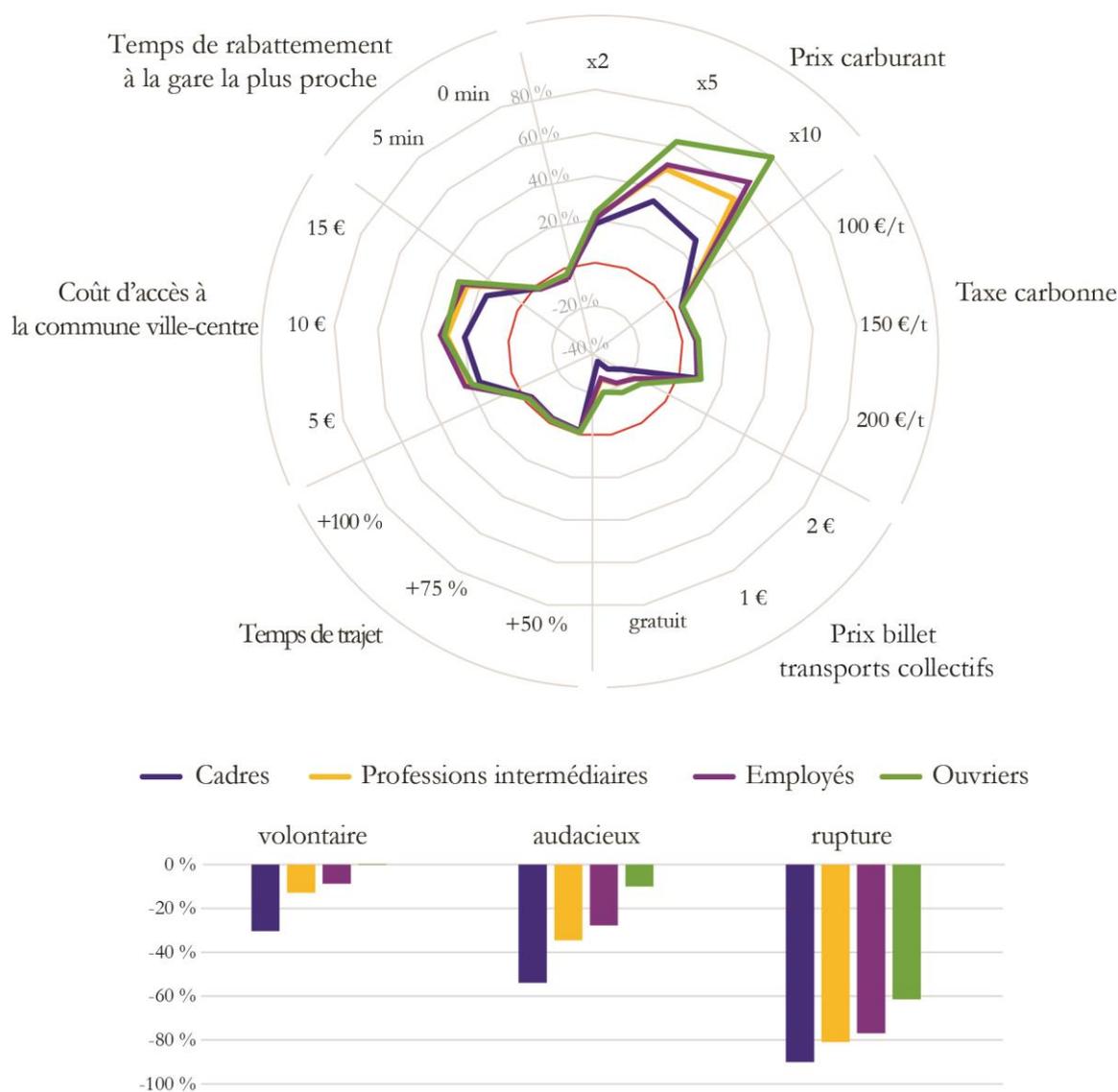
4.2.2. Les cadres, gagnants des politiques de réduction des émissions de CO₂

Dans presque tous les scénarios, les cadres sont ceux qui ont le coût de transport le plus élevé par rapport aux autres. Hormis le scénario de multiplication des prix des carburants par dix, où les ouvriers paient en moyenne leur trajet 16 €, contre 15,20 € pour les professions intermédiaires et 15 € pour les cadres, ces derniers paient toujours en moyenne plus cher pour se déplacer. À l'opposé, la catégorie des employés est toujours celle pour laquelle en moyenne les coûts de déplacement sont les moins élevés, quel que soit le scénario testé.

Les cadres paient financièrement fortement le report modal dans le cas de dispositifs pensés de façon isolée. En revanche, lorsqu'une mise en place combinée de mesures est choisie, le coût pour les cadres devient comparable à ceux des autres actifs. Pour le scénario volontaire, toutes les catégories ont un coût moyen situé autour de 8 € ; pour le scénario audacieux autour de 6 €, sauf pour les ouvriers qui ont un coût ici supérieur à 8 € en moyenne ; autour de 2 € pour le scénario de rupture.

Cette observation du coût moyen est toutefois à mettre en regard du coût initialement payé par les cadres. En effet, nous l'avions montré dans le chapitre précédent (Chapitre 4, section 1.2.2), les cadres sont, dans la situation de référence, déjà le groupe qui possède le coût monétaire moyen le plus élevé¹²¹. La figure suivante (Figure 36) permet de mesurer l'évolution du prix moyen payé par chaque catégorie d'actifs en fonction du coût de référence propre à chacune.

Figure 36 Conséquences des scénarios sur l'évolution du coût moyen d'un trajet pour chaque profession et catégorie socioprofessionnelle



Source : réalisation et calculs de l'auteur.

Dans toutes les modalités de scénarios, les cadres sont ceux qui subissent le moins les politiques de report modal concernant leur coût de déplacement. Lorsqu'une modalité augmente en

¹²¹ Pour rappel, les cadres ont un coût moyen de déplacement interurbain de référence de 11,70 €, les professions intermédiaires de 9,80 €, les ouvriers de 8,80 € et les employés de 8,50 €.

moyenne le coût d'un déplacement, les cadres sont ceux qui éprouvent le moins fortement cette hausse et lorsqu'il y a une baisse de ce coût, ce sont également eux qui en profitent le plus. Les deux cas les plus symboliques de ce mécanisme sont les scénarios d'augmentation des prix des carburants et de diminution du prix des titres de transports collectifs.

Dans le premier cas, l'augmentation pour les cadres du coût moyen du trajet est située entre 18 % et 33 %, alors que pour les ouvriers, l'impact est beaucoup plus conséquent : leur coût de déplacement augmente en moyenne de 23 % à 80 %. Dans le deuxième cas, les cadres sont le groupe qui profite le plus de la diminution moyenne des prix des transports collectifs. Leur coût moyen chute de -25 % à -34 %, tandis que pour les ouvriers la baisse est moins importante, entre -14 % et -20 % selon les modalités.

Les conséquences sociales d'une volonté de réduire les émissions de CO₂ apparaissent ici clairement. Cette volonté de réduire les émissions de CO₂ au travers de différents dispositifs n'a pas les mêmes impacts pour toutes les catégories socioprofessionnelles : les cadres sont les plus à même de basculer d'un mode de transport à l'autre et subissent donc moins de conséquences en termes de coût financier. En revanche, les ouvriers semblent les perdants financiers de ces politiques. Quels que soient les dispositifs testés dans cette thèse, ce sont les ouvriers qui bénéficient le moins de possibilités de changer de mode de transport, et ce sont eux qui ont les conséquences les plus lourdes financièrement. Ces résultats font écho aux travaux sur la dépendance automobile lorsque nous mettons en avant le fait que les conséquences monétaires de ce report modal sont au détriment des ouvriers et au profit des cadres (Dupuy, 1995).

L'étude des scénarios combinés renforce cette analyse. Dans ces trois scénarios, la différence d'évolution du coût moyen des déplacements des cadres et des ouvriers est nette. Pour le scénario volontaire, le coût pour les cadres évolue négativement -30 %, alors que le coût pour les ouvriers reste inchangé ; le scénario audacieux va dans le même sens (-54 % pour les cadres et -10 % pour les ouvriers) ; pour le scénario de rupture qui permet un report modal important de toutes les catégories, l'écart est moins marqué, mais subsiste tout de même : -90 % pour les cadres (1,20 €) et -61 % pour les ouvriers (3,40 €).

La réduction des émissions de CO₂ pour les déplacements interurbains n'est donc pas neutre socialement et induit des conséquences différentes en fonction des professions et catégories socioprofessionnelles. Autant la réduction des émissions de CO₂ des déplacements interurbains semble un enjeu fort du point de vue environnemental (chapitre 3), autant les mesures et dispositifs mis en place apparaissent comme un enjeu social tout aussi important. Notre

conclusion à l'échelle des déplacements interurbains rejoint l'analyse portée par Xavier Desjardins : « si l'on convient que l'aménagement du territoire peut contribuer à un agencement territorial favorable à une bonne accessibilité par les modes les moins énergivores, les effets d'une telle politique sont peut-être moins à évaluer à l'aune des réductions de gaz à effet de serre qu'elle permet (même si cet apport peut être non négligeable) qu'à l'aune de l'acceptabilité sociale des modifications de prix de l'énergie et des changements de comportement que la poursuite de l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre requiert » (Desjardin, 2011, §.69).

Après avoir montré en quoi le potentiel de réduction de l'usage de l'automobile et des émissions de CO₂ est différent en fonction des profils d'interurbains, et que le coût moyen payé par les actifs est variable en fonction des professions et catégories socioprofessionnelles, nous développerons dans la dernière sous-partie de ce chapitre un croisement de ces deux variables en analysant les profils d'interurbains par catégories socioprofessionnelles.

4.3. Lecture croisée des conséquences financières des politiques de report modal selon les PCS et les profils d'actifs interurbains

L'étude distincte des facteurs géographiques et sociologiques des conséquences des politiques de report modal dans les sous-parties précédentes a chacune fait ressortir un groupe d'actifs interurbains. De par leurs potentiels de réduction de l'usage de l'automobile et de baisse des émissions de CO₂ d'une part, et par leur « capacité » à subir le moins financièrement les politiques de réduction de l'usage de la voiture d'autre part, ces deux groupes sont les intercitadins et les cadres et professions intellectuelles supérieures. Or, ces deux groupes d'actifs ont de fortes chances de s'entrecroiser. Nous l'avions montré dans le chapitre 2, les cadres sont surreprésentés parmi les intercitadins : ils représentent 26 % des actifs de ce groupe alors que parmi l'ensemble des interurbains, les cadres ne comptent que pour 20 % des actifs. Ce croisement entre les cadres et les intercitadins, d'ores et déjà identifié, soulève donc la question de leur influence respective sur les potentiels de report modal calculés dans les sous-parties précédentes. À profil équivalent, observons-nous des différences entre les catégories socioprofessionnelles sur le potentiel de report modal ? À PCS identique existe-t-il une variabilité de ce report modal selon les quatre profils d'actifs ?

Les croisements possibles entre les profils, les PCS et les modalités des différents scénarios sont nombreux. Nous avons donc décidé de prendre plusieurs exemples à partir des résultats obtenus

jusqu'ici. Les cadres et les ouvriers sont les deux PCS qui ressortent de nos analyses pour avoir des potentiels de report modal assez distincts (section 4.2). Nous nous sommes donc concentrés sur ces deux groupes. Deux modalités émergent fortement pour leurs incidences sur le coût moyen de déplacement : d'une part l'augmentation des prix des carburants, d'autre part la mise en place de prix fixes pour les déplacements en transports collectifs. Ces deux modalités sont étudiées, avec le scénario volontaire qui est le plus crédible des scénarios combinés et dont les effets sur le potentiel de report modal et de diminution des émissions de CO₂ nous semblent satisfaisants en regard des mesures qui le composent. Les quatre profils d'interurbains définis à partir des lieux de résidence et de travail sont tous étudiés (Tableau 31).

Tableau 31 Évolution de la part modale de la voiture particulière des cadres et ouvriers des quatre profils d'interurbains en fonction de scénarios de report modal

		Part modale VP de référence	Prix des carburants			Prix du ticket TC			Combiné
			x 2	x 5	x 10	2 €	1 €	Gratuit	Volontaire
Intercitadins	Cadres	76 %	-12 %	-44 %	-64 %	-17 %	-20 %	-23 %	-50 %
	Ouvriers	84 %	-8 %	-33 %	-58 %	-10 %	-13 %	-15 %	-41 %
Interropolitains	Cadres	89 %	-7 %	-34 %	-61 %	-11 %	-13 %	-15 %	-37 %
	Ouvriers	93 %	-3 %	-19 %	-43 %	-5 %	-6 %	-8 %	-20 %
Périurbains	Cadres	93 %	-5 %	-28 %	-56 %	-9 %	-11 %	-13 %	-40 %
	Ouvriers	96 %	-2 %	-14 %	-36 %	-4 %	-5 %	-6 %	-23 %
Centrifugés	Cadres	95 %	-4 %	-25 %	-54 %	-8 %	-9 %	-11 %	-23 %
	Ouvriers	97 %	-2 %	-11 %	-31 %	-3 %	-4 %	-4 %	-10 %

Source : réalisation et calculs de l'auteur.

Les résultats de l'évolution de la part modale en fonction des trois scénarios testés montrent que les facteurs géographiques et sociaux jouent aussi bien l'un que l'autre (Tableau 31). À profil géographique équivalent, les ouvriers et les cadres n'ont pas les mêmes potentiels de réduction de l'usage de la voiture. Quels que soient les scénarios, les cadres ont toujours un potentiel de réduction de l'usage de la voiture qui est plus fort que les ouvriers. Par exemple, dans le cas du scénario volontaire, la part modale VP des intercitadins cadres est de 26 % (76 % dans la situation de référence, soit une évolution de -50 %), alors qu'elle est de 43 % pour les intercitadins ouvriers (84 % dans la situation de référence, soit une évolution de -41 %).

À PCS identique, les quatre profils ont des potentiels de report modal différents. Pour reprendre l'exemple du scénario volontaire, les cadres intercitadins réduisent plus fortement leur usage de la

voiture que les cadres interpolitains et périurbains (qui ont des baisses relatives identiques), alors que les cadres centrifugés ont un potentiel de report modal moins important. Ces différences entre profils sont similaires aux résultats des analyses portées pour l'ensemble des actifs (section 2424.1).

Tableau 32 Évolution des émissions de CO₂ des déplacements pendulaires des cadres et ouvriers des quatre profils d'interurbains en fonction de scénarios de report modal

		Prix des carburants			Prix du ticket TC			Combiné
		x 2	x 5	x 10	2 €	1 €	Gratuit	Volontaire
Intercitadins	Cadres	-15 %	-46 %	-56 %	-25 %	-27 %	-30 %	-48 %
	Ouvriers	-10 %	-35 %	-47 %	-17 %	-19 %	-21 %	-37 %
Interpolitains	Cadres	-9 %	-36 %	-51 %	-18 %	-20 %	-22 %	-37 %
	Ouvriers	-5 %	-24 %	-39 %	-10 %	-12 %	-13 %	-23 %
Périurbains	Cadres	-6 %	-29 %	-43 %	-15 %	-16 %	-18 %	-33 %
	Ouvriers	-3 %	-18 %	-31 %	-9 %	-10 %	-10 %	-21 %
Centrifugés	Cadres	-5 %	-27 %	-42 %	-13 %	-15 %	-16 %	-27 %
	Ouvriers	-3 %	-16 %	-28 %	-8 %	-8 %	-9 %	-16 %

Source : réalisation et calculs de l'auteur.

Les résultats sur l'évolution des émissions de CO₂ portent une observation semblable (Tableau 32). À profils géographiques équivalents, les cadres réduisent leurs émissions de façon plus importante que les ouvriers ; à PCS semblable, les intercitadins sont ceux qui diminuent le plus ces émissions alors que les centrifugés sont ceux qui les baissent le moins.

Les résultats sur l'évolution du coût moyen en fonction de ces mêmes catégories vont dans le même sens : l'influence des deux paramètres est constatée (Tableau 33). Toutefois, il semblerait que pour le coût de déplacement, le facteur social soit plus fort que l'influence du facteur spatial. Les différences constatées en les deux PCS pour chacun des quatre profils semblent plus importantes que les différences entre les profils indépendamment des PCS. Dans le cas du scénario volontaire, la réduction du coût de déplacement est plus de deux fois plus forte pour les cadres intercitadins que pour les ouvriers intercitadins. Pour les trois autres profils d'actifs, les différences sont encore plus nettes : à chaque fois les cadres diminuent leurs coûts de déplacement moyen alors que les ouvriers connaissent une augmentation. Les pourcentages d'évolution propres aux cadres ne sont pas égaux, mais restent proches : -27 % pour les

interropolitains, -23 % pour les périurbains et -15 % pour les centrifugés. Ces chiffres sont plus proches de la moyenne constatée de réduction pour l'ensemble des cadres pour le scénario volontaire (-30 %) que de celles constatées pour ces trois profils de façon indépendante des PCS : -10 % pour les interropolitains, -4 % pour les périurbains et -3 % pour les centrifugés.

Tableau 33 Évolution du coût moyen de déplacement domicile-travail des cadres et ouvriers des quatre profils d'interurbains en fonction de scénarios de report modal

		Prix des carburants			Prix du ticket TC			Combiné
		x 2	x 5	x 10	2 €	1 €	Gratuit	Volontaire
Intercitadins	Cadres	+11 %	+9 %	-2 %	-36 %	-42 %	-49 %	-47 %
	Ouvriers	+17 %	+32 %	+27 %	-25 %	-30 %	-36 %	-21 %
Interropolitains	Cadres	+19 %	+35 %	+27 %	-23 %	-28 %	-32 %	-27 %
	Ouvriers	+23 %	+61 %	+73 %	-13 %	-16 %	-19 %	+2 %
Périurbains	Cadres	+22 %	+52 %	+57 %	-18 %	-22 %	-25 %	-23 %
	Ouvriers	+25 %	+76 %	+108 %	-10 %	-12 %	-15 %	+9 %
Centrifugés	Cadres	+23 %	+53 %	49 %	-16 %	-19 %	-22 %	-15 %
	Ouvriers	+26 %	+80 %	113 %	-9 %	-10 %	-12 %	+5 %

Source : réalisation et calculs de l'auteur.

Les cadres et les intercitadins sont donc deux groupes marqués par un fort potentiel de réduction de l'usage de l'automobile et de baisse des émissions de CO₂, et ce, tout en supportant le mieux les scénarios d'augmentation du coût de déplacement en voiture particulière ou en « profitant » le plus lors des scénarios de baisses des titres de transport. Ces politiques de réduction des émissions ne sont donc pas sans conséquences sociales, et de façons indépendantes du profil géographique des actifs. Dans tous les cas, les ouvriers constituent la profession et catégorie socioprofessionnelle qui possède le potentiel de report modal le moins fort, mais surtout ces actifs sont ceux qui subissent financièrement le plus fortement de ces mesures de réduction des émissions de CO₂.

Conclusion du chapitre 5

L'analyse du potentiel de report modal des actifs interurbains permet de répondre aux questions développées en début de chapitre, mais également de soulever de nouvelles interrogations sur les conséquences sociales de ces politiques ayant un objectif environnemental.

Concernant la problématique de potentiel de réduction de l'usage de l'automobile pour les déplacements interurbains en France, il est difficile de proposer une unique réponse. Plus qu'un potentiel de report modal ce sont des potentiels qui ont été identifiés. Ces potentiels dépendent des dispositifs politiques mis en place, provoquant différents degrés de reports modaux. Toutefois, le scénario volontaire apporte une piste de réponse intéressante : nous estimons que 30 % des actifs peuvent passer de l'usage de la voiture particulière à celui des transports collectifs par la combinaison de mesures que nous pouvons juger plausibles. Les conséquences sur les émissions de CO₂ à partir de ce scénario sont également encourageantes : le passage de 30 % de ces actifs vers les transports ferroviaires permet de réduire les émissions de CO₂ également de 30 %. Ici encore, nous choisissons de retenir ce chiffre issu des mesures les plus réalistes à nos yeux, mais ce chiffre est variable selon les modalités de chaque scénario.

Nos calculs mettent en avant des potentiels de report modal et des potentiels de réduction des émissions de CO₂ liées aux déplacements interurbains. Quatre d'entre eux semblent les plus marquants :

(i) Le rôle du coût plus que du temps de déplacement dans le report modal. Les mesures influençant le temps de déplacement, en transports collectifs ou en voiture particulière semblent moins déterminantes pour favoriser le report modal que la variable du coût de déplacement. L'augmentation des prix des carburants, une baisse du prix des billets de transports collectifs et la mise en place de politique de tarification pour l'accès de la VP aux communes villes-centres sont les trois leviers qui influencent le plus fortement le potentiel de report modal. Elles concernent toutes les trois le volet financier du déplacement.

(ii) L'effet systémique des mesures permet d'augmenter le potentiel de report modal au-delà de la simple addition des mesures développées de façon isolée. La combinaison des dispositifs pour le scénario volontaire est nette : il permet de faire changer de mode de transport un nombre plus important d'actifs, 30 %, contre 21 % dans le cas de l'addition de toutes les modalités qui le compose. Le potentiel de report modal pourrait donc moins dépendre d'une mesure en particulier que d'une mise en œuvre coordonnée de plusieurs dispositifs.

(iii) Les localisations des lieux d'emploi et de résidence jouent un rôle dans le potentiel de report modal. Les liaisons entre communes villes-centres sont celles qui ont le plus fort potentiel

de développement du report modal au sein des actifs interurbains. Les infrastructures et les gares de voyageurs actuellement présentes à partir desquelles les calculs sont effectués, possèdent de réels potentiels en regard de leur utilisation actuelle. La desserte à destination des gares des villes-centres et des pôles urbains constitue un enjeu pour améliorer le report modal et diminuer les émissions de CO₂.

(iv) La volonté de réduire les émissions de CO₂ a des conséquences sociales importantes. Une politique de réduction de ces émissions ne touche pas les actifs de différentes professions et catégories socioprofessionnelles avec la même intensité. Les cadres s'en sortent le mieux en baissant proportionnellement le plus leur budget de trajet domicile-travail, alors que les ouvriers subissent le plus ces mesures, et ce à profil géographique équivalent. Pour les ouvriers, le report modal est plus complexe à mettre en œuvre et ils endurent donc davantage l'ensemble des mesures augmentant le coût de déplacement en voiture particulière. Vouloir réduire les émissions de GES a donc des conséquences sociales à considérer.

Les interurbains représentent en moyenne 29 % des émissions de CO₂ des actifs vivant dans les aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris) en France (chapitre 3). Le calcul d'un potentiel de report modal vers les transports collectifs ferrés par l'accumulation de dispositifs plausibles montre que 30 % de ces actifs peuvent changer de mode de transport favorisant ainsi une baisse globale des émissions de CO₂ de 30 %.

Ces résultats ont été développés jusqu'ici à l'échelle nationale, sans prise en compte de la localisation et de l'organisation des aires urbaines au sein du territoire. L'objectif du prochain et dernier chapitre de cette thèse est de questionner l'influence de la localisation et de l'organisation des aires urbaines (en systèmes urbains notamment) sur les pratiques de mobilité, les potentiels de report modal des déplacements des actifs et les potentiels de réduction des émissions de CO₂ liées à ces déplacements. Les actifs interurbains se déplacent-ils davantage en voiture quand ils vont travailler dans une métropole ? La proximité des aires urbaines entre elles permet-elle un usage plus grand de l'automobile ? Les différentes formes d'organisation des systèmes urbains jouent-elles sur les pratiques de mobilité, le potentiel de report modal ou les émissions de CO₂ ?

Chapitre 6

Les enjeux politiques de la mobilité pendulaire interurbaine : une lecture par la hiérarchie urbaine et les systèmes urbains

Introduction du chapitre 6

L'analyse des déplacements des navetteurs interurbains menée jusqu'ici révèle une surreprésentation de ces actifs dans le volume des émissions de CO₂ liées aux déplacements pendulaire des actifs des aires urbaines grandes et moyennes de la France continentale (hors aire urbaine de Paris). Face à ce volume important, des potentiels de report modal ont été quantifiés avec pour objectif de réduire le volume de ces émissions. Jusqu'à présent, l'échelle d'analyse territoriale a été celle de l'aire urbaine et en particulier la localisation des lieux de résidence et de travail des actifs interurbains dans les différents espaces de ces aires urbaines (ville-centre, pôle urbain ou périurbain). Au-delà de ces éléments pouvant influencer sur les pratiques de mobilité, les potentiels de report modal et le volume des émissions de CO₂, nous faisons l'hypothèse que l'hétérogénéité territoriale de la répartition des aires urbaines grandes et moyennes en France peut également jouer un rôle explicatif de ces variabilités. Plusieurs grilles d'analyses peuvent être alors mises en œuvre pour tester cette hypothèse. Par exemple, mesurer l'impact de la création d'une nouvelle infrastructure de transport entre aires urbaines dans différents territoires, ou encore étudier les flux interurbains par classes de distances.

Nous avons fait le choix de tester cette hypothèse d'une autre façon, à travers l'étude de deux objets géographiques qui peuvent influencer sur les pratiques de mobilité de ces actifs et les potentiels de report modal calculés : d'une part, la place des aires urbaines de résidence et de travail au sein de la hiérarchie urbaine, d'autre part, l'organisation de ces flux à l'intérieur d'une entité fonctionnelle proposée par plusieurs géographes, celle du système urbain (noté SU).

Beaucoup de variables peuvent être mobilisées pour établir une hiérarchie entre les villes : selon qu'elles concentrent un certain nombre d'habitants, d'emplois, d'équipements ou qu'elles possèdent des biens ou des services spécifiques (Christaller, 1933 ; Pumain, Saint-Julien, 1976 ; Duranton, 1997). Parfois, seul le critère de la taille démographique est utilisé pour définir les différents niveaux de villes et leurs évolutions dans le temps (Bretagnolle *et al.*, 2007). C'est ce critère qui sera retenu, à l'échelle de l'aire urbaine. Ainsi, par hiérarchie urbaine, nous entendrons

dans ce travail la répartition spatiale sur le territoire de la France continentale des différentes tailles d'aire urbaine en termes de population. Présentés jusqu'ici de façon homogène, les échanges interurbains sont réalisés entre des aires urbaines de tailles variables. Or, les recherches menées sur les déplacements intraurbains soulignent l'importance de ce facteur dans les différences de pratiques d'usages des modes de transports (Hubert, 2009 ; Armoogum *et al.*, 2010 ; Quételard, 2010). À l'intérieur du périmètre des aires urbaines, leurs résultats montrent que plus la taille de l'aire urbaine augmente plus la probabilité que les actifs se déplacent en transports collectifs augmente alors que l'usage de l'automobile diminue. Nous faisons l'hypothèse que ce facteur de taille de l'aire urbaine (de résidence et de travail) joue un rôle sur les pratiques de mobilité, le volume des émissions de CO₂ mais également sur les potentiels de report modal.

Les flux de déplacements entre domicile et lieu de travail ne sont pas distribués de façon homogène sur le territoire. Plusieurs géographes mobilisent alors les échanges entre espaces fonctionnels construits autour d'une agglomération, les aires urbaines dans le cas français, pour proposer de nouveaux objets géographiques : les systèmes urbains (Hall, Pain, 2006 ; Cowell, 2010). En France, plusieurs travaux récents mobilisent ces échanges pour proposer un découpage du territoire en systèmes urbains (Berroir *et al.*, 2012 ; Coutrot *et al.*, 2013 ; Gingembre, Baude, 2014). Ces recherches seront mobilisées pour deux raisons : d'une part, pour mettre en regard ce découpage fonctionnel avec celui de la division administrative du territoire français ; d'autre part pour étudier, au sein de ces différents systèmes urbains, les pratiques de mobilité des actifs, le volume de leurs émissions de CO₂ et les potentiels de report modal. Nous faisons l'hypothèse que le système urbain influence ces trois éléments et proposerons des pistes d'explications des différences observées à partir de deux éléments : d'un nouvel indicateur descriptif de l'organisation interne des populations au sein des systèmes urbains et d'une typologie des systèmes urbains à partir des flux interurbains.

La première partie de ce chapitre sera consacrée à l'étude de l'impact de la hiérarchie urbaine sur les pratiques de mobilité (section 1). Dans une deuxième partie, nous reviendrons sur la notion de système urbain et la confrontation de ce périmètre fonctionnel avec le périmètre institutionnel français (section 2). Puis nous terminerons ce chapitre par l'étude des mobilités interurbaines à l'échelle des systèmes urbains (section 3).

1. Des flux dans tous les sens : description des liaisons interurbaines

Jusqu'à présent, lorsque nous posons la question de l'influence du lieu de résidence et de travail des actifs interurbains sur les déplacements pendulaires, nous répondions en détaillant selon une typologie de localisation de la commune à l'intérieur de l'aire urbaine : commune ville-centre, appartenant au pôle urbain ou périurbaine. En changeant l'échelle, nous proposons un autre angle d'analyse à cette question : par la taille de l'aire urbaine. Par la hiérarchie urbaine, définie à partir du nombre d'habitants des aires urbaines, nous proposons d'étudier les pratiques de mobilité des interurbains ainsi que les potentiels de report modal en fonction des types de liaisons entre trois tranches d'aires urbaines. Cette partie sera découpée en trois temps. Nous montrerons tout d'abord que les tranches d'aires urbaines sont concernées de façon différenciée par cette mobilité pendulaire (section 1.1) puis que, malgré une forte utilisation de la voiture individuelle, les transports collectifs sont davantage utilisés pour certaines liaisons (section 1.2). Dans une dernière sous-partie, nous analyserons les potentiels de report vers les transports collectifs et soulignerons que certaines liaisons possèdent un potentiel très important au regard de la faible part modale actuelle des transports collectifs (section 1.3).

1.1. Toutes les aires urbaines participent à la mobilité interurbaine

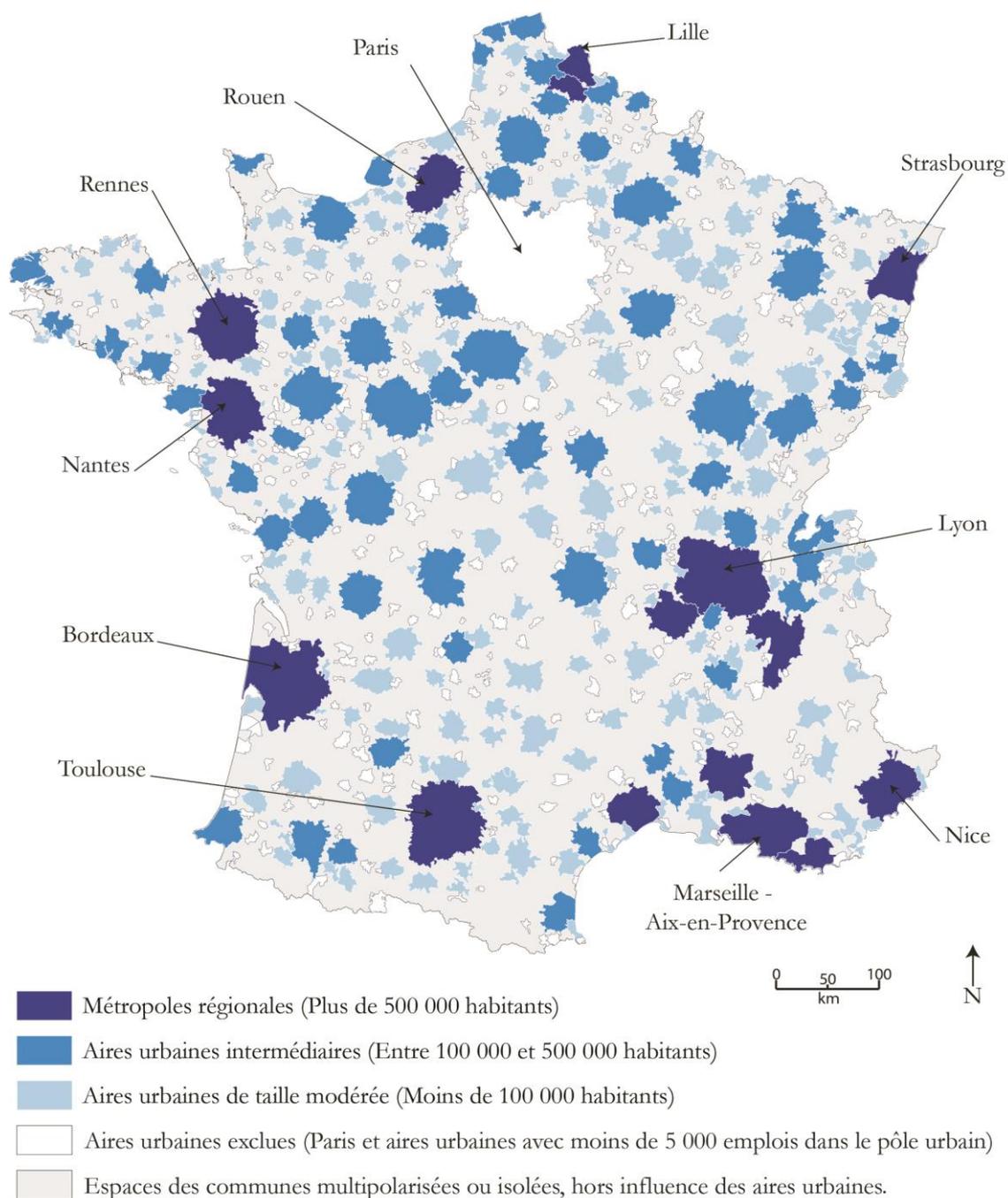
Les aires urbaines grandes et moyennes au sens de l'INSEE, celles qui rassemblent plus de 5 000 emplois dans leur pôle urbain sont au nombre de 352 en France (hors Paris). Les possibilités de construire des catégories d'aires urbaines à partir du critère du nombre d'habitants sont nombreuses. Dans cette thèse, nous proposons une lecture selon trois catégories d'aires urbaines :

- Les « métropoles » regroupent les aires urbaines dont la population est supérieure à 500 000 habitants. Ce seuil est souvent avancé pour définir les métropoles (Renard, 2000 ; OCDE, 2015). Selon ce critère, il y en a 16 à partir du zonage en aires urbaines de 2010.
- Les « aires urbaines intermédiaires » (nommées « AU intermédiaires ») rassemblent les aires urbaines ayant une population comprise entre 100 000 et 500 000 habitants. Ce seuil est également utilisé par d'autres recherches portant spécifiquement sur les agglomérations de tailles moins importantes que les métropoles (Nadou, 2010 ; Massot, Wenglenski, 2011 ; Conti, 2015), elles sont au nombre de 68.

- Les «aires urbaines de taille modérée» (nommées «AU modérées») qui ont une population inférieure à 100 000 habitants rassemblent le plus grand nombre d'aires urbaines suivant ce même zonage. Elles sont 268 en France.

La Carte 8 représente la répartition spatiale de ces trois groupes selon les critères retenus. Elle montre une distribution assez hétérogène des deux premiers types d'aires urbaines.

Carte 8 Répartition spatiale des trois catégories d'aires urbaines grandes et moyennes



Source : INSEE, zonage en aire urbaine 2010

Réalisé avec Philcarto et Illustrator, Conti B.

Les métropoles régionales sont souvent localisées près des frontières naturelles ou administratives du territoire métropolitain. Elles sont parfois isolées telles que Toulouse, Bordeaux ou Strasbourg et parfois regroupées telles que Lyon - Saint-Etienne - Grenoble ou Avignon - Aix-Marseille - Toulon. De même, les AU intermédiaire sont plutôt inégalement réparties sur le territoire avec une surreprésentation dans la partie nord de la France, notamment dans la région Centre-Val de Loire, Bretagne, Hauts-de-France et Grand-Est alors qu'elles sont moins présentes dans le sud. En revanche, les AU modérées sont davantage réparties de façon homogène sur le territoire métropolitain français.

Afin de présenter l'organisation des liens entre ces trois catégories par les déplacements interurbains, un retour sur la répartition des actifs français qui résident et travaillent dans la même aire urbaine permet de disposer d'éléments de comparaison. 43 % des actifs intraurbains (5,6 millions), soit une grande partie d'entre eux, se concentrent dans les métropoles régionales ; une part significative, 37 % (soit 4,8 millions de personnes), dans les AU intermédiaires ; enfin, un cinquième d'entre eux résident et travaillent dans les AU modérées (2,6 millions).

La répartition des lieux de résidence et de travail des interurbains est assez différente de celle des intraurbains (Tableau 34). Ils vivent et travaillent en moyenne davantage dans des AU modérées (entre 40 % et 38 %) ; ils sont présents de façon équivalente dans les AU intermédiaires (36 % et 33 %) ; en revanche, les interurbains sont moins représentés dans les métropoles, aussi bien au lieu de résidence (24 %) qu'au lieu de travail (29 %). Les actifs interurbains ne sont donc pas que des actifs qui vivent et travaillent dans deux métropoles ou des actifs qui vivent dans des AU modérées et travaillent dans des métropoles. Une diversité de profil est plutôt observée.

Tableau 34 Répartition des lieux de résidences et de travail des navetteurs interurbains selon la hiérarchie urbaine

		AU de travail			Total
		Métropole	AU intermédiaire	AU modérée	
AU de résidence	Métropole	8 %	7 %	9 %	24 %
	AU intermédiaire	10 %	10 %	16 %	36 %
	AU modérée	11 %	16 %	13 %	40 %
Total		29 %	33 %	38 %	100 %

Source : recensement population 2010 « Mobilité professionnelle » ; réalisation et calculs de l'auteur.

Le Tableau 34 ne renseigne pas uniquement sur la répartition des actifs dans la hiérarchie urbaine, il permet également d'analyser la répartition des actifs suivant le type de liaison réalisé au sein de cette hiérarchie. Tous les sens de déplacement sont concernés : les navetteurs interurbains travaillent aussi bien dans des aires urbaines de niveaux équivalents dans la hiérarchie, dans des aires urbaines plus grandes, mais également plus petites. En effet parmi les 24 % d'actifs qui résident dans les métropoles, 8 % travaillent dans une autre métropole, 7 % dans une AU intermédiaire et 9 % dans une AU modérée.

Le sens de déplacement des actifs interurbains concerne donc aussi bien ceux qui « montent » dans cette hiérarchie urbaine que ceux qui y « descendent ». En additionnant les navetteurs qui vont travailler dans une aire urbaine plus grande suivant ces trois catégories, ce sont 37 % des actifs qui sont concernés alors que 31 % vivent et travaillent dans des aires urbaines de niveau équivalent et 32 % vont travailler dans une aire urbaine plus petite.

Les déplacements interurbains analysés par la hiérarchie entre les aires urbaines attestent une fois encore de profils variés d'actifs.

1.2. Les déplacements les moins émetteurs dirigés vers les métropoles

En nous appuyant sur la littérature portant sur les déplacements intraurbains selon la taille des aires urbaines, nous avons fait l'hypothèse que ce facteur pouvait être un élément explicatif de différences de pratique de mobilité concernant le mode de transport. Cette sous-partie vise dans un premier temps à confirmer ou infirmer cette hypothèse (section 1.2.1) puis dans un second à en montrer les conséquences sur les émissions de CO₂ (section 1.2.2).

1.2.1. Un usage des transports collectifs surtout vers les métropoles

La distance moyenne d'un déplacement parcourue par les actifs interurbains est de 37 kilomètres (pour un aller). Nous avons confirmé dans le chapitre 2 que ces déplacements marquaient davantage des relations de proximité entre des aires urbaines proches qu'une pratique de la grande mobilité liée au travail, ou que des déplacements se rapprochant des monographies des interurbains travaillant à Paris. Cette moyenne cache toutefois des disparités entre les différentes liaisons de la hiérarchie urbaine, avec certaines plus grandes que d'autres (Tableau 35).

Tableau 35 Distance moyenne à vol d’oiseau des déplacements pendulaires des actifs interurbains en fonction de la hiérarchie urbaine

		AU de travail			Total
		Métropole	AU intermédiaire	AU modérée	
AU de résidence	Métropole	41 km	46 km	34 km	40 km
	AU intermédiaire	47 km	48 km	31 km	40 km
	AU modérée	39 km	33 km	29 km	33 km
	Total	42 km	40 km	31 km	37 km

Source : recensement population 2010 « Mobilité professionnelle » ; calculs de l’auteur.

Les déplacements entre les métropoles et les AU intermédiaires sont ceux où nous observons des distances moyennes plus importantes : 48 km pour les liaisons entre AU intermédiaires, 47 km pour les actifs qui vivent dans les AU intermédiaires et travaillent dans les métropoles et 46 km pour les actifs qui vont dans le sens opposé. En revanche, c’est pour les actifs qui travaillent dans les AU modérées que les distances moyennes sont les plus petites : 34 km pour ceux qui vivent dans les métropoles, 31 km pour les habitants d’AU intermédiaires et 29 km pour les actifs qui résident dans une autre AU modérée.

Toutefois, ces distances moyennes restent très proches les unes des autres et confirment que les relations entre aires urbaines sont avant tout des relations de « proximité » plutôt que des échanges entre des espaces géographiquement très distants. Lorsque ces distances sont mises en regard des déplacements intraurbains propres aux grandes métropoles telles que Londres ou Paris, elles n’apparaissent pas très éloignées des pratiques de mobilité de certains de leurs résidents (Orfeuill, 2010).

Les résultats de l’évolution de la part modale en fonction du type de liaison montrent que ce facteur joue sur le choix du mode de transport à l’image de ce qui a été démontré pour les déplacements internes aux aires urbaines (Hubert, 2009 ; Armoogum *et al.*, 2010 ; Quételard, 2010). La part modale des transports collectifs est également variable selon le type de liaison effectuée par les actifs interurbains en fonction de la hiérarchie urbaine. C’est la taille de l’aire urbaine de travail qui semble le facteur explicatif d’une plus grande utilisation des TC et non celle de l’aire urbaine de résidence (Tableau 36).

Tableau 36 Part modale des transports collectifs dans les déplacements des actifs interurbains en fonction du type de liaisons de la hiérarchie interurbaine.

		AU de travail			Total
		Métropole	AU intermédiaire	AU modérée	
AU de résidence	Métropole	15 %	12 %	7 %	11 %
	AU intermédiaire	16 %	13 %	6 %	10 %
	AU modérée	15 %	8 %	4 %	9 %
	Total	15 %	10 %	6 %	10 %

Source : recensement population 2010 « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

Lorsque les navetteurs interurbains vivent dans une métropole, ils sont 11 % à utiliser les transports en commun, 10 % pour ceux qui vivent dans les AU intermédiaires et 9 % pour ceux qui résident dans les AU modérées. Les niveaux d'utilisation de ce mode sont donc assez proches pour ces trois catégories lorsque nous les comparons au lieu de résidence. En revanche, les chiffres pour le lieu de travail sont très différents : parmi l'ensemble des interurbains qui travaillent dans une métropole, 15 % utilisent les transports en commun. Ils sont 10 % pour ceux qui travaillent dans les AU intermédiaires et seulement 6 % pour ceux qui ont leur lieu d'emploi dans une AU modérée.

En revanche, la part modale des transports collectifs pour les actifs qui travaillent dans les métropoles est assez indépendante de la taille de l'aire urbaine de résidence : ceux qui vivent dans les AU modérées sont 15 % à les utiliser, ils sont 16 % pour les interurbains vivant dans les AU intermédiaires et 15 % pour ceux qui résident dans une métropole.

Lorsque les individus « montent » dans la hiérarchie urbaine, 12 % utilisent les transports collectifs ; lorsqu'ils vont dans des villes de niveaux équivalents, ils sont 10 % et ce taux chute à 8 % pour les actifs travaillant dans une aire urbaine plus petite que celle dans laquelle ils habitent. Ce n'est donc pas simplement la liaison qu'il convient d'analyser, mais la direction des actifs au sein de celle-ci. Il semble plus simple ou plus accessible pour un actif de se déplacer en transports collectifs quand il travaille dans une aire urbaine plus grande que celle dans laquelle il réside, et en particulier dans une métropole, alors qu'il se déplace davantage en automobile quand son lieu d'emploi est situé dans une aire urbaine plus petite, en particulier dans une AU modérée.

Les deux éléments mis en avant ici, la distance moyenne et la répartition modale entre transports collectifs et automobile en fonction du type de liaison propre à la hiérarchie urbaine sont les

principaux facteurs explicatifs des niveaux d'émissions de GES. La section suivante vise à quantifier ces émissions à partir de la lecture des liaisons entre les différentes tailles d'aire urbaine.

1.2.2. Les déplacements vers les métropoles émettent en moyenne moins de CO₂

En prenant en compte la part modale et la distance moyenne parcourue par les interurbains, les déplacements à destination des AU modérées ressortent comme les plus émetteurs, avec 189 gCO₂/trajet/km, alors que ceux à destination des métropoles sont les plus faibles, 178 gCO₂/trajet/km en moyenne (Tableau 37). Les liaisons les « moins polluantes au kilomètre » sont celles mettant en relation une AU intermédiaire et une métropole. Même si ces chiffres entre les différents types de liaisons restent très proches, les connexions entre métropoles et AU intermédiaires semblent les plus vertueuses du point de vue environnemental alors que celles mettant en relation les AU modérées semblent plus problématiques, sauf les déplacements au départ de celles-ci et à destination des métropoles.

Tableau 37 Émission moyenne de CO₂, par kilomètre, des navetteurs interurbains en fonction de la hiérarchie urbaine

		Aire urbaine de travail			Ensemble
		Métropole	AU intermédiaire	AU modérée	
Aire urbaine de résidence	Métropole	178	173	189	180
	AU intermédiaire	172	177	189	180
	AU modérée	183	188	190	187
	Ensemble	178	180	189	182

Unité : gCO₂/déplacement/km

Source : recensement de la population, 2010 ; réalisation et calculs de l'auteur.

Se déplacer en transports collectifs vers les AU modérées n'est pas une pratique très courante, alors que les actifs interurbains qui vont dans le sens opposé les utilisent davantage. Nous faisons l'hypothèse que la différence d'offre de transport en termes de desserte et d'horaire entre ces deux cas est un facteur explicatif de cette différence dans le choix modal et par conséquent dans le niveau d'émission. Afin de déterminer si ces éléments peuvent expliquer les différences dans le choix du mode de transport, nous mobiliserons dans la sous-partie suivante les potentiels de report modal calculés à partir des scénarios du chapitre 4. Ces scénarios, construits à partir d'une offre de transport équivalente, indépendante du sens des liaisons, nous permettent de tester cette hypothèse.

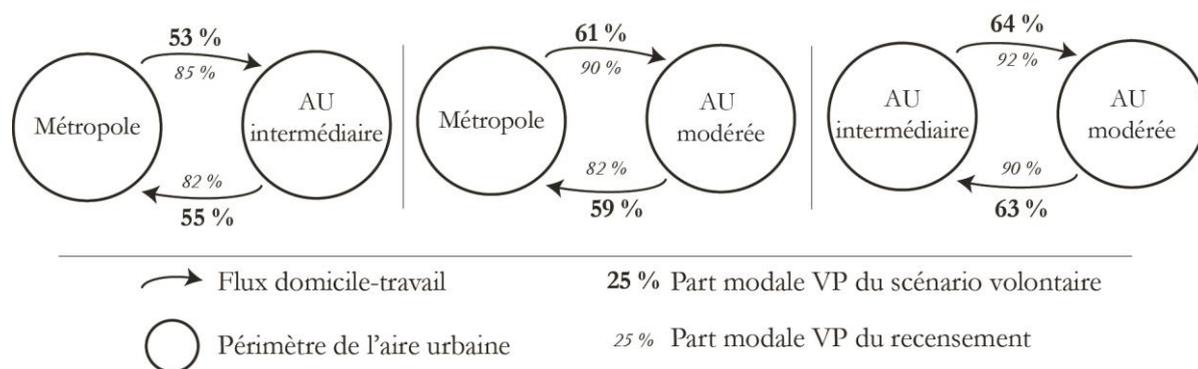
1.3. Des potentiels de réduction de l'usage de la voiture et de baisse des émissions différentes selon le type de liaison

Afin d'estimer le rôle de l'offre ferroviaire en matière de desserte sur le potentiel de report modal, nous étudierons les liaisons par couple d'aires urbaines, formées à partir des directions opposées des flux interurbains en fonction de la taille des aires urbaines. Par exemple, nous mettrons en regard les actifs qui vivent dans les AU modérées et travaillent dans les métropoles avec ceux qui font le trajet dans le sens opposé : ceux vivant dans les métropoles et travaillant dans les AU modérées. L'objectif sera de mesurer le différentiel d'offre de desserte pour chaque sens de liaison (section 1.3.1). Dans un second temps, nous montrerons que les politiques de réduction des émissions de CO₂ n'ont pas de conséquences équivalentes en fonction de ce même critère (section 1.3.2).

1.3.1. Le rôle de la desserte et de la fréquence dans l'usage des transports collectifs

Le potentiel de report modal est-il identique pour toutes les liaisons ou existe-t-il des différences en fonction du sens de celles-ci ? S'il est identique pour toutes en fonction des scénarios, alors que les parts modales initiales sont différentes, l'hypothèse d'une inégalité de desserte peut être formulée. Si les actifs utilisent les transports collectifs dans un sens de déplacement, mais pas dans l'autre alors que les potentiels de report modal sont identiques, cela signifie que, pour tout ou en partie (des questions de congestion ou d'accès peuvent être avancées), l'offre de transport est à l'origine de cette différence. Les actifs qui travaillent dans les métropoles profitent sans doute d'une offre de fréquence de trains supérieure par rapport au nombre de trains partant des métropoles en direction des AU modérées. À l'inverse, si le potentiel de report modal est très différent entre deux types de liaisons, cela signifie que l'accès aux transports collectifs est sans doute beaucoup plus difficile pour les actifs qui travaillent dans certaines aires urbaines, notamment les AU modérées. Ces dernières ne disposent pas toutes d'une gare à proximité, à la différence des métropoles et AU intermédiaires. En effet, la distance moyenne à la gare la plus proche du lieu de travail pour les interurbains travaillant dans les métropoles est de 2,7 km, de 3,1 km pour ceux travaillant dans les AU intermédiaires et de 5,0 km pour ceux qui ont leur emploi dans les AU modérées.

Figure 37 Part modale de la voiture particulière selon les liaisons entre aires urbaines de niveaux hiérarchiques différents (scénario volontaire)



Source : Réalisation et calculs de l'auteur.

Pour des raisons de simplification de lecture, nous ne présenterons pas l'ensemble des chiffres du potentiel de report modal pour l'ensemble des modalités des six familles de scénarios. Dans la continuité de l'analyse portée dans le chapitre 5, seuls les chiffres du scénario volontaire seront étudiés. Ce dernier construit à partir des modalités les plus envisageables à court terme servira de base de comparaison du potentiel de report modal pour l'étude du sens des flux interurbains en fonction de la hiérarchie urbaine. Les résultats de ce scénario montrent que le potentiel de report entre chaque sens de liaison est en effet très proche (Figure 37).

Pour les liaisons entre aires urbaines de niveaux différents, le potentiel de report modal est le plus fort pour les actifs qui résident dans les métropoles et vont travailler dans les AU intermédiaires : la part modale de la voiture chute à 53 %. Ce potentiel est assez proche des actifs qui effectuent des liaisons dans le sens opposé, allant des AU intermédiaires vers les métropoles. Pour les deux autres paires de liaisons, les pourcentages des deux sens de liaisons se retrouvent à chaque fois très proches l'un de l'autre : entre 59 % et 61 % pour les liaisons entre métropoles et AU modérées ; entre 63 % et 64 % pour les liaisons entre AU intermédiaires et AU modérées.

Le sens de la liaison joue peu sur le potentiel de report modal alors que les chiffres du recensement attestent d'usages différents des modes de transport. Les potentiels étant calculés indépendamment de l'offre de desserte et de fréquence réelle des trains en gares, nous pouvons supposer que cet usage différent des modes de transport est dû à une qualité de desserte ferroviaire et de fréquence inégale entre les aires urbaines de la hiérarchie urbaine. Les actifs qui vont travailler vers les métropoles et AU intermédiaires profitent peut-être d'une offre plus importante que ceux qui « descendent » dans cette hiérarchie. Dans le cas de nos scénarios, l'offre, qui est égale dans les deux sens puisque ce niveau de détail n'est pas pris en compte, révèle

en revanche des potentiels de report modal identique. Nous pouvons en conclure que sur certaines liaisons, la faible part modale des TC constatée dans le recensement peut être en partie expliquée par une offre moindre. Une augmentation de l'offre en TC sur ces mêmes liaisons permettrait selon nous, un report modal important.

L'exemple des échanges entre métropoles et AU modérée est symbolique de cette analyse. Les usages sont très différents selon le sens de la liaison : 82 % des actifs qui vont d'une AU modérée vers une métropole se déplacent en VP alors qu'ils sont 90 % dans le sens opposé. Or, les parts modales du scénario volontaire sont beaucoup plus proches : 59 % pour les premiers contre 61 % pour les seconds. Nous avançons donc, à la lecture de ces résultats, qu'un potentiel fort de report modal existe pour les actifs se déplaçant des métropoles vers les AU modérées, et, que ce potentiel repose, en partie, sur une amélioration de l'offre TC.

Les résultats sur les liaisons entre aires urbaines de niveau équivalent sont différents. Le cas des AU intermédiaires ressort comme la relation possédant le plus fort potentiel de report modal, avec 51 % des actifs qui se déplacent en VP. Dans le cas du scénario volontaire, la part modale de la voiture pour les relations entre métropoles chute à 58 % et ce taux atteint 64 % pour les relations entre AU modérées. Les relations entre aires urbaines ayant une population comprise entre 100 000 et 500 000 habitants semblent être les plus propices au changement de mode de transport pour les actifs interurbains.

1.3.2. Les AU intermédiaires, actrices potentiellement majeures de réduction des émissions de CO₂

Les résultats sur le potentiel de report modal calculé à partir du scénario volontaire ont des conséquences différentes sur la baisse des émissions de CO₂. Trois groupes de liaisons peuvent être distingués à partir du pourcentage de réduction de ces émissions par rapport à la situation de référence.

- Un premier où la réduction est importante, autour de 40 %. Quatre types liaisons sont dans ce groupe : celles entre métropoles (-37 %), celles entre AU intermédiaires (-40 %), celles des métropoles vers les AU intermédiaires (-43 %) et des AU intermédiaires vers les métropoles (-42 %).

- Dans un deuxième, les émissions baissent d'environ 25 %. Ce groupe rassemble quatre liaisons où les AU modérées sont toujours présentes : celles des métropoles vers les AU modérées (-25 %) ; celle des AU modérées vers les métropoles (-30 %) ; celles des AU intermédiaires vers les AU modérées (-22 %) et inversement (-22 %).

- Dans un dernier groupe, où seules les liaisons entre AU modérées sont présentes, les émissions de CO₂ baissent seulement de 12 %.

Les AU intermédiaires apparaissent donc comme un terrain d'action intéressant pour diminuer les émissions de CO₂ liées aux déplacements interurbains. Que ce soit comme aires urbaines de départ ou d'arrivée, en lien avec une métropole, ou directement en relation avec une autre AU intermédiaire, elles ressortent comme un échelon possédant à la fois de forts potentiels de réduction de l'usage de la voiture particulière, et un haut potentiel de réduction des émissions de CO₂. Possédant un nombre important d'actifs interurbains, le développement de l'offre ferroviaire au départ et à l'arrivée de ces aires urbaines peut constituer, selon nous, un levier important de réduction de l'usage de l'automobile.

Le croisement entre hiérarchie urbaine et mobilité interurbaine a permis de dégager quatre résultats importants. (i) Les aires urbaines contribuent indifféremment de leur taille à la mobilité interurbaine. Les actifs interurbains vivent et travaillent aussi bien dans des aires urbaines nommées ici métropoles, AU intermédiaires ou AU modérées. (ii) L'usage du mode de transport des interurbains est différent en fonction du type de liaisons. Les actifs qui « montent » utilisent plus les transports collectifs, notamment ceux qui travaillent dans les métropoles. À l'inverse, les AU modérées comme lieu de travail sont davantage le territoire de la voiture particulière. (iii) En revanche, les potentiels de report modal ne sont pas dépendants du sens des liaisons. Cette observation nous conduit à promouvoir le développement de l'offre ferroviaire (desserte et fréquence) à destination des AU intermédiaires et modérées. (iv) Les AU intermédiaires ressortent comme l'échelon pour lequel les potentiels de réduction de l'usage de la voiture et des émissions de CO₂ sont les plus forts. Les liaisons entre aires urbaines d'AU intermédiaires, ou en relation avec une métropole sont celles où les potentiels d'actions ressortent tout particulièrement.

Ce premier travail sur la hiérarchie urbaine a permis de mettre en lumière l'importance de cet angle d'analyse dans les pratiques de déplacements des actifs interurbains en France. Toutefois, la répartition des différentes tailles d'aires urbaines n'est pas homogène sur l'ensemble du territoire. Ainsi, toutes les AU intermédiaires ne sont pas en lien avec une métropole ou une autre AU intermédiaire. C'est pour cette raison que la prochaine sous-partie a pour objectif de découper spatialement le territoire national en plusieurs systèmes urbains. Ce découpage va permettre d'une part de mettre en lumière des espaces fonctionnels de proximité construits à partir de la mobilité

interurbaine (section 2), et d'autre part de montrer que ces pratiques de mobilité sont diverses en fonction des systèmes urbains (section 3).

2. Les systèmes urbains en France : du périmètre fonctionnel au découpage institutionnel

Les déplacements interurbains sont l'un des indicateurs du lien entre les aires urbaines. Plusieurs géographes les mobilisent pour proposer de nouveaux périmètres fonctionnels non plus centrés sur une seule agglomération mais sur plusieurs, pour ainsi construire des systèmes urbains. L'analogie avec les aires urbaines est proche : l'aire urbaine dessine un périmètre fonctionnel des flux intraurbains à partir des mobilités domicile-travail au départ des communes ; le périmètre fonctionnel du système urbain peut être construit à partir des échanges entre aires urbaines, et notamment à partir des flux domicile-travail.

Dans une première sous-partie nous reviendrons sur la littérature traitant des systèmes urbains par un panorama international et une revue des travaux récents qui ont été menés en France (section 2.1), puis dans une seconde sous-partie, nous croiserons ces périmètres fonctionnels avec le découpage administratif en France afin d'étudier quelles collectivités territoriales pourraient être en charge de l'organisation des déplacements interurbains au sein de ces systèmes (section 2.2).

2.1. Mobilité et système urbain : état des lieux des travaux internationaux et français

Plusieurs recherches internationales soulignent que les espaces fonctionnels centrés sur une unique agglomération ne sont pas le seul modèle de fonctionnement urbain. Le développement des infrastructures de transport n'a pas été uniquement un des moteurs du processus de périurbanisation, elle a également permis un autre changement, à une échelle plus vaste, celle des échanges entre les agglomérations (Soja, 2000 ; Hall, Pain, 2006 ; Soja, 2011). Nous reviendrons sur ce changement étudié par plusieurs recherches internationales (section 2.1.1), puis nous centrerons notre propos sur le cas français (section 2.1.2).

2.1.1. Les relations interurbaines, grille de lecture d'un espace fonctionnel en émergence

Plusieurs termes sont mobilisés par les chercheurs pour nommer ces entités géographiques construites à partir des échanges entre agglomérations : systèmes urbains (Hall, Hay, 1980), « megaregion » (Ross, Woo, 2009), « polycentric regions » (Cowell, 2010) ou « Mega-city region (MCR) » (Hall, Pain, 2006). L'objectif de ces travaux est de souligner un changement dans ce qui est aujourd'hui désigné comme la ville à partir de critères d'échanges entre les agglomérations, dont notamment de la mobilité domicile-travail interurbaine. D'autres travaux ont déjà soulevé un point de basculement du périmètre des agglomérations lorsque les espaces urbanisés des grandes agglomérations se sont rejoints pour former des mégalofoles (Gottmann, 1961), notamment en Amérique du Nord et au Japon. Un autre changement s'est produit depuis plusieurs années, par l'émergence d'espaces connectés quotidiennement par les mobilités pendulaires pour former de vastes espaces fonctionnels (Soja, 2011). Ces espaces forment alors « un réseau de centres urbains en forte interaction entre eux et avec leurs hinterlands respectifs par des flux » (Dablanc, Frémont, 2015, p.79).

Ces observations sont portées par plusieurs recherches à travers le monde et font apparaître une diversité de définition de ces espaces ainsi que d'échelle d'étude. Identifiées à partir de déplacements interurbains de moyennes portées (d'une durée inférieure à une journée), une dizaine de méga-régions ont été mises en évidence pour les États-Unis par la *Regional Plan Association* (2006) (Annexe 11).

Peter Hall et Kathy Pain (2006) proposent une nouvelle grille d'analyse des relations entre grandes villes européennes au travers du concept de « Mega-city regions » défini à partir de l'importance des liens entre les FUR (« Fonctional Urban Region »), elles-mêmes construites en partie par les liaisons domicile-travail. L'objectif de ces travaux est de conduire une analyse des entités régionales et de questionner les politiques de transport entre ces espaces. Dans le même exercice de définition de « Mega-city regions », Viktor Goebel et Alain Thierstein (2006) proposent une analyse centrée sur le cas de l'agglomération de Munich également à partir des échanges entre les FUR. L'étude de Margaret Cowell (2010) porte sur les régions urbaines de la Randstad (Pays-Bas), de la baie de San Francisco (États-Unis) et de l'Emilia-Romagna (Italie). Parmi les éléments de définitions de ces régions urbaines, les « villes » qui le composent doivent être historiquement séparées, mais assez proches pour permettre des trajets pendulaires. Toutes ces recherches mettent en avant le fait que les relations pendulaires entre différents espaces

fonctionnels auparavant centrés autour d'une agglomération font émerger un nouveau périmètre de fonctionnement des échanges construits autour de plusieurs agglomérations. En France, des travaux s'intègrent dans ce champ, cherchant à définir le périmètre de ces nouveaux espaces fonctionnels urbains.

2.1.2. Les systèmes urbains en France à partir du zonage en aire urbaine de 2010

En France, beaucoup de travaux se sont intéressés à ces questions de liens entre agglomérations à partir de différents types de flux : déplacements interurbains, échanges téléphoniques, flux d'étudiants, liens entre les entreprises notamment (Damette, 1994 ; Noin, 1996 ; Cattan, 2004 ; Berroir *et al.*, 2005). Plus récemment, l'INSEE et plusieurs recherches s'attachent à définir ces espaces qui peuvent être spatialement disjoints, mais fonctionnellement intégrés en utilisant notamment les flux pendulaires et le zonage en aires urbaines. L'objectif de cette sous-partie est d'analyser ces travaux au regard de nos recherches portées sur les déplacements entre aires urbaines à l'échelle nationale afin de sélectionner un découpage qui nous servira de référence pour l'étude des déplacements domicile-travail des interurbains des aires urbaines grandes et moyennes. L'objectif, nous le rappelons, est double : quantifier la variabilité de pratiques de mobilité, de volume d'émissions de CO₂ et de potentiels de report modal entre les multiples systèmes urbains ; proposer des pistes de réflexion sur des éléments pouvant expliquer ces différences.

L'INSEE a proposé la notion d'espace urbain à l'occasion des premiers zonages en aires urbaines afin de qualifier le lien entre aires urbaines :

« L'espace urbain est l'ensemble, d'un seul tenant, de plusieurs aires urbaines et des communes multipolarisées qui s'y rattachent. Dans l'espace urbain multipolaire, les aires urbaines sont soit contiguës, soit reliées entre elles par des communes multipolarisées »¹²².

Cette définition ne repose pas sur les flux interurbains, mais sur le critère de contiguïté rendu possible par la mobilité des actifs des communes multipolarisées. La FNAU¹²³ (2012) propose un découpage de la France en sept « grands systèmes urbains » à partir de la lecture de la carte des flux entre aires urbaines. D'autres approches se concentrant sur l'étude des mobilités pendulaires

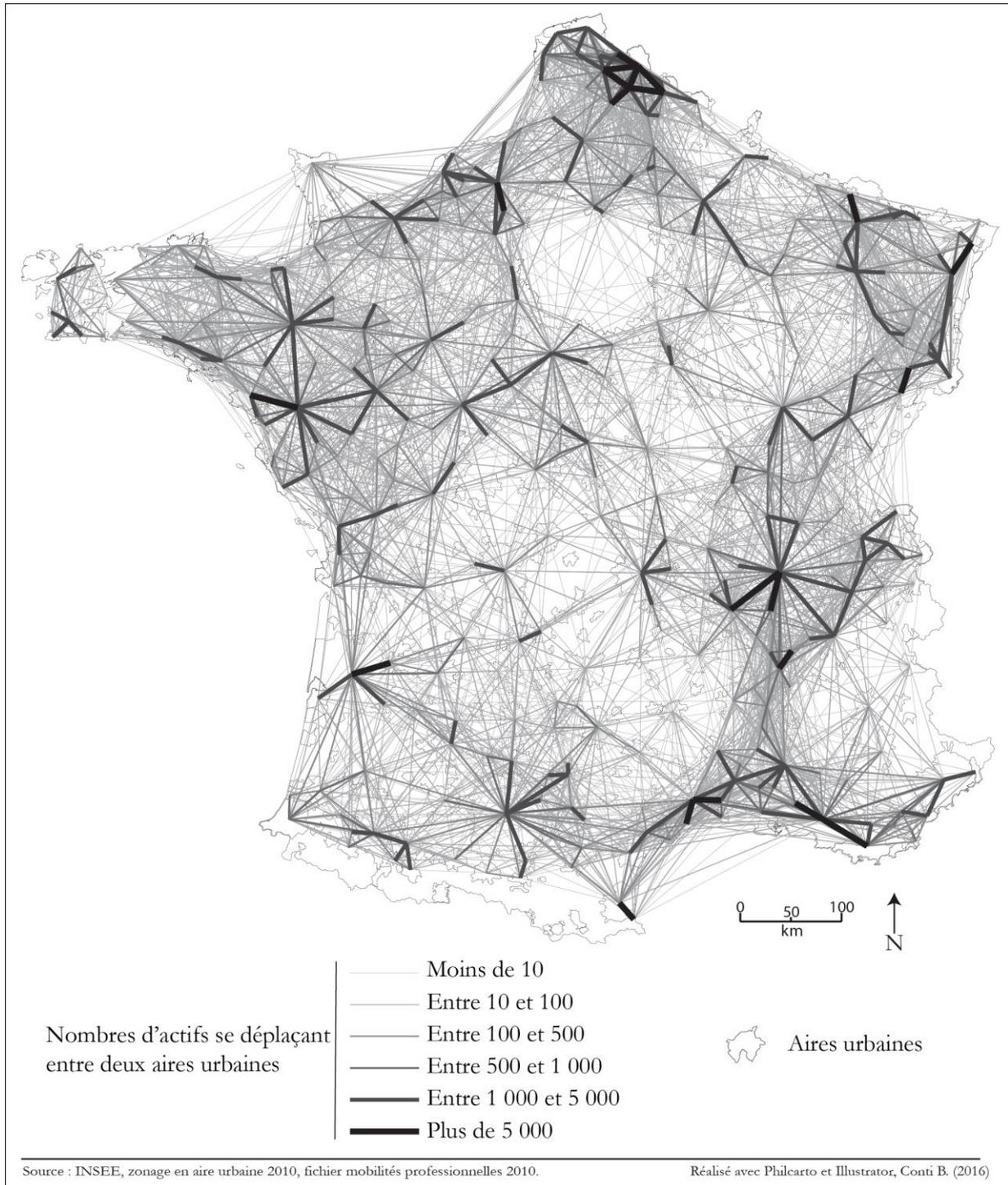
¹²² Site de l'INSEE : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/espace-urbain.htm>, consulté le 6 juillet 2016.

¹²³ Fédération Nationale des Agences d'Urbanisme.

ont été menées telles que le travail de Julien Gingembre et John Baude (2014) sur les réseaux d'agglomérations ou encore les travaux de Francis Aubert *et al.* (2012) sur les villes intermédiaires et leur espace de proximité ainsi que Jean-Michel Floch et Bernard Morel (2011) sur les AU intermédiaires. Ces études utilisant les flux domicile-travail comme grille d'analyse du lien entre agglomérations, proposent des échelles et des périmètres variables qui ne sont pas construits à partir du périmètre des aires urbaines. Les périmètres proposés dans ces recherches ne seront donc pas mobilisés pour définir l'espace fonctionnel interurbain dans le cadre de cette thèse.

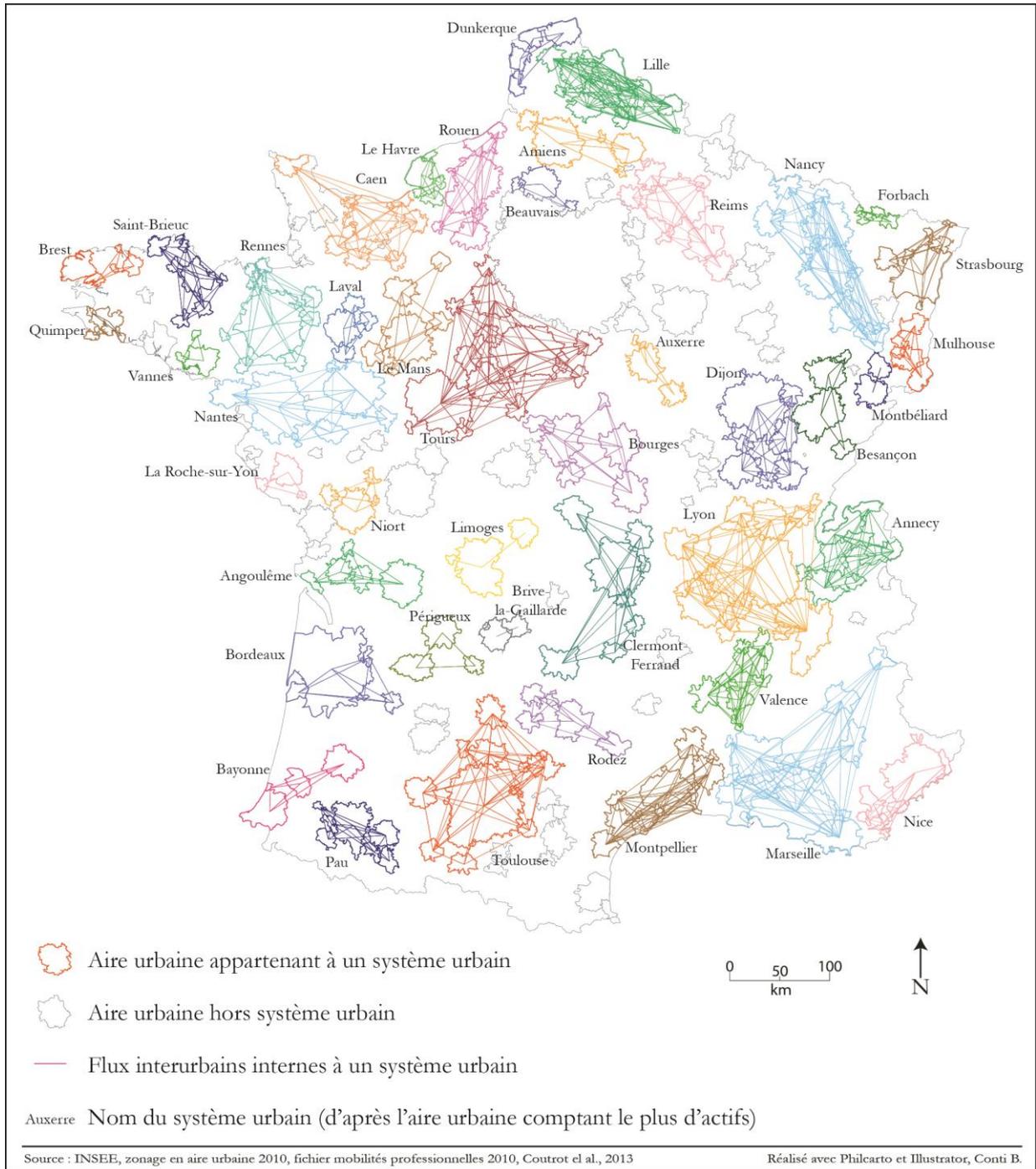
Une autre démarche d'étude du lien entre aires urbaines a été menée pour le compte de la DATAR aux débuts des années 2010 (Berroir *et al.*, 2012). Conduit à l'échelle de la France continentale, l'objectif de ce travail est « de comprendre en quoi ces flux font système(s), comment “fonctionne” véritablement le territoire » (Berroir *et al.*, p.5). Ce travail portant sur le zonage en aires urbaines de 1999 a été réalisé à partir de sept indicateurs illustrant les relations entre ces entités, dont les déplacements pendulaires entre aires urbaines. Cette recherche propose notamment une grille de lecture multiscalair intéressante des mobilités interurbaines en définissant, d'après l'interprétation de Laetitia Dablanc et Antoine Frémont (2015), trois niveaux d'organisation territoriale. Un premier est centré autour de « capitales régionales ou d'autres grandes aires urbaines » ; un deuxième est tissé par des liens entre capitales régionales ; un dernier niveau est qualifié de « méga-région française, structurée autour de la capitale ». Dans notre travail de thèse, c'est davantage le premier niveau d'organisation qui nous intéresse plutôt que celui de la méga-région. Par ailleurs, c'est pour cette raison que le terme de système urbain sera préféré dans la suite de ce chapitre aux autres termes proposés par les recherches actuelles, notamment ceux de Mega-region ou Mega-city region qui imposent d'une part un seuil de population pour définir ces périmètres (en général plusieurs millions d'habitants) et d'autre part peuvent induire une confusion avec le terme de région, désignant en France une collectivité territoriale.

Carte 9 Flux des navetteurs interurbains entre aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris)



Source : recensement de la population, 2010 ; réalisation de l'auteur.

Carte 10 La France des systèmes urbains vue sous l'angle des flux pendulaires (hors Paris)



Source : réalisation de l'auteur d'après Coutrot *et al.*, 2013.

Une actualisation de ce travail a été réalisée par le groupement Systra-LVMT pour le zonage en aire urbaine de 2010 (Coutrot *et al.*, 2013) en prenant en compte des variables similaires¹²⁴. À partir de ces variables et d'une méthodologie¹²⁵ presque identique de l'étude menée sur le zonage de 1999, le groupement Systra-LVMT propose un découpage de la France en 23 systèmes urbains (Annexe 12). Ce découpage est particulièrement intéressant, il permet de mesurer l'influence des agglomérations les plus importantes sur le territoire et de le comparer avec des travaux aux objectifs proches (Damette, 1994 ; Noin, 1996). Cependant, ce découpage ne sera pas mobilisé dans le cadre de cette thèse, car il est construit à partir d'un nombre important de variables qui n'entrent pas en résonance avec l'étude de la mobilité pendulaire. Ainsi, un autre découpage de ce travail a été utilisé, celui-ci construit uniquement à partir des déplacements domicile-travail interurbains.

En utilisant uniquement cette variable de la mobilité pendulaire entre les aires urbaines définies par le zonage en aires urbaines de 2010, Denis Coutrot *et al.*, (2013) proposent un découpage fonctionnel de la France en 44 systèmes urbains. Les deux cartes suivantes permettent de mettre en regard les flux interurbains présents dans le recensement de la population de 2010 (Carte 9) et le résultat de la méthode de découpage de la France en 44 systèmes urbains sous l'angle des déplacements pendulaires (Carte 10), réalisé par Denis Coutrot *et al.*, (2013). L'Annexe 13 fournit le détail de la procédure d'intégration de ce nouveau découpage avec les fichiers du recensement. Cette étape permet de connaître pour chaque aire urbaine, du zonage en aires urbaines de 2010, si elle est rattachée à un système urbain ou non, et si c'est le cas, de savoir lequel. Avec ce découpage, ce sont 91 % des actifs interurbains des aires urbaines grandes et moyennes (hors AU de Paris) qui résident dans un système urbain, soit plus de 1,2 million de personnes. Parmi ces 1,2 million d'actifs interurbains appartenant à un de ces 44 systèmes urbains, 80 % résident et travaillent dans un même système urbain.

¹²⁴ Reprenant la démarche du laboratoire Géographie-Cité (Berroir *et al.*, 2012), le groupement Systra-LVMT (Coutrot *et al.*, 2013) utilise huit variables pour définir les périmètres des systèmes urbains : la mobilité domicile-travail (migrations alternantes) ; les migrations résidentielles ; les liens résidences principales – résidences secondaires ; l'accessibilité transport (ex : réseau grande vitesse) ; la base des partenariats scientifiques européens ; la base des brevets déposés ; les liens établissements-sièges ; les liens établissements-sièges dans les secteurs innovants.

¹²⁵ Les auteurs utilisent la méthode des liens préférentiels et des liens principaux entre aires urbaines afin de construire les systèmes urbains. Les liens préférentiels sont obtenus par la comparaison des liens théoriques entre les aires urbaines établis par un modèle et les liens empiriques constatés. Les liens préférentiels sont alors ceux dont la valeur est supérieure aux liens donnés par le modèle théorique. À partir de ces liens préférentiels sont élaborés les flux majeurs, le lien préférentiel ayant obtenu la note la plus forte (= lien majeur), pour chaque aire urbaine. Cette méthode est réalisée pour toutes les variables, qui seront additionnées et ensuite comparées avec les liens majeurs domicile-travail.

La prochaine sous-partie vise à mettre en regard ce découpage fonctionnel en système urbain avec les périmètres des différentes collectivités territoriales françaises en charge de l'organisation des transports publics. Dans le chapitre 5, nous avons tiré plusieurs conclusions sur les dispositifs ayant une influence sur le report modal et la baisse du volume des émissions de CO₂ des déplacements pendulaires interurbains. Nous faisons l'hypothèse que le croisement des périmètres administratifs et fonctionnels (des systèmes urbains) permet de proposer les bases d'une réflexion sur l'échelon administratif qui pourrait être en mesure, d'une part, d'organiser ces déplacements, et d'autre part de mener les politiques visant à réduire les émissions de CO₂ liés aux déplacements domicile-travail des interurbains.

2.2. La mobilité interurbaine en France : la Région comme chef de file ?

Les potentiels de report modal et de réduction des émissions de CO₂, calculés dans cette thèse, reposent sur l'organisation du réseau ferroviaire français. À partir de ce réseau, des capacités de développement de l'usage des transports collectifs ont été identifiées. Deux acteurs, l'État et les régions sont aujourd'hui en charge de l'organisation de l'offre ferroviaire à deux échelles distinctes. L'État, qui est propriétaire de toutes les infrastructures ferroviaires, assure le développement de liaisons de très grandes distances au travers de deux offres de vitesses et de desserte distinctes avec les TGV et les TET ; les régions ont en charge l'organisation des TER et des liaisons de plus courtes distances entre les agglomérations.

En regard de travaux déjà menés sur le lien entre mobilités interurbaines et compétences des différentes collectivités territoriales d'une part, et des résultats du chapitre 5 d'autre part, la Région apparaît selon nous comme la collectivité territoriale la plus à même de devenir le chef de file de l'organisation des transports alternatifs à l'automobile pour les déplacements interurbains en France. Nous reviendrons tout d'abord sur un certain nombre de travaux qui ont déjà identifié ce niveau comme pertinent (section 2.2.1), puis nous montrerons que les limites régionales correspondent relativement bien aux périmètres des systèmes urbains identifiés par Denis Coutrot *et al.* (2013) (section 2.2.2). Dans une dernière sous-partie, nous reviendrons sur les outils dont les Régions disposent aujourd'hui pour favoriser le report modal en regard des résultats des chapitres 4 et 5 (section 2.2.3).

2.2.1. Une réflexion de la mobilité interurbaine déjà initiée

Le découpage des collectivités responsables des transports a été redéfini depuis la loi NOTRe de 2015 : les agglomérations ou intercommunalités qui correspondent aux limites du « ressort territorial de l'autorité organisatrice de la mobilité (AOM) » sont responsables des transports urbains et les régions sont en charge du transport ferré de voyageur des lignes TER et des liaisons routières interurbaines (principalement scolaires) (loi NOTRe, 2015, article 18). Les navetteurs interurbains ont donc de fortes probabilités d'être à l'interface d'au moins trois périmètres institutionnels : l'agglomération de départ, celui d'arrivée et le périmètre de la région. Toutefois, une diversité importante de situations peut exister si les actifs ne travaillent pas dans une même région ou s'ils ne travaillent pas dans le périmètre d'une AOM. Ces réflexions sur la diversité des situations possibles des différentes collectivités territoriales traversées rencontrent les débats sur les croisements entre pratiques de déplacement d'un côté et périmètre institutionnel de l'autre. « Il existe presque toujours un hiatus entre le périmètre des autorités organisatrices de transport (agglomérations, Départements, Régions) et la structure spatiale des déplacements. Ce hiatus ne pourra jamais être totalement comblé, le social ne se laissant pas facilement enfermer dans des aires d'action » (Barone, 2010). L'objectif ici ne réside pas dans la quête d'une adéquation entre ces deux découpages pour le cas des déplacements interurbains, ce ne serait que rappeler le mythe de l'optimum dimensionnel (Ortiz, 1994 ; Offner 2006). L'objectif est davantage d'analyser les périmètres institutionnels existants et leurs interactions avec ceux des systèmes urbains plutôt que de discuter de la mise en place d'un nouvel échelon administratif.

Plusieurs travaux soutiennent que la Région peut jouer à la fois le rôle de chef de file de l'interaction entre les différentes collectivités territoriale et le rôle d'entité organisatrice d'une offre de transport complémentaire à celles des AOM. Pierre Zembri (2004) a déjà porté une telle réflexion quand il analyse les effets de la régionalisation des TER. Selon cet auteur, la politique de promotion du report modal dans les relations interurbaines « doit s'appuyer sur une articulation renforcée des différents maillons de la chaîne de transports publics susceptible d'être mise en œuvre [...]. Une coopération avec les collectivités locales (communes et structures intercommunales) sera nécessaire, au sein d'entités géographiques adaptées à l'échelle des flux » (Zembri, 2004, p95). Marie-Hélène Massot *et al.* (2011) tirent les mêmes conclusions de l'étude des liens entre AU intermédiaires : « chaque ville tend à s'occuper de son territoire, de son aire urbaine, de son agglomération. [...] Il peut être important que les villes réfléchissent ensemble à l'organisation du territoire entre leurs pôles urbains » (p.39). Marie-Hélène Massot *et al.* (2011)

proposent également que le transport régional, au travers du TER, soit moteur de la structuration du lien entre les aires urbaines. Ce lien entre les pôles urbains est déjà au cœur des politiques régionales de transport, qui, de plus en plus, se saisissent de la mobilité périurbaine : « tout en continuant à considérer que les relations intervilles doivent constituer l'ossature structurante du réseau et des services, les Régions se montrent davantage sur le renforcement de la desserte périurbaine. Plutôt que le passage net d'une représentation – intervilles – à une autre – périurbain –, c'est une combinaison de ces deux représentations qui soutient l'action des Régions en matière de transports ferroviaires régionaux » (Ollivier-Trigalo, 2009, p.478). La prise en charge des transports interurbains routiers par les Régions depuis la loi NOTRe de 2015 va sans doute renforcer le rôle de la Région comme un acteur majeur de la mobilité quotidienne pour les actifs qui se déplacent en dehors des périmètres des AOM. Pour Laurent Guihéry (2005), la Région doit aller plus loin et prendre en charge l'ensemble des transports collectifs de son territoire : urbain et régional. Pour l'auteur, cette séparation des responsabilités « peut être considérée comme un véritable frein à l'essor du transport collectif : en France, sur certaines relations périurbaines, on peut ainsi trouver en parallèle une offre de service de l'entreprise de transport urbain, une ligne de car et un service ferroviaire, toutes trois peu performantes, car non coordonnées » (p.60). La solution passe par une remise en question de cette division qui « verrait le transfert à la région de la responsabilité de l'intégration de l'ensemble de l'offre de transport collectif, urbain et régional » (p.60).

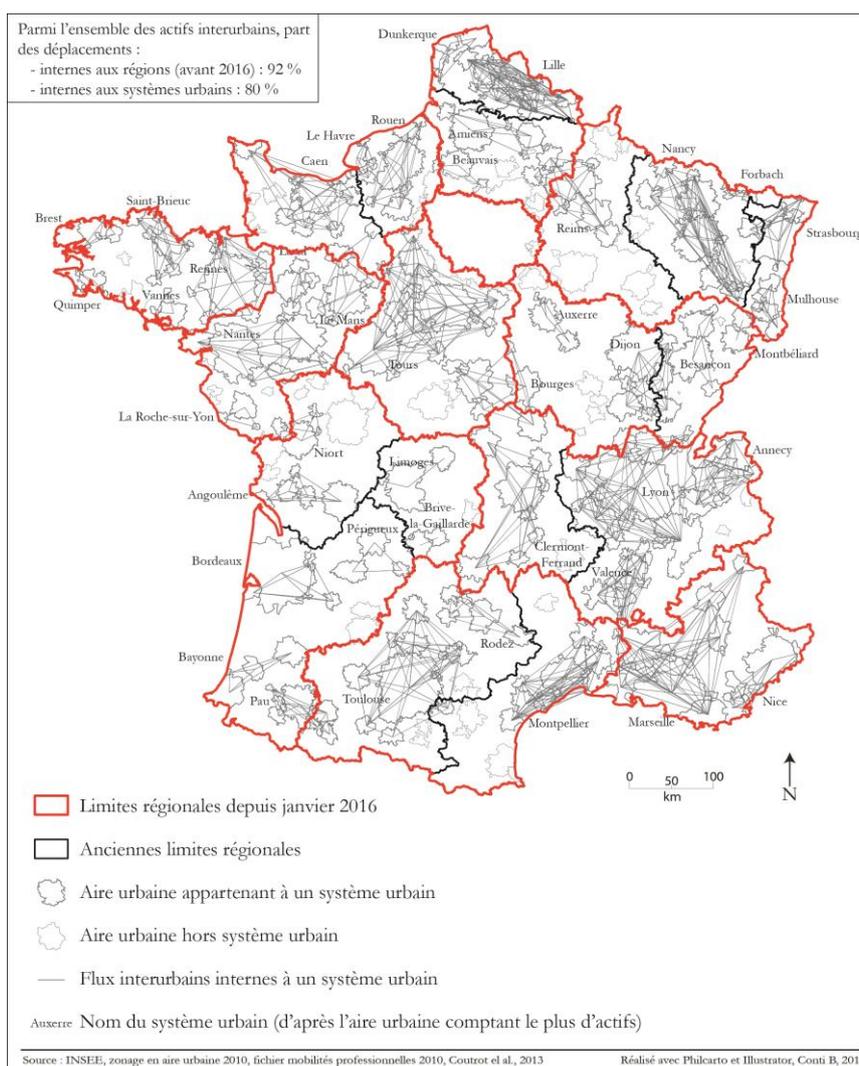
L'hypothèse d'une gestion de tous les transports collectifs dans les mains d'un syndicat mixte de transport présidé par une Région, comme c'est le cas en Île-de-France, où le STIF (Syndicat des transports d'Île-de-France) organise l'offre de transports collectifs (métro, tramway, bus, car, RER et Transilien) permettrait également de favoriser davantage l'usage des transports en commun. Nos résultats n'englobent pas de réflexion sur l'intégration des différents niveaux de réseaux de transport, notamment urbains, et ne permettent pas d'approfondir cette hypothèse. Toutefois, au regard des périmètres fonctionnels des systèmes urbains, la Région semble émerger comme collectivité territoriale « légitime » pour être chef de file d'un regroupement de collectivités pour favoriser le développement du report modal, pour au moins deux raisons. D'une part parce que les périmètres régionaux englobent pratiquement tous les périmètres fonctionnels des systèmes urbains dessinés par les navettes interurbaines (section 2.2.2) et d'autre part, parce que les effets de certains leviers d'action quantifiés dans le cas de nos scénarios sont actuellement de la compétence des Régions (section 2.2.3).

2.2.2. Des périmètres régionaux en adéquation avec les périmètres des systèmes urbains

Dans le cadre de la réforme territoriale, en 2014, le gouvernement a proposé un redécoupage des régions, effectif au 1^{er} janvier 2016 d'après la loi « relative à la délimitation des régions, aux élections régionales et départementales et modifiant le calendrier » (2015). Dans notre analyse, nous nous appuyons dans un premier temps sur le découpage antérieur en 22 régions, avant d'intégrer les nouveaux périmètres à notre réflexion.

À partir des données du recensement, nous estimons que 92 % des déplacements des actifs interurbains sont effectués au sein d'une même région (découpage antérieur à janvier 2016). Or, les périmètres des systèmes urbains établis par Denis Coutrot *et al.*, (2013) correspondent assez bien aux périmètres de ces anciennes régions (Carte 11).

Carte 11 Systèmes urbains et limites des régions administratives



C'est notamment le cas pour les systèmes urbains les plus importants, en termes de nombre d'habitants et d'aires urbaines qui les composent. Le système urbain organisé autour de l'aire urbaine de Lille correspond à la région Nord, celui de Clermont-Ferrand à l'Auvergne, celui de Lyon à la région Rhône-Alpes, le système urbain de Toulouse à celle de Midi-Pyrénées, celui de Marseille à PACA¹²⁶, celui de Nancy à la Lorraine et celui de Rennes à la région Bretagne. Le système urbain de Dijon faisait figure d'exception à cheval entre la Bourgogne et la région Franche-Comté, mais depuis janvier 2016, ces deux régions ont fusionné et le périmètre du système urbain de Dijon est entièrement à l'intérieur de la nouvelle région Bourgogne-Franche-Comté.

La diminution du nombre de régions (loi NOTRe, 2015) conduit à la création d'espaces institutionnels encore plus vastes qui aboutit sans doute à un taux de déplacements interurbains intrarégionaux encore plus élevé. Toutefois, en dehors du cas du système urbain de Dijon, cette réforme n'aboutit pas forcément à regrouper certains systèmes urbains qui auparavant appartenaient à deux régions telles que ceux de Pau, Reims ou Bourges. Les anciennes régions étaient assez pertinentes comme échelle de réflexion et d'organisation des déplacements interurbains avec presque toujours un ou deux systèmes urbains par région. La loi NOTRe en créant ces regroupements de régions aux périmètres très vastes peuvent, de fait, mécaniquement rassembler un nombre plus conséquent de systèmes.

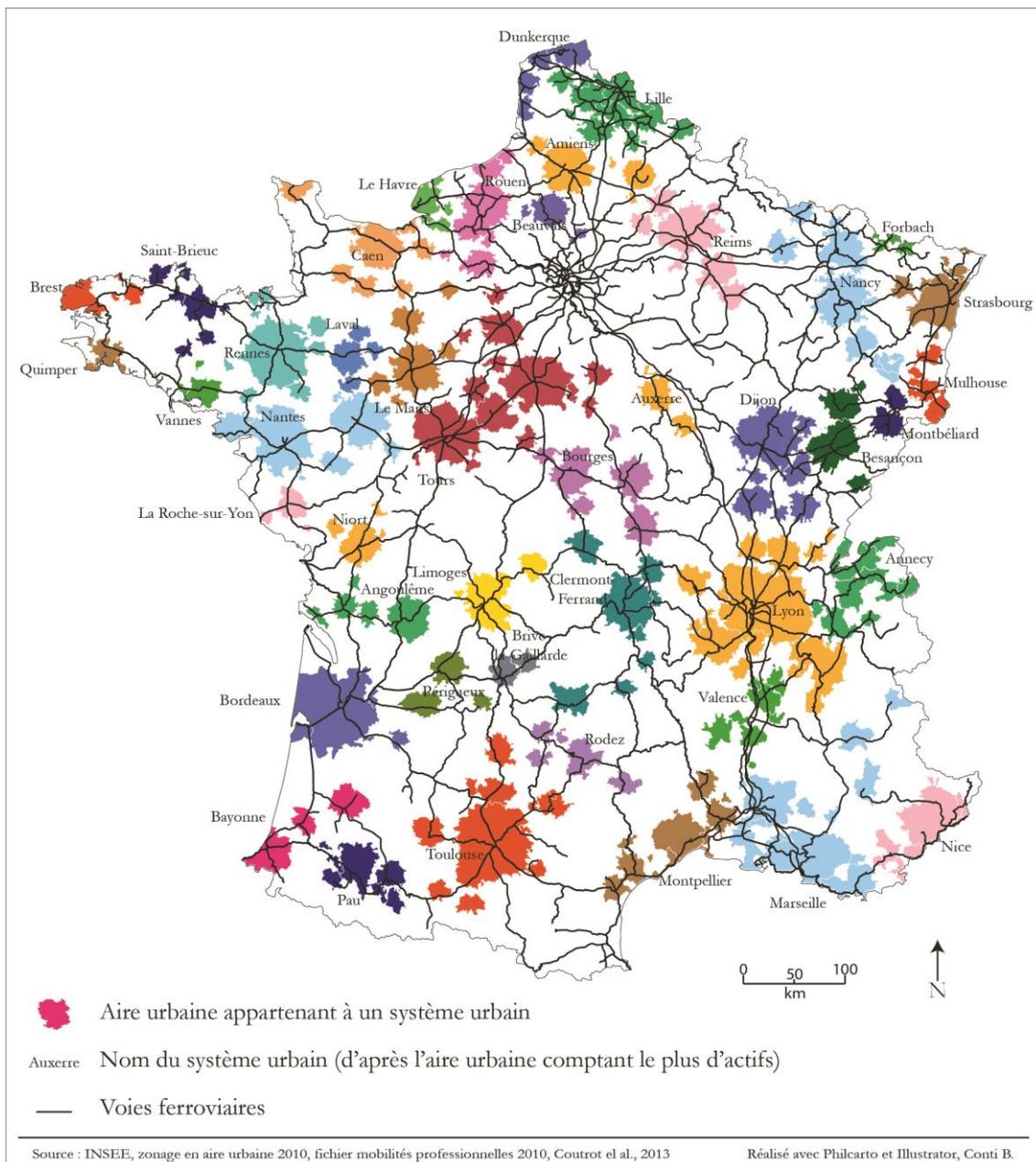
Malgré cet élargissement des territoires administratifs régionaux, les compétences des régions en matière de transports n'ont pas été bouleversées. Elles ont été renforcées avec l'ajout de la compétence de transport routier interurbain qui était auparavant du ressort des départements (même si sur certaines liaisons interurbaines les Régions avaient déjà la possibilité de faire du TER par autocar, notamment pour lignes peu fréquentées). Ainsi, les régions, déjà en charge des transports collectifs ferroviaires aujourd'hui et du transport routier demain, semblent être une échelle légitime pour être chef de file de l'organisation des déplacements des actifs interurbains étudiés dans le cadre de cette thèse, et des politiques d'action mesurées dans les différents scénarios proposés.

¹²⁶ Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA).

2.2.3. Des dispositifs dans les mains de la Région

Au-delà d'une certaine cohérence des périmètres administratifs régionaux qui englobent très largement ceux des systèmes urbains, nous faisons l'hypothèse que les Régions peuvent avoir un rôle important dans le développement du report modal en France.

Carte 12 Systèmes urbains et réseau d'infrastructures ferroviaires en France



À partir des résultats du chapitre 5, portant sur les conséquences de certaines politiques de transport visant à réduire l'usage de la voiture, quatre arguments appuient, selon nous, notre

analyse visant à placer les Régions en tête d'une coordination de collectivités territoriales menant ces politiques :

(i) Notre mesure du potentiel de report modal repose sur le réseau ferroviaire dont l'offre de transport est de la compétence des Régions. Or, la mise en place de politiques de réduction de l'usage de l'automobile mesurée uniquement à partir de cette infrastructure donne des résultats satisfaisants de réduction des émissions de CO₂. Sans nécessairement construire de nouvelles gares ou nouvelles lignes de chemin de fer, le potentiel de report modal à partir des infrastructures existantes est déjà important.

Le transfert aux Régions des compétences de transport sur le réseau routier nous incite à croire que ce potentiel sera d'autant plus important. Ainsi, en plus du réseau ferroviaire, les Régions peuvent proposer une offre alternative à l'automobile sur le réseau routier afin de profiter d'une plus grande accessibilité pour les communes qui ne disposent pas d'une gare ferroviaire ou dont les besoins se prêtent davantage à une offre autocar par exemple. En effet, dans quelques systèmes urbains, des aires urbaines ne sont pas reliées à l'infrastructure ferroviaire et même lorsque c'est le cas, toutes les aires urbaines ne sont pas reliées entre elles par cette infrastructure (Carte 12). Il paraît peu probable aujourd'hui que les Régions participent au financement de nouvelles infrastructures ferrées (L'État, propriétaire des infrastructures, reste le principal financeur), et c'est donc pour cette raison que les transports collectifs routiers constituent un autre levier de report modal qui n'a pas été mesuré dans le cadre de cette thèse. Que les Régions se saisissent de ces offres routières en parallèle de l'offre ferroviaire étudiée ici renforce à notre sens l'intérêt de la Région comme collectivité motrice de l'organisation de la mobilité interurbaine en France.

(ii) L'offre ferroviaire en matière de desserte et de fréquence des TER est du ressort des Régions. Or, cette organisation, négociée avec la SNCF, peut jouer un rôle fondamental dans le potentiel de report modal des actifs, notamment pour ceux qui résident dans les métropoles et travaillent dans les AU dites « modérées ». La comparaison des parts modales actuelles avec celles calculées à partir de notre travail de scénarisation révèle pour partie que l'augmentation de l'offre ferroviaire pour ce type de liaisons interurbaines peut jouer positivement sur le report modal. En effet, les actifs interurbains ne vont pas toujours travailler dans les aires urbaines les plus importantes en termes de taille de population. Les aires urbaines que nous avons qualifiées de métropoles sont également des points de départ de navetteurs interurbains en plus d'être des points d'arrivée. Nous pensons que les Régions peuvent intégrer cet élément aux évolutions de

L'offre ferroviaire régionale en enrichissant par exemple la qualité de desserte pour desservir les liaisons au départ des métropoles et à destination des aires urbaines intermédiaires et modérées. L'offre des TET en 2015 n'apparaît pas toujours adaptée à la demande (Duron, 2015). Sans investir les débats sur l'évolution de cette offre, le renforcement de la coopération interrégionale et l'intégration des enjeux des mobilités interurbaines à celle-ci peuvent sans nul doute être également porteurs d'un potentiel de report modal. Cette réflexion nationale (Duron, 2015), en lien avec nos résultats, peut trouver un autre sens avec les mobilités pendulaires interurbaines régionales mises en lumière dans cette thèse.

(iii) La grille tarifaire des déplacements régionaux est également une compétence régionale. Dans les calculs effectués dans les chapitres 4 et 5, nous avons raisonné avec un présupposé fort, celui d'une intégration tarifaire complète entre le déplacement en train d'une part et le rabattement de la gare d'arrivée à la commune de travail d'autre part. Or, nos résultats ont montré que ce dispositif a des conséquences positives qui favorisent le report modal des actifs de la voiture particulière vers les transports collectifs. L'enjeu est donc double pour les Régions : d'une part, promouvoir une intégration tarifaire pour les personnes qui se déplacent entre deux aires urbaines ; d'autre part, mettre en place des tarifs attractifs pour les usagers. En regard des conditions actuelles, il semblerait que l'enjeu pour les Régions soit davantage de se concentrer sur le premier aspect que sur le second. Cette vision va plutôt dans le sens de nos résultats : les potentiels de report modal induits par le dispositif de mise en place d'un tarif unique à 2 € et la gratuité totale sont en effet très proches pour les déplacements pendulaires interurbains.

(iv) Même si le rôle des Régions est assez minoritaire dans le montant total du prix des carburants payé par les usagers, chaque Région peut majorer le prix de la TICPE du carburant acheté dans son périmètre. Elle est la seule collectivité territoriale avec l'État à pouvoir agir sur le prix des carburants payé par les automobilistes. En 2016, toutes les Régions continentales ont voté le seuil maximal de la taxe fixée par la loi (0,025 €/l). Si le pouvoir des Régions pour jouer sur les prix des carburants semble donc limité, le cadre législatif est au moins existant.

Pour toutes ces raisons, la Région semble à nos yeux la collectivité territoriale la plus pertinente pour devenir le chef de file de l'organisation de la mobilité interurbaine et coordonnée des dispositifs d'action entre les différentes AOM. Tout en ayant des périmètres comparables, ou du moins intégrant ceux des flux interurbains, les Régions possèdent aujourd'hui et peut-être en plus demain d'un éventail d'outils qui leur permet d'être moteur de la promotion de mobilité alternative à l'automobile pour les trajets interurbains en France. La nouvelle délimitation des

périmètres régionaux implique une période de transition, au cours de laquelle, organisation, offre et grille tarifaire devront être repensées à cette nouvelle échelle, fournissant peut-être en cela une opportunité pour intégrer les enjeux liés aux mobilités interurbaines. Toutefois, nous restons prudents dans nos conclusions, car le développement de syndicat mixte ou de structure *ad hoc* de coordination entre les Régions, les AOM et les autres collectivités territoriales supposent une entente entre les collectivités sur les moyens et les objectifs à atteindre (Zembri, 2004). Or, des études menées sur les coordinations entre collectivités territoriales montrent qu'elles peuvent être difficiles à conduire, notamment pour des raisons d'enjeux politiques (Gallez, 2007 ; Maulat, 2016). L'exemple de la région Île-de-France, où les transports collectifs urbains et régionaux sont organisés par un seul acteur, le STIF, montre que cela n'évite pas les tensions et les contradictions sur les projets et objectifs de la gestion et de l'organisation des transports entre différentes collectivités territoriales (ici entre la maire de Paris et la présidente de la Région)¹²⁷.

Au-delà de ces réflexions portées de façon homogène pour tous les périmètres régionaux, nous supposons que les Régions ne doivent pas toutes faire face aux mêmes problématiques d'organisation et de coordination des politiques de report modal. Notamment, toutes n'ont pas dans leur périmètre le même nombre ni le même type de systèmes urbains. Certaines régions en possèdent un seul et de taille importante (telles que la région Centre ou l'ancienne région Lorraine) alors que d'autres en contiennent plusieurs, de tailles plus restreintes (telles que la Bretagne ou l'ancienne région Aquitaine). Si les Régions englobent toutes des systèmes urbains, ces derniers ne sont pas tous identiques (Carte 11). L'objectif de la dernière partie de ce chapitre sera de décrire d'une part, l'organisation interne de ces différents systèmes urbains et d'autre part, d'identifier si les pratiques de mobilité et les potentiels de report modal divergent en fonction de cette organisation interne.

3. Systèmes urbains : organisation interne, pratique de mobilité et potentiel de report modal

La lecture des cartes des 44 systèmes urbains montre qu'ils sont composés d'aires urbaines en nombre et en tailles différentes. Certains possèdent un nombre important d'aires urbaines, d'autres, plus petits, en regroupent seulement quelques-unes. Le nombre d'aires urbaines n'est pas

¹²⁷ Site du Monde : http://www.lemonde.fr/politique/article/2016/07/12/les-voies-divergentes-d-hidalgo-et-de-peccresse_4968259_823448.html, consulté le 13 juillet 2016.

le seul critère possible pour les décrire, certains semblent organisés autour d'une aire urbaine de taille importante alors que d'autres rassemblent des aires urbaines de niveau équivalent. Afin de mieux les étudier, un premier objectif de cette dernière partie sera d'analyser la « morphologie » de ces systèmes. De plus, nous posons comme hypothèse qu'au-delà de cette organisation morphologique multiple, les pratiques de déplacements à l'intérieur de ces systèmes sont variables, et que cela a des conséquences sur le volume d'émissions de CO₂ et le potentiel de réduction de ces émissions. L'objectif de la dernière partie de ce chapitre sera donc double. D'une part, décrire la variabilité de ces différents systèmes urbains par deux éléments : l'organisation « morphologique » des aires urbaines et la distribution des flux interurbains au sein des systèmes urbains (section 3.1). D'autre part, souligner leurs implications sur la diversité des pratiques de mobilité et du potentiel de report modal propre à chaque système. Pour cela, huit systèmes urbains seront mis en avant afin d'étudier plus en détail ces pratiques et leurs potentiels de report modal (section 3.2).

3.1. Diversité des organisations morphologiques des systèmes urbains en France

Nous reviendrons tout d'abord sur la lecture des déplacements interurbains par les périmètres des systèmes urbains proposés par Denis Coutrot *et al.* (2013) (section 3.1.1). Dans un deuxième temps, nous présenterons ces 44 systèmes urbains et tâcherons de montrer la diversité de leur organisation en termes de population, de nombre d'actifs interurbains et de nombre d'aires urbaines (section 3.1.2). Dans une dernière sous-partie, un indicateur original, construit pour cette recherche, nous permettra de rendre compte de la distribution spatiale des individus dans les différentes aires urbaines de chaque système urbains. L'objectif de cet indicateur est de nous permettre de sélectionner des systèmes urbains aux organisations internes diverses afin de pouvoir les comparer. Huit d'entre eux seront sélectionnés et étudiés en détail dans la suite de ce chapitre (section 3.1.3).

3.1.1. Des périmètres fonctionnels plutôt légitimes pour l'étude des flux interurbains

Dans le découpage en systèmes urbains proposé par Denis Coutrot *et al.* (2013), plusieurs aires urbaines ne sont pas reliées à un système urbain du fait de liens trop faibles avec les autres aires urbaines. Parmi les 352 aires urbaines moyennes et grandes (dont le pôle urbain contient plus de 5 000 emplois), 63 ne sont pas rattachées à un système urbain, soit 18 % des aires urbaines. Ce

sont surtout des aires urbaines de petites tailles démographiques, qui rassemblent un peu plus d'un million d'habitants (1,1 million). Pour les navetteurs interurbains, ce sont 115 000 actifs qui ne sont pas rattachés à un système urbain, soit seulement 9 % des interurbains étudiés jusqu'ici.

Les 44 systèmes urbains sont très divers, tant par leur taille (nombre d'habitants), par le nombre d'aires urbaines qui les compose que dans la proportion d'actifs interurbains qui y réside par rapport à l'ensemble des actifs de chaque SU (Tableau 38). Trois éléments ressortent de notre analyse.

Une forte hiérarchie des systèmes urbains

La population au sein d'un système urbain va de presque 4 millions d'habitants (SU de Lyon) à un peu plus de 130 000 habitants pour le plus petit (SU d'Auxerre). Le nombre d'actifs qu'ils regroupent est également très variable avec le système de Lyon et ses 1,6 million d'actifs jusqu'à celui d'Auxerre avec 46 000 actifs.

Une diversité du taux d'actifs interurbains par rapport à l'ensemble des actifs de l'aire urbaine

Le nombre de navetteurs interurbains est également très fluctuant d'un système à l'autre et n'est pas forcément proportionnel au nombre total d'actifs du système urbain. Les chiffres vont ici de près de 3 000 interurbains (SU de Périgueux) à plus de 216 000 pour le système lillois. Le rapport entre le nombre de navetteurs interurbains et le nombre d'actifs résidant à l'intérieur des systèmes urbains est très faible pour certains systèmes comme Limoges (2 %), Bayonne (3 %) ainsi que pour des systèmes plus importants comme Bordeaux (4 %). Ces systèmes dont la part des navetteurs interurbains est la plus importante, peuvent compter jusqu'à 22 % des actifs pour le système de Forbach, 19 % pour celui de Lille ou encore 15 % pour celui de Mulhouse.

Tableau 38 Populations et actifs des 44 systèmes urbains

Nom du Système urbain	Population	Nombre d'actifs	Navetteurs interurbains	Navetteurs interurbains au sein du SU	Part des navetteurs interurbains du SU par rapport à l'ensemble des navetteurs du SU	Part des navetteurs interurbains au sein du SU par rapport à l'ensemble des navetteurs interurbains
Lyon	3 963 798	1 631 219	99 909	87 371	5 %	87 %
Marseille	3 200 529	1 180 947	75 195	63 515	5 %	84 %
Lille	3 033 097	1 080 379	216 299	205 843	19 %	95 %
Toulouse	1 658 496	689 823	37 891	30 650	4 %	81 %
Nantes	1 653 225	667 873	43 599	26 589	4 %	61 %
Tours	1 462 051	552 736	29 642	24 544	4 %	83 %
Montpellier	1 377 602	480 746	56 900	47 497	10 %	83 %
Nancy	1 319 350	475 926	65 423	58 765	12 %	90 %
Nice	1 285 861	476 170	21 516	17 894	4 %	83 %
Bordeaux	1 274 647	521 981	25 841	22 277	4 %	86 %
Annecy	996 763	355 596	42 575	35 409	10 %	83 %
Rouen	955 978	355 827	32 596	23 078	6 %	71 %
Rennes	939 303	380 003	30 136	21 592	6 %	72 %
Strasbourg	921 675	374 619	32 977	27 456	7 %	83 %
Clermont-Ferrand	762 112	296 072	16 062	13 004	4 %	81 %
Caen	720 977	265 008	22 108	15 173	6 %	69 %
Dijon	700 908	279 216	19 319	11 506	4 %	60 %
Reims	594 335	223 078	21 313	15 818	7 %	74 %
Dunkerque	575 651	202 250	21 690	13 018	6 %	60 %
Mulhouse	560 831	183 528	32 750	26 954	15 %	82 %
Le Mans	498 144	185 859	11 546	7 139	4 %	62 %
Amiens	477 556	166 276	13 330	5 267	3 %	40 %
Valence	470 080	168 643	29 159	23 338	14 %	80 %
Pau	445 017	165 379	17 744	15 354	9 %	87 %
Bayonne	425 288	156 429	7 002	4 430	3 %	63 %
Le Havre	390 402	143 459	15 775	10 471	7 %	66 %
Brest	378 666	140 054	7 975	5 692	4 %	71 %
Bourges	373 682	133 834	7 572	4 392	3 %	58 %
Besançon	350 708	137 000	9 931	4 260	3 %	43 %
Angoulême	349 323	121 679	8 397	5 099	4 %	61 %
Saint-Brieuc	332 674	118 689	14 065	10 674	9 %	76 %
Limoges	327 262	124 622	4 040	2 575	2 %	64 %
Montbéliard	275 734	98 608	14 111	9 725	10 %	69 %
Beauvais	252 474	69 937	6 500	2 540	4 %	39 %
Niort	210 870	82 855	7 772	4 283	5 %	55 %
Forbach	202 917	56 152	15 959	12 416	22 %	78 %
Périgueux	201 654	71 306	2 866	1 182	2 %	41 %
Laval	187 022	74 324	8 708	5 659	8 %	65 %
Vannes	182 001	65 090	10 022	5 267	8 %	53 %
Rodez	175 818	66 162	3 969	3 040	5 %	77 %
La Roche-sur-Yon	175 439	61 918	6 554	3 022	5 %	46 %
Quimper	166 666	60 376	9 439	5 454	9 %	58 %
Brive-la-Gaillarde	133 492	49 847	4 485	3 302	7 %	74 %
Auxerre	131 477	46 277	5 408	4 428	10 %	82 %

Source : recensement de la population, 2010 ; calculs de l'auteur.

Des périmètres de SU englobant une part importante des déplacements interurbains

Les actifs interurbains ne travaillent pas tous à l'intérieur des systèmes urbains. Certains travaillent dans une aire urbaine qui n'est pas rattachée au système urbain dans lequel ils résident. Afin de mesurer cette proportion, nous avons regardé le rapport entre le nombre d'actifs interurbains se déplaçant à l'intérieur du système urbain et le nombre d'actifs interurbains résidant dans ce même système. Ce rapport est un indicateur du degré de pertinence du périmètre fonctionnel des systèmes urbains pour les déplacements interurbains (dernière colonne du Tableau 38). S'il est élevé, cela signifie qu'un nombre important de navetteurs interurbains se déplacent dans le système, donc que le périmètre est plutôt intéressant pour l'étude des déplacements interurbains. En revanche, s'il est faible, cela montre que le périmètre fonctionnel système urbain proposé est moins efficient.

Ce rapport varie de 95 % pour le SU de Lille à environ 40 % pour les systèmes de Beauvais, d'Amiens ou de Périgueux. Pour une majorité des systèmes urbains, ce découpage fonctionnel semble très pertinent : la moitié d'entre eux captent plus 75 % des navetteurs interurbains et 39 sur 44 en captent au moins 50 %. Certains systèmes, dans lesquels la part d'actifs interurbains par rapport aux résidents est faible, en captent une part importante dans leur périmètre (Lyon, Rodez). Dans d'autres, la part des navetteurs interurbains est élevée mais le périmètre du système urbain est trop restreint pour saisir une part importante de ces déplacements entre aires urbaines (Montbéliard ou Forbach).

Afin de mieux caractériser ces différences d'organisation, nous allons mobiliser de nouveau la grille de lecture géographique de la hiérarchie urbaine, mais cette fois-ci centrée sur chaque système urbain. Nous le rappelons, l'objectif de ce travail d'analyse des systèmes urbains est de montrer l'importance de la diversité de leur organisation d'une part, et d'autre part, de fournir des pistes de compréhension des pratiques de mobilités propres à chaque système et de leurs conséquences sur le volume des émissions de CO₂ et les potentiels de report modal calculés.

3.1.2. Des systèmes urbains aux organisations internes très diverses

En reprenant le découpage en trois classes d'aires urbaines proposé dans la première partie de ce chapitre (section 1), il apparaît que la hiérarchie urbaine interne de ces systèmes urbains est également très différente d'un système à l'autre (Annexe 14). Certains sont composés de plusieurs aires urbaines (14 pour celui de Lyon, Lille, Marseille et Tours), alors que d'autres ne regroupent qu'un couple d'aires urbaines (Brive-la-Gaillarde et Montbéliard). Certains sont organisés autour de plusieurs métropoles régionales (Lyon, Lille, Marseille), tandis que d'autres ne regroupent que

des AU modérées (Auxerre et Rodez). Les configurations rencontrées sont donc de formes diverses. Nous avons identifié quatre profils :

- Certains systèmes rassemblent une seule aire urbaine de taille importante, entourée de plusieurs AU modérées. C'est le cas du système urbain de Rennes, Strasbourg ou Toulouse. Dans ce dernier, l'aire urbaine de Toulouse (métropole rassemblant plus de 500 000 habitants) est entourée de onze aires urbaines dont la population est inférieure à 100 000 habitants. Des AU intermédiaires peuvent également jouer ce rôle de pôle central autour d'agglomérations plus petites comme l'AU de Clermont-Ferrand, entourée de sept AU modérées ou encore l'AU de Valence en lien avec huit AU modérées.

- D'autres systèmes rendent compte d'une imbrication d'échelle, avec des aires urbaines de niveaux équivalents dominés par une ou plusieurs métropoles (Lille, Lyon ou Montpellier). Le cas du SU de Lille est ici très symbolique de cette organisation : il compte deux métropoles, quatre AU intermédiaires et huit AU modérées.

- Des organisations plus équilibrées, avec plusieurs AU intermédiaires et sans métropole, existent également. Parmi ces systèmes à plusieurs AU intermédiaires, nous retrouvons les exemples des aires urbaines appartenant au même système urbain : Tours avec Orléans, Chartres et Blois ; Annecy avec Annemasse et Chambéry ; Dunkerque avec Calais et Boulogne-sur-Mer ; Nancy avec Metz, ou encore une AU intermédiaire moins importante, Thionville.

- Enfin, un dernier groupe rassemble des systèmes urbains de plus faible envergure (en termes de population ou de nombre d'aires urbaines qui les composent). Ils sont majoritaires parmi les 44 systèmes urbains et rassemblent souvent moins de cinq aires urbaines et comptent moins de 200 000 actifs (par exemple : les SU d'Auxerre, de Quimper, de Vannes, de Limoges, de Laval ou encore de Niort).

3.1.3. L'organisation morphologique interne de huit systèmes urbains

La diversité de ces systèmes urbains est un élément intéressant qui peut affecter les pratiques de mobilité des actifs interurbains. En faisant cette hypothèse, nous allons recentrer l'étude de ces déplacements sur un nombre restreint de systèmes à partir de deux critères. Le premier est celui de la taille du système urbain, en nombre d'actifs et d'aires urbaines, car nous allons privilégier l'étude des systèmes urbains les plus grands. L'étude de couple d'aires urbaines ou de systèmes urbains ne comprenant que quelques aires urbaines constitue un autre enjeu de connaissance davantage lié à des relations bilatérales qu'à la formation d'un système entre plusieurs aires urbaines. Ces couples ou trios d'aires urbaines ne seront donc pas sélectionnés.

Le second critère est celui de l'organisation interne de ces systèmes. Nous faisons le choix de privilégier des systèmes urbains aux profils divers afin de comparer les pratiques de mobilité en leur sein. Afin de choisir des systèmes urbains aux organisations internes variées, un indicateur original a été développé à partir du concept de Pourcentage de l'Écart Maximum (PEM), proposé par Philippe Cibois (1993)¹²⁸. Cet indice sera nommé ici l'indice d'écart théorique au polycentrisme équilibré (IETPE). Le « polycentrisme équilibré » est entendu comme une égale répartition des actifs entre toutes les aires urbaines du système urbain.

L'objectif du calcul de cet indicateur est de mesurer, pour chaque système urbain, l'importance de l'aire urbaine contenant le plus d'actifs par rapport aux autres aires urbaines du système urbain. Il est utilisé pour une raison : le simple rapport du nombre d'actifs de l'aire urbaine principale par rapport à l'ensemble des actifs des autres aires urbaines n'est pas satisfaisant, car il est très dépendant du nombre d'aires urbaines propres au système. Par exemple, l'aire urbaine de Lyon rassemble 56 % des actifs de son système urbain qui comptent 14 aires urbaines, alors que l'aire urbaine de Montbéliard regroupe 58 % des actifs de son système urbain qui ne comptent que deux aires urbaines. Avec des pourcentages très proches, ces deux situations sont très différentes : le système urbain de Lyon est proche d'une organisation monocentrique alors que le système urbain de Montbéliard est plus équilibré. L'indicateur développé semble préférable à d'autres, tel que l'indicateur de primatie ou de macrocéphalie (rapport entre la première et la seconde aire urbaine) ou l'indice de Gini qui demande à être corrigé pour le cas de systèmes urbains ne comptant que peu d'aires urbaines. Notre indicateur quantifie l'écart entre une situation théorique où l'ensemble des aires urbaines du système urbain a un nombre équivalent d'actifs, et la situation observée. Il se calcule de la façon suivante :

$$\text{Indice d'écart théorique au polycentrisme équilibré ou IETPE} = \frac{i_{\alpha} - \frac{\sum i}{n}}{\sum i - \frac{\sum i}{n}}$$

Avec : $\sum i$, la somme des actifs du système urbains ; i_{α} , le nombre d'actifs dans l'aire urbaine contenant le plus d'actifs ; n , le nombre d'aires urbaines du système urbain.

Plus cet indice se rapproche de 1, plus l'aire urbaine qui contient le plus d'actifs au sein du système urbain concentre un nombre important d'actifs. À l'inverse, plus il est proche de 0, plus la répartition est équilibrée. Si l'on reprend l'exemple de comparaison entre les systèmes urbains

¹²⁸ L'auteur développe cette méthode pour les tableaux de contingence mettant en relation deux variables. Nous l'utiliserons ici suivant la méthode du pourcentage de l'écart maximum local.

de Lyon et de celui de Montbéliard, l'indice pour le premier est de 0,53, alors qu'il n'est que de 0,16 pour le second. La situation de Montbéliard se rapproche donc d'une situation équilibrée entre les deux aires urbaines constituant le système urbain, la première aire urbaine rassemblant 58 % des actifs et la seconde 42 %. Cet indicateur est calculé pour tous les systèmes urbains (dernière colonne de l'Annexe 14) et nous permet de choisir des systèmes urbains aux organisations internes très diverses. Huit cas d'étude ont été choisis, en cherchant une variété de valeurs prises par ce critère : Toulouse, Lyon, Marseille, Rennes, Lille, Clermont-Ferrand, Dijon et Nancy. Ces huit systèmes ont des organisations internes très différentes (entre parenthèses figure l'IETPE de chaque système urbain). Nous pouvons en distinguer trois catégories :

- Les SU « centralisés » tels que ceux de Toulouse (0,76) et Rennes (0,73) qui sont centrés sur une seule aire urbaine importante entourée de plusieurs AU modérées.
- Les SU « équilibrés » tels que Lille (0,36) et Nancy (0,32). La distribution des actifs entre les aires urbaines du système est proche d'une répartition égale entre les aires urbaines du SU.
- Les SU « intermédiaires », tels que ceux de Dijon (0,49), Marseille (0,51), Lyon (0,53) et Clermont-Ferrand (0,59), qui sont organisés autour d'une aire urbaine principale importante entourée d'aires urbaines secondaires.

Ces huit systèmes urbains sont de taille importante : le nombre d'actifs au sein de ces SU est supérieur à 200 000 personnes, et la moitié ont plus de 500 000 actifs. L'étude de la hiérarchie interne des différents SU nous a permis de mieux décrire l'organisation interne de ces systèmes et d'affirmer que la diversité était davantage une règle qu'une exception. Ces huit systèmes urbains, aux organisations internes variables, vont nous servir dans la suite de ce travail de grille de lecture d'un nouvel élément d'analyse de ces SU : les pratiques de mobilité des actifs interurbains qui se déplacent au sein de ces systèmes urbains.

3.2. Pratique de mobilité interurbaine et report modal : un essai de typologie des systèmes urbains

En reprenant des travaux de recherches menés pour décrire l'organisation des flux d'actifs dans des espaces polycentriques (Buger, Meijers, 2012 ; Vasanen, 2012), l'étude des déplacements interurbains internes aux systèmes urbains aura deux objectifs : d'une part, enrichir la description des SU en mobilisant des indicateurs plus classiques d'analyses des flux de navetteurs (section 3.2.1), d'autre part, étudier si ces différents SU disposent de potentiels de report modal proches ou non à partir du travail de scénarisation développé dans le chapitre 4 (section 3.2.2).

3.2.1. La mobilité interurbaine de huit systèmes urbains : trois modèles de flux

Une analyse des pratiques de mobilité des actifs interurbains permet d'identifier des différences entre ces systèmes. La distance moyenne des déplacements des actifs interurbains est variable entre les systèmes urbains : de 24 km à Lille jusqu'à 36 km à Toulouse et Dijon (Tableau 39). L'usage des transports collectifs est également très variable : faible dans le SU de Marseille (8 %), il est plus élevé pour celui de Dijon (13 %) et de Lyon (14 %). Entre les systèmes urbains très concentrés autour d'une aire urbaine telle que les SU de Toulouse et de Rennes, où 9 % des interurbains utilisent les transports collectifs, et les systèmes urbains à l'organisation plus homogène (SU de Lille et de Nancy) où ce taux est à 10 % et 11 %, les chiffres sont proches. En revanche, pour ces deux derniers systèmes urbains, les distances moyennes semblent plus faibles que dans les autres systèmes : 24 km pour le SU Lille et 27 km pour le SU de Nancy contre près de 34 km pour les autres systèmes. Une distribution plus hétérogène des actifs dans les différentes aires urbaines plutôt qu'une organisation monocentrique semble permettre aux actifs d'effectuer des distances plus courtes entre les aires urbaines.

Tableau 39 Caractéristiques de mobilités des navetteurs interurbains de huit systèmes urbains

Système urbain	IETPE ¹²⁹	Parts d'actifs interurbains du système urbain	Distance moyenne à vol d'oiseau	Part modale TC
Toulouse	0,76	4 %	36 km	9 %
Rennes	0,73	6 %	32 km	9 %
Clermont-Ferrand	0,59	4 %	33 km	11 %
Lyon	0,53	5 %	36 km	14 %
Marseille	0,51	5 %	34 km	8 %
Dijon	0,49	4 %	36 km	13 %
Lille	0,36	19 %	24 km	10 %
Nancy	0,32	12 %	27 km	11 %

Source : recensement de la population, 2010 ; calculs de l'auteur.

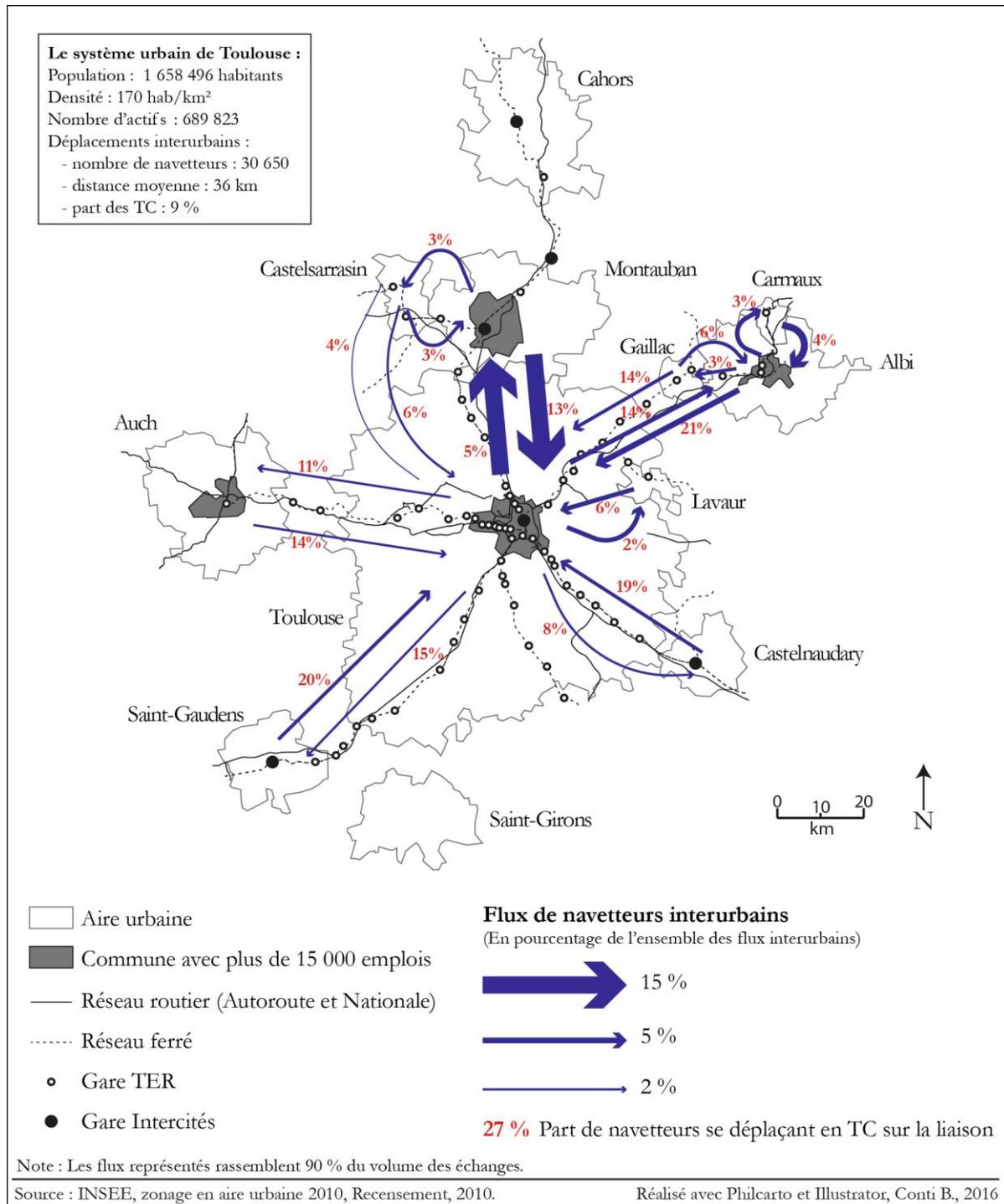
Toutefois, ces résultats sont à prendre avec beaucoup de précautions, car l'organisation des systèmes urbains décrits jusqu'ici ne prend pas en compte la distribution spatiale des aires urbaines au sein des systèmes urbains. Pour un même indice, la distance entre les aires urbaines peut être très différente : si les aires urbaines sont spatialement proches les unes aux autres, la distance moyenne sera *a priori* plus faible que dans un système urbain où une forte discontinuité

¹²⁹ Indice d'écart théorique au polycentrisme équilibré (IETPE).

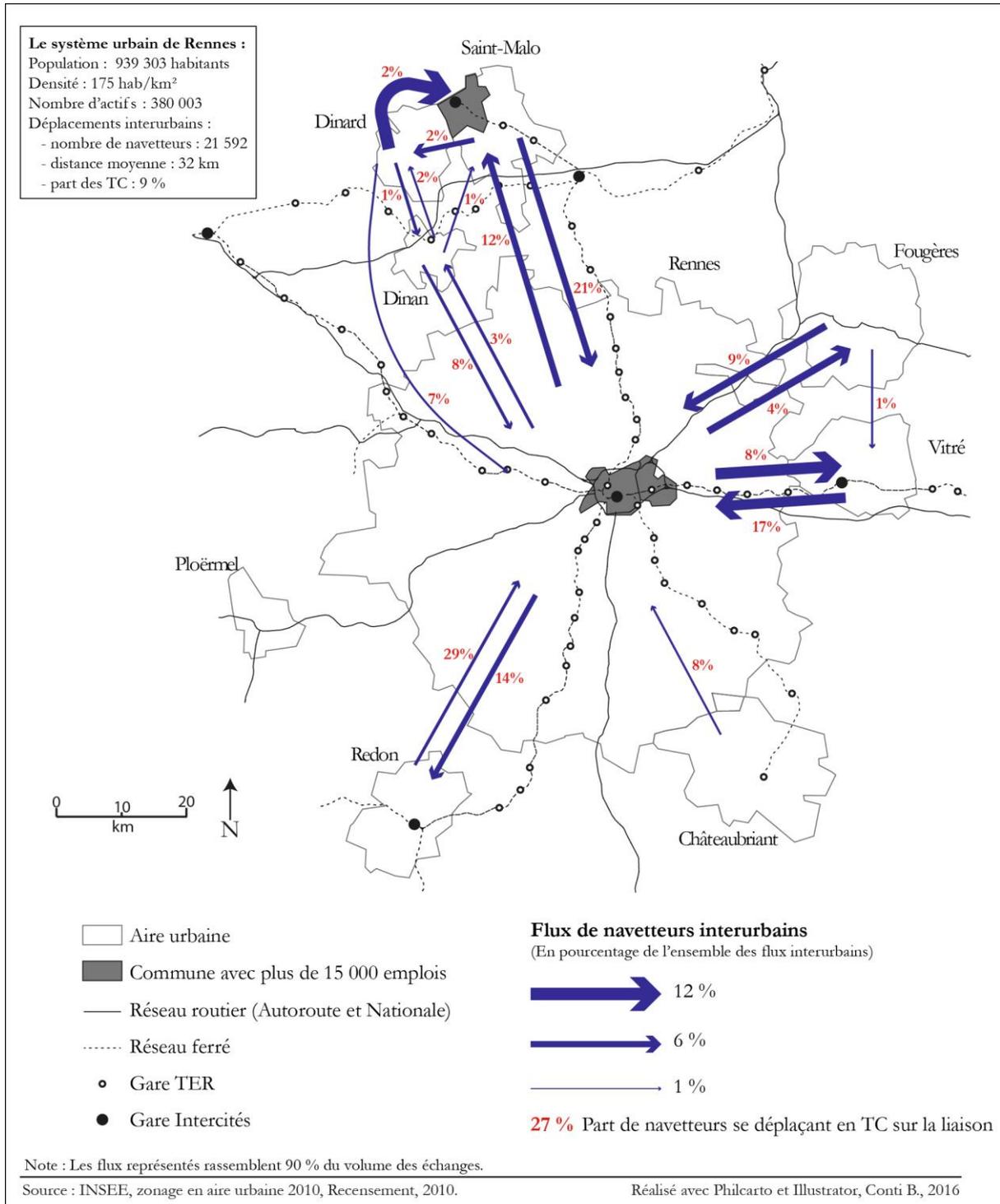
spatiale est observée (les aires urbaines étant séparées par des communes rurales ou multipolarisées).

Pour remédier en partie à ce biais et compléter la description des systèmes urbains, nous avons mené, de concert, une étude cartographique des flux interurbains propres à chaque système (Carte 13 à Carte 20). Les cartes suivantes représentent, pour chaque système urbain, 90 % du volume des flux interurbains (épaisseur de la flèche), ainsi que la part modale des transports collectifs de chaque liaison (pourcentage en rouge).

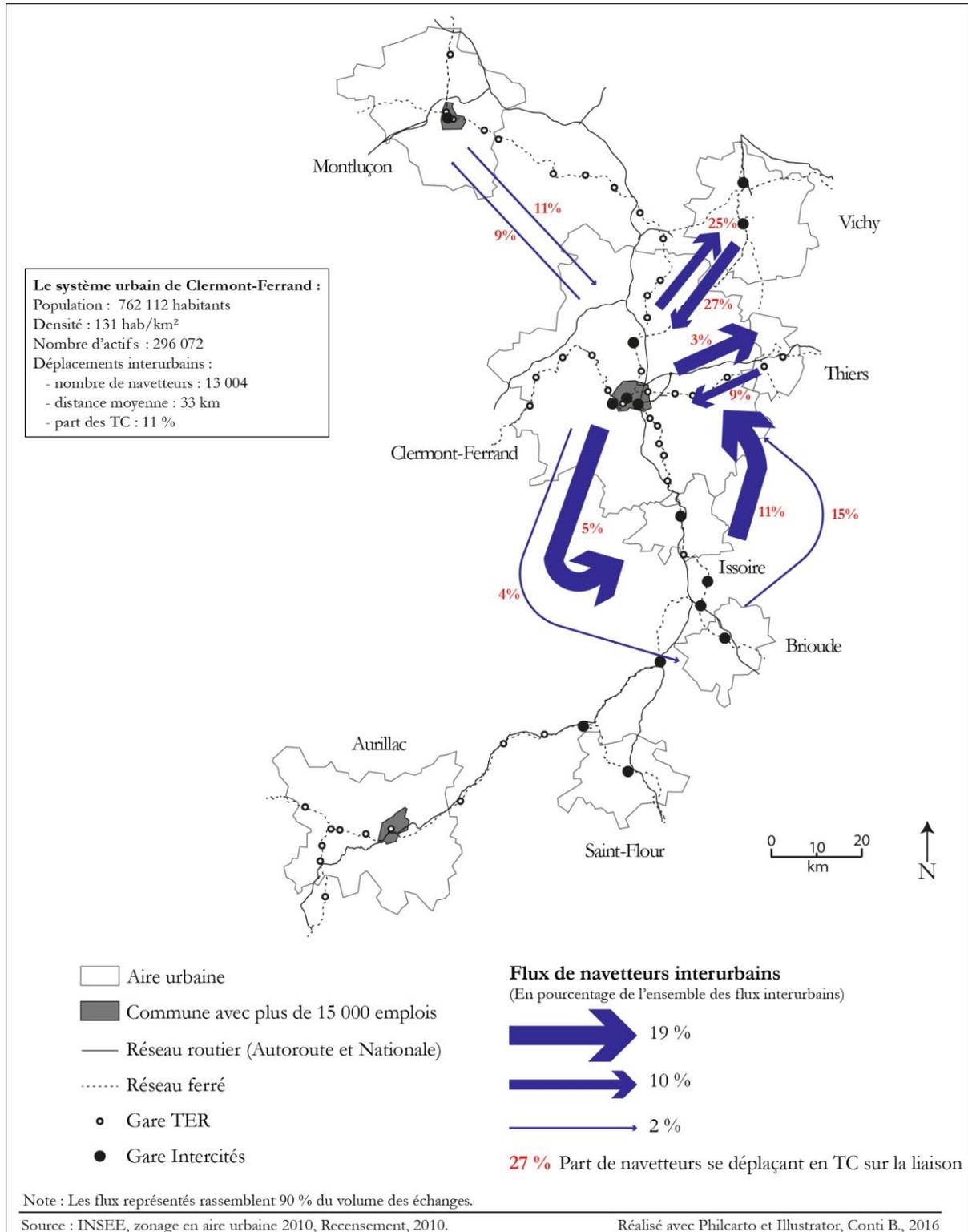
Carte 13 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Toulouse



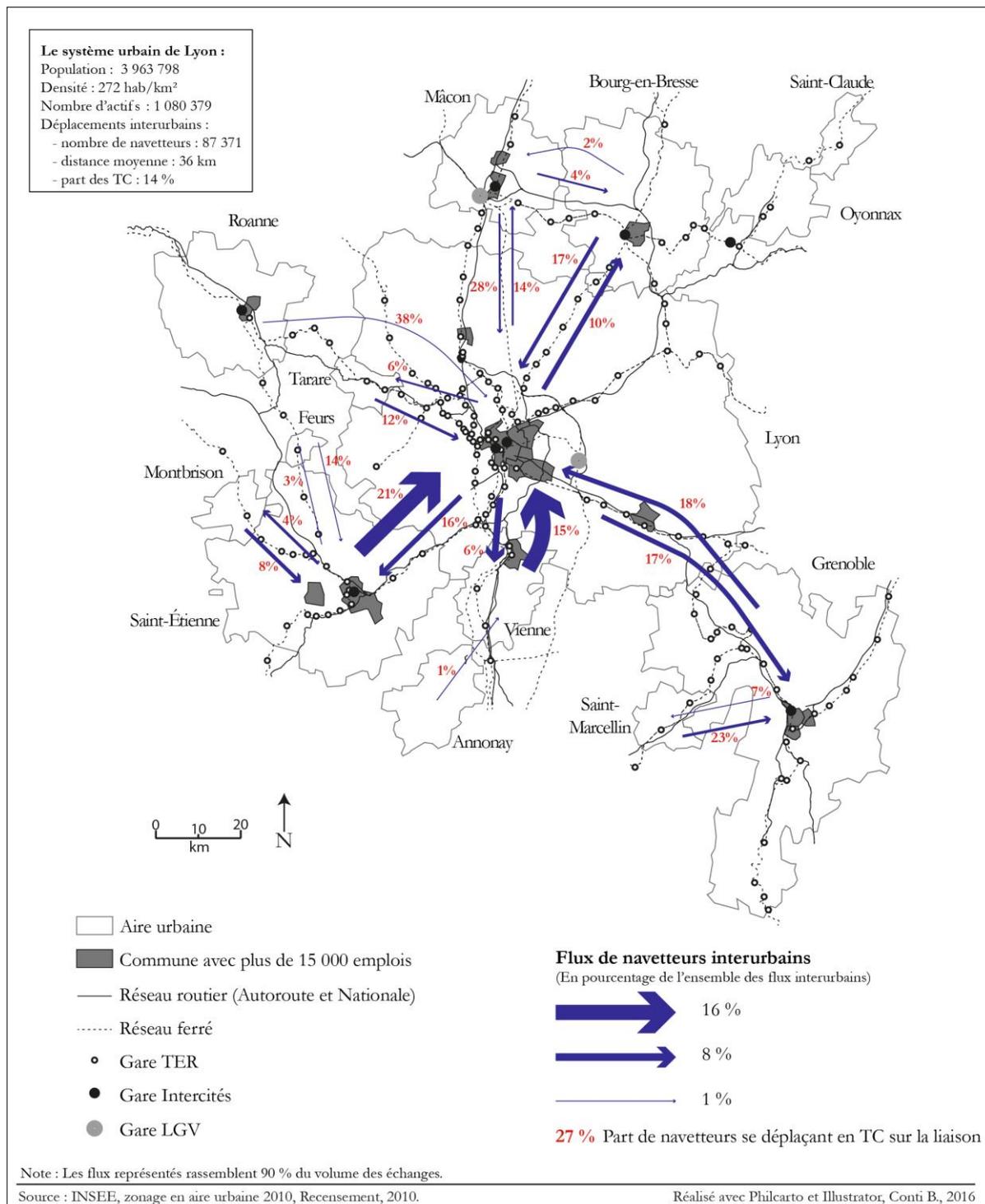
Carte 14 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Rennes



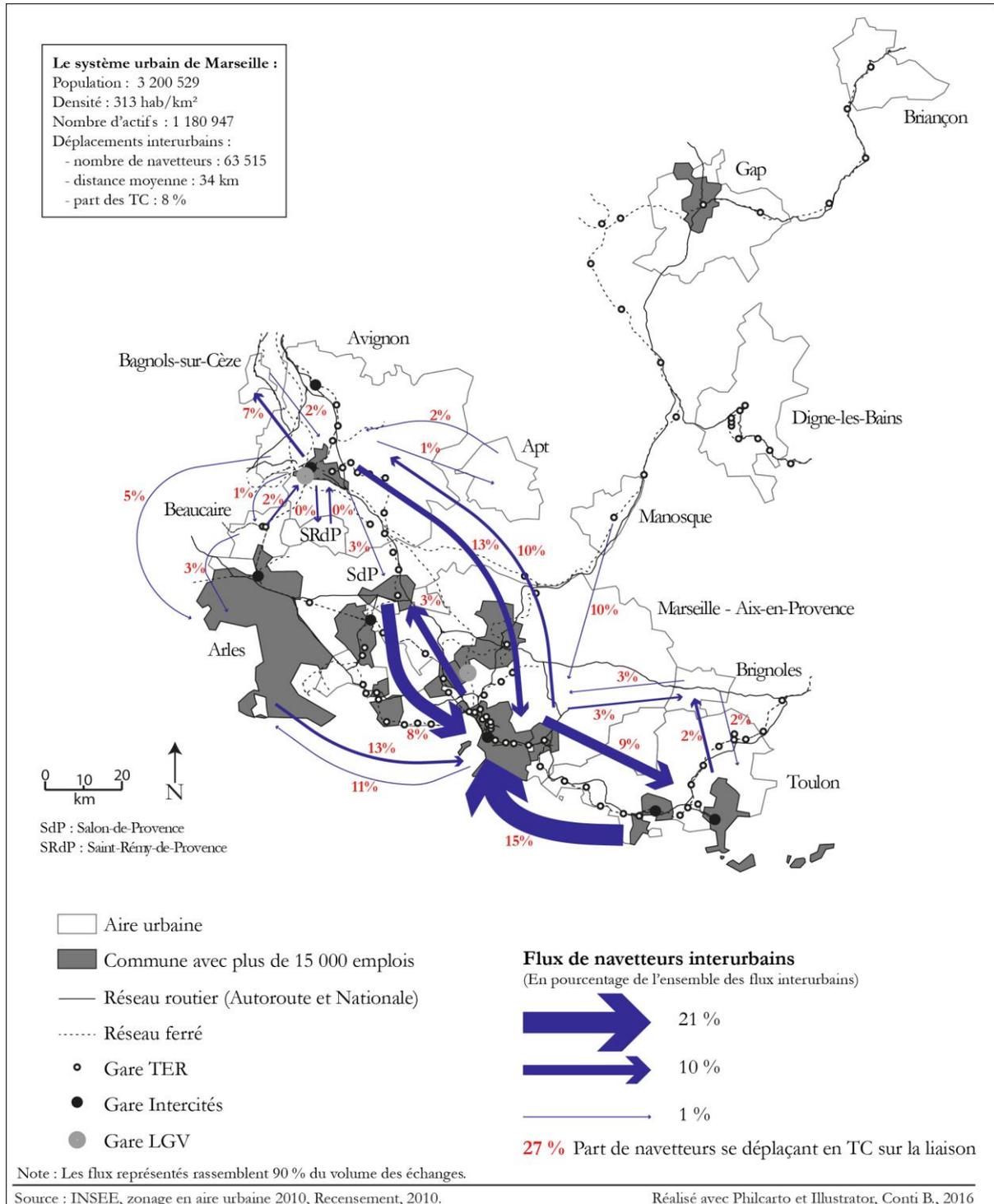
Carte 15 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Clermont-Ferrand



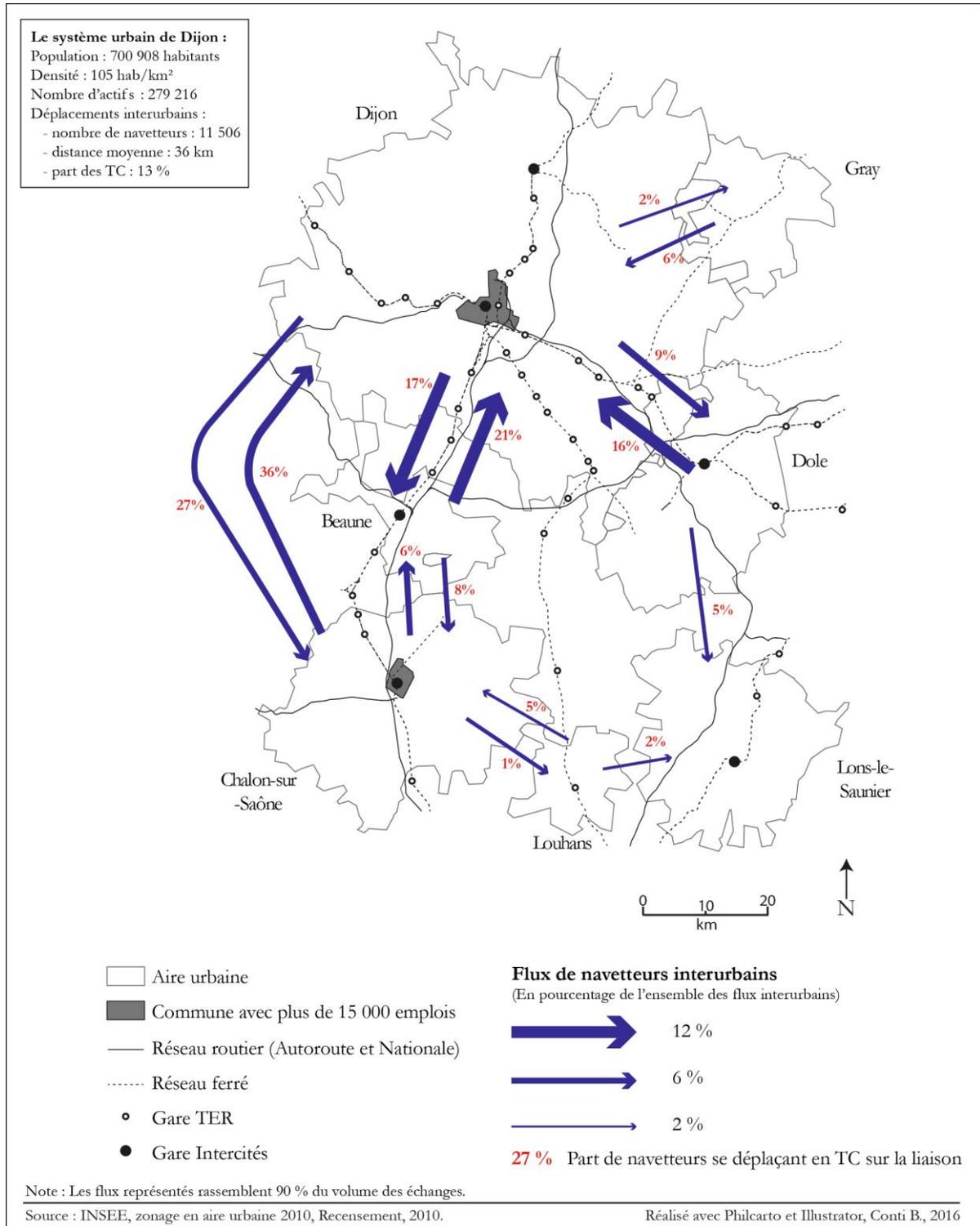
Carte 16 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Lyon



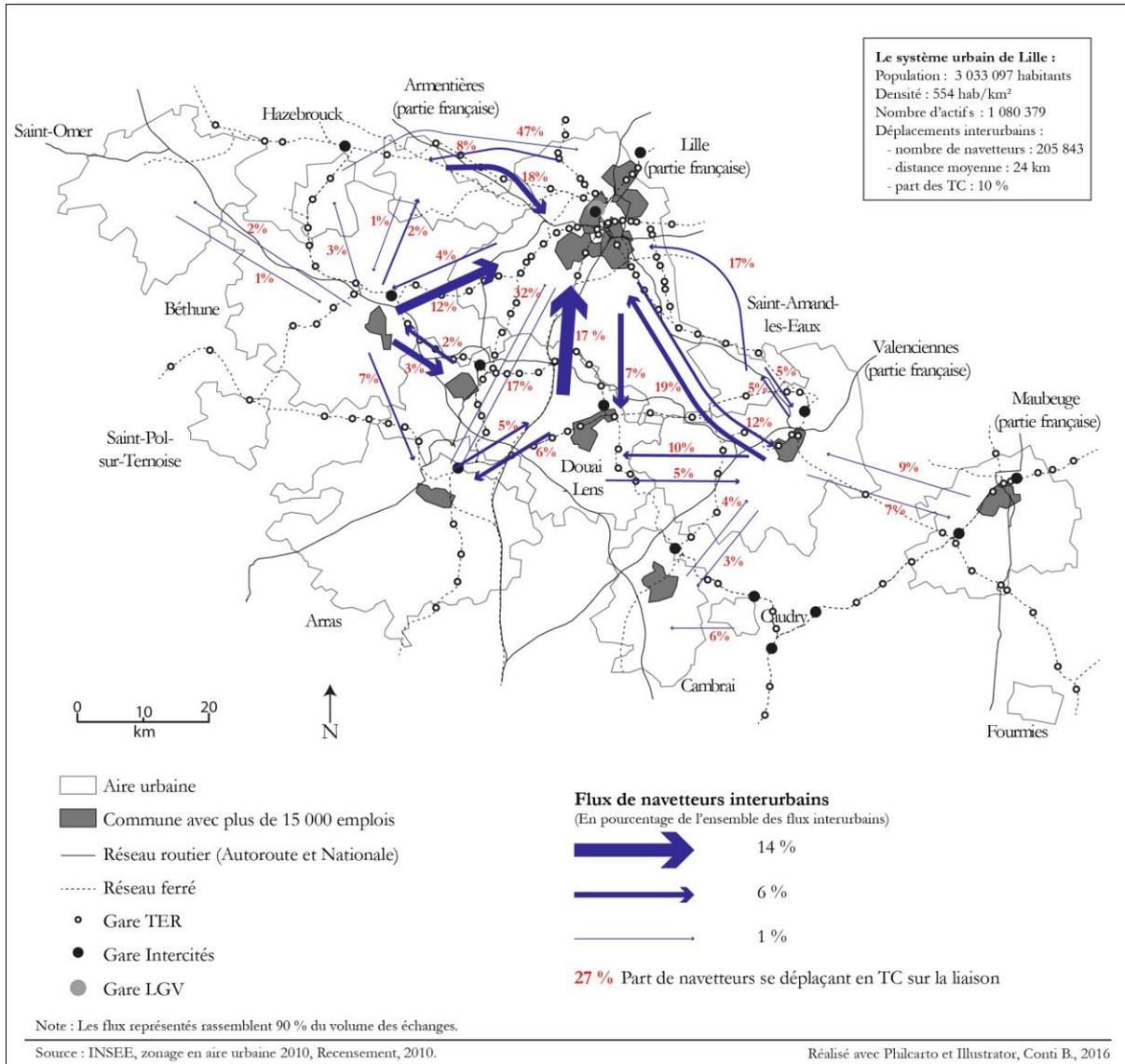
Carte 17 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Marseille



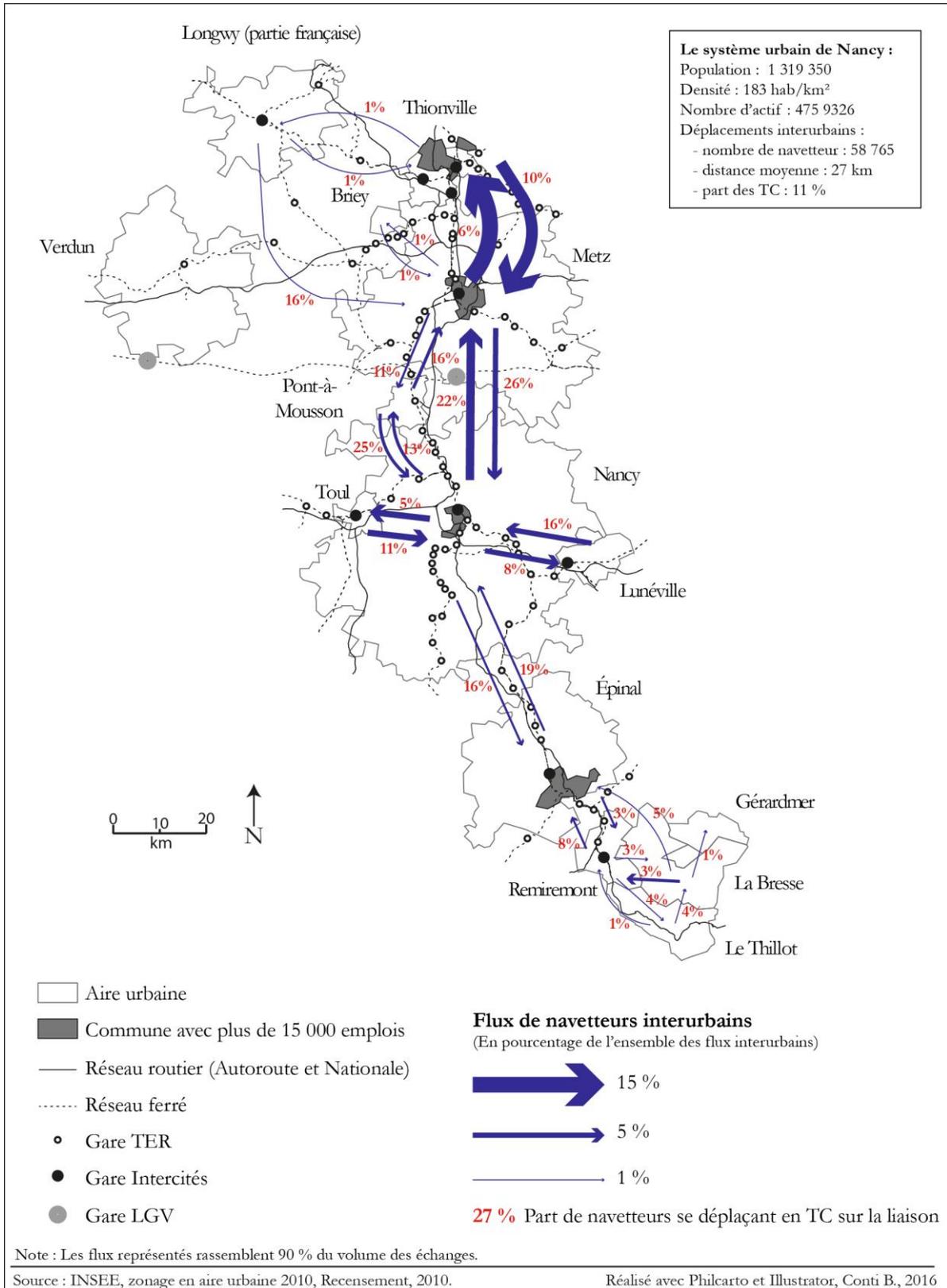
Carte 18 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Dijon



Carte 19 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Lille



Carte 20 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Nancy



En parallèle de cette étude cartographique, deux indicateurs synthétisant l'organisation des déplacements interurbains propre à chaque système urbain sont calculés. Ces deux indicateurs sont l'indice de primatie et les courbes de loi rang-taille de distribution des flux entrants dans chaque aire urbaine du système (Vasanen, 2012) :

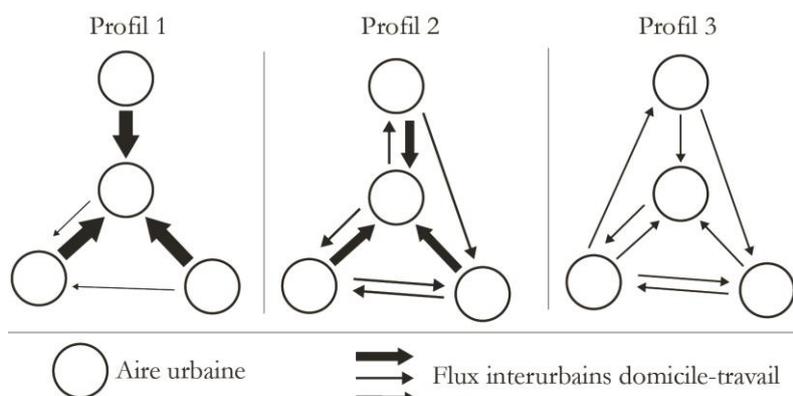
- L'indice de primatie mesure la proportion de flux interurbains entrants dans l'aire urbaine principale (aire urbaine comptant le plus d'actifs résidants) par rapport à l'ensemble des flux interurbains du système urbain.

- Les courbes de loi rang-taille, elles, permettent de rendre compte de l'attraction des différentes aires urbaines au sein du système en figurant sur une courbe le nombre de flux entrant pour chaque aire urbaine, divisé par le nombre total des flux du système. Le rang des aires urbaines est déterminé par ce pourcentage. Les courbes et indices de primatie des huit systèmes urbains sont présentés dans l'Annexe 15.

Ces deux indicateurs s'inspirent du travail d'Antti Vasanen (2012) qui utilise cette méthode pour illustrer l'organisation des flux d'une région du sud de la Finlande, initialement utilisé par Martijn Burger *et al.* (2011) pour l'étude du polycentrisme en Angleterre et par Martijn Bugar et Evert Meijers (2012) pour le cas des Pays-Bas.

À la lecture de ces cartes de flux et des indicateurs de l'organisation des flux à l'intérieur des systèmes urbains, trois modèles types émergent (Figure 38). Un premier dans lequel une aire urbaine capte un nombre important de flux, contrairement aux autres aires urbaines du SU (Profil 1) ; un deuxième où la répartition des flux est plus équitable entre les tailles d'aires urbaines (Profil 2) ; un troisième au sein duquel les flux sont également répartis entre les différentes aires urbaines du système (Profil 3).

Figure 38 Modèles d'organisation des flux interurbains à l'intérieur d'un système urbain



Source : réalisation de l'auteur, inspiré de Vasanen (2012).

Les systèmes urbains de Lyon et de Marseille ressemblent au premier profil. L'aire urbaine principale capte presque la moitié des flux interurbains : 49 % pour Lyon et 48 % pour Marseille, alors que la deuxième aire urbaine capte seulement 10 % de ces flux. Les systèmes urbains de Clermont-Ferrand, Lille, Toulouse, Dijon et Rennes se rapprochent du profil 2 avec une répartition plus équitable des flux. Les aires urbaines de deuxième rang attirant au moins la moitié des flux de la première :

- Clermont-Ferrand capte 44 % des flux, l'aire urbaine d'Issoire 20 % et celle de Thiers 16 %.
- Lille centralise 39 % des interurbains, l'aire urbaine de Douai-Lens 19 % et Valenciennes 10 %.
- L'aire urbaine de Toulouse attire 38 % des actifs du système, Montauban 19 % et Albi 13 %.
- Dijon rassemble 37 % des flux interurbains, Beaune 19 %, Chalon-sur-Saône 16 %.
- Celle de Rennes capte 35 % des flux interurbains, Saint-Malo 20 % et Vitré 13 %.

Le cas du système urbain de Nancy est le plus proche du profil 3. L'aire urbaine qui reçoit le plus de flux n'est pas l'aire urbaine de Nancy, qui rassemble pourtant le plus d'actifs au sein du système, mais celle de Metz. Cette particularité est à souligner et montre l'importance de ces deux aires urbaines au sein du système urbain. L'aire urbaine de Metz attire 24 % des navettes interurbaines internes au système urbain, et à un niveau très proche, celle de Nancy en attire 21 % et celle Thionville 17 %.

D'autre part, les cartes de flux permettent de souligner avec plus de précision un résultat important développé dans la première partie de ce chapitre (section 1.2.1) : la part modale des transports collectifs varie suivant le sens des échanges entre couples d'aires urbaines. Beaucoup de situations sont observées où les actifs qui se déplacent d'une AU modérée vers une métropole régionale ou une AU intermédiaire sont proportionnellement plus nombreux à utiliser les transports collectifs que la voiture, par rapport à ceux se déplaçant dans le sens opposé. Les cartes de flux précédentes illustrent quelques exemples : 19 % utilisent les transports collectifs entre Castelnaudary et Toulouse alors qu'ils ne sont que 8 % dans le sens inverse ; 15 % les utilisent entre Vienne et Lyon contre 6 % pour le sens opposé ; 29 % les utilisent entre Redon et Rennes, 14 % dans l'autre sens.

Les systèmes urbains ont des distributions spatiales des actifs diverses ainsi que des organisations internes des flux interurbains hétéroclites. En plus de ces deux éléments, nous proposons dans une dernière sous-partie de mesurer si ces SU ont différents degrés de potentiels de report modal

de la voiture vers les transports collectifs. L'enjeu de ce dernier développement sera d'ouvrir à la réflexion sur les éléments pouvant jouer sur ces potentiels de réduction des émissions de CO₂. Nous ne chercherons pas établir les facteurs explicatifs de ces différences de potentiel, mais à mettre en avant certains signaux faibles qui apparaissent en filigrane de notre recherche.

3.2.2. Des potentiels de réduction des émissions de CO₂ variables

Parmi les huit systèmes urbains étudiés, celui de Marseille est celui où les actifs interurbains émettent en moyenne le plus de gaz à effet de serre pour un déplacement (201 gCO₂/km) alors que les interurbains de Rennes (172 gCO₂/km), Dijon (172 gCO₂/km) et Lyon (175 gCO₂/km) en émettent moins (Tableau 40). La distribution des actifs au sein des systèmes ainsi que l'organisation des flux en leur sein ne semblent donc *a priori* pas directement reliées aux émissions de CO₂ des déplacements des actifs interurbains. Des systèmes très différents sur le plan de cette répartition des actifs, tels que Toulouse et Nancy, ont des niveaux d'émissions comparables. Cette analyse est également valable pour l'organisation des flux internes aux systèmes. Les deux SU de Lyon et Marseille, où l'aire urbaine principale attire la moitié des flux interurbains, ont des niveaux d'émissions très différents ; le système urbain de Nancy, où la répartition des flux est équilibrée, a un niveau d'émission intermédiaire.

Tableau 40 Conséquence du scénario volontaire sur la part modale, les émissions de CO₂ et le coût de trajet

Système urbain	IETPE129	Part de flux d'interurbains vers la 1 ^{ère} AU	Part modale VP recensement	Émissions trajet (gCO ₂ /km)	Part modale VP volontaire	Évolution émissions CO ₂ volontaire
Toulouse	0,76	38 %	89 %	182	56 %	-26 %
Rennes	0,73	35 %	89 %	172	62 %	-7 %
Clermont-Ferrand	0,59	44 %	57 %	196	60 %	-19 %
Lyon	0,53	49 %	84 %	175	62 %	-27 %
Marseille	0,51	48 %	89 %	201	59 %	-21 %
Dijon	0,49	37 %	84 %	173	56 %	-28 %
Lille	0,36	39 %	87 %	195	72 %	-19 %
Nancy	0,32	24 %	87 %	181	67 %	-23 %

Source : recensement de la population, 2010 ; calculs de l'auteur.

Il est difficile d'estimer l'influence de ces organisations (distribution des actifs et orientation des flux) sur les volumes d'émissions de CO₂ liées aux déplacements des actifs interurbains pour chaque système urbain. En effet, plusieurs éléments peuvent conduire à gommer cette influence

si jamais elle existe. Tout d'abord, l'usage de la voiture dans tous les systèmes urbains reste très important. Ensuite, les distances parcourues sont très variables d'un système à l'autre compte tenu du nombre d'aires urbaines, de leurs répartitions et étendues spatiales. Enfin, l'offre de transport peut être très différente d'un système urbain à l'autre, en matière tarifaire, de desserte ou de fréquence. Or ces éléments jouent directement sur l'usage des transports collectifs et donc sur les niveaux d'émissions de CO₂. Une fois de plus, le recours aux scénarios de report modal, construits à partir d'une offre égale entre les territoires, peut permettre d'élaborer certaines hypothèses sur ce point.

En reprenant le scénario volontaire comme point de comparaison de mesure du potentiel de report modal, les potentiels sont très variables d'un système à l'autre. À Lille et Nancy, la part modale de la voiture reste très haute, avec respectivement 72 % et 67 % de part modale pour l'automobile. En revanche pour les systèmes urbains de Dijon et de Toulouse, beaucoup plus d'actifs basculent vers les transports collectifs puisque la part modale de la voiture n'est plus que de 56 %. La répartition spatiale des actifs semble jouer un rôle important dans le potentiel de report modal.

Le fait que les actifs soient plutôt dispersés dans différentes aires urbaines ne semble pas favoriser l'usage des transports collectifs. Lille et Nancy sont à la fois les deux systèmes urbains où la répartition des actifs est la plus homogène et qui ont un potentiel de report modal moins important. La dispersion des actifs dans un certain nombre d'aires urbaines plus petites minimise sans doute les chances des actifs interurbains de disposer d'une offre de transports collectifs adaptée. Une répartition plus inégalitaire des actifs renvoie *a priori* à un potentiel de report modal plus important en permettant à plus d'actifs de disposer d'un accès aux transports collectifs.

En revanche, en mettant en regard les cartes de flux et le potentiel de report modal calculé, les systèmes urbains où les flux entre aires urbaines secondaires sont moins présents sont ceux où le potentiel de report modal est le plus important (« Profil 1 », p.305). Dans les systèmes de Dijon et Toulouse, les deux aires urbaines principales ont un rôle fort dans l'attraction des flux interurbains, mais elles jouent également un rôle d'émetteur important. Un nombre conséquent de flux se concentrent donc entre l'aire urbaine principale et les aires urbaines secondaires, alors que les flux entre aires urbaines secondaires sont beaucoup moins présents que dans les systèmes urbains de Lille et Nancy (« Profil 3 », p.305). Dans ces derniers, une multitude de flux secondaires, entre aires urbaines plus petites, regroupent une part importante des échanges. À Dijon et Toulouse, ces liens entre aires urbaines n'apparaissent pratiquement pas. Par exemple, il

n'y a pas de flux importants dans le système urbain de Dijon entre Dole et Beaune alors que ces aires urbaines échangent beaucoup avec Dijon. C'est également le cas pour le système urbain de Toulouse où il y a très peu de flux entre Auch et Montauban, Cahors et Carmaux. En revanche, à Lille les aires urbaines secondaires échangent beaucoup entre elles comme Béthune et Douai-Lens ou Valenciennes et Cambrai. Les conséquences sur la réduction des émissions de CO₂ sont similaires. Les systèmes de Lyon, Dijon et Toulouse où l'aire urbaine principale joue un rôle majeur dans l'émission et l'attraction des flux offrent plus de potentiels de réduction des émissions de CO₂ que le système urbain lillois. Toutefois, ces observations sont aussi à mettre au regard de la forme du réseau ferroviaire sur lequel repose, dans le cadre de cette thèse, le travail de quantification du potentiel de report modal. En effet, en France, le réseau ferroviaire est organisé en étoile autour des aires urbaines les plus importantes (Carte 12, et, Carte 13 à Carte 20) alors qu'il est plus rare de retrouver des services de transports ferroviaires entre deux aires urbaines de taille secondaire. De fait, les liaisons entre aires urbaines où cette infrastructure est présente ont un potentiel de report modal plus important, ce qui est notamment le cas pour l'ensemble des liaisons décrites ci-dessus.

En quoi ces résultats peuvent-ils être une source de réflexion sur des problématiques d'aménagement et de réduction de l'usage de l'automobile ? Il apparaît ici que les systèmes urbains où les actifs sont dispersés dans une multitude d'aires urbaines ne favorisent pas le report modal vers les transports collectifs alors que limiter les échanges entre pôles secondaires au profit de relation bilatérale avec l'aire urbaine principale le permettrait. Une analogie peut être établie entre la situation ici constatée et le cas de la région Île-de-France. Dans cette région, l'aire urbaine de Paris « cache » dans sa couronne périurbaine un ensemble d'unités urbaines secondaires importantes telles que Fontainebleau, Étampes, Rambouillet, Meaux ou Coulommiers. Or dans cette région, ce sont principalement les liaisons radiales, dirigées vers ou depuis Paris où l'on constate une forte utilisation des transports collectifs, alors que les actifs qui se déplacent entre pôles secondaires sont davantage des usagers de l'automobile (OMNIL, 2012, Aguiléra *et al.*, 2014a ; Aguiléra *et al.*, 2017 [à paraître]). Pour les systèmes urbains étudiés ici, nous proposons ce parallèle : sur la base des réseaux de transports ferrés existants, les SU au sein desquels les principaux échanges ont lieu entre l'aire urbaine principale et les aires urbaines secondaires ont plus de chance de favoriser un report modal que dans les SU où les flux des actifs sont plus diffus. Nos résultats ne permettent pas d'émettre de lien de corrélation direct entre ces deux aspects, mais questionnent les liens entre mobilité et aménagement à l'échelle interurbaine.

Conclusion du chapitre 6

La géographie nationale des flux interurbains est hétérogène : les actifs interurbains qui vivent dans des aires urbaines de taille moins importantes que dans celles où ils travaillent ne représentent que 37 % des actifs. Les autres interurbains réalisent des déplacements dans le sens opposé en vivant dans des aires urbaines de tailles importantes et travaillent dans des aires urbaines plus petites (32 %), alors que d'autres encore résident et travaillent dans des aires urbaines de niveaux similaires (31 %). Ce sens des flux est un critère important dans les pratiques de mobilité : bien que l'automobile soit le mode principal utilisé, ceux qui vont travailler dans une métropole ou une AU intermédiaire utilisent davantage les transports collectifs que ceux qui vont travailler dans une aire urbaine plus petite.

L'échelle régionale offre une lecture particulièrement adaptée de la distribution géographique des flux interurbains. Le découpage institutionnel en 22 régions, et le nouveau découpage mis en place depuis janvier 2016, correspondent bien à la géographie des flux analysés : 92 % des échanges interurbains sont réalisés au sein d'une même région. Les périmètres des systèmes urbains et des régions se superposent dans bon nombre de situations. La Région n'est pas uniquement un périmètre institutionnel répondant à un périmètre fonctionnel. Elle est également la collectivité territoriale qui dispose le plus d'outils pour être le chef de file de la coordination des politiques de report modal de la mobilité interurbaine au regard de ses compétences actuelles et peut-être futures. En effet, elle pilote l'offre et le tarif des transports ferroviaires actuels, va bientôt prendre en charge les transports collectifs routiers et peut influencer modestement sur le prix payé à la pompe par les automobilistes.

Malgré une grande diversité de distance, de direction et de sens, des périmètres fonctionnels peuvent être construits à partir des navettes interurbaines. Ces périmètres, nommés systèmes urbains, reposent sur des formes et structures différentes. Certains sont organisés autour d'une métropole régionale importante et d'un chapelet d'AU modérées alors que d'autres observent une répartition plus équilibrée des actifs. Les flux interurbains sont également différents : certaines aires urbaines au sein des systèmes concentrent et émettent un nombre important de navetteurs interurbains alors que dans d'autres, la répartition des flux est plus complexe, plus diffuse. Les résultats montrent que ces deux éléments jouent un rôle dans le potentiel de report modal : d'une part, la concentration des actifs dans une aire urbaine et d'autre part la faiblesse de liens entre

aires urbaines secondaires semblent favorables au développement du report modal des actifs de la voiture particulière vers les transports collectifs.

Ces résultats constituent les premières pistes de réflexion sur l'influence de la « forme urbaine » des systèmes urbains sur les pratiques de mobilité. À l'image de certaines recherches portées à l'échelle intraurbaine (Jabareen, 2006 ; Aguiléra, Le Néchet, 2012), d'autres indicateurs pourraient potentiellement expliquer de façon plus précise les différences des caractéristiques des déplacements et de potentiels de report modal propres à chaque système urbain, et aider les acteurs publics dans leur réflexion sur la mise en place de politiques de réductions des émissions de CO₂.

Conclusion de la partie II

Le travail de scénarisation développé dans le chapitre 4 a permis de quantifier les effets de mesures visant à modifier le temps et le coût des déplacements des actifs interurbains de France continentale afin de réduire l'usage de l'automobile pour diminuer les émissions de CO₂ liées à ces déplacements. Dans le chapitre 5, grâce à un modèle de choix discret développé à partir des variables de temps et coûts de déplacements issues du travail de modélisation du chapitre 3, nous validons une de nos hypothèses : les conséquences sur le report modal et la réduction des émissions de CO₂ sont variables selon les modalités des différentes politiques mesurées dans le cadre de cette thèse. L'augmentation des prix des carburants, la mise en place d'un tarif d'accès aux centres urbains et la réduction des coûts de déplacement en transports collectifs ferrés sont les trois leviers ayant les effets les plus notables.

Un autre apport de ce chapitre 5 a été de montrer que, d'après ce travail de modélisation, l'effet cumulatif des dispositifs permet de réduire de façon plus importante la part modale de la voiture et les émissions de CO₂ que lorsque ces leviers sont mis en place de façon isolée, puis leurs effets additionnés. Parmi les trois scénarios cumulatifs testés, nous avons choisi de mettre en avant le scénario dit volontaire, qui regroupe des mesures envisageables à court terme. Ce scénario permet, d'après notre modèle, de réduire le volume d'émissions de CO₂ des déplacements des actifs interurbains de 30 %.

Nous avons montré que deux facteurs spatiaux peuvent faire varier ces potentiels de report modal. D'une part, en fonction des quatre profils d'actifs, définis dans le chapitre 2, construits à partir des lieux de résidence et d'emplois des actifs : les « intercitadins » sont ceux qui ont le plus de chance de basculer vers un usage des transports collectifs et donc de réduire leurs émissions de CO₂. D'autre part, la distribution spatiale des aires urbaines et l'organisation des flux au sein des systèmes urbains semblent avoir une influence : les systèmes urbains organisés autour d'une aire urbaine importante, centralisant les flux comme lieu de départ et d'arrivée, ont des potentiels plus importants que ceux ayant une répartition plus équilibrée des actifs et des flux. Le potentiel de basculement vers les modes collectifs étant mesuré dans ce travail sur les transports ferroviaires, ce dernier résultat n'est pas sans lien avec la forme du réseau des infrastructures ferrées (reliant les grandes agglomérations et moins les plus petites entre elles).

L'étude de ces potentiels a également montré que deux éléments importants constituent, selon nous, des enjeux à considérer pour les acteurs publics : d'une part, les conséquences sociales de

ces mesures ayant pour objectif de réduire les émissions de CO₂ sont observées d'après notre recherche ; d'autre part, la mise en avant de la Région devenir le chef de file de la coordination entre collectivités territoriales afin de mettre en place les politiques identifiées comme ayant des effets sur la réduction du volume des émissions de CO₂ liées à ces déplacements interurbains.

Conclusion générale

Cette thèse sur les actifs interurbains, se déplaçant entre aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris), a proposé d'étudier les pratiques de mobilité de ces actifs à l'échelle nationale et de questionner les conséquences environnementales de leurs déplacements. Cette recherche a été menée grâce à la mobilisation de trois groupes de travaux qui ont nourri notre réflexion : (i) des études portant sur la mobilité à l'échelle des aires urbaines, espaces fonctionnels regroupant une large majorité des déplacements pendulaires en France, et leurs conséquences environnementales (Fouchier, 1998 ; Wiel, 1999 ; Camagni *et al.*, 2002 ; Berger, 2004 ; Massot, Orfeuil, 2005 ; Desjardins, 2011) ; (ii) des travaux traitant de la grande mobilité liée au travail ou de la mobilité interurbaine (Meissonnier, 2001 ; Öhman, Lindgren, 2003 ; Lanéelle, 2006 ; Beauvais *et al.*, 2007 ; Marion, Horner, 2008 ; Viry *et al.*, 2009 ; Orfeuil, 2010 ; Sandow, Westin, 2010 ; Ravalet *et al.*, 2014) ; (iii) des recherches sur l'apport de ces flux interurbains dans l'analyse des relations entre espaces fonctionnels (Berroir *et al.*, 2005 ; Hall, Pain, 2006 ; Cowell, 2010 ; Berroir *et al.*, 2012 ; Coutrot *et al.*, 2013 ; Gingembre, Baude, 2014 ; Dablang, Frémont, 2015).

Ce travail de thèse sur la mobilité interurbaine en France a reposé sur trois objectifs. Le premier était de caractériser les actifs interurbains et leurs pratiques de mobilité en France à partir d'une approche quantitative. Nous avons supposé qu'une diversité importante de profils d'actifs existe, à la fois en ce qui concerne leurs caractéristiques socioéconomiques ainsi qu'en matière de déplacement. Un deuxième objectif était de quantifier le volume d'émissions de CO₂ liées aux déplacements des actifs interurbains en France. Nous avons posé comme hypothèse que ces déplacements pendulaires sont dans une large partie réalisés en automobile, sur de grandes distances. Par conséquent, nous supposons que la part du volume d'émissions de CO₂ liées aux déplacements des actifs interurbains en regard de leur poids dans la population active des aires urbaines grandes et moyennes était importante. Le troisième objectif de cette thèse était de mesurer les potentiels de report modal de ces actifs afin de réduire ces émissions de CO₂ liées à leurs déplacements domicile-travail. Deux hypothèses ont été proposées : celle de différences de niveaux d'impact des politiques d'aménagement et de transport dans leur capacité à favoriser le report modal d'une part, et celle de l'importance des facteurs spatiaux dans les variabilités mesurées d'autre part.

Pour tester l'ensemble de ces hypothèses, la thèse a été structurée en six chapitres. Dans le premier chapitre, un cadrage sur les évolutions et enjeux des pratiques de mobilité liées au travail

depuis le milieu des années 1990 ainsi qu'un état de l'art sur les recherches portant sur les déplacements pendulaires en dehors des périmètres des aires urbaines nous ont permis de définir notre objet de recherche : les actifs interurbains en France. Le chapitre 2 cherche à répondre au premier objectif en quantifiant le processus d'échange entre les aires urbaines pour les déplacements domicile-travail sur l'ensemble du territoire de la France continentale. Par la mobilisation des bases de données fournies par l'INSEE, nous avons identifié et établi un portrait original des actifs interurbains en France. Celui-ci a été confronté, d'une part, avec la littérature sur la grande mobilité liée au travail, et d'autre part, sur les monographies d'actifs travaillant dans l'aire urbaine de Paris et plus particulièrement dans la commune de Paris. Ce travail nous a conduits à préciser notre objet d'étude sur les actifs interurbains des aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris). Les caractéristiques des déplacements de ces actifs nous ont permis de quantifier de façon fine leur participation aux émissions de CO₂ de par leurs déplacements afin de répondre à notre deuxième objectif et à notre deuxième hypothèse. Pour cela, une méthode de calcul des émissions de CO₂ a été développée dans le chapitre 3. À partir de la mesure du volume des émissions liées aux déplacements pendulaires interurbains en France, nous avons proposé dans le chapitre 4, une série de scénarios visant à réduire leurs émissions. Les résultats de ce travail de scénarisation sont présentés dans le chapitre 5 et permettent de tester nos hypothèses quant à ces émissions grâce à la mise en place d'un modèle de choix discret prenant en compte des variables telles que le temps et le coût de déplacement des actifs interurbains. Un dernier apport de ce chapitre repose sur une quantification des conséquences sociales de ces mesures environnementales visant à diminuer le volume des émissions de CO₂, en termes de coût financier pour les différentes catégories socioprofessionnelles. Le chapitre 6 revient également sur la quatrième hypothèse à une échelle d'analyse plus vaste, celles des systèmes urbains. Dans ce dernier chapitre, nous avons également mis en perspective les périmètres fonctionnels dessinés par ces systèmes urbains avec le découpage administratif français afin de questionner l'échelon d'action publique le plus à même de mettre en place des actions concernant ces flux.

Pour conclure cette recherche, nous proposons une lecture transversale des résultats présentés et analysés au cours de ces six chapitres. Nous avons identifié quatre apports principaux de ce travail sur les actifs interurbains en France : (i) l'exploration et la mise en évidence d'une partie peu étudiée des mobilités pendulaires ; (ii) des outils permettant de les caractériser et de proposer notamment des leviers d'action visant à réduire leur participation au volume d'émissions de CO₂ ; (iii) la mise en lumière d'enjeux en termes de politiques publiques liées à la connaissance et à la mise en place des leviers identifiés ; (iv) enfin, une contribution plus théorique aux recherches sur

la mobilité avec la consolidation d'un objet de recherche, les actifs interurbains, et une mise en perspective des enjeux de connaissance les concernant. Nous développerons successivement ces quatre points et les pistes de recherches qu'ils ouvrent.

(i) Nouveaux enjeux de la mobilité domicile-travail

Ce travail de thèse nous a permis de quantifier et qualifier un aspect moins étudié de la recherche sur la mobilité pendulaire en France, celui des actifs se déplaçant entre aires urbaines. Parmi l'ensemble des actifs qui vivent et travaillent dans les aires urbaines grandes et moyennes (dont le pôle urbain concentre plus de 5 000 emplois) en France continentale et parcourant moins de 200 km à vol d'oiseau, en dehors de l'aire urbaine de Paris, soit plus de 14,3 millions d'actifs, 9 % sont des actifs interurbains (1,3 million d'actifs). Notre recherche a permis de mettre en lumière deux éléments concernant ces actifs interurbains : d'une part que certaines caractéristiques individuelles sont surreprésentées, notamment la part des cadres, celle des actifs ayant moins de 30 ans, les hommes, les personnes ayant un diplôme de l'enseignement supérieur et les propriétaires ; d'autre part que les caractéristiques des interurbains sont marquées par une forte diversité : des ouvriers, des cadres et des employés, des femmes et des hommes, des personnes qui ont moins de 30 ans, mais également une portion d'actifs de plus de 50 ans participent à cette forme de mobilité.

En parallèle de cette diversité de caractéristiques individuelles, nous retrouvons également une multitude de profils de liaisons spatiales réalisées. Alors que les études sur la mobilité interurbaine se concentrent le plus souvent sur les liaisons entre communes villes-centres, nos résultats montrent que ce profil n'est pas majoritaire parmi les échanges pendulaires entre aires urbaines. Afin de mieux qualifier ces déplacements, nous avons proposé quatre profils de liaisons construites en fonction des types de communes des aires urbaines de résidence et de travail (chapitre 2). Les « intercitadins » qui se déplacent entre communes villes-centres ne représentent que 20 % des interurbains. D'autres profils de liaisons sont à souligner : les « interpolitains » qui se déplacent entre les pôles urbains de deux aires urbaines (hors relation entre communes villes-centres) sont les plus nombreux et regroupent 44 % des interurbains ; les « périurbains » qui vivent dans une commune périurbaine et travaillent dans le pôle urbain (incluant la commune ville-centre) d'une autre aire urbaine sont 25 % ; les « centrifugés » rassemblent tous les actifs d'une aire urbaine qui travaillent dans une commune périurbaine d'une autre aire urbaine, ils représentent 11 % des interurbains. Un dernier résultat de caractérisation de ces actifs tient dans

l'importance de l'usage de la voiture particulière pour ces déplacements pendulaires interurbains. 88 % des actifs se déplacent en voiture, alors qu'ils sont seulement 10 % à se déplacer en transports collectifs. Certes, ce pourcentage varie en fonction des quatre profils spatiaux proposés – 77 % pour les « intercitadins », 88 % pour les « interpolitains », 93 % pour les « périurbains » et les « centrifugés » –, mais l'usage de la voiture reste largement majoritaire devant celui des autres modes de transports, même pour les relations entre communes villes-centres.

Des études qualitatives, complémentaires à notre recherche, portant sur la diversité de ces profils permettraient de mieux connaître le mode de vie de ces actifs afin d'agir de façon plus opérante sur les leviers de réduction des émissions de CO₂. Qui sont les actifs qui se déplacent quotidiennement sur les routes nationales et les autoroutes interurbaines pour se rendre sur leur lieu d'emploi ? Qui sont les actifs dans les bus interurbains, les actifs usagers des TER ? Comment se rendent-ils jusqu'à leur gare de départ ? Quel mode de transport est utilisé pour rallier le lieu d'emploi à partir de la gare d'arrivée ? Pour nos calculs, nous avons fait un certain nombre d'hypothèses permettant de répondre à ces questions qu'il serait intéressant de compléter par des études plus qualitatives s'attachant à comprendre leurs modes de vie.

La question du chaînage de ces déplacements avec les autres motifs de déplacement est également source de réflexion et peut-être d'explication sur l'usage important de la voiture qui a été souligné. De même, est-ce que ces actifs pratiquent le télétravail ou le covoiturage ?

(ii) Apports méthodologiques de la thèse

Les travaux menés dans cette thèse s'appuient sur le croisement des bases de données du recensement de la population et de l'ENTD. Par ce croisement, nous avons pu identifier pour l'ensemble des actifs du recensement, pas uniquement les interurbains, leurs fréquences de déplacements quotidiennes et hebdomadaires. Ces deux fréquences sont importantes, car elles sont différentes entre les actifs intraurbains et interurbains et influencent la quantification du volume des émissions de CO₂ à l'échelle de la semaine. Elles sont donc intégrées dans nos calculs des émissions de CO₂. Elles nous ont permis d'estimer, avec plus de précision, la participation des interurbains à cette forme de pollution, de mesurer leur poids par rapport à l'ensemble du volume d'émissions liées aux déplacements pendulaires dans les aires urbaines grandes et moyennes et de comparer leurs émissions à celles des actifs intraurbains.

Un important apport méthodologique de cette thèse est celui de la création d'un distancier intermodal à l'échelle nationale de commune à commune. Grâce à celui-ci, nous avons été en mesure de calculer plusieurs indicateurs sur les déplacements réalisés par les actifs intraurbains utilisant la voiture particulière ou les transports collectifs. Quatre indicateurs principaux ont pu être estimés pour chaque déplacement : le coût, la distance kilométrique, le temps et les émissions de CO₂.

Un autre objet développé dans le cadre de cette thèse a été la mise en place d'un travail de scénarisation, exploité dans le cadre d'un modèle de choix discret, dont l'objectif était de quantifier l'impact des différentes mesures sur le report modal des actifs et donc sur les émissions de CO₂. La prise en compte de temps et de coût de déplacement des actifs interurbains en France en constitue l'apport le plus notable selon nous.

Un dernier apport repose sur la création d'un indicateur permettant de mieux qualifier l'organisation des systèmes urbains. Synthétisant la distribution des actifs au sein des différentes aires urbaines propres à chaque système urbain et permettant de distinguer les organisations polycentriques déséquilibrées de celles plus homogènes, cet indicateur a été nommé l'indice d'écart théorique au polycentrisme équilibré (IETPE).

À partir de cette recherche quantitative sur les déplacements interurbains, plusieurs pistes de renforcement des outils développés émergent. En premier lieu, il serait intéressant de pouvoir disposer d'un niveau plus fin de composition de l'offre ferroviaire en matière de dessertes et de tarifs. Une piste d'amélioration repose sur la prise en compte d'indicateurs de la qualité de la desserte ferroviaire pour chaque gare tels que la fréquence moyenne entre deux trains, les horaires de passage en gare ou encore le fait qu'il soit omnibus ou non. Ces éléments peuvent jouer sur le temps de déplacement, par conséquent sur le choix du mode de transport pour les actifs qui peuvent, certes, disposer d'une gare à proximité de leur lieu d'emploi ou de résidence, mais où la desserte peut ne pas assurer une alternative de qualité. L'ensemble des lignes de bus TER proposées par chaque région et des réseaux de bus aujourd'hui entre les mains des départements (des régions à partir de 2017) sont également des points de connaissance notables pouvant enrichir les calculs développés dans cette thèse, tout comme les tarifs spécifiques propres à chaque région et surtout à chaque liaison entre communes de résidence et de travail. Des travaux intégrant ce niveau de détails pourraient être menés à l'échelle des systèmes urbains, offrant des perspectives de recherche enrichissant les apports de notre thèse. De plus, la prise en compte d'autres modes de transport dans notre distancier intermodal, tels que l'autocar, les deux roues ou les réseaux de TC urbains nous permettrait d'enrichir les différents éléments calculés dans cette

thèse à partir de cet outil : les temps de déplacement et les distances kilométriques qui nous ont permis d'estimer les volumes d'émissions de CO₂ et de quantifier les potentiels de report modal. La mise en place de services de covoiturage pour les actifs interurbains peut être une option pour faire basculer ces actifs de la voiture individuelle à la voiture partagée. Le développement d'un calcul de potentiel de report de la voiture particulière ou depuis les transports collectifs vers ce mode de transport peut être intéressant, notamment pour les territoires où le potentiel de report modal calculé à partir du réseau ferré existant est faible ou, lorsqu'il ne permet pas de réduire les émissions de CO₂ à cause de distances de rabattement trop importantes aux gares de départ et/ou d'arrivée. La mobilisation d'outils mesurant les déplacements grâce aux données GPS ou aux traces numériques (à partir de données de téléphonie mobile) constitue également des pistes d'apport à envisager pour l'étude des déplacements des interurbains (Lind, Lindkvist, 2006 ; Hofleitner *et al.*, 2012 ; Chen, Bierlaire, 2015 ; Aguiléra *et al.*, 2015). Ce type de données permette en particulier de disposer d'une décomposition plus fine dans le temps et dans l'espace des déplacements des interurbains, et de connaître les évolutions dans le temps des déplacements effectués.

(iii) Les actifs interurbains : enjeu de politiques publiques

Les actifs interurbains représentent un enjeu de politique publique car ils sont de grands utilisateurs de la voiture (88 %). La volonté politique de réduire la place de l'automobile est, en 2016, soutenue par des objectifs principalement environnementaux afin de diminuer les émissions de GES participant au changement climatique. Les déplacements interurbains participent de manière importante à ces émissions puisque 9 % d'actifs interurbains sont responsables de 29 % des émissions de CO₂ de l'ensemble des actifs vivant et travaillant dans les aires urbaines moyennes et grandes en France continentale (hors aire urbaine de Paris)¹³⁰. Alors que les politiques de réduction de l'automobile remettent souvent en question les déplacements des actifs périurbains des aires urbaines qui travaillent dans le pôle urbain, ces derniers ne représentent que 15 % des actifs et 24 % des émissions. Les interurbains sont moins nombreux et participent davantage aux émissions de CO₂ que les périurbains intraurbains pourtant plus généralement pointés du doigt au regard des conséquences environnementales de leurs déplacements pendulaires. Nous insistons donc sur le fait que les interurbains, malgré leur poids

¹³⁰ Pour rappel, plusieurs groupes d'actifs ne sont pas intégrés dans ces chiffres : les actifs vivant dans les petites aires urbaines, les communes rurales, les communes multipolarisées, ainsi que l'ensemble des actifs qui vivent dans les aires urbaines grandes et moyennes et qui travaillent dans ces mêmes espaces.

relativement faible dans la population, constituent un enjeu important des politiques publiques visant à réduire les émissions de CO₂ en France pour les déplacements domicile-travail.

Un autre élément, qui conforte notre volonté de souligner l'importance de l'étude de ces déplacements pour les politiques publiques, repose sur le potentiel de report modal et de diminution de ces émissions que nous avons mesuré et que nous estimons significatif. L'augmentation des coûts de déplacements par une multiplication des prix des carburants ou d'une taxe d'accès aux centres urbains ainsi que la diminution des coûts de déplacements en transports collectifs sont les trois éléments qui ont, d'après notre modèle, l'influence la plus marquée sur le report modal. Dans ce travail de modélisation, au-delà de l'effet de certaines mesures par rapport à d'autres pour réduire l'usage de la voiture, un résultat à souligner est l'effet cumulatif de ces mesures qui permet un report modal plus important que chaque dispositif pris isolément. Parmi les trois scénarios combinant plusieurs mesures, nous choisissons de retenir le scénario nommé « volontaire » qui rassemble des dispositifs envisageables à court terme¹³¹ et qui permet de réduire l'usage de la voiture et les émissions de CO₂ de 30 % pour les déplacements interurbains.

La lecture spatialisée de ces potentiels de réduction de l'usage de la voiture montre qu'ils diffèrent selon les quatre profils de liaisons. En reprenant les catégories d'actifs construites à partir de leur type de liaison réalisée, il ressort que ce sont les « intercitadins » qui ont les potentiels de report modal les plus importants alors que les « centrifugés » ont une probabilité moins forte de basculer vers l'usage d'un autre mode que l'automobile. À une autre échelle spatiale, nous avons montré que deux éléments expliquent en partie la variabilité du potentiel de report modal : d'une part le sens des liaisons en fonction de la taille des aires urbaines ; d'autre part l'organisation des flux au sein des systèmes urbains. Le croisement des périmètres fonctionnels des systèmes urbains et des périmètres administratifs en France montre, selon nous, que les Régions peuvent jouer le rôle de chef de file d'une coopération entre collectivités territoriales afin d'organiser les leviers d'actions identifiés dans cette thèse. Ces observations renforcent notre conclusion sur la prise en compte par les acteurs publics de l'enjeu des déplacements interurbains avec l'objectif de diminuer des émissions de CO₂.

Un dernier point, qui va dans le sens de notre argumentation, est celui des conséquences sociales des mesures testées pour réduire le volume des émissions de CO₂. Notre travail montre qu'elles sont différentes en fonction des catégories socioprofessionnelles. Les actifs cadres sont ceux qui,

¹³¹ Le scénario volontaire cumule les dispositifs que nous estimons les plus plausibles des familles de scénarios proposées : un prix des carburants à 2,72 €/l, une taxe carbone à 100 €/tCO₂, des billets de train à 2 € le trajet, une réduction des vitesses de 33 %, un tarif d'accès aux communes villes-centres à 5 € et un temps d'accès à la gare de 5 min maximum pour tous.

à chaque fois, « s'en sortent le mieux », soit en augmentant relativement moins leur coût de déplacement par rapport aux autres professions et catégories socioprofessionnelles, soit en diminuant le plus ce coût par rapport aux mêmes catégories. À l'opposé, les ouvriers sont ceux qui endurent le plus fortement l'ensemble de ces mesures visant à réduire l'usage de l'automobile, même à profil de liaison équivalent. Ces résultats tendent à montrer que les acteurs publics doivent se saisir de l'enjeu de réduction du volume des émissions de CO₂ pour les déplacements interurbains, puisqu'ils sont aujourd'hui des contributeurs importants, sans toutefois mettre de côté les conséquences sociales de ces mesures qui touchent de façon inégale les différentes professions et catégories socioprofessionnelles. Ce d'autant plus que nous sommes dans un contexte de marché de l'emploi et de l'immobilier tendus, pouvant conduire à ce que des actifs doivent se déplacer de plus en plus loin pour avoir accès à un emploi ou trouver un logement (Le Breton, 2008).

Ces résultats soulèvent de nombreuses questions. L'objectif de notre travail de scénarisation, en reprenant des mesures actuellement mobilisées autour de ces objectifs et en travaillant sur « l'existant », était avant tout d'éclairer les enjeux soulevés par l'identification et la connaissance de ces actifs pour les acteurs publics. Les résultats des potentiels de report modal attestent d'un champ d'action. Cependant, concernant la portée de cette scénarisation, plusieurs points sont à garder à l'esprit. Les dispositifs imaginés pour réduire l'usage de la voiture ont été élaborés à l'échelle nationale. Un travail complémentaire pourrait être mené à une échelle plus fine, notamment celle de chaque système urbain pour prendre en compte, par exemple, les multiples politiques de stationnement en cours ou encore de réfléchir sur les conséquences d'une mise en place de tarifications intégrées des transports collectifs à l'échelle régionale. Ce que nous soulignons, c'est le besoin de quantification de mesures politiques aux effets multiscalaires. Des politiques de stationnement, pensées à l'échelle locale, aux politiques tarifaires régionales des transports collectifs, jusqu'à la fixation des taxes sur le carburant par l'État, l'enjeu systémique de cet ensemble de leviers d'action, à des échelles variables, constitue une piste de recherche intéressante pour l'étude des politiques visant à réduire les émissions de CO₂ des déplacements interurbains en France.

De plus, le report modal n'est pas le seul outil pour réduire les émissions de CO₂. D'autres mesures, à plus long terme, peuvent être pensées pour réduire l'usage de la voiture, telles que les politiques d'aménagement (programmes de densification autour des gares et de développement des nouvelles lignes de transport) ou des choix d'orientations politiques et économiques (libéralisation ferroviaire ou développement de services de mobilité privés).

Une dernière piste d'étude qu'il serait intéressant d'explorer dans une recherche future concerne les conséquences économiques des mesures visant à réduire les émissions de CO₂ des interurbains. Une quantification des gains ou des pertes financières pour les entreprises et l'État pourrait compléter et enrichir notre travail mesurant les conséquences sociales de ces mesures pour le cas des déplacements interurbains. En effet, en réduisant l'usage de la voiture, en augmentant les temps de déplacements automobiles des actifs, en limitant l'accès aux centres urbains ou en ajoutant des postes de dépenses, nous proposons des mesures qui peuvent avoir des conséquences sur le fonctionnement économique. L'opposition n'est sans doute pas aussi simple que nous le formulons, mais faut-il réduire les émissions de CO₂ des actifs interurbains en limitant la circulation de la voiture particulière ou assurer le développement économique en permettant aux entreprises d'attirer plus facilement leurs employés ?

Notre travail de scénarisation, tout comme nos apports concernant une meilleure connaissance des actifs interurbains, renforce nos conclusions selon lesquelles les déplacements pendulaires de ces actifs relèvent d'enjeux de politiques publiques. Néanmoins, notre recherche souligne le fait que ceux-ci nécessitent d'être saisis dans une approche multiscalaire, systémique et multisectorielle.

(iv) Apports théoriques de l'étude des déplacements interurbains

En moyenne, les interurbains parcourent 37 km par trajet et pour une durée de 45 min. Ces déplacements révèlent selon nous d'une proximité dans les échanges entre aires urbaines et sont différents de ceux étudiés par les recherches sur la grande mobilité liée au travail ou les monographies d'actifs interurbains. De plus, ces échanges entre aires urbaines vont dans toutes les directions : aussi bien depuis une aire urbaine de taille modérée en termes de population, que vers des aires urbaines que nous avons qualifiées de métropoles en passant par des échanges au départ et à l'arrivée d'aires urbaines d'un échelon intermédiaire. Les flux en direction des métropoles sont marqués par une particularité : les actifs interurbains utilisent davantage les transports collectifs pour s'y rendre par rapport aux autres liaisons.

Un autre groupe de travaux de recherche portant sur ces déplacements a également été mobilisé, celui reposant sur un outil d'analyse géographique de ces déplacements : l'espace fonctionnel du système urbain. Nos recherches ont montré que plusieurs modèles d'organisation de ces systèmes urbains existent. En proposant une synthèse des organisations morphologiques (répartition des actifs au sein du système urbain dans les différentes aires urbaines) et fonctionnelles (répartition

et direction des flux interurbains) de ces systèmes, il est apparu que certains sont organisés autour d'une aire urbaine principale regroupant une majorité des actifs et des flux, alors que d'autres font émerger des organisations plus équilibrées entre les différentes aires urbaines. En parallèle de ces multiples organisations, les pratiques de mobilité, les volumes d'émissions de CO₂ et les potentiels de report modal sont hétérogènes. L'analyse croisée des pratiques de mobilité interurbaine et de l'organisation des systèmes urbains a permis d'amorcer un questionnement sur l'influence ou l'absence de lien entre ces deux éléments. Il semblerait que les systèmes urbains organisés autour d'une aire urbaine principale de taille importante et, recevant et émettant une majorité des flux, soient l'organisation offrant la plus importante probabilité de favoriser le report modal vers l'infrastructure ferroviaire.

Ces relations entre aires urbaines sont marquées par une certaine forme de proximité pour certains systèmes, à l'image de ce que nous pouvons observer dans la région Île-de-France. Ce lien entre aires urbaines exprime, selon nous, un autre échelon de la superposition des échelles fonctionnelles : du bassin de vie au système urbain en passant par l'aire urbaine. Au-delà du motif de déplacement lié au travail, ce lien fonctionnel interurbain peut être présent pour d'autres motifs de déplacement tels que les activités d'achat ou de loisirs. Dans quelle mesure le système urbain est-il, pour ces autres motifs, un échelon pertinent d'étude de ces déplacements ?

Les liens entre les organisations internes des systèmes urbains d'un côté et les pratiques de mobilité et potentiels de report modal de l'autre constituent une piste de recherche intéressante. Largement mené à l'échelle des aires urbaines, ce lien entre ce que certains chercheurs nomment la « forme urbaine » et les pratiques de mobilité constitue un enjeu de connaissance à l'échelle interurbaine. Par la mobilisation d'autres indicateurs pour caractériser les systèmes urbains nous faisons l'hypothèse que certaines de ces variables peuvent avoir un pouvoir explicatif d'une part sur les caractéristiques de mobilité comme la distance moyenne ou le choix du mode de transport et d'autre part sur le potentiel de report modal.

Un dernier élément de discussion et d'ouverture repose sur les interprétations possibles de cette forme de mobilité et de son augmentation depuis une vingtaine d'années. Ici encore, des entretiens sociologiques avec ces actifs seraient riches d'enseignement sur les moteurs explicatifs de l'entrée et du maintien dans cette forme de déplacement. Des explications liées à des modifications comportementales des actifs peuvent être mises en avant, notamment le souhait de se déplacer toujours plus vite, d'aller toujours plus loin (Ehrenberg, 1995 ; Aubert, 2004). D'autres approches peuvent également être proposées, davantage sociétales, en mettant en avant pour ces actifs la nécessité, avant toute chose, de trouver un emploi et donc pour cela de se

déplacer dans une autre aire urbaine. Le développement de la mobilité interurbaine pour des raisons liées au travail est-il l'expression d'une certaine forme d'« hypermobilité » ? Ou est-il, au contraire, un marqueur actuel de la tension liée au marché de l'emploi et donc d'une certaine forme de précarité ?

Bibliographie

ADEME, 2012, Énergie et Climat édition 2012, Chiffres-clés. En ligne : multimedia.ademe.fr/catalogues/chiffres-cles-energie-climat-2012/data/catalogue.pdf, consulté le 2 octobre 2015.

ADEME, 2014a, Base Carbone, Documentation des facteurs d'émissions de la Base Carbone ®, Version 11.0.0 - mardi 18 novembre 2014. En ligne : [http://www.bilans-ges.ademe.fr/static/documents/\[Base%20Carbone\]%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.0.pdf](http://www.bilans-ges.ademe.fr/static/documents/[Base%20Carbone]%20Documentation%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20v11.0.pdf), consulté le 15 décembre 2015.

ADEME, 2014b, État de l'art sur les péages urbains : objectifs recherchés, dispositifs mis en œuvre et impact sur la qualité de l'air, Etat de l'art (juin 2014), Service Evaluation de la Qualité de l'Air. En ligne : <http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/etat-art-sur-peages-urbains-2014.pdf>, consulté le 15 mars 2016.

Aguiléra A., Mignot D., 2002, « Structure des localisations intra-urbaines et mobilité domicile-travail », Recherche Transports Sécurité, n°77, p.311-325.

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.

Aguiléra A., Mignot D., 2011, « Multipolarisation des emplois et mobilité domicile-travail : une comparaison de plusieurs aires urbaines françaises », Revue Canadienne de Sciences Régionales, vol. 33, n°1, p.83-100.

Aguiléra A., Le Néchet F., 2012, « Déterminants spatiaux et sociaux de la mobilité domicile-travail dans 13 aires urbaines françaises : une approche par la forme urbaine, à deux échelles géographiques », Recherche Transport Sécurité, vol. 28, n°110-111, p.259-270.

Aguiléra A., Bonin O., Conti B., Coralli M., Le Néchet F., Nessi H., Proulhac L., Sajous P., Stransky V., Terral L., Thébert M., 2014a, « Dynamique du peuplement, des formes urbaines et des mobilités dans les territoires de la périurbanisation. Quels enseignements au regard des enjeux du développement durable ? », Rapport PUCA.

Aguiléra A., Lethiais V., Rallet A., 2014b, « Le télétravail : sortir de l'impasse », Métropolitiques, 8 décembre 2014. En ligne : <http://www.metropolitiques.eu/Le-teletravail-sortir-de-limpasse.html>, consulté le 8 juillet 2016.

Aguiléra A., Conti B., Le Néchet F., 2017, « Accompagner la transition vers des mobilités plus durables dans le périurbain », Transports Urbains, à paraître.

Aguiléra V., Combes F., Benezech V., Million C., Allio, S., 2015, « Statistiques de mobilité et traces numériques de déplacements », Actes des XII^{ème} journées de modélisation statistique de l'INSEE.

AIE, 2014, World Energy Outlook 2014, Paris.

Andersson F., Haltiwanger J.C., Kutzbach M.J., Pollakowski H.O., Weinberg D.H., 2014, « Job displacement and the duration of joblessness: The role of spatial mismatch », National Bureau of Economic Research. En ligne : <http://www.nber.org/papers/w20066>, consulté le 3 septembre 2016.

Appert M., 2004, « Métropolisation, mobilités quotidiennes et forme urbaine : le cas de Londres », Géocarrefour, vol. 79/2, mis en ligne le 25 octobre 2007. En ligne : <http://geocarrefour.revues.org/621>, consulté le 21 juin 2014.

ARF, 2015, Les chiffres clés des Régions, mai 2015. En ligne : http://www.arf.asso.fr/wp-content/uploads/2015/05/ARF-Chiffres-cles_2015.pdf, consulté le 13 septembre 2016.

Armoogum J., Hubert J-P., Roux S., Le Jeannic T., 2010, « Plus de voyages, plus de kilomètres quotidiens : une tendance à l'homogénéisation des comportements de mobilité des Français, sauf entre ville et campagne », La revue du CGDD, n°1, p.5-24.

AtmoPACA, 2010, Impact de la réduction de vitesse sur la pollution par l'ozone. En ligne : http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/rapport_etude_ozone_cle014deb.pdf, consulté le 15 juillet 2016.

Aubert N., 2004, L'individu hypermoderne, Ramonville-Saint-Agne, Érès.

Aubert F., George-Marcelpoil E., Larmagnac C., 2012, « Des systèmes spatiaux en perspective », DATAR Territoires 2040, n°4, La Documentation Française.

Babusiaux D., Bauquis P-R., 2007, « Que penser de la raréfaction des ressources pétrolières et de l'évolution du prix du brut ? », Les cahiers de l'économie, vol. 66.

Babusiaux D., Pierru A., 2010, « Les évolutions du prix du pétrole », Annales des Mines Responsabilité et environnement, ESKA, n°2, p.19-26.

Baccaïni B., 1996, « Les trajets domicile-travail en Île-de-France. Contrastes entre catégories socioprofessionnelles », Economie et statistique, vol. 294, n°1, p.109-126.

Baccaïni B., Sémécurbe F., Thomas G., 2007, « Les déplacements domicile-travail amplifiés par la périurbanisation », INSEE Première, n°1129.

Baccaïni B., Sémécurbe F., 2009, « La croissance périurbaine depuis 45 ans. Extension et densification », INSEE Première, n°1240.

Bahoken F., Koning M., Mimeur C., Olarte-Bacares C., Thévenin T., 2016, « Les temps de parcours interurbains en France : Une analyse géo-historique », Transports : Economie, politique, société, p.17-25.

Ballet J-C., Clavel R., 2007, Le covoiturage en France et en Europe : État des lieux et perspectives, CERTU, Lyon.

Banister D., 2008, « The sustainable mobility paradigm », Transport Policy, n°15, p.73-80.

Barone S., 2010, « Au-delà de la LOTI : Les transports collectifs périurbains entre réseaux et territoires », Flux, n°1, p.112-123.

Bassand M., Brulhardt M-C., 1980, *Mobilité spatiale*, Georgi, Saint-Saphorin.

Bavoux J-J., Beaucire F., Chapelon L., Zembri P., 2005, *Géographie des transports*, Paris.

Beaucire F., Drevelle M., 2013, « « Grand Paris Express » : un projet au service de la réduction des inégalités d'accessibilité entre l'Ouest et l'Est de la région urbaine de Paris ? », *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, n°3, p.437-460.

Beauvais J-M., Fouquet J-P., Assegond C., 2007, « Recherche sur le développement de la grande vitesse et de la bi-résidentialité. Rentrer chez soi chaque soir ou une fois par semaine ? », *Rapport final Predit*.

Beauvais Consultants, 2013, « Dépenses supportées par les voyageurs selon les différents modes de transport. Étude FNAUT multi-clients ». En ligne : http://www.fnaut.fr/images/docs/dossiers/db12_ctsdpld.pdf, consulté le 15 mai 2016.

Ben-Akiva M.E., Lerman, S.R., 1985, *Discrete choice analysis: theory and application to travel demand*, vol. 9, MIT press.

Berger M., 2004, « Les Périurbains de Paris. De la ville dense à la métropole éclatée ? », CNRS Editions, collection *Espaces et Milieux*.

Bernard J-B., Cléaud G., Jess N., Roucher D., 2013, « Comment prévoir le prix du pétrole ? », INSEE, Note de conjoncture, juin, p41-58.

Berroir S., Cattan N., Saint-Julien Th., 2005, « La mobilité des étudiants entre les universités franciliennes », *Les Cahiers de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France*, p.76-85.

Berroir S., Cattan N., Dobruszkes F., Guerois M., Paulus F., Vacchiani-marcuzzo C., 2012, « Les systèmes urbains français et leur métropolisation », *Travaux en ligne*, n°10, DATAR.

Bertaud A., 2004, « The spatial organization of cities: Deliberate outcome or unforeseen consequence? », Working paper 2004-1, UC Berkeley: Institute of Urban and Regional Development.

Bertaud A., Lefevre B., Yuen B., 2009, « GHG Emissions, Urban Mobility and Efficiency of Urban Morphology: A Hypothesis », *Urban Research Symposium*, 28-30 juin, Marseille, France.

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.

Bessy-Pietri P., Sicamois Y., 2001, « Le zonage en aires urbaines en 1999 : 4 millions d'habitants en plus dans les aires urbaines », *INSEE Première*, n°765.

Billot A., Thisse J-F., 1995, « Modèles de choix individuels discrets: théorie et applications à la micro-économie », *Revue économique*, vol. 46, n°3, p.921-931.

Biotteau A-L., 2014, « Le covoiturage pour les déplacements domicile-travail : quel potentiel ? », Collection « Études et documents », SEEIDD, CGDD, n°107.

Boulaïbal M., 2001, « Effet Polarisant du lieu de travail sur le territoire de la vie quotidienne des actifs », Recherche Transports Sécurité, vol. 73, octobre-décembre 2001, p.43-63.

Boulay G., 2011, « La hausse des prix immobiliers dans les grandes aires urbaines françaises : anomalie ou normalisation marseillaise ? », Rives méditerranéennes, Jeunes chercheurs, mis en ligne le 30 juin 2012. En ligne : <http://rives.revues.org/4049>, consulté le 13 février 2014.

Bourdieu P., 1971, « Reproduction culturelle et reproduction sociale », Social Science Information, vol. 10, n°2, p.45-79.

Bouteiller C., 2015, Différenciation tarifaire dans les réseaux de transports urbains et interurbains de voyageurs : quels apports pour les services publics de transport et l'aménagement ?, Thèse de doctorat en Architecture, aménagement de l'espace, Université Lyon 2.

Boutueil V., 2015, Towards a sustainable mobility system: Leveraging corporate car fleets to foster innovations, Thèse de doctorat en Économie, Université Paris-Est.

Bouzouina L., Nicolas J-P., 2009, « Harmoniser politiques sociale et environnementale : évaluation de l'impact d'une réhabilitation de quartiers défavorisés sur les émissions de CO2 liées aux déplacements », VertigO, vol. 9, n°2, mis en ligne le 29 septembre 2009, consulté le 09 octobre 2016. En ligne : <http://vertigo.revues.org/8771>, consulté le 25 août 2015.

Brandeleer C., Buffet L., Kelbel C., Mahieu A., 2009, « Mobilité durable : enjeux et pratiques en Europe », Think tank européen « Pour la Solidarité », Bruxelles, CDU CD100314.

Brenac T., Perrin C., Canu B., Magnin J., Canu A., 2016, « Influence de la vitesse de déplacement sur le risque d'accident corporel : une étude cas-témoins », Carnets d'accidentologie, vol. 2016, p.1-13.

Bretagnolle A., Pumain D., Vacchiani-Marcuzzo C., 2007, « Les formes des systèmes de villes dans le monde », Données urbaines, vol. 5, p.301-314.

Bretagnolle A., Giraud T., Mathian H., 2008, « La mesure de l'urbanisation aux Etats-Unis, des premiers comptoirs coloniaux aux Metropolitan Areas (1790-2000) », Cybergeog : European Journal of Geography, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 427, mis en ligne le 10 juillet 2008. En ligne : <http://cybergeog.revues.org/19683>, consulté le 4 août 2016.

Bretagnolle A., Guérois M., Le Néchet F., Mathian H., Pavard A., 2016, « La ville à l'échelle de l'Europe - Apports du couplage et de l'expertise de bases de données issues de l'imagerie satellitale », Revue Internationale de Géomatique, vol. 26, n°1, p.55-78.

Brion D., Léger M., 2012, « Pour aller travailler ou étudier, les Bourguignons émettent 474 000 tonnes de CO₂ par an », Dimensions INSEE Bourgogne, n°175.

Bruitparif, 2012, « Faire baisser la vitesse. En réduisant la vitesse, on réduit le bruit », Des solutions pour prévenir et lutter contre le bruit. En ligne : <http://www.bruitparif.fr/sites/forum-des-acteurs.bruitparif.fr/files/ressources/VITESSE-Plus%20loin-FINALE.pdf>, consulté le 18 juillet 2016.

Brundtland G., Khalid M., Agnelli S., Al-Athel S., Chidzero B., Fadika L., Hauff V., Lang I., Shijun M., Botero M., Margarita M., Singh M., 1987, *Our common future*, Oxford University Press, USA.

Bruneau P., 1998, « Les réseaux de villes en France : quels acteurs ? Quelles finalités ? Quel avenir ? », *Cahiers de géographie du Québec*, vol. 42, n°116, p.177-193.

Brunet R., 1980, « La composition des modèles dans l'analyse spatiale », *Espace géographique*, tome 9, n°4, p.253-265.

Brunet R., 1986, « La carte-modèle et les chorèmes », *Mappemonde*, vol. 86, n°4, p.2-6.

Brunet R., 2004, *Le développement des territoires : formes, lois, aménagement*, Editions de l'Aube.

Burger M.J., De Goei B., Van der Laan L., Huisman F.J., 2011, « Heterogeneous development of metropolitan spatial structure: Evidence from commuting patterns in English and Welsh city-regions, 1981–2001 », *Cities*, vol. 28, n°2, p.160-170.

Burger M., Meijers E., 2012, « Form Follows Function? Linking Morphological and Functional Polycentricity », *Urban Studies*, vol. 49, p.1127-1149.

Caenen Y., Courel J., Paulo C., Schmitt D., 2011, « Les Franciliens utilisent autant les transports en commun que la voiture pour se rendre au travail », *INSEE Île-de-France*, À la page, n°353.

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.

Camagni R., Salone C., 1993, « Network urban structures in northern Italy: elements for a theoretical framework », *Urban studies*, vol. 30, n°6, p.1053-1064.

Carl P., 2000, « Urban density and block metabolism », *Architecture, city, environment, Proceedings of PLEA 2000*, p.343-347.

Cassel S.H., Macuchova Z., Rudholm N., Rydell A., 2013, « Willingness to commute long distance among job seekers in Dalarna, Sweden », *Journal of Transport Geography*, vol. 28, p.49-55.

Cattan N., 2004, « Le monde au prisme des réseaux aériens », *Flux*, n°58, p.32-43.

Caubel D., 2007, « Réduire les disparités d'accès à la ville ? Une réponse concrète, mais imparfaite, par les transports collectifs », *Les Cahiers scientifiques du Transport, AFITL*, n°51, p.9-36.

Cavailhes J., Hilal M., 2012, « Les émissions directes de CO2 des ménages selon leur localisation », Le point sur, CGDD, n°137.

CEREMA, 2015a, « Transport de voyageurs régionaux. Comparaison fer/route du point de vue des coûts ressentis par l'utilisateur », Rapport d'études, mars. En ligne : http://www.infra-transport-materiaux.cerema.fr/IMG/pdf/1501w-Transport_regionaux_voyageurs_comparaison.pdf, consulté le 18 juin 2016.

CEREMA, 2015b, « Revue des modèles nationaux de transport multimodal de voyageurs », Rapport d'études, avril. En ligne : http://www.infra-transport-materiaux.cerema.fr/IMG/pdf/1504w-Revue_des_modeles_nationaux_de_transport_multimodal_de_voyageurs.pdf, consulté le 18 juin 2016.

CERTU, 2010, « Le débat : la gratuité des Transports Collectifs Urbains ? », Transflash, n°352. En ligne : http://www.adtc-grenoble.org/IMG/pdf/Transflash_avril_2010.pdf, consulté le 15 septembre 2015.

CERTU, 2012, La mobilité urbaine en France : enseignements des années 2000-2010, CERTU.

CERTU, 2013a, « Le stationnement, sujet du quotidien, sujet polémique », CERTU – Stationnement en poche. En ligne : http://www.territoires-ville.cerema.fr/IMG/pdf/3111_Stationnement_en_poche-V08_cle64d2c1.pdf, consulté le 24 avril 2016.

CERTU, 2013b, Panorama du stationnement public – Premiers enseignements de l'enquête nationale 2010, collection Dossiers, n°268.

Cervero R., 2002, « Built environments and mode choice: toward a normative framework », Transportation Research Part D: Transport and Environment, vol. 7, n°4, p.265-284.

Cervero R., 2004, « Transit-oriented development in the United States: Experiences, challenges, and prospects », Transportation Research Board, vol. 102.

Cervero R., Kockelman K., 1997, « Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design », Transportation Research D, vol. 2, n°3, p.199-219.

Cervero R., Murphy S., Ferrell C., Goguts N., Tsai Y-H., 2004, « Transit-Oriented development in the United States: Experiences, Challenges, and Prospects », Rapport, Berkeley University.

CGDD, 2013, « Les deux-roues motorisés au 1er janvier 2012 », Chiffres et statistiques, n°400. En ligne : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Chiffres_et_statistiques/2013/chiffres-stats400-deux-roues-motorises-au-01012012-mars2013.pdf, consulté le 16 août 2015.

CGDD, 2015, « L'occupation des sols en France : progression plus modérée de l'artificialisation entre 2006 et 2012 », Le point sur, n°219. En ligne : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/LPS219-2.pdf>, consulté le 16 avril 2016.

Champion T., Coombes M., Brown D.L., 2009, « Migration and longer-distance commuting in rural England », Regional Studies, vol. 43, n°10, p.1245-1259.

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.

Chantrel A-M., Lach D., 2009, « Vivre à la périphérie des villes pour accéder à la propriété », *Flash INSEE Centre*, n°28, septembre.

Charron M., 2007, *La relation entre la forme urbaine et la distance de navettage : les apports du concept de « possibilités de navettage »*, Thèse de doctorat en Etudes urbaines, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique.

Chen J., Bierlaire M., 2015, « Probabilistic multimodal map matching with rich smartphone data », *Journal of Intelligent Transportation Systems*, vol. 19, n°2, p.134-148.

Cheneval E., Adam-Poupart A., Zayed J., 2011, « La crise alimentaire, le développement durable et les biocarburants : perspectives d'avenir », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, vol. 11, n°1, mis en ligne le 9 mai 2011. En ligne : URL : <http://vertigo.revues.org/10734>, consulté le 8 juillet 2016.

Christaller W., 1933, *Die zentralen orte in Süddeutschland*, Jena: Fischer.

Cibois P., 1993, « Le PEM, pourcentage de l'écart maximum : un indice de liaison entre modalités d'un tableau de contingence », *Bulletin de méthodologie sociologique*, n°40, p.43-63.

Cochez N., Durieux E., Levy D., 2015, « Vulnérabilité énergétique. Loin des pôles urbains, chauffage et carburant pèsent fortement dans le budget », *INSEE Première*, n°1530.

Coissard S., 2007, « Perspectives. La nouvelle économie géographique de Paul KRUGMAN. Apports et limites », *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, vol.1, p.111-125. En ligne : www.cairn.info/revue-d-economie-regionale-et-urbaine-2007-1-page-111.htm, consulté le 6 août 2016.

Conti B., 2015, « La structure des mobilités domicile-travail au départ des villes moyennes : réflexions sur leur durabilité », *Recherche Transport Sécurité*, n°31, p.35-45.

Cormeau J., Ghosse G., 2008, « Les biocarburants de deuxième génération : semer aujourd'hui les biocarburants de demain », *Demeter 2008, Économie et Stratégies Agricoles*, p.225-302.

Coudène M., Levy D., 2016, « De plus en plus de personnes travaillent en dehors de leur commune de résidence », *INSEE Première*, n°1605.

Coutrot D., Helwig P., Bonnet Gravois N., 2013, « Caractérisation des systèmes urbains français à partir du nouveau zonage des aires urbaines « 2010 » », *Mission d'analyse des dynamiques et des inégalités territoriales, Rapport final*.

Cowell, M. 2010, « Polycentric regions: Comparing complementarity and institutional governance in the San Francisco bay area, the Randstad and Emilia-Romagna », *Urban Studies*, vol. 47, n°5, p.945-965.

Crozet Y., Marlot G., 2001, « Péage urbain et ville «soutenable» : figures de la tarification et avatars de la raison économique », *Les Cahiers scientifiques du Transport, AFITL*, n°40, p.79-113.

Crozet Y., Joly I., 2004, « Budgets temps de transport : les sociétés tertiaires confrontées à la gestion paradoxale du « bien le plus rare » », Les Cahiers scientifiques du Transport, AFITL, n°45, p.27-48.

Dablanc L., Frémont A. (dir.), 2015, La métropole logistique, Armand Colin, Paris.

Damette F., 1994, La France en ville, La documentation française/DATAR, collection Informations et analyses.

Dargay J.M., Clark S., 2012, « The determinants of long distance travel in Great Britain », Transportation Research Part A: Policy and Practice, vol. 46, n°3, p.576-587.

Debrand T., Taffin C., 2005, « Les facteurs structurels et conjoncturels de la mobilité résidentielle depuis 20 ans », Economie et statistique, vol. 381, n°1, p.125-146.

De Lapparent M., 2004, De la valeur du temps à la valeur du risque de perte en temps dans les transports : le cas des déplacements domicile-travail, Thèse de doctorat en Sciences Economiques, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

De Lapparent M., 2005, « Déplacements domicile-travail en Île-de-France et choix individuels du mode de transport », l'Actualité économique, vol. 81, n°3, p.485-520.

Delbosc A., Keppler J-H., Leseur A., 2007, « Croître sans réchauffer », Note d'étude n°10, Mission Climat de la Caisse des Dépôts, janvier.

Deloitte, 2008, Efficacités énergétique et environnementale des modes de transport, Synthèse publique, Rapport pour le compte de l'ADEME.

De Palma A., Fontan C., 2001, « Choix modal et valeurs du temps en Île-de-France », Recherche Transports Sécurité, vol. 71, p.24-46.

De Roo P., 2007, Les villes moyennes françaises : enjeux et perspectives, La Documentation française, Paris.

De Silva H., Johnson L., Wade K., 2011, « Long distance commuters in Australia: A socio-economic and demographic profile », 34th Australasian Transport Research Forum 2011, 28-30 septembre.

Desjardins X., 2011, « Pour l'atténuation du changement climatique, quelle est la contribution possible de l'aménagement du territoire ? », Cybergeog : European Journal of Geography, Aménagement, Urbanisme, article 523.

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.

De Solere R., 2012, « Le recul de la voiture en ville », in La mobilité urbaine en France. Enseignements des années 2000-2010, De Solere R. (dir.), p.20-21.

Dieleman F.M., Faludi A., 1998, « Polynucleated metropolitan regions in Northwest Europe: theme of the special issue », *European Planning Studies*, vol. 6, n°4, p.365-377.

Dittmar H., Ohland F., 2004, *The new transit town: Best practices in transit oriented development*, Island Press.

Djament-Tran G., Grataloup, C., 2010, « E pluribus urbibus una : Modéliser les trajectoires de villes, *Mappemonde*, n°100. En ligne : <http://mappemonde.mgm.fr/num28/articles/art10401.html>, consulté le 18 juin 2016.

Donovan S., Genter J., Petrenas B., Mumby N., Hazledine T., Litman T., Hewison G., Guidera T., O'Reilly L., Green A., Leyland G., 2008, *Managing transport challenges when oil prices rise*, New Zealand Transport Agency, Research Report 04/08.

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.

Duranton G., 1997, « La nouvelle économie géographique : agglomération et dispersion », *Économie & prévision*, n°131, p.1-24.

Duret A., 2010, *Hétérogénéités du trafic autoroutier - Identification, quantification, modélisation et impact sur l'écoulement*, Thèse de doctorat, École Nationale des Travaux Publics de l'État, Vaulx-en-Velin.

Duron P., 2015, *TET : Agir pour l'avenir*, Commission « TET d'avenir ».

Ehrenberg A., 1995, *L'individu incertain*, Calmann-Lévy, Paris.

Éloi L., 2012, « Faut-il décourager le découplage ? », *Revue de l'OFCE*, n°120, p.235-257.

EU, 2007, « Commission des Communautés Européennes datée de 2007, Résultats du réexamen de la stratégie communautaire de réduction des émissions de CO₂ des voitures et véhicules commerciaux légers », Commission des Communautés Européennes, Rapport final. En ligne : [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com\(2009\)0593_/com_com\(2009\)0593_fr.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2009)0593_/com_com(2009)0593_fr.pdf), consulté le 16 juin 2016.

Ewing R., Cervero R., 2010, « Travel and the built environment », *Journal of the American planning association*, vol. 76, n°3, p.265-294.

Fabre J., Turban N., Vacher T., 2012, « Les émissions de CO₂ liées aux déplacements quotidiens des actifs et des étudiants en Nord-Pas-de-Calais », *INSEE Nord-Pas-de-Calais, Pages de Profils*, septembre, n°109.

Floch J-M., 2015, « Résider en France et travailler à l'étranger. Une situation en plein essor », *INSEE Première*, n°1537.

Floch J-M., Morel B., 2011, « Panorama des villes moyennes », INSEE, Direction de la Diffusion et de l'Action régionale, Document de travail.

FNAU, 2012, Les grandes aires urbaines françaises. Un essai de typologie, Les dossiers FNAU, juin, n°24.

FNAUT, 2014, « Pour une réduction des vitesses routières sur l'ensemble du réseau routier », Communiqué de presse. En ligne : <http://www.fnaut.fr/actualite/communiques-de-presse/305-pour-une-reduction-des-vitesses-routieres-sur-l-ensemble-du-reseau-routier>, consulté le 28 juin 2016.

Fouchier V., 1998, Les densités urbaines et le développement durable. Le cas de l'Ile-de-France et des villes nouvelles, La documentation française.

François D., 2010, « Se rendre au travail : distances et temps de transport s'allongent », La Revue du CGDD, décembre, p.83-98.

Friedmann, J., Miller J., 1965, « The urban field », Journal of the American institute of Planners, vol. 31, n°4, p.312-320.

Gallez C., 2007, « Intercommunalité, transports urbains et pouvoir d'agglomération. Cinq trajectoires urbaines », Flux, n°2, p.43-61.

Gallez C., Orfeuil J-P., 1998, « Dis-moi où tu habites, je te dirai comment tu te déplaces », in Pumain D., Mattei M-F. (dir.), Données urbaines, Anthropos, n°2, p.157-164.

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.

Genre-Grandpierre C., 2007, « Des « réseaux lents » contre la dépendance automobile ? Concept et implications en milieu urbain », L'Espace géographique, vol. 36, n°1, p.27-39.

Gerber P., Carpentier P. (dir.), 2013, Mobilités et modes de vie : vers une recomposition de l'habiter, Presses universitaires de Rennes.

GIEC, 2014, Changements climatiques 2014, Rapport de synthèse, Résumé à l'intention des décideurs. En ligne : https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM_fr.pdf, consulté le 16 juin 2016.

Gingembre J., Baude J., 2014, « Les mobilités domicile-travail dans les réseaux d'agglomérations », EchoGéo, n°27, mis en ligne le 23 mai 2014. En ligne : <http://echogeo.revues.org/13773>, consulté le 25 septembre 2014.

Godonou C., 2014, « L'Ile-de-France, une des régions les plus riches d'Europe », Île-de-France à la page, n°422.

Goebel V., Thierstein A., 2006, « The Mega-City-Region of Munich: A kingdom of its own or a space of inter-connected flows? », ERSA-Conference 2006.

- Gordon P., Richardson H.W., 1989, « Gasoline Consumption and Cities: A Reply », *Journal of the American Planning Association*, vol. 55, n°3, p.342-346.
- Gottmann J., 1961, *Megalopolis: the urbanized northeastern seaboard of the United States*, Twentieth Century Fund.
- Guihéry L., 2005, « Régionalisation ferroviaire et conventions régions-SNCF : quels enjeux et quelles perspectives ? », *Pouvoirs locaux. Les cahiers de la décentralisation*, vol. 3, n°66, p.55-60.
- Hall P., Pain K., 2006, *The Polycentric Metropolis. Learning from Mega-City Regions in Europe*, Routledge.
- Hammadou H., 2001, *Modélisation du choix modal voyageurs sur les déplacements de longue distance : la valeur du temps*, Thèse de doctorat en Sciences Économiques, Université de Lille 1.
- Helminen V., Ristimäki M., 2007, « Relationships between commuting distance, frequency and telework in Finland », *Journal of Transport Geography*, vol. 15, n°5, p.331-342.
- Henry G-M., 2009, *Histoire de la pensée économique*, Armand Colin.
- Héran F., 2001, « La réduction de la dépendance automobile », *Cahiers Lillois d'Economie et de Sociologie*, n°37, p.61-86.
- Herrgott D., 2015, *Modélisation et mise en perspective de la diversité du fonctionnement des transports ferroviaires conventionnés de voyageurs*, Thèse de doctorat en Aménagement et urbanisme, Université de Strasbourg.
- 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.
- Hivert L., 2000, *Inégalités d'accès à la voiture*, rapport INRETS - ADEME.
- Hivert L., Wingert J-L., 2011, « Automobile et automobilité: quelles évolutions de comportements face aux variations du prix des carburants de 2000 à 2008 ? », in Bonnafous A., Boucq E., Glachant M., Hivert L., Kaufmann V., Goyon M., Madre J.L., Ortar N., Vincent S., Wingert J-L., *Pétrole, mobilité, CO₂ : Les politiques publiques et l'automobilité face à la variation des prix du pétrole*, Rapport Final : mai 2010, PREDIT, p7-25.
- Hoeller P., Dean A., Nicolaisen J., 1991, « Incidences macro-économiques de la réduction des émissions de gaz à effet de serre: examen de quelques études empiriques », *Revue économique de l'OCDE*, n°16.
- Hofleitner A., Herring R., Bayen A., 2012, « Arterial travel time forecast with streaming data: A hybrid approach of flow modeling and machine learning », *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 46, n°9, p.1097-1122.
- Holden E., 2004, « Ecological footprints and sustainable urban form », *Journal of Housing and the Built Environment*, vol. 19, p.91-109.

Holec N., 1999, Villes et développement durable. Synthèses... Réflexion sur la connaissance des territoires urbains, DGHUC, CDU, ministère de l'Équipement.

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.

Holzer H.J., 1991, « The spatial mismatch hypothesis: What has the evidence shown? », *Urban Studies*, vol. 28, n°1, p.105-122.

Hourcade J-C., Fortin E., 2000, « Impact économique des politiques climatiques : des controverses aux enjeux de coordination », *Économie internationale*, vol. 82, p.45-73.

Hubbert M.K., 1956, Nuclear Energy and the fossil fuels, *Drilling and Production Practice*, American Petroleum Institute.

Hubert J-P., 2009, « Dans les grandes agglomérations, la mobilité quotidienne des habitants diminue, et elle augmente ailleurs », *INSEE Première*, n°1252, juillet.

Hubert J-P., Madre J-L., Meissonnier J., Roux S., 2012, « La pause méridienne: un facteur clé de l'évolution de la mobilité en France depuis 35 ans », *Économie et statistique*, vol. 457, n°1, p.35-55.

Huré M., 2012, « Gratuité des transports collectifs. De l'expérience sociale à l'alternative politique ? », *Métropolitiques*, 16 novembre 2012. En ligne : <http://www.metropolitiques.eu/Gratuite-des-transport-collectifs.html>, consulté le 24 septembre 2015.

Huyghe M., 2015, Habiter les territoires ruraux. Comprendre les dynamiques spatiales et sociales à l'œuvre, évaluer les perspectives d'évolution des pratiques de mobilité des ménages, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace et Urbanisme, Université François – Rabelais de Tours.

INSEE Bourgogne, 2001, « Les trajets domicile-travail : de plus en plus de Bourguignons travaillent loin de chez eux », *INSEE Dimensions*, n°83.

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.

Jabareen Y.R., 2006, « Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts », *Journal of Planning Education and Research*, n°26, p.38-52.

Joly M., Morency C., Bonnel P., 2009, « Motorisation et localisation : quels effets sur le choix du modal ? », *Les Cahiers scientifiques du transport*, n°55, p.97-125.

Julien P., Louis S., 2007, Analyse critique de la pertinence de l'aire urbaine pour étudier l'étalement urbain. Quelques éléments de prospective Espaces sous influence urbaine, CERTU.

Kaufmann V., 2000, Mobilité quotidienne et dynamiques urbaines: la question du report modal, Science, Technique, Société, Presses polytechniques et universitaires romandes.

- Kaufmann V., 2005, « Mobilités et réversibilités: vers des sociétés plus fluides ? », Cahiers internationaux de sociologie, n°1, p. 119-135.
- Kaufmann V., 2008, Les paradoxes de la mobilité, bouger, s'enraciner, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- Kemel E., 2013, Évaluation des impacts d'une formation à l'éco-conduite sur la consommation énergétique de véhicules légers : le cas du Centre d'études techniques de l'Équipement (CETE) de l'Ouest, Rapport CETE de l'Ouest.
- Krugman P., 1991, « Increasing Returns and Economic Geography », Journal of Political economy, vol. 99, n°3, p.483-499.
- Lanéelle X., 2006, « Navette domicile-travail à grande vitesse : situation d'exception, arrangement traditionnel », Cahiers du Genre, vol. 2, n°41, p.159-180.
- Laugier R., 2010, Ville et mobilité durables, Synthèse documentaire pour le compte du Centre de Ressources Documentaires Aménagement Logement Nature (CRDALN).
- Larrère C., 2009, « La justice environnementale », Multitudes, vol. 1, n° 36, p. 156-162.
- Leccese M., McCormick K., 2000, Charter of the new urbanism, New York: McGraw-Hill.
- Le Breton E., 2008, Domicile-travail : les salariés à bout de souffle, Carnets de l'info.
- Le Gléau J-P., Pumain D., Saint-Julien Th., 1996, « Villes d'Europe : à chaque pays sa définition », Économie et statistique, Regard socioéconomique sur la structuration de la ville, n°294-295, mai, p.9-23.
- Le Jeannic T. (dir), 2010, « La mobilité des Français Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008 », La Revue du CGDD, décembre.
- Lemaître E., Kleinpeter M-A., 2009, « Dépenses de carburant automobile des ménages : relations avec la zone de résidence et impacts redistributifs potentiels d'une fiscalité incitative », Etudes et Documents, n°8.
- Le Néchet F., 2010, Approche multiscalair des liens entre mobilité quotidienne, morphologie et soutenabilité des métropoles européennes. Cas de Paris et de la région Rhin-Ruhr, Thèse de doctorat en Aménagement de l'espace, Urbanisme, Université Paris-Est.
- Le Néchet F., 2011, « Accessibilité aux infrastructures de transport et " franchissement d'échelles". Une approche multiscalair de la mobilité quotidienne en Ile-de-France et dans la région Rhin-Ruhr », 11ème colloque du groupe de travail "Mobilités Spatiales et Fluidité Sociale"(MSFS) de l'Association Internationale des Sociologues de Langue Française (AISLF).
- Le Néchet F., Aguiléra A., 2011, « Déterminants spatiaux et sociaux de la mobilité domicile-travail dans 13 aires urbaines françaises: une approche par la forme urbaine, à deux échelles géographiques », 48^{ème} colloque de l'Association de Science Régionale de Langue Française (ASRDLF).

Lesteven G., 2012, Les stratégies d'adaptation à la congestion automobile dans les grandes métropoles. Analyse à partir des cas de Paris, São Paulo et Mumbai, Thèse de doctorat en Géographie, Aménagement, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

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.

Lind G., Lindkvist A., 2006, OPTIS - Optimised traffic in Sweden, Movea Traffic Consultancy, Tech. Rep.

Loi, 2015, « LOI n°2015-29 du 16 janvier 2015 relative à la délimitation des régions, aux élections régionales et départementales et modifiant le calendrier électoral », Journal officiel de la République Française, 17 janvier 2015.

Loi, 2015b, « Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte », Journal officiel de la République Française, 18 août 2015.

Loi LOTI, 1982, « Loi n°82-1153 du 30 décembre 1982 d'orientation des transports intérieurs », Journal officiel de la République Française, 31 décembre 1982.

Loi Macron, 2015, « LOI n°2015-990 du 6 août 2015 pour la croissance, l'activité et l'égalité des chances économiques », Journal officiel de la République Française, 7 août 2015.

Loi MAPTAM, 2014, « Loi n°2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles », Journal officiel de la République Française, 28 janvier 2014

Loi NOTRe, 2015, « LOI n°2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République », Journal officiel de la République Française, 8 août 2015.

Loi SRU, 2000, « Loi n°2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbains », Journal officiel de la République Française, 14 décembre 2000.

Longuar Z., Nicolas J-P., Verry D., 2012, « Calcul des émissions de CO₂ à partir de l'Enquête Nationale Transports Déplacements 2008 : méthodologie et premiers résultats », Rapport CERTU.

Louvet N., 2015, Covoiturage de longue distance : profils, pratiques et impacts, Synthèse – septembre 2015, 6-t.

Manheim M., Ben Akiva M., 1982, « Les modèles désagrégés », in Quinet E. (dir.), La demande de Transport, Paris, Presse de l'ENPC, p.119-134.

Maoh H., Tang Z., 2012, « Determinants of normal and extreme commute distance in a sprawled midsize Canadian city: evidence from Windsor, Canada », Journal of Transport Geography, vol. 25, p.50-57.

Marion B., Horner M., 2008, « Comparison of socioeconomic and demographic profiles of extreme commuters in several US metropolitan statistical areas », Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, p38-45.

Marotel G., Davee M-M., Tarrus A., 1983, Travailler à paris, vivre a... 100 km : les migrants SNCF en grande région parisienne, IRT, Note d'information n°27.

Martouzet D., 2013, « Mobilités résidentielles, parcours professionnels et déplacements quotidiens : spatialités emboîtées et construction de l'habiter », in Gerber P., Carpentier P. (dir.), Mobilités et modes de vie : vers une recomposition de l'habiter, Presses universitaires de Rennes.

Massot M-H., Orfeuil J-P., 2005, « La mobilité au quotidien, entre choix individuel et production sociale », Cahiers internationaux de sociologie, n° 118, p.81-100.

Massot M-H., Korsu E., Enault C., 2006, « Simulations du rapprochement des lieux de travail et de résidence et impacts sur le développement métropolitain en Île de France », Territoire en mouvement, mis en ligne le 1 septembre 2010. En ligne : <http://tem.revues.org/204>, consulté le 12 octobre 2012.

Massot M-H., Wenglenski S., 2011, Prospective de la mobilité dans les villes moyennes françaises, Futuribles International / IFSTTAR.

Massot M-H., Wenglenski S., Lamblin V., Désaunay C., 2011, Rapport final de l'étude Prospective de la mobilité dans les villes moyennes, Futuribles International / IFSTTAR.

Maulat J., 2016, « Le rôle de la planification territoriale dans la coordination des politiques d'urbanisme et de transport ferroviaire régional à l'échelle métropolitaine. L'exemple toulousain » Riurba 2016, n°2. En ligne : <http://riurba.net/Revue/le-role-de-la-planification-territoriale-dans-la-coordination-des-politiques-durbanisme-et-de-transport-ferroviaire-regional-a-lechelle-metropolitaine-lexemple-toulousain/>, consulté le 1^{er} octobre 2016.

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. En ligne : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/documents/Produits_editoriaux/Publications/Reperes/2013/reperes-transport-2013.pdf, consulté le 15 avril 2015.

MEDDE, 2015, Le renouveau du tramway en France, DGITM, En ligne : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/11001-2_Renouveau-tramway-France_FR.pdf, consulté le 16 avril 2016.

Meissonnier J., 2001, Provincilien : les voyageurs du quotidien, entre capitale et province, Collection Logique Sociale, L'Harmattan, Paris.

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.

Mignot D. (dir.), Auiléra A., Bloy D., Caubel D., Madre J-L., Proulhac L., Vanco F., 2007, Formes urbaines, mobilités et ségrégation : une comparaison Lille – Lyon – Marseille, Rapport final, CPER – GRRT Socio-économie 2000 – 2006.

Mirabel F., Reymond M., 2013, Économie des transports urbains, la Découverte.

- Moritz-Jungmayr C., 1998, « Le télétravail : une solution pour diminuer le flux entre domicile et lieu de travail ? », in La Planète « nomade ». Les mobilités géographiques d'aujourd'hui, Knafou R. (dir.), p.145-164.
- Moss M.L., Qing C.Y., Kaufman S., 2012, « Commuting to Manhattan, A study of residence location trends for Manhattan workers from 2002 to 2009 », New York: Rudin Center for Transportation Policy, New York University.
- Mus J-M., 2009, « Le pneumatique dans un environnement « technologie véhicule évolutif » : impacts et perspectives », Annales des Mines - Réalités industrielles, vol. 3, p.51-57.
- Nadou F., 2010, « La notion de « villes intermédiaires », une approche différenciée du rôle des villes moyennes : entre structuration territoriale et spécificités socio-économiques. », Colloque « Villes petites et moyennes, un regard renouvelé », Tours, France.
- Nam K., Lim U., Kim B.H.S, 2012, « 'Compact' or 'Sprawl' for sustainable urban form? Measuring the effect on travel behavior in Korea », The Annals of Regional Science, vol. 49, p.157-173.
- 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.
- Newman P.W.G., Kenworthy J.R., 2000, « Sustainable urban form: The Big Picture », in Williams K., Burton E., Jenks M., Achieving Sustainable urban form, Oxford Brookes University, United Kingdom, p.109-120.
- 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.
- Noualhat L., 2014, « Pour les « pendulaires », 2h20 par jour dans le TER », Libération, 20 février. En ligne : http://www.liberation.fr/france/2014/02/20/pour-les-pendulaires-2h20-par-jour-dans-le-ter_981359, consulté le 20 février 2014.
- OCDE, 2013, Panorama des régions de l'OCDE 2013. Urbanisation et formes d'urbanisation, Édition OCDE.
- OCDE, 2015, Perspectives régionales de l'OCDE 2014. Régions et villes : Les politiques publiques à la rencontre des citoyens, Édition OCDE.
- Offner J-M., 2006, « Les territoires de l'action publique locale », Presses de Sciences Po (PFNSP), vol. 56, n°1, p.27-47.
- Ogura L.M., 2010, « Effects of Urban Growth Controls on Intercity Commuting », Urban Studies, vol. 47, p. 2173-2193.

Öhman M., Lindgren U., 2003, « Who is the long-distance commuter? Patterns and driving forces in Sweden », *Cybergeog* : European Journal of Geography, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 243, mis en ligne le 01 août 2003. En ligne : <http://cybergeog.revues.org/4118>, consulté le 25 mai 2016.

Ollivier-Trigalo M., 2009, « Politiques de transport: où en sont les Régions ?, Actions, doctrines et institutionnalisation », *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, n°3, p.471-490.

OMNIL, 2012, « Enquête globale transport. La mobilité en Ile-de-France », *Repère*, n°1. En ligne : http://www.omnil.fr/IMG/pdf/egt2010_enquete_globale_transports_-_2010.pdf, consulté le 15 mars 2015.

ONU., 1992, Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, Rio de Janeiro, 13 juin. En ligne : <http://www.un.org/french/events/rio92/rio-fp.htm>, consulté le 15 juillet 2016.

ONU., 1995, Rapport du sommet mondial pour le développement social, Copenhague, 6-12 mars. En ligne : <http://www.un.org/documents/ga/conf166/aconf166-9fr.htm>, consulté le 15 juillet 2016.

ONU., 1998, Protocole de Kyoto la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, Kyoto, Japon. En ligne : <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpfrench.pdf>, consultée le 15 juillet 2016.

ONU., 2015, Convention-cadre sur les changements climatiques. Adoption de l'Accord de Paris, Conférence des Parties Vingt et unième session COP21, Paris, 30 novembre-11 décembre 2015. En ligne : <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/fre/l09r01f.pdf>, consultée le 15 juillet 2016.

Orfeuil J-P., 1997, « Qui paye quoi pour aller où ? La mobilité dans la ville éclatée », *La Jaune et la Rouge*, n°523, p.25-28.

Orfeuil J-P., 2000, « L'évolution de la mobilité quotidienne (comprendre les dynamiques, éclairer les controverses) », Synthèse INRETS, Arcueil.

Orfeuil J-P., 2004, *Transports, pauvretés, exclusions*, Éditions de l'Aube, 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., 2008, *Une approche laïque de la mobilité*, Descartes & Cie, Paris.

Orfeuil J-P., 2010, « Les Grands migrants au quotidien », in *Mobilités et Modes de vie Métropolitains, Les intelligences du quotidien*, Massot M-H. (dir.), Éditions l'Oeil d'Or, 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.

Ortar N., 2005, « Le paradoxe de l'ancrage et de la mobilité en zone rurale et périurbaine », in Bonnet L., Bertrand L., *Mobilités, habitat et identités*, INED, Documents de travail.

Ortiz L., 1994, « Espace et efficacité de l'action, le mythe de l'optimum dimensionnel », *Le renouveau de l'aménagement du territoire en France et en Europe*, p.183-200.

OST, 2013, « Profil des actifs transfrontaliers de la zone d'emploi du genevois français », *Observatoire Statistique Transfrontalier*, Fiche 3.

Pan H., Shen Q., Zhang M., 2009, « Influence of Urban Form on Travel Behaviour in Four Neighbourhoods of Shanghai », *Urban Studies*, vol. 46, n°2, p.275-294.

Perrin E., 2010, « Les parcs relais urbains : étude bibliographique – 2010 », CERTU – CETE Lyon, Les rapports d'étude.

Perrin J., Aguiléra A., 2016, « Stratégies et enjeux de la localisation d'espaces de travail temporaires dans six grandes gares françaises : une nouvelle offre de tiers-lieux de travail ? », *Territoire en mouvement*, n°32, à paraître.

Pivano C., 2016, *Désagrégation spatiale des données de mobilité du recensement de la population appliquée à l'Île-de-France*, Thèse de doctorat en Transport, Université Paris-Est.

Polèse M., Shearmur R., Terral L., 2014, *La France avantagée*. Odile Jacobs, Paris.

Pouyanne G., 2004, *Forme urbaine et mobilité quotidienne*, Thèse de doctorat en Sciences Economiques, Université Montesquieu-Bordeaux IV.

Pumain D., Saint-Julien Th., 1976, « Fonctions et hiérarchie des villes françaises », in *Annales de Géographie*, vol. 85, n°470, p.385-440.

Quételard B., 2010, « Se rendre au travail ou faire ses courses motive toujours un déplacement quotidien sur deux. Le recours à la voiture se stabilise », *La Revue du CGDD*, vol. 82, n°94, p.25.

Quinet E. (dir.), 2013, *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, CGSP, Rapport et document. En ligne : http://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/archives/CGSP_Evaluation_socioeconomique_17092013.pdf, consulté le 15 juillet 2016.

Rabaud M., 2008, « Les chiffres du transport public en villes moyennes », CERTU Déplacement en villes moyennes, fiche n°2, mai.

Raux C., Crozet Y., Joly I., Ma T-Y., Ovtracht N., Thiebaut V., Kaufmann V., Vincent S., Cornelis E., 2010, *EuroCities DATTA*, Livrable 5 « Individual perceptions of travel time and spaces », ANR, Programme blanc 2007.

Ravalet E., Dubois Y., Kaufmann V., 2014, « Grandes mobilités et accès à l'emploi », 51ème colloque de l'Association de Science Régionale de Langue Française (ASRDLF), Métropolisation, cohésion et performance : quels futurs pour nos territoires ?, Champs-sur-Marne, France, 7-9 juillet.

Ravalet E., Vincent-Geslin S., Kaufmann V., Viry G., Dubois Y., 2015, *Grandes mobilités liées au travail, perspective européenne*, Edition Economica.

Ravalet E., Vincent-Geslin S., 2015, « Les grands mobiles. Modes de vie atypiques et variés », *Transflash*, n°395.

Renard J., 2000, « Nantes, métropole inachevée ? », *L'information géographique*, vol.64, n°2, p.117-133.

Renard V., 2011, « Grenelle II : la fin de l'étalement urbain ? », *Métropolitiques*, 6 juin. En ligne : <http://www.metropolitiques.eu/Grenelle-II-la-fin-de-l-etalement.html>, consulté le 15 mars 2016.

Richer C., Hasiak S., Jouve N., 2011, « Les Syndicats Mixtes de transport de la loi SRU : un outil pour la gouvernance interterritoriale des mobilités ? », *Flux*, n°83, p.51-67. En ligne : www.cairn.info/revue-flux-2011-1-page-51.htm, consulté le 2 septembre 2016.

Robin M., 2008, « La motorisation des ménages continue de s'accroître au prix d'un vieillissement du parc automobile », in *La Revue du CGDD, La mobilité des Français. Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements*, p.99-121.

Rocci A., 2007, *De l'automobilité à la multimodalité ? Analyse sociologique des freins et leviers au changement de comportements vers une réduction de l'usage de la voiture. Le cas de la région parisienne et perspective internationale*, Thèse en Sociologie, Université René Descartes – Paris V.

Ross C.L., Woo M., 2009, « Identifying megaregions in the United States: Implications for infrastructure investment », in *Megaregions: Planning for Global Competitiveness*, Ross C.L., Ed. Island Press: Washington DC.

Sandow E., 2014, « Til Work Do Us Part: The Social Fallacy of Long-distance Commuting », *Urban Studies*, vol. 51, n°3, p.526-543.

Sandow E., Westin K., 2010, « The persevering commuter – Duration of long-distance commuting », *Transportation Research Part A*, vol. 44, p.433-445.

Sautory O., Zilloniz S., 2014, *Les rythmes de travail en 2010*, Document d'études, n°180, Ministère du travail, de l'emploi et de la santé, Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (DARES).

Schöpfel J., Farace D., 2010, « Grey literature », in Bates M.J., Maack M.N. (dir.), *Encyclopedia of Library and Information Sciences*, CRC Press, p. 2029-2039.

Schwanen T., Dieleman M.F., Dijst M., 2004, « The Impact of Metropolitan Structure on Commute Behavior in the Netherlands: A Multilevel Approach », *Growth and Change*, vol. 35, n°3, p.304-333.

Soja E.W., 2000, *Postmetropolis: critical studies of cities and regions*, Oxford: Blackwell.

Soja E.W., 2011, « Regional urbanization and the end of the metropolis », in Bridge G., Watson S., *The New Blackwell Companion to the City*, Oxford: Wiley-Blackwell, p.678-689.

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, avril.

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

- Terral L., Shearmur R.G., 2008, « Vers une nouvelle forme urbaine ? Desserrement et diffusion de l'emploi dans la région métropolitaine de Montréal », *L'Espace géographique*, Tome 37, p.16-31.
- Terrier C., 1986, « Les déplacements domicile-travail en France : évolution de 1975 à 1982 », *Espace, populations, sociétés*, vol. 2, p.333-342.
- Theys J., Vidalenc E., 2013, *Repenser les villes dans la société post carbone*, ADEME-MEDDE-CGDD.
- Train K.E., 2009, *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge university press.
- Travisi C.M., Camagni R., Nijkamp P., 2009, « Impacts of urban sprawl and commuting: A modelling study for Italy », *Journal of Transport Geography*, vol. 18, n°3, p.382-392.
- Topçu S., 2013, *La France nucléaire. L'art de gouverner une technologie contestée*, Seuil.
- Vanco F., 2012, « L'accès à la ville : vers une contrainte financière de plus en forte », in CERTU, *La mobilité urbaine en France : enseignements des années 2000-2010*, CERTU.
- Van Der Laan L., 1998, « Changing Urban Systems: An Empirical Analysis at Two Spatial Levels », *Regional Studies*, vol. 32, n°3, p.235-247.
- Vasanen A., 2012, « Functional Polycentricity: Examining Metropolitan Spatial Structure through the Connectivity of Urban Sub-centres », *Urban Studies*, vol. 49, n°16, p.3627-3644.
- Veltz P., 2012, *Paris, France, Monde : Repenser l'économie par le territoire*, Editions de l'Aube.
- Verry D., Vanco F., 2009, « La vulnérabilité des ménages face à l'augmentation du prix des carburants : une comparaison française », *Eurocities Datta*, Namur.
- Verry D., 2014, « Mieux connaître pour mieux réduire », Journée d'étude « Le dérèglement climatique : une opportunité commune pour transformer le transport urbain ? », CODATU, 14 octobre.
- Vignal C., 2003, *Ancrages et mobilités de salariés de l'industrie à l'épreuve de la délocalisation de l'emploi. Configurations résidentielles, logiques familiales et logiques professionnelles*, Thèse de doctorat en Urbanisme, Aménagement et Politiques urbaines, Université de Paris XII-Val de Marne.
- Vignal C., 2005, « Injonctions à la mobilité, arbitrages résidentiels et délocalisation de l'emploi », *Cahiers internationaux de sociologie*, vol. 1, n°118, p.101-117.
- Vignal C., 2006, « Concilier mobilité résidentielle et mobilité professionnelle : cadrage statistique et pistes de réflexion », *Horizons stratégiques*, n°2, p.37-47.
- Villeneuve A., 1974, « Un français sur cinq déjeune à l'extérieur », *Economie et statistique*, vol. 56, n°1, p.3-15.
- Villeuve P-Y., Lee-Gosselin M., Barbonne R., 2005, « Les champ métropolitain, une forme en émergence ? », *Actes INRETS*, n°99.

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.

Vincent-Geslin S., Joly I., 2012, « Raisons et pratiques de la pendularité intensive. Le temps de trajet, entre temps subi et temps choisi », Les Cahiers scientifiques du transport, n°61, p.159-186.

Viry G., Widmer E.D., Kaufmann V., 2010, « Does it matter for us that my partner or I commute ? Spatial mobility for job reasons and the quality of conjugal relationships in France, Germany, and Switzerland », Zeitschrift für Familienforschung-Journal of Family Research, vol. 22, n°2, p.149-170.

Viry G., Kaufmann V., Widmer D., 2009, « La grande mobilité géographique pour des raisons professionnelles en suisse : une étape de vie préparentale ? », Recherches familiales, n°1, p.67-80.

Wenglenski S., 2003, Une mesure des disparités sociales d'accessibilité au marché de l'emploi en Île-de-France, Thèse de Doctorat en Urbanisme, Aménagement et Politiques urbaines, Université Paris XII – Val de Marne.

Wenglenski S., 2004, « Une mesure des disparités sociales d'accessibilité au marché de l'emploi en Île-de-France », Revue d'Économie Régionale & Urbaine, n°4, p.539-550.

Wheeler S., 2002, « Constructing sustainable development/safeguarding our common future: Rethinking sustainable development », Journal of the American Planning Association, vol. 68, n°1, p.110-111.

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

Wiel M., 2002, Ville et automobile, Paris, Descartes & Cie.

Wiel M., 2003, « Quelle place donner à la maîtrise de la vitesse automobile en ville », colloque de l'Association de Science Régionale de Langue Française (ASRDLF), Concentration et ségrégation, dynamiques et inscriptions territoriales, Lyon, 1-3 septembre.

Windisch E., 2013, Driving electric ? : a financial assessment of electric vehicle policies in France, Thèse de doctorat en Transport, Université Paris-Est.

Zahavi Y., 1979, The 'UMOT' Projet, Report prepared for the U.S. Department of Transportation and the Ministry of Transport of Federal Republic Of Germany.

Zembri P., 2004, La planification des transports au niveau régional : Une lecture des évolutions de ces 25 dernières années, Les dossiers CERTU, La documentation Française.

Sigles et Acronymes

Acsé : Agence nationale pour la cohésion sociale et l'égalité des chances.

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

AIE : Agence internationale de l'énergie.

ANACT : Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail.

AOM : Autorité organisatrice de la mobilité.

AOTU : Autorité organisatrice de transport urbain.

ARF : Association des régions de France.

AU : Aire urbaine.

BHNS : Bus à haut niveau de service.

CBD : Central business district.

CCE : Contribution climat énergie.

CEREMA : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.

CERTU : Centre d'études sur les réseaux de transport et l'urbanisme.

CETE : Centre d'études techniques de l'Équipement.

CGDD : Commissariat général au développement durable.

CGET : Commissariat général à l'égalité des territoires.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

COPERT : Computer programme to calculate emissions from road transport.

DATAR : Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale.

DGAC : Direction générale de l'aviation civile.

EDGT : Enquêtes déplacements grands territoires.

EDVM : Enquête déplacements villes moyennes.

EGT : Enquête globale transport.

EMD : Enquête ménages déplacements.

ENTD : Enquête nationale transports et déplacements.

ETC : Enquête transport et communication.

EU : European Union ou Union européenne (UE).

FNAU : Fédération nationale des agences d'urbanisme.

FNAUT : Fédération nationale des associations d'usagers des transports.

FNTV : Fédération nationale des transports de voyageurs.

FUR : Functional urban region.

GART : Groupement des autorités responsables de transport.

GES : Gaz à effet de serre.

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.

GPS : Global Positioning System ou Géo-positionnement par Satellite.

IETPE : Indice d'écart théorique au polycentrisme équilibré.

IFP : Institut Français du Pétrole.

IFSTTAR : Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux.

IGN : Institut national de l'information géographique et forestière.

INRA : Institut national de la recherche agronomique.

INRETS : Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité.

INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques.

IRIS : Îlots regroupés pour l'information statistique.

LGV : Ligne à grande vitesse.

LOTI : Loi d'orientation des transports intérieurs.

LVMT : Laboratoire ville mobilité transport.

MAPTAM : Modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles.

MCR : Mega-city region.

MEDDE : Ministère de l'écologie et du développement durable.

MEEM : Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer.

NOTRe : Nouvelle organisation territoriale de la République.

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques.

OMNIL : Observatoire de la mobilité en Île-de-France.

ONU : Organisation des nations unies.

OST : Observatoire Statistique Transfrontalier.

PCS : Professions et catégories socioprofessionnelles.

PEM : Pourcentage de l'écart maximum.

PTU : Périmètre des transports urbains.

PU : Pôle urbain.

RATP : Régie autonome des transports parisiens.

SÉTRA : Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements.

SGCIV : Secrétariat général du comité interministériel des villes.

SNCF : Société nationale des chemins de fer français.

SRU : Solidarité et au renouvellement urbains.

SOeS : Service de l'observation et des statistiques.
STIF : Syndicat des transports d'Île-de-France.
TADEL : Transport accessibilité et développement économique local.
TAGV : Train apte à la grande vitesse.
TC: Transports collectifs.
TER : Transport express régional.
TET : Train d'équilibre du territoire.
TGV : Train à grande vitesse.
TIC : Technologies de l'information et de la communication.
TICPE : Taxe Intérieure de consommation sur les produits énergétiques.
TIPP : Taxe Intérieure de consommation sur les produits pétroliers.
TOD : Transit Oriented Development.
UTP : Union des transports publics.
VP : Voiture particulière.
ZAU : Zonage en aires urbaines.
ZPIU : Zone de peuplement industriel et urbain.

Table des matières

Remerciements.....	3
Sommaire.....	5
Introduction générale.....	7
Partie I Les actifs interurbains : enjeux de connaissance, enjeux de politiques publiques	17
Introduction de la partie I.....	19
Chapitre 1 Mobilité interurbaine : changer de périmètre pour analyser les déplacements liés au travail.....	21
Introduction du chapitre 1	21
1. Mutation des pratiques de la mobilité domicile-travail en France	23
1.1. La mobilité domicile-travail structurante de la mobilité quotidienne	23
1.2. Définir la ville : du périmètre communal à l'aire urbaine	27
1.3. Des différences de pratiques de mobilité entre individus et lieu de résidence	32
2. Les déplacements des actifs interurbains : quelle mobilité, quel périmètre ?	35
2.1. La mobilité interurbaine, une mobilité proche de la grande mobilité liée au travail....	35
2.2. Des aires urbaines aux systèmes urbains.....	39
3. Quatre enjeux identifiés de la mobilité interurbaine en France	41
3.1. Caractériser les profils des actifs interurbains et leurs pratiques de mobilité	41
3.2. Quantifier le poids des déplacements interurbains dans les émissions de GES liées aux déplacements pendulaires en France.....	44
3.2.1. La mobilité durable : l'usage de l'automobile en question	45
3.2.2. Le lieu de résidence, un élément explicatif des différences de contribution aux émissions de CO2.....	47
3.2.3. Quel poids des navetteurs interurbains dans les émissions de CO2 liées aux déplacements pendulaires en France ?.....	50
3.3. Réduire les émissions de GES des déplacements interurbains en France	51
3.3.1. Comment réduire les émissions de CO2 liées aux déplacements domicile-travail ?	52
3.3.2. Réduire l'usage de l'automobile par le report modal.....	54

3.3.3.	Les conséquences sociales des leviers de réduction des émissions de CO ₂	57
3.4.	Mettre en lumière les influences des territoires sur la mobilité interurbaine	59
3.4.1.	Hiéarchie urbaine : une lecture du différentiel d'offre de transport.....	60
3.4.2.	Géographie des flux de navetteurs interurbains : une lecture à partir des systèmes urbains	61
3.4.3.	Quelle collectivité territoriale « chef de file » de la mobilité interurbaine ?	63
	Conclusion du chapitre 1.....	66
Chapitre 2	Les actifs interurbains : une diversité de profils et de pratiques de mobilité	69
	Introduction du chapitre 2	69
1.	Déplacement interurbain : les raisons de cette forme de mobilité	70
1.1.	Un compromis pour accéder à l'emploi.....	71
1.2.	La mobilité quotidienne longue distance plutôt qu'un déménagement : les raisons de ce choix.....	74
1.2.1.	Un compromis familial : l'arbitrage avec le lieu d'emploi du conjoint.....	74
1.2.2.	L'attachement au lieu de résidence et au réseau social	75
1.2.3.	Le rôle du marché immobilier et du cadre de vie.....	76
1.3.	Identifier et caractériser les actifs interurbains en France : hypothèses et variables observées	77
2.	Les données mobilisées pour caractériser les actifs interurbains.....	79
2.1.	Quelles données disponibles les mieux adaptées à l'objectif de qualification des actifs interurbains ?.....	79
2.2.	Construction d'une base de données pour l'étude des navetteurs interurbains à partir du recensement de la population et du zonage en aires urbaines	81
2.2.1.	Modification sur le fichier « Zonage en Aires Urbaines 2010 ».....	82
2.2.2.	Jointure avec le fichier « Mobilité Professionnelle » du recensement.....	83
2.2.3.	Calibrage du périmètre d'étude des actifs interurbains	84
3.	Les navetteurs interurbains : une analyse nationale du profil d'actif et de déplacement....	85
3.1.	Travailler en dehors de l'aire urbaine de résidence : un phénomène non marginal et en progression	85
3.2.	Le grand mobile vers Paris : un cas minoritaire et particulier de la mobilité interurbaine	88
3.2.1.	12 % des actifs interurbains travaillent dans l'aire urbaine de Paris	88
3.2.2.	Caractérisation des interurbains travaillant à Paris	90

3.2.3.	Les spécificités des actifs allant travailler dans l'aire urbaine de Paris : un cas à part dans l'étude des interurbains	93
3.3.	Profils des grands navetteurs interurbains en France.....	95
3.3.1.	Délimitation du champ d'étude des actifs interurbains	95
3.3.2.	Les interurbains, une représentation plus forte des hommes, des cadres et des propriétaires	97
3.3.3.	Modes de transport et distance parcourue : l'usage de la voiture soulignée.....	99
3.4.	Une diversité de lieux de résidence, une homogénéité du lieu de travail	101
3.4.1.	Une diversité de lieux de résidence, le pôle urbain comme lieu de travail.....	102
3.4.2.	Quatre profils types à partir des liaisons des navetteurs interurbains	105
3.4.3.	Caractéristiques des quatre profils d'actifs interurbains	107
3.5.	Exercice de modélisation des facteurs explicatifs de mobilité interurbaine.....	111
3.5.1.	Choix des variables modélisées	111
3.5.2.	Les cadres motorisés ont plus de chance d'être actif interurbain	115
	Conclusion du chapitre 2.....	118

Chapitre 3 Quantification du volume des émissions de CO₂ liées aux déplacements domicile-travail des actifs interurbains des aires urbaines grandes et moyennes en France.....121

	Introduction du chapitre 3	121
1.	Comment mesurer les émissions de CO ₂ liées aux déplacements domicile-travail des actifs ?	123
1.1.	Le calcul des émissions à partir du recensement.....	123
1.2.	Modélisation d'un réseau national intermodal de transport.....	126
1.2.1.	Calibrage des vitesses du réseau routier.....	127
1.2.2.	Création du réseau ferroviaire et calibrage des vitesses de déplacement	131
1.2.3.	Création d'un réseau de transport intermodal national	140
1.3.	Modélisation des émissions de CO ₂	144
1.3.1.	Le calcul des facteurs d'émissions.....	145
1.3.2.	Deux méthodes de calcul des distances domicile-travail.....	148
1.3.3.	Le choix des modes de transport utilisés	150
1.4.	Modélisation de la fréquence de déplacement à partir de l'ENTD.....	154
1.4.1.	La prise en compte des fréquences de déplacement	155
1.4.2.	L'ENTD comme source sur les fréquences de déplacement domicile-travail...158	
1.4.3.	Les modèles de fréquence des déplacements domicile-travail.....	160

2. Mobilité interurbaine pendulaire : 9 % des actifs contribuent à hauteur de 29 % des émissions des déplacements	163
2.1. Un actif interurbain émet en moyenne quatre fois plus de CO ₂ qu'un intraurbain ...	163
2.2. Émissions de CO ₂ et profils d'actifs interurbains et intraurbains : des résultats qui bousculent les réflexions sur les « navetteurs-émetteurs » et les politiques de réduction des pollutions	167
Conclusion du chapitre 3.....	170
Conclusion de la partie I.....	172
Partie II Les déplacements des actifs interurbains : le report modal comme levier de réduction des émissions de CO ₂	175
Introduction de la partie II.....	177
Chapitre 4 Élaboration de scénarios permettant de mesurer des potentiels de report modal des déplacements des actifs interurbains	179
Introduction du chapitre 4	179
1. Influence du coût du temps de déplacement sur le choix du mode de transport	180
1.1. Méthodes de calcul du coût et du temps de déplacement des actifs interurbains.....	181
1.1.1. Le calcul du temps de transport des déplacements des actifs interurbains	181
1.1.2. Le calcul du coût de transport des déplacements des actifs interurbains	184
1.2. Les temps et coûts de déplacement des actifs interurbains en France	187
1.2.1. Des temps et des coûts de déplacements interurbains conformes à la littérature ...	187
1.2.2. Deux facteurs de variabilité des coûts et temps de déplacement : le type de profils de liaison d'actifs interurbains et la catégorie sociale	190
2. Quels leviers de réduction des émissions de CO ₂ pour les déplacements interurbains ?.....	192
2.1. Favoriser le report modal ou rester dans le système automobile ?.....	192
2.1.1. Améliorer les performances du système automobile – jouer sur l'offre	195
2.1.2. Améliorer les performances du système automobile – jouer sur la demande....	196
2.1.3. Favoriser le report modal – jouer sur l'offre	197
2.1.4. Favoriser le report modal – jouer sur la demande.....	198

2.2.	Mesure des potentiels de report modal : présentation des mesures testées	200
2.2.1.	S'éloigner du système automobile.....	201
2.2.2.	Mesurer à partir des lieux de résidence et d'emploi réels des actifs.....	201
2.2.3.	Une mesure à l'échelle de la France continentale.....	202
2.2.4.	Le cas particulier du covoiturage et du télétravail	202
2.3.	Six familles de scénarios mobilisés pour favoriser le report modal des déplacements pendulaires interurbains	204
2.3.1.	Famille de scénarios 1 : Augmenter les prix des carburants	205
2.3.2.	Famille de scénarios 2 : Augmenter la « taxe carbone ».....	206
2.3.3.	Famille de scénarios 3 : Diminuer le tarif des transports collectifs	208
2.3.4.	Famille de scénarios 4 : Diminuer les vitesses sur le réseau routier.....	210
2.3.5.	Famille de scénarios 5 : Limiter l'accès à la ville-centre.....	211
2.3.6.	Famille de scénarios 6 : Augmenter l'accessibilité à la gare la plus proche.....	213
2.3.7.	Combinaisons de dispositifs : scénarios volontaire, audacieux et de rupture	214
	Conclusion du chapitre 4.....	215

Chapitre 5 Potentiels de réduction des émissions de CO₂ des déplacements interurbains et conséquences sociales de ces politiques.....217

	Introduction du chapitre 5	217
1.	Création d'un modèle de choix discret pour estimer le potentiel de report des déplacements interurbains	218
1.1.	L'« utilité » mesurée par un modèle de « choix discret ».....	219
1.2.	Variables utilisées pour modéliser les choix individuels des actifs interurbains se déplaçant entre aires urbaines grandes et moyennes.....	221
1.3.	Principe du modèle de choix discret.....	222
1.4.	Estimations faites pour le calibrage du modèle de choix discret.....	223
1.4.1.	Calibrage des variables utilisées.....	223
1.4.2.	Calculs des fonctions d'utilité.....	224
1.4.3.	Calculs de la probabilité de prendre la voiture particulière	226
2.	Les résultats du modèle de référence : la probabilité des actifs interurbains d'utiliser la voiture particulière	227
3.	Report modal : d'importants potentiels de réduction des émissions de CO ₂	230
3.1.	Des familles de scénarios aux effets hétérogènes sur la réduction de l'usage de la voiture	230

3.1.1.	Trois familles de scénarios en faveur du report modal.....	231
3.1.2.	Trois familles de scénarios peu efficaces pour favoriser le report modal.....	232
3.2.	Des réductions d'émissions de CO ₂ variables selon les familles de scénarios.....	234
3.3.	Combiner des mesures pour un effet cumulatif.....	237
3.3.1.	L'accumulation de mesures permet de favoriser le report modal de nouveaux actifs interurbains.....	238
3.3.2.	Plus les mesures sont « fortes », plus le report modal est important.....	239
3.3.3.	Une réduction maximale des émissions de CO ₂ autour de 40 %.....	239
3.3.4.	Des réductions de CO ₂ importantes dès la mise en place de mesures volontaires..	240
4.	Les conséquences territoriales et sociales des politiques en faveur du report modal explorées selon différents scénarios.....	241
4.1.	Les relations vers le pôle urbain plus favorables au report modal	242
4.1.1.	Des profils aux potentiels de report modal très différents	242
4.1.2.	Les intercitadins ont le plus fort potentiel de réduction des émissions de CO ₂	244
4.1.3.	Des politiques de report modal davantage favorables financièrement aux actifs intercitadins.....	246
4.2.	Politiques de report modal et professions et catégories socioprofessionnelles : une amélioration environnementale, mais pas sans conséquence sociale.....	248
4.2.1.	Les cadres, plus sensibles aux politiques de report modal	249
4.2.2.	Les cadres, gagnants des politiques de réduction des émissions de CO ₂	250
4.3.	Lecture croisée des conséquences financières des politiques de report modal selon les PCS et les profils d'actifs interurbains.....	253
	Conclusion du chapitre 5.....	257

Chapitre 6	Les enjeux politiques de la mobilité pendulaire interurbaine : une lecture par la hiérarchie urbaine et les systèmes urbains	259
	Introduction du chapitre 6	259
1.	Des flux dans tous les sens : description des liaisons interurbaines.....	261
1.1.	Toutes les aires urbaines participent à la mobilité interurbaine	261
1.2.	Les déplacements les moins émetteurs dirigés vers les métropoles	264
1.2.1.	Un usage des transports collectifs surtout vers les métropoles.....	264
1.2.2.	Les déplacements vers les métropoles émettent en moyenne moins de CO ₂	267

1.3.	Des potentiels de réduction de l'usage de la voiture et de baisse des émissions différentes selon le type de liaison	268
1.3.1.	Le rôle de la desserte et de la fréquence dans l'usage des transports collectifs ..	268
1.3.2.	Les AU intermédiaires, actrices potentiellement majeures de réduction des émissions de CO ₂	270
2.	Les systèmes urbains en France : du périmètre fonctionnel au découpage institutionnel	272
2.1.	Mobilité et système urbain : état des lieux des travaux internationaux et français.....	272
2.1.1.	Les relations interurbaines, grille de lecture d'un espace fonctionnel en émergence	273
2.1.2.	Les systèmes urbains en France à partir du zonage en aire urbaine de 2010	274
2.2.	La mobilité interurbaine en France : la Région comme chef de file ?.....	279
2.2.1.	Une réflexion de la mobilité interurbaine déjà initiée	280
2.2.2.	Des périmètres régionaux en adéquation avec les périmètres des systèmes urbains	282
2.2.3.	Des dispositifs dans les mains de la Région	284
3.	Systèmes urbains : organisation interne, pratique de mobilité et potentiel de report modal.	287
3.1.	Diversité des organisations morphologiques des systèmes urbains en France	288
3.1.1.	Des périmètres fonctionnels plutôt légitimes pour l'étude des flux interurbains	288
3.1.2.	Des systèmes urbains aux organisations internes très diverses	291
3.1.3.	L'organisation morphologique interne de huit systèmes urbains.....	292
3.2.	Pratique de mobilité interurbaine et report modal : un essai de typologie des systèmes urbains.....	294
3.2.1.	La mobilité interurbaine de huit systèmes urbains : trois modèles de flux.....	295
3.2.2.	Des potentiels de réduction des émissions de CO ₂ variables	307
	Conclusion de la partie II	312
	Conclusion générale	315
	Bibliographie	327
	Sigles et Acronymes	349

Table des matières.....	353
Table des cartes.....	361
Table des figures.....	363
Table des tableaux.....	365
Table des annexes.....	367

Table des cartes

Carte 1 Le zonage en aires urbaines de 2010.....	31
Carte 2 Lieu de résidence des actifs travaillant dans l'aire urbaine de Paris et part travaillant dans la commune de Paris.....	89
Carte 3 Aires urbaines grandes et moyennes du périmètre d'étude des actifs interurbains.....	96
Carte 4 Répartition spatiale des navetteurs interurbains en France et au sein des aires urbaines de résidence	103
Carte 5 Destinations en France et en Europe des TAGV	134
Carte 6 Destinations en France des trains Intercités/TET.....	135
Carte 7 Représentation du réseau ferroviaire construit distinguant trois types de tronçons.....	139
Carte 8 Répartition spatiale des trois catégories d'aires urbaines grandes et moyennes	262
Carte 9 Flux des navetteurs interurbains entre aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris)	276
Carte 10 La France des systèmes urbains vue sous l'angle des flux pendulaires (hors Paris).....	277
Carte 11 Systèmes urbains et limites des régions administratives.....	282
Carte 12 Systèmes urbains et réseau d'infrastructures ferroviaires en France	284
Carte 13 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Toulouse	297
Carte 14 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Rennes.....	298
Carte 15 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Clermont-Ferrand.....	299
Carte 16 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Lyon	300
Carte 17 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Marseille.....	301
Carte 18 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Dijon	302
Carte 19 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Lille	303
Carte 20 Flux de déplacements des navetteurs interurbains internes aux systèmes urbains de Nancy	304

Table des figures

Figure 1 Quatre formes de mobilité spatiale.....	24
Figure 2 Répartition des actifs selon la distance du trajet pour se rendre au travail (en %).....	26
Figure 3 Modélisation graphique du schéma de l'aire urbaine	32
Figure 4 La place de la grande mobilité liée au travail dans le système de mobilité spatiale.....	37
Figure 5 Répartition des émissions de CO ₂ et des personnes selon le mode de transport.	47
Figure 6 Consommation énergétique et densité de population des métropoles mondiales (1980)	48
Figure 7 Émissions de CO ₂ par habitant en fonction du PIB par habitant dans le monde (2002)	57
Figure 8 Positionnement des trajets interurbains parmi les collectivités territoriales en charge de différents types de trajets.....	64
Figure 9 Schéma des liaisons et de la répartition des actifs sortants des aires urbaines grandes et moyennes.....	86
Figure 10 Répartition des actifs et fréquences cumulées des classes de distances.....	100
Figure 11 Part modale du mode de transport principal des actifs interurbains.....	101
Figure 12 Modélisation graphique des types de liaisons entre deux aires urbaines	104
Figure 13 Modélisation graphique et poids des quatre profils d'actifs interurbains en France ...	106
Figure 14 Modélisation graphique des quatre profils d'actifs intraurbains en France	107
Figure 15 Schéma des étapes de la méthode et des bases de données mobilisées pour le calcul des émissions de CO ₂ des déplacements des actifs français	125
Figure 16 Création des connecteurs virtuels entre centroïdes des communes et nœuds du réseau	129
Figure 17 Création de trois couches de vitesses à partir du réseau ferré Route 500	133
Figure 18 Modification manuelle des nœuds du réseau Intercités communs au réseau TER	137
Figure 19 Étapes de création d'un réseau ferré composé de trois couches de tronçons.....	137
Figure 20 Étapes de création manuelle des segments supprimés par la procédure de jointure ..	138
Figure 21 Exemple sur une commune des étapes de création d'un réseau intermodal de transport	141
Figure 22 Courbes d'émissions de CO ₂ en automobile en fonction de la vitesse et du type de carburant.....	146
Figure 23 Type de liaisons, mode de transport attribué et méthode de calcul de la distance utilisée.....	153

Figure 24 Part des personnes rentrant habituellement déjeuner chez elles selon la durée du trajet du domicile au lieu de travail en 1967	157
Figure 25 Sélection des individus de l'ENTD pris en compte dans le modèle de fréquence.....	159
Figure 26 Répartition des actifs interurbains et de leurs émissions de CO ₂ en fonction de classes de distances	166
Figure 27 Répartition des émissions de CO ₂ des déplacements domicile-travail entre les actifs interurbains et les quatre profils d'intraurbains.....	168
Figure 28 Schéma de calcul des temps de déplacement en transports collectifs.....	183
Figure 29 Coût et temps de déplacements des actifs interurbains en France en fonction du mode de transport	189
Figure 30 Hypothèses des courbes de production du pétrole (courbe de Hubbert)	205
Figure 31 Hypothèses de prix de la tonne de carbone, par région et scénario (AIE).....	207
Figure 32 Part modale de la voiture particulière pour les déplacements interurbains en fonction des scénarios.....	230
Figure 33 Conséquences des scénarios sur le volume d'émissions de CO ₂ liées aux déplacements pendulaires interurbains.....	235
Figure 34 Conséquences des trois scénarios combinés sur la part modale VP et les émissions de CO ₂	238
Figure 35 Conséquences des scénarios combinés sur les émissions de CO ₂ en fonction des quatre profils d'actifs interurbains	245
Figure 36 Conséquences des scénarios sur l'évolution du coût moyen d'un trajet pour chaque profession et catégorie socioprofessionnelle.....	251
Figure 37 Part modale de la voiture particulière selon les liaisons entre aires urbaines de niveaux hiérarchiques différents (scénario volontaire)	269
Figure 38 Modèles d'organisation des flux interurbains à l'intérieur d'un système urbain	305

Table des tableaux

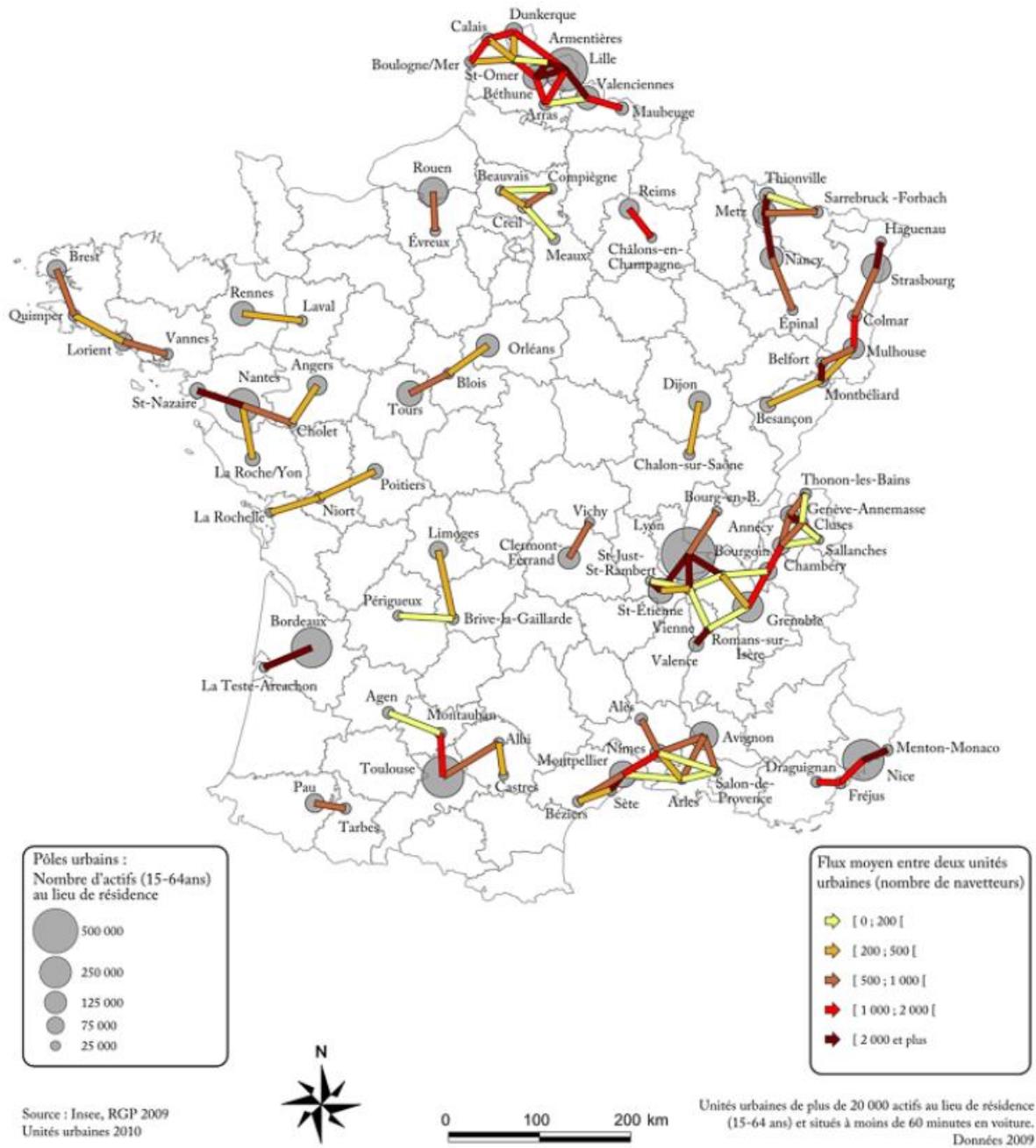
Tableau 1 Caractéristiques individuelles et comportements de déplacement (2010).....	33
Tableau 2 Synthèse des valeurs choisies pour définir la grande mobilité liée au travail.....	36
Tableau 3 Typologie des flux pendulaires internes à un espace fonctionnel.....	62
Tableau 4 Évolution du nombre d'actifs sortants depuis 1982	86
Tableau 5 Caractéristiques individuelles des navetteurs interurbains vers Paris	91
Tableau 6 Caractéristiques individuelles des actifs interurbains en France (hors Paris)	97
Tableau 7 Répartition des navetteurs interurbains selon leurs lieux de résidence et d'emploi ...	104
Tableau 8 Comparatif des caractéristiques des quatre profils d'actifs interurbains et d'actifs intraurbains.....	108
Tableau 9 Résultats de la régression logistique : être ou ne pas être actif interurbain (hors Paris)	114
Tableau 10 Caractéristiques des déplacements domicile-travail des résidents des aires urbaines grandes et moyennes en France	121
Tableau 11 Vitesses affectées selon une typologie de tronçons routiers	130
Tableau 12 Réduction du nombre de nœuds et de tronçons par la procédure de simplification des réseaux.....	136
Tableau 13 Vitesses affectées selon un typologie de tronçons ferrés	139
Tableau 14 Pénalités de temps affectées selon une typologie de transferts entre tronçons	143
Tableau 15 Facteurs d'émissions utilisés pour les déplacements en transports collectifs	147
Tableau 16 Probabilités en sortie du modèle de fréquence hebdomadaire.....	161
Tableau 17 Répartition du volume des émissions de CO ₂ des déplacements pendulaires des actifs résidents des aires urbaines grandes et moyennes (hors Paris).....	164
Tableau 18 Répartition des émissions de CO ₂ des déplacements domicile-travail des actifs interurbains et intraurbains en fonction des profils de mobilité	169
Tableau 19 Valeurs des coûts kilométriques d'usage de la voiture particulière	185
Tableau 20 Valeurs des coûts kilométriques d'usage des transports collectifs	186
Tableau 21 Coûts et temps moyen et médian d'un trajet interurbain en France en fonction du mode de transport	188
Tableau 22 Coûts et temps moyen et médian d'un trajet interurbain en France en fonction des professions et catégories socioprofessionnelles	190
Tableau 23 Coûts et temps moyen et médian d'un trajet interurbain en France en fonction des professions et catégories socioprofessionnelles	191

Tableau 24 Synthèse des principales mesures visant à réduire les émissions de CO ₂ lié aux déplacements.....	194
Tableau 25 Tarifs des péages urbains dans plusieurs villes du monde (euros 2011)	212
Tableau 26 Synthèse des valeurs choisies pour les différents scénarios	215
Tableau 27 Variables propres au déplacement permettant de calculer les fonctions d'utilité en voiture particulière et en transports collectifs (D'après CEREMA, 2015)	220
Tableau 28 Résultats de la régression logistique sur la probabilité d'utiliser une voiture particulière pour la réalisation d'un déplacement interurbain.....	228
Tableau 29 Part modale de la VP des profils d'interurbains en fonction des scénarios combinés	242
Tableau 30 Part modale de la VP par PCS en fonction des scénarios combinés.....	249
Tableau 31 Évolution de la part modale de la voiture particulière des cadres et ouvriers des quatre profils d'interurbains en fonction de scénarios de report modal	254
Tableau 32 Évolution des émissions de CO ₂ des déplacements pendulaires des cadres et ouvriers des quatre profils d'interurbains en fonction de scénarios de report modal	255
Tableau 33 Évolution du coût moyen de déplacement domicile-travail des cadres et ouvriers des quatre profils d'interurbains en fonction de scénarios de report modal	256
Tableau 34 Répartition des lieux de résidences et de travail des navetteurs interurbains selon la hiérarchie urbaine	263
Tableau 35 Distance moyenne à vol d'oiseau des déplacements pendulaires des actifs interurbains en fonction de la hiérarchie urbaine	265
Tableau 36 Part modale des transports collectifs dans les déplacements des actifs interurbains en fonction du type de liaisons de la hiérarchie interurbaine.	266
Tableau 37 Émission moyenne de CO ₂ , par kilomètre, des navetteurs interurbains en fonction de la hiérarchie urbaine.....	267
Tableau 38 Populations et actifs des 44 systèmes urbains.....	290
Tableau 39 Caractéristiques de mobilités des navetteurs interurbains de huit systèmes urbains	295
Tableau 40 Conséquence du scénario volontaire sur la part modale, les émissions de CO ₂ et le coût de trajet.....	307
Tableau 41 Temps de parcours simulés et constatés sur cinq liaisons ferroviaires témoins	378
Tableau 42 Temps de parcours constaté sur seize liaisons routières témoins	379

Table des annexes

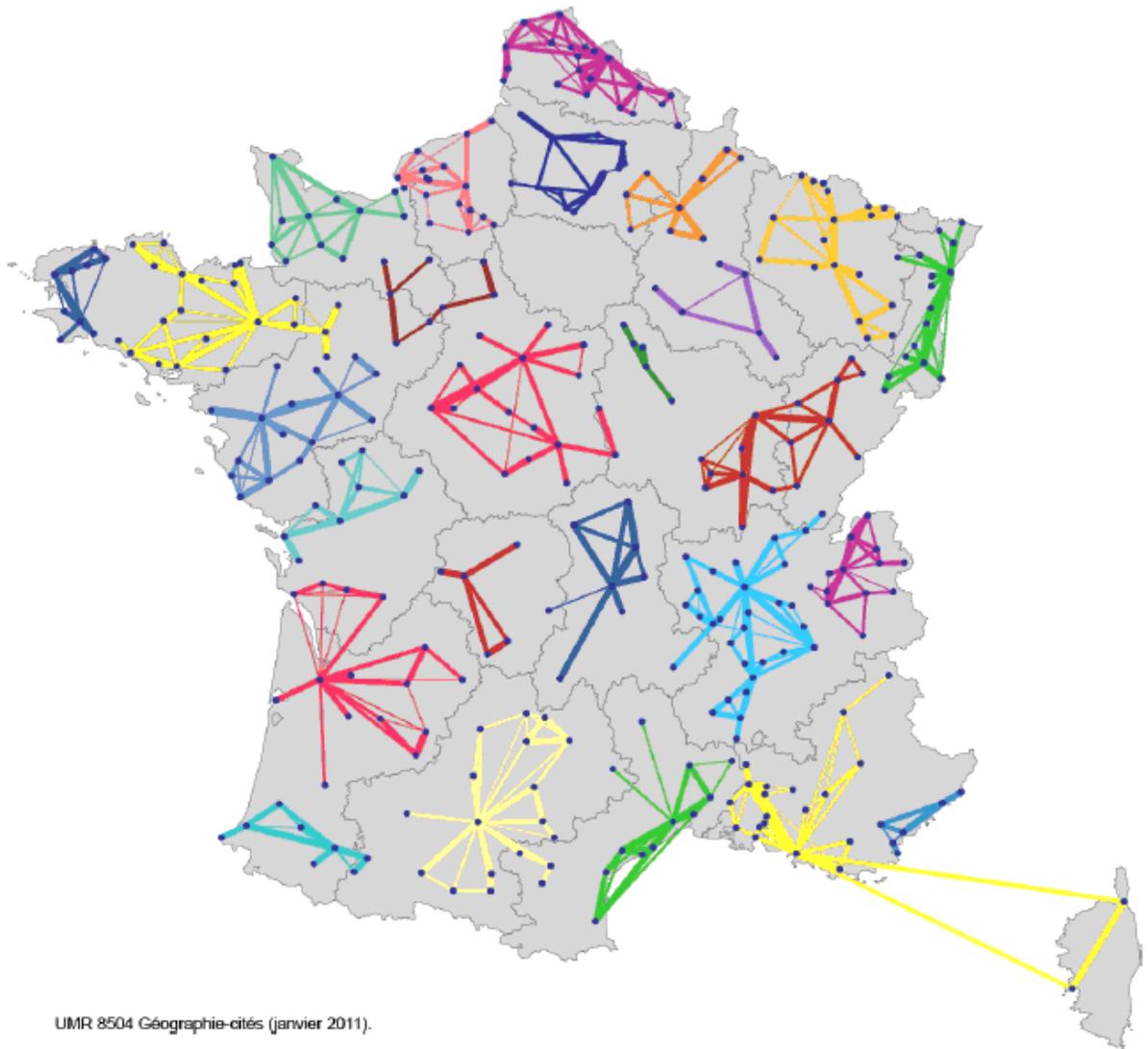
Annexe 1 Les flux domicile-travail entre les principaux pôles urbains en 2009.....	368
Annexe 2 La France des 26 systèmes urbains de proximité, hors Paris.....	369
Annexe 3 Carte de l'évolution de l'emploi des aires urbaines entre 1999 et 2008.....	370
Annexe 4 Carte de la typologie des aires urbaines selon la surreprésentation de certaines professions et catégories socioprofessionnelles en 2008.....	371
Annexe 5 Carte des enquêtes déplacements standard CERTU (2015)	372
Annexe 6 Corrélations entre les variables explicatives de la régression logistique : être ou ne pas être actif interurbain.....	373
Annexe 7 Tableaux des régressions logistiques : être ou ne pas être interurbain pour les quatre profils identifiés	374
Annexe 8 Validation du calibrage des vitesses du réseau intermodal.....	378
Annexe 9 Modalités des variables utilisées dans le modèle de fréquences hebdomadaires et quotidiennes	380
Annexe 10 Valeurs des coûts kilométriques d'usage de la voiture particulière pour les trois modalités des scénarios d'augmentation des prix des carburants.....	381
Annexe 11 Les onze méga-régions États-Uniennes.....	382
Annexe 12 La France des systèmes interurbains de portées régionales et interrégionales	383
Annexe 13 Jointure et intégration des systèmes urbains dans la base de données du recensement	384
Annexe 14 Compositions des systèmes urbains selon le nombre et les tailles d'aires urbaines...385	
Annexe 15 Courbes de la loi rang-taille et indicateur du degré de polycentrisme fonctionnel des systèmes urbains	386

Annexe 1 Les flux domicile-travail entre les principaux pôles urbains en 2009



Source : Gingembre, Baude (2014, §10).

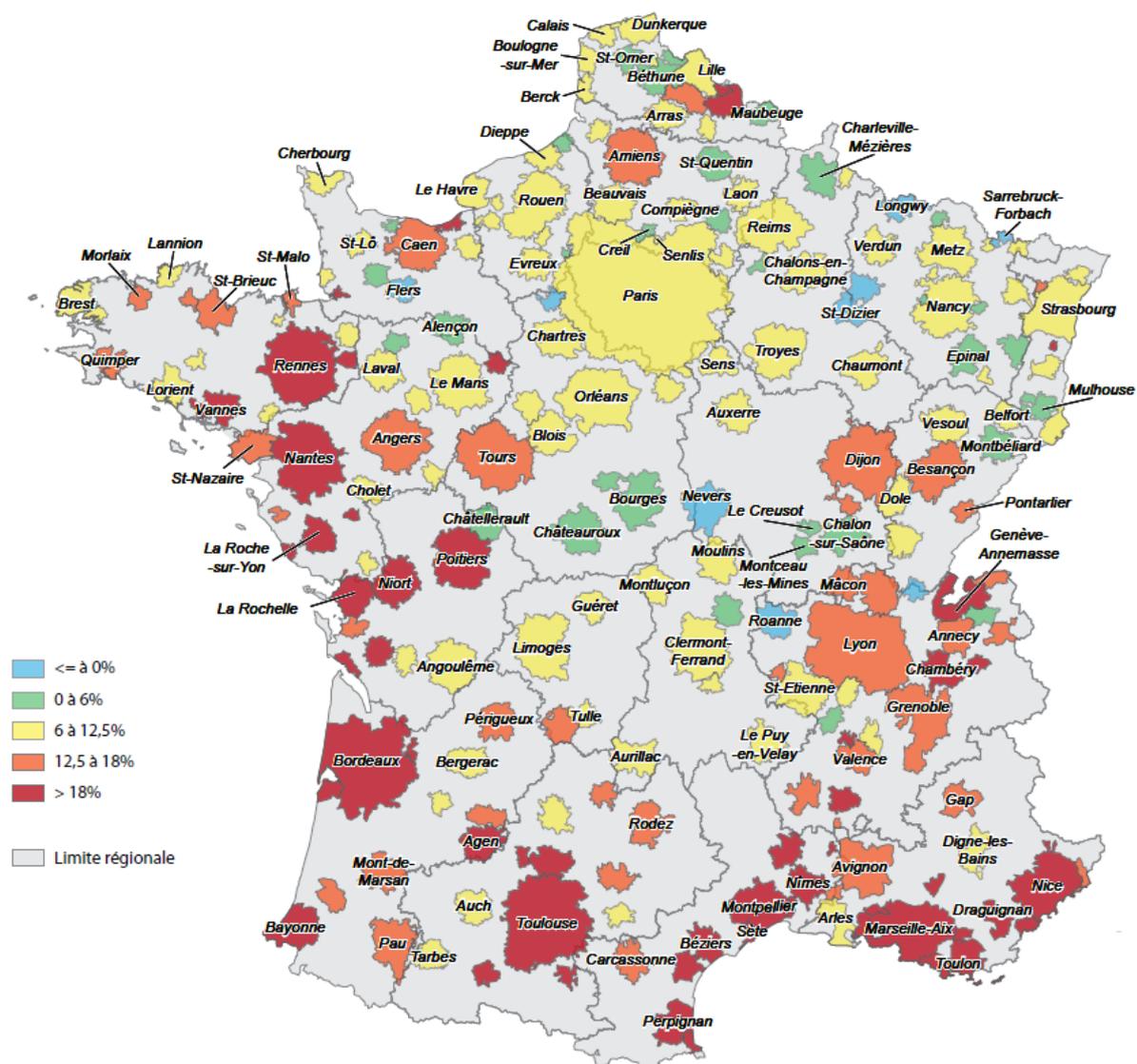
Annexe 2 La France des 26 systèmes urbains de proximité, hors Paris



UMR 8504 Géographie-cités (janvier 2011).

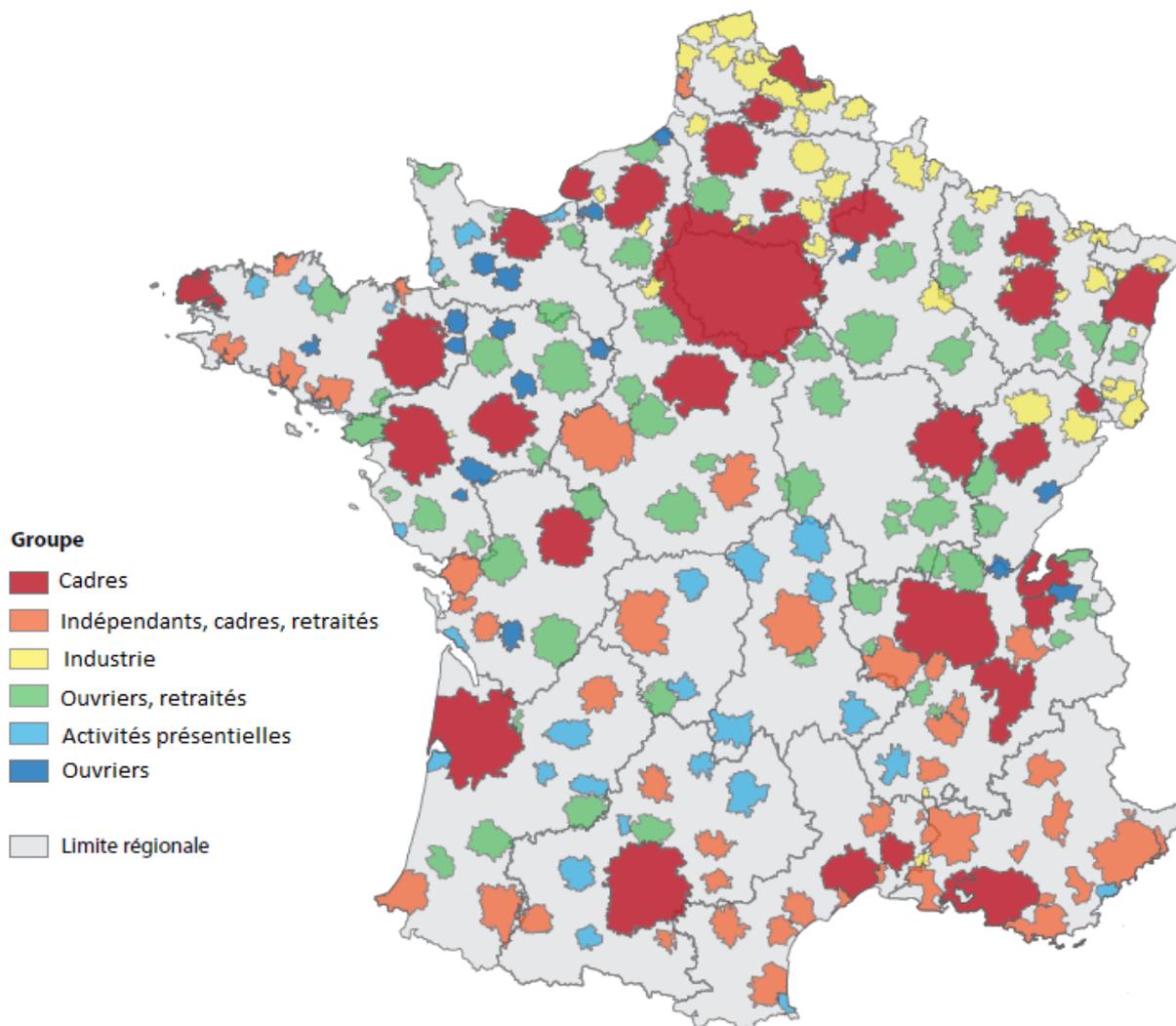
Source : Berroir *et al.* (2012, p.36)

Annexe 3 Carte de l'évolution de l'emploi des aires urbaines entre 1999 et 2008



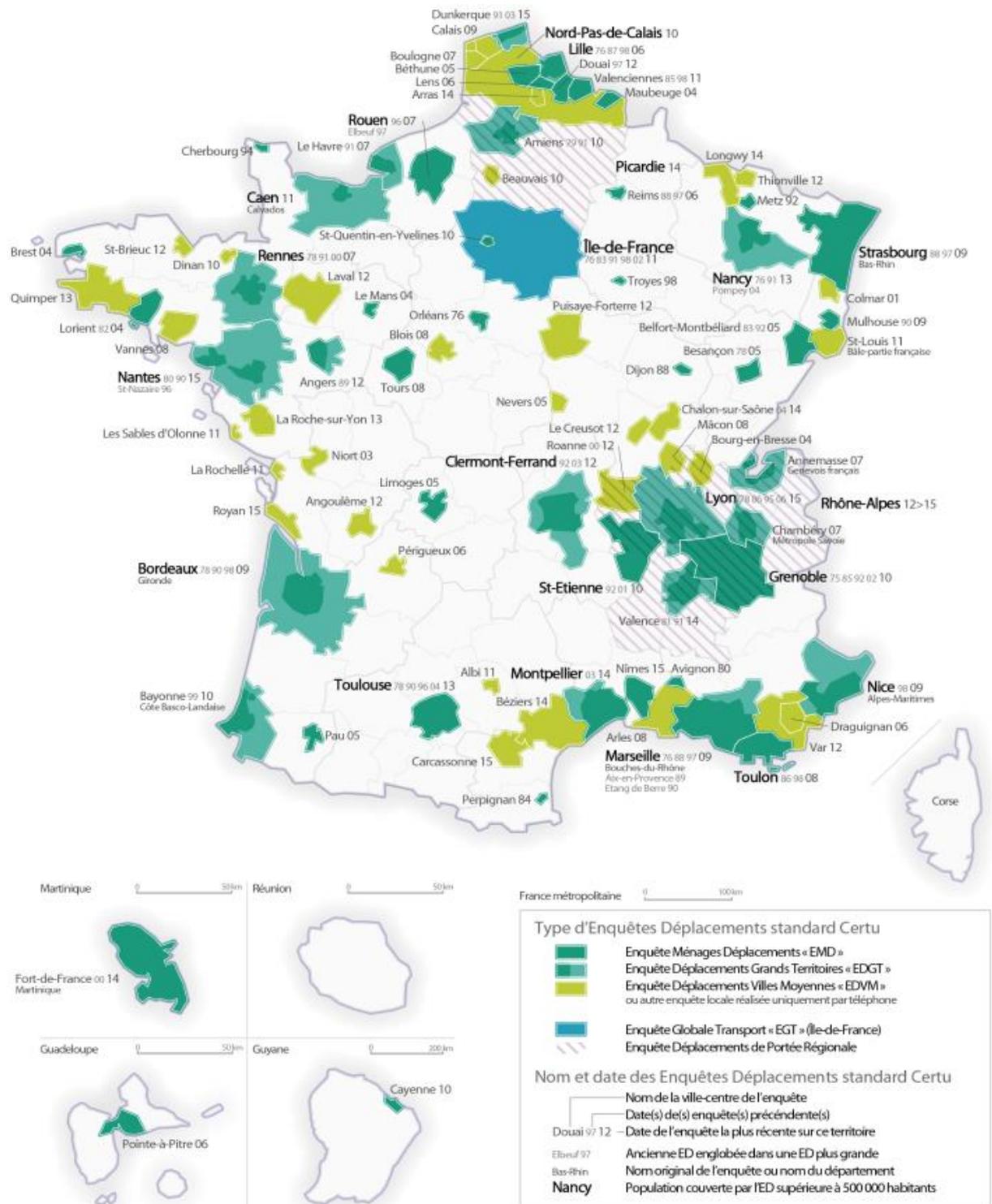
Source : FNAU (2012, p.6)

Annexe 4 Carte de la typologie des aires urbaines selon la surreprésentation de certaines professions et catégories socioprofessionnelles en 2008



Source : FNAU (2012, p.8)

Annexe 5 Carte des enquêtes déplacements standard CERTU (2015)



Source : site du CEREMA, http://www.territoires-ville.cerema.fr/IMG/jpg/enquete-carte_cle08dfa7.jpg, consulté le 15 juin 2016.

Annexe 6 Corrélation entre les variables explicatives de la régression logistique : être ou ne pas être actif interurbain.

Variables	V de Cramer	Variables	V de Cramer
TYPL2 * VOIT_2	0,667	NA5 * TYPL2	0,079
TYPL2 * INPSM_2	0,618	TP * VOIT_2	0,079
CS1 * EMPL_2	0,596	INPSM_2 * FU_2010_LR	0,078
INPSM_2 * VOIT_2	0,587	DIPL_2 * VOIT_2	0,077
TAU2010_2_LR * TSAU_3_LR	0,537	INPSM_2 * EMPL_2	0,076
STOCD_2 * TYPL2	0,509	DIPL_2 * TP	0,075
STOCD_2 * VOIT_2	0,454	AGE_2 * FU_2010_LR	0,075
CS1 * SEXE	0,435	NA5 * STOCD_2	0,073
CS1 * NA5	0,419	CS1 * TYPMR_2	0,073
TYPMR_2 * VOIT_2	0,398	DIPL_2 * STOCD_2	0,070
STOCD_2 * INPSM_2	0,384	CS1 * TAU2010_2_LR	0,069
TYPL2 * TYPMR_2	0,363	DIPL_2 * FU_2010_LR	0,069
TYPMR_2 * INPSM_2	0,337	AGE_2 * NA5	0,067
CS1 * DIPL_2	0,336	DIPL_2 * TAU2010_2_LR	0,065
NA5 * SEXE	0,328	CS1 * VOIT_2	0,064
TYPL2 * FU_2010_LR	0,320	CS1 * TSAU_3_LR	0,063
SEXE * TP	0,289	TP * TYPMR_2	0,060
AGE_2 * EMPL_2	0,269	EMPL_2 * FU_2010_LR	0,060
STOCD_2 * TYPMR_2	0,268	DIPL_2 * TYPL2	0,060
AGE_2 * INPSM_2	0,237	DIPL_2 * TSAU_3_LR	0,059
CS1 * TP	0,219	DIPL_2 * EMPL_2	0,051
VOIT_2 * FU_2010_LR	0,211	NA5 * TAU2010_2_LR	0,049
TP * EMPL_2	0,208	SEXE * INPSM_2	0,049
STOCD_2 * FU_2010_LR	0,207	SEXE * VOIT_2	0,046
AGE_2 * STOCD_2	0,203	NA5 * TYPMR_2	0,044
NA5 * EMPL_2	0,187	SEXE * TYPL2	0,043
AGE_2 * TYPL2	0,179	NA5 * VOIT_2	0,043
SEXE * TYPMR_2	0,167	NA5 * TSAU_3_LR	0,041
TAU2010_2_LR * FU_2010_LR	0,159	VOIT_2 * TAU2010_2_LR	0,040
TYPMR_2 * FU_2010_LR	0,156	DIPL_2 * INPSM_2	0,037
NA5 * TP	0,155	SEXE * STOCD_2	0,034
AGE_2 * DIPL_2	0,151	STOCD_2 * TAU2010_2_LR	0,034
STOCD_2 * EMPL_2	0,136	NA5 * INPSM_2	0,032
AGE_2 * TYPMR_2	0,131	VOIT_2 * TSAU_3_LR	0,032
CS1 * STOCD_2	0,127	STOCD_2 * TSAU_3_LR	0,032
TYPL2 * TAU2010_2_LR	0,119	CS1 * INPSM_2	0,029
TYPL2 * EMPL_2	0,118	STOCD_2 * TP	0,027
DIPL_2 * NA5	0,115	AGE_2 * TAU2010_2_LR	0,026
TYPL2 * TSAU_3_LR	0,111	AGE_2 * SEXE	0,023
AGE_2 * TP	0,111	TYPMR_2 * TSAU_3_LR	0,022
SEXE * EMPL_2	0,110	EMPL_2 * TAU2010_2_LR	0,021
EMPL_2 * VOIT_2	0,110	AGE_2 * TSAU_3_LR	0,021
NA5 * FU_2010_LR	0,104	TYPMR_2 * TAU2010_2_LR	0,016
DIPL_2 * SEXE	0,101	EMPL_2 * TSAU_3_LR	0,015
TYPMR_2 * EMPL_2	0,098	INPSM_2 * TAU2010_2_LR	0,014
CS1 * FU_2010_LR	0,095	SEXE * FU_2010_LR	0,012
FU_2010_LR * TSAU_3_LR	0,093	INPSM_2 * TSAU_3_LR	0,011
AGE_2 * CS1	0,093	TP * FU_2010_LR	0,010
TP * INPSM_2	0,086	TP * TSAU_3_LR	0,009
DIPL_2 * TYPMR_2	0,085	TP * TAU2010_2_LR	0,007
CS1 * TYPL2	0,083	SEXE * TSAU_3_LR	0,004
AGE_2 * VOIT_2	0,079	TP * TYPL2	0,004
		SEXE * TAU2010_2_LR	0,003

Source : recensement 2010, fichier « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

Liste des variables :

AGE_2 : Âge ; CS1 : Profession et catégorie socioprofessionnelle ; DIPL_2 : Niveau de diplôme ; EMPL_2 : Condition d'emploi ; FU_2010_LR : Type de tissu de résidence ; INPSM_2 : Nombre de personnes scolarisées ; NA5 : Secteur d'activité ; SEXE : Genre ; STOCD_2 : Statut d'occupation du logement ; TAU2010_2_LR : Population de l'aire urbaine de résidence ; TP : Temps de travail ; TSAU_3_LR : Superficie de l'aire urbaine de résidence ; TYPL2 : Type de logement ; TYPMR_2 : Type de ménage ; VOIT_2 : nombre de voitures.

Annexe 7a Tableaux des régressions logistiques : être ou ne pas être interurbain pour les quatre profils identifiés

Intercitadins

Variab (entre parenthèses, la modalité de référence)	Coefficient	Probabilité (%)	Écart à la référence (%)
Âge (Entre 30 et 40 ans)			
Moins de 20 ans	0,2039***	2,50	0,45
Entre 20 et 30 ans	0,1536***	2,38	0,33
Entre 40 et 50 ans	-0,1407***	1,78	-0,26
Plus de 50 ans	-0,2839***	1,55	-0,50
Catégorie socioprofessionnelle (Employé)			
Agriculteur	0,2861***	2,71	0,66
Artisans, commerçant	0,5217***	3,40	1,35
Cadre	0,8135***	4,50	2,45
Profession intermédiaire	0,4667***	3,22	1,18
Ouvrier	0,1548***	2,38	0,33
Niveau d'étude (Diplôme du supérieur)			
Brevet des collèges	-0,6967***	1,03	-1,02
CAP/BEP	-0,5912***	1,14	-0,90
Baccalauréat	-0,2744***	1,56	-0,48
Secteur d'activité (Commerce)			
Agriculture	-0,3663***	1,43	-0,62
Industrie	0,0164°	2,08	0,03
Construction	0,1899***	2,46	0,42
Administration, enseignement	-0,1122***	1,83	-0,21
Genre (Homme)			
Femme	-0,3874***	1,40	-0,65
Statut d'occupation du logement (Propriétaire)			
Locataire	-0,0447***	1,96	-0,09
Autre	-0,6153***	1,12	-0,93
Temps de travail (Temps complet)			
Temps partiel	-0,1279***	1,81	-0,24
Type de logement (Maison)			
Appartement	-0,0248***	2,00	-0,05
Autre	-0,1478**	1,77	-0,28
Type de ménage (Famille couple biactif)			
Personne seule	-0,0726***	1,91	-0,14
Famille monoparentale	-0,0551***	1,94	-0,11
Famille couple monoactif	-0,00518	2,04	-0,01
Autres	0,1282***	2,32	0,27
Nombre de personnes scolarisées (Aucune)			
Une	0,0212**	2,09	0,04
Deux ou plus	-0,0756***	1,90	-0,15
Condition d'emploi (Contrat à durée indéterminée)			
Contrat à durée déterminée	0,2185***	2,53	0,49
Non-salarié	-1,1598***	0,65	-1,40
Nombre de voitures (Deux ou plus)			
Aucune	-0,6033***	1,13	-0,92
Une	-0,276***	1,56	-0,49
Population l'AU de résidence (Plus de 500 000 habitants)			
Moins de 50 000 habitants	0,8319***	4,58	2,53
Entre 50 000 et 200 000 habitants	0,4771***	3,26	1,21
Entre 200 000 et 500 000 habitants	0,4787***	3,26	1,22
Superficie de l'AU de résidence (Plus de 2 000 km ²)			
Moins de 500 km ²	1,2441***	6,76	4,71
Entre 500 km ² et 1 000 km ²	0,6189***	3,73	1,69
Entre 1 000 km ² et 2 000 km ²	0,4254***	3,10	1,05
Taux de chômage dans l'AU de résidence	0,0475***	2,14	0,10
Évolution de l'emploi au lieu de travail de l'AU de travail	0,0176***	2,08	0,04
Constante	-3,8683***	2,047	

*** significatif à 0,0001 ; ** à 0,001 ; * à 0,01 ; ° à 0,1 ; sinon significativité inférieure.

Source : recensement population 2010, « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

Annexe 7b Tableaux des régressions logistiques : être ou ne pas être interurbain pour les quatre profils identifiés

Interpolitains

Variabiles (entre parenthèses, la modalité de référence)	Coefficient	Probabilité (%)	Écart à la référence (%)
Âge (Entre 30 et 40 ans)			
Moins de 20 ans	0,0943***	1,17	0,10
Entre 20 et 30 ans	0,1262***	1,21	0,14
Entre 40 et 50 ans	-0,1422***	0,93	-0,14
Plus de 50 ans	-0,2498***	0,84	-0,23
Catégorie socioprofessionnelle (Employé)			
Agriculteur	-0,3246***	0,78	-0,29
Artisans, commerçant	0,3811***	1,56	0,49
Cadre	0,5863***	1,91	0,84
Profession intermédiaire	0,3528***	1,52	0,45
Ouvrier	0,0659***	1,14	0,07
Niveau d'étude (Diplôme du supérieur)			
Brevet des collèges	-0,4892***	0,66	-0,41
CAP/BEP	-0,4257***	0,70	-0,37
Baccalauréat	-0,1981***	0,88	-0,19
Secteur d'activité (Commerce)			
Agriculture	-0,5875***	0,60	-0,47
Industrie	-0,0142*	1,06	-0,01
Construction	0,0484***	1,12	0,05
Administration, enseignement	-0,2181***	0,86	-0,21
Genre (Homme)			
Femme	-0,4011***	0,72	-0,35
Statut d'occupation du logement (Propriétaire)			
Locataire	0,00246	1,07	0,00
Autre	-0,2091***	0,87	-0,20
Temps de travail (Temps complet)			
Temps partiel	-0,2135***	0,87	-0,20
Type de logement (Maison)			
Appartement	-0,0766***	0,99	-0,08
Autre	-0,0568°	1,01	-0,06
Type de ménage (Famille couple biactif)			
Personne seule	-0,0664***	1,00	-0,07
Famille monoparentale	0,0022	1,07	0,00
Famille couple monoactif	0,0215***	1,09	0,02
Autres	0,069***	1,15	0,08
Nombre de personnes scolarisées (Aucune)			
Une	-0,0241***	1,05	-0,03
Deux ou plus	-0,0777***	0,99	-0,08
Condition d'emploi (Contrat à durée indéterminée)			
Contrat à durée déterminée	0,0617***	1,14	0,07
Non-salarié	-1,0514***	0,38	-0,69
Nombre de voitures (Deux ou plus)			
Aucune	-0,5228***	0,64	-0,43
Une	-0,1736***	0,90	-0,17
Population l'AU de résidence (Plus de 500 000 habitants)			
Moins de 50 000 habitants	0,6265***	1,98	0,91
Entre 50 000 et 200 000 habitants	0,0658***	1,14	0,07
Entre 200 000 et 500 000 habitants	0,4217***	1,62	0,55
Superficie de l'AU de résidence (Plus de 2 000 km ²)			
Moins de 500 km ²	2,2681***	9,46	8,39
Entre 500 km ² et 1 000 km ²	1,4569***	4,44	3,37
Entre 1 000 km ² et 2 000 km ²	0,9802***	2,80	1,73
Taux de chômage dans l'AU de résidence	0,0976***	1,18	0,11
Évolution de l'emploi au lieu de travail de l'AU de travail	0,0422***	1,12	0,05
Constante	-4,5265***	1,070	

*** significatif à 0,0001 ; ** à 0,001 ; * à 0,01 ; ° à 0,1 ; sinon significativité inférieure.

Source : recensement population 2010, « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

Annexe 7c Tableaux des régressions logistiques : être ou ne pas être interurbain pour les quatre profils identifiés

Périurbains			
Variables (entre parenthèses, la modalité de référence)	Coefficient	Probabilité (%)	Écart à la référence (%)
Âge (Entre 30 et 40 ans)			
Moins de 20 ans	0,1018***	14,15	1,19
Entre 20 et 30 ans	0,0771***	13,85	0,89
Entre 40 et 50 ans	-0,1094***	11,77	-1,18
Plus de 50 ans	-0,1808***	11,05	-1,91
Catégorie socioprofessionnelle (Employé)			
Agriculteur	0,5591***	20,66	7,70
Artisans, commerçant	0,5267***	20,13	7,17
Cadre	0,4926***	19,59	6,63
Profession intermédiaire	0,2917***	16,62	3,66
Ouvrier	0,1166***	14,33	1,37
Niveau d'étude (Diplôme du supérieur)			
Brevet des collèges	-0,2521***	10,37	-2,59
CAP/BEP	-0,2435***	10,45	-2,51
Baccalauréat	-0,1672***	11,18	-1,77
Secteur d'activité (Commerce)			
Agriculture	0,2979***	16,70	3,75
Industrie	0,0753***	13,83	0,87
Construction	0,0667***	13,73	0,77
Administration, enseignement	-0,0318***	12,60	-0,35
Genre (Homme)			
Femme	-0,2803***	10,11	-2,85
Statut d'occupation du logement (Propriétaire)			
Locataire	0,0657***	13,72	0,76
Autre	0,2628***	16,22	3,26
Temps de travail (Temps complet)			
Temps partiel	-0,039***	12,52	-0,43
Type de logement (Maison)			
Appartement	0,00574	13,02	0,06
Autre	0,0886°	13,99	1,03
Type de ménage (Famille couple biactif)			
Personne seule	-0,0551***	12,35	-0,61
Famille monoparentale	0,0425***	13,44	0,49
Famille couple monoactif	0,0623***	13,68	0,72
Autres	0,1545***	14,80	1,84
Nombre de personnes scolarisées (Aucune)			
Une	-0,0587***	12,31	-0,65
Deux ou plus	-0,1092***	11,77	-1,18
Condition d'emploi (Contrat à durée indéterminée)			
Contrat à durée déterminée	0,3137***	16,92	3,97
Non-salarié	-0,3103***	9,84	-3,12
Nombre de voitures (Deux ou plus)			
Aucune	0,0484°	13,51	0,56
Une	0,0033	12,99	0,04
Population l'AU de résidence (Plus de 500 000 habitants)			
Moins de 50 000 habitants	-0,8652***	5,90	-7,06
Entre 50 000 et 200 000 habitants	-0,7008***	6,88	-6,08
Entre 200 000 et 500 000 habitants	-0,4411***	8,74	-4,22
Superficie de l'AU de résidence (Plus de 2 000 km ²)			
Moins de 500 km ²	1,1704***	32,42	19,47
Entre 500 km ² et 1 000 km ²	0,7902***	24,70	11,74
Entre 1 000 km ² et 2 000 km ²	0,4623***	19,12	6,16
Taux de chômage dans l'AU de résidence	0,013***	13,10	0,15
Évolution de l'emploi au lieu de travail de l'AU de travail	-0,0736***	12,15	-0,81
Constante	-1,9048***	12,957	

*** significatif à 0,0001 ; ** à 0,001 ; * à 0,01 ; ° à 0,1 ; sinon significativité inférieure.

Source : recensement population 2010, « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

Annexe 7d Tableaux des régressions logistiques : être ou ne pas être interurbain pour les quatre profils identifiés

Centrifugés

Variabiles (entre parenthèses, la modalité de référence)	Coefficient	Probabilité (%)	Écart à la référence (%)
Âge (Entre 30 et 40 ans)			
Moins de 20 ans	0,1899***	0,64	0,11
Entre 20 et 30 ans	0,1202***	0,59	0,07
Entre 40 et 50 ans	-0,0611***	0,50	-0,03
Plus de 50 ans	-0,1626***	0,45	-0,08
Catégorie socioprofessionnelle (Employé)			
Agriculteur	-0,7377***	0,25	-0,27
Artisans, commerçant	0,311***	0,72	0,19
Cadre	0,6916***	1,05	0,52
Profession intermédiaire	0,4978***	0,86	0,34
Ouvrier	0,3215***	0,72	0,20
Niveau d'étude (Diplôme du supérieur)			
Brevet des collèges	-0,5486***	0,30	-0,22
CAP/BEP	-0,4332***	0,34	-0,18
Baccalauréat	-0,2773***	0,40	-0,13
Secteur d'activité (Commerce)			
Agriculture	-0,6974***	0,26	-0,26
Industrie	0,039***	0,55	0,02
Construction	-0,1844***	0,44	-0,09
Administration, enseignement	-0,3944***	0,36	-0,17
Genre (Homme)			
Femme	-0,3119***	0,39	-0,14
Statut d'occupation du logement (Propriétaire)			
Locataire	0,0326***	0,54	0,02
Autre	-0,4038***	0,35	-0,17
Temps de travail (Temps complet)			
Temps partiel	-0,214***	0,43	-0,10
Type de logement (Maison)			
Appartement	0,4462***	0,82	0,29
Autre	-0,0732°	0,49	-0,04
Type de ménage (Famille couple biactif)			
Personne seule	-0,118***	0,47	-0,06
Famille monoparentale	-0,0228°	0,51	-0,01
Famille couple monoactif	0,0452***	0,55	0,02
Autres	0,027°	0,54	0,01
Nombre de personnes scolarisées (Aucune)			
Une	0,0411***	0,55	0,02
Deux ou plus	-0,0194°	0,52	-0,01
Condition d'emploi (Contrat à durée indéterminée)			
Contrat à durée déterminée	0,00271	0,53	0,00
Non-salarié	-1,3093***	0,14	-0,38
Nombre de voitures (Deux ou plus)			
Aucune	-0,1183***	0,47	-0,06
Une	-0,1065***	0,47	-0,05
Population l'AU de résidence (Plus de 500 000 habitants)			
Moins de 50 000 habitants	1,1688***	1,67	1,15
Entre 50 000 et 200 000 habitants	0,1432***	0,61	0,08
Entre 200 000 et 500 000 habitants	0,2425***	0,67	0,14
Superficie de l'AU de résidence (Plus de 2 000 km ²)			
Moins de 500 km ²	2,6986***	7,29	6,76
Entre 500 km ² et 1 000 km ²	1,328***	1,96	1,43
Entre 1 000 km ² et 2 000 km ²	0,6806***	1,03	0,51
Taux de chômage dans l'AU de résidence	0,0903***	0,58	0,05
Évolution de l'emploi au lieu de travail de l'AU de travail	0,1223***	0,59	0,07
Constante	-5,2417***	0,526	

*** significatif à 0,0001 ; ** à 0,001 ; * à 0,01 ; ° à 0,1 ; sinon significativité inférieure.

Source : recensement population 2010, « Mobilité professionnelle » ; calculs de l'auteur.

Annexe 8 Validation du calibrage des vitesses du réseau intermodal

Afin de valider le modèle des temps de parcours, les vitesses du réseau VP sont testées en fonction des temps constatés sur les sites internet de mappy.com et de maps.google.fr, sur 16 liaisons (Tableau 42). Une diversité de type de commune a été choisie (communes villes-centres d'aire urbaine, des communes appartenant au pôle urbain et des communes périurbaines), ainsi que différents profils de distances. Deux horaires sont également pris en compte pour constater l'influence probable de la congestion sur les temps de déplacements. Le premier horaire correspond à l'heure de pointe du matin, 8 h 30, et le second à une heure creuse durant laquelle le trafic est *a priori* quasi nul, 23 h 30 (Tableau 42).

Un travail identique a été effectué pour le réseau de transport en commun avec un test sur les vitesses à appliquer sur les tronçons routiers afin de proposer des temps d'accès à la gare acceptables. Le Tableau 41 indique en minutes les temps de parcours constatés sur TransCAD qui sont comparés au temps de déplacement du site internet itransports.fr, le mercredi 13 mai à 7 h 30. Le site internet itransports.fr propose des trajets de commune à commune en prenant en compte l'offre du réseau ferré national de la SNCF, mais également l'ensemble des réseaux de transports urbains locaux. Toutefois, il ne propose pas de rabattement en voiture sur la gare principale et l'ensemble des liaisons qui ne sont pas faites en transport en commun est réalisé à pied. Cela a pour conséquence une nette surestimation du temps de parcours par rapport à notre modèle dans les cas où le temps d'accès jusqu'à la gare est important (Tableau 41).

Tableau 41 Temps de parcours simulés et constatés sur cinq liaisons ferroviaires témoins

Liaison		Réseau TransCAD « TC_VP »			Itransports.fr
Commune de départ	Commune d'arrivée	Vitesse VP + Pénalités	Vitesse VP/2 + Pénalités	Vitesses VP/4 + Pénalités	
Bordeaux	Toulouse	135 min	163 min	172 min	180 min
Accolay	Vincennes	121 min	164 min	166 min	180 min
Saint-Étienne	Lyon	48 min	54 min	58 min	90 min
Marseille	Gap	122 min	191 min	198 min	200 min
Verdun	Metz	51 min	90 min	98 min	120 min

Source : Route 500 IGN ; TransCAD ; calculs et réalisation de l'auteur.

Tableau 42 Temps de parcours constaté sur seize liaisons routières témoins

Liaison		Lundi 4 avril 2016	Jeudi 21 mai 2015 à 8 h 30		Jeudi 21 mai 2015 à 23 h 30		Lundi 4 avril 2016 à 8 h 30
Commune départ	Commune d'arrivée	TRANSCAD	Mappy	Googlemap	Mappy	Googlemap	Googlemap
Saint-Suliac (périurbain de Saint-Malo)	Saint-Jacques-de-la-Lande (PU* de Rennes)	57 min	49 min	50 min	45 min	45 min	47 min
Laignelet (périurbain de Fougères)	Vitré	38 min	31 min	30 min	27 min	30 min	30 min
Haubourdin (PU de Lille)	Maubeuge	71 min	85 min	90 min	62 min	70 min	84 min
Wancourt (périurbain d'Arras)	Lille	34 min	56 min	75 min	35 min	40 min	41 min
Pulnoy (PU de Nancy)	Épinal	59 min	58 min	60 min	50 min	55 min	52 min
Woippy (PU de Metz)	Verdun	48 min	53 min	50 min	47 min	50 min	49 min
Vénissieux (PU de Lyon)	Grenoble	66 min	75 min	80 min	61 min	70 min	67 min
Saint-Etienne	Lyon	55 min	63 min	70 min	48 min	50 min	58 min
Lyon	Annonay	55 min	67 min	70 min	56 min	60 min	62 min
Montbrison	Saint-Etienne	35 min	43 min	45 min	34 min	45 min	41 min
Blagnac (PU de Toulouse)	Albi	54 min	62 min	65 min	52 min	55 min	56 min
Montauban	L'Union (PU de Toulouse)	38 min	41 min	45 min	35 min	40 min	41 min
Le Val (PU de Brignoles)	Solliès-Pont (PU de Toulon)	42 min	42 min	45 min	35 min	40 min	38 min
Gap	Marseille	128 min	126 min	130 min	107 min	120 min	116 min
Frontignan (PU de Sète)	Montpellier	31 min	38 min	50 min	23 min	35 min	37 min
Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille (périurbain d'Alès)	Marguerittes (PU de Nîmes)	50 min	60 min	65 min	52 min	60 min	61 min

*PU : Pôle urbain.

Source : Route 500 IGN ; TransCAD ; calculs et réalisation de l'auteur.

Annexe 9 Modalités des variables utilisées dans le modèle de fréquences hebdomadaires et quotidiennes

Six variables sont utilisées pour le modèle de prévision de fréquences hebdomadaires et quotidiennes :

- l'âge, en 5 modalités : « inférieur à 20 ans », « entre 20 et 30 ans », « entre 30 et 40 ans », « entre 40 et 50 ans » et « plus de 50 ans » ;

- la distance à vol d'oiseau, en 8 modalités : « inférieure à 10 km », « entre 10 et 20 kilomètres », « entre 20 et 30 kilomètres », « entre 30 et 40 kilomètres », « entre 40 et 50 kilomètres », « entre 50 et 100 kilomètres », « entre 100 et 200 kilomètres » et « plus de 200 kilomètres » ;

- le mode de transport, en 4 modalités : « la marche », « les deux-roues », « la voiture, camions, fourgonnette » et « les transports en commun » ;

- le temps de travail, en 3 modalités : « à temps complet », « à temps partiel » et « en congé maladie ou sans objet » ;

- le genre, en 2 modalités : « masculin » et « féminin » ;

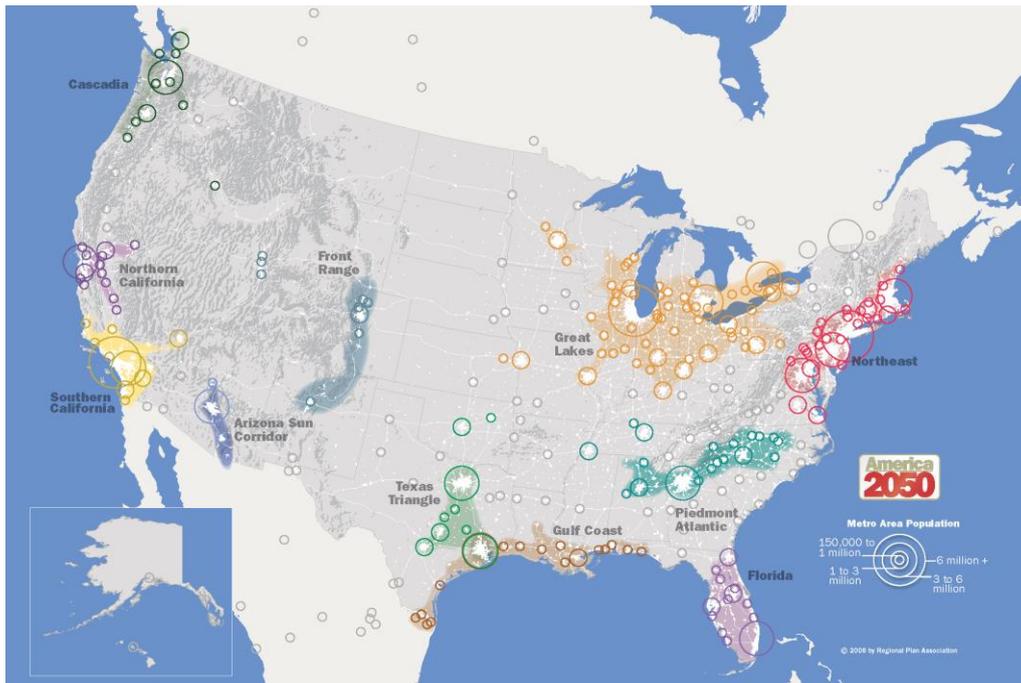
- le niveau de PCS-diplôme, 12 modalités : « agriculteurs sans bac », « agriculteurs avec bac ou plus », « artisans sans bac », « artisans avec bac ou plus », « cadres avec licence », « cadres avec master ou doctorat », « professions intermédiaires sans diplôme universitaire », « professions intermédiaires avec diplôme universitaire », « employés sans bac », « employés avec bac ou plus », « ouvriers sans étude post-collège », « ouvrier avec étude après collège ».

Annexe 10 Valeurs des coûts kilométriques d'usage de la voiture particulière pour les trois modalités des scénarios d'augmentation des prix des carburants

	Dépenses (euros par km)	
	Moins de 80 km	Plus de 80 km
<i>Prix de référence</i>		
Coût fixe	0,19	0,14
Coût marginal (carburant)	0,08	0,05
Coût total	0,27	0,19
<i>Scénario volontaire</i>		
Coût fixe	0,19	0,14
Coût marginal (carburant)	0,16	0,10
Coût total	0,35	0,24
<i>Scénario audacieux</i>		
Coût fixe	0,19	0,14
Coût marginal (carburant)	0,40	0,25
Coût total	0,59	0,39
<i>Scénario rupture</i>		
Coût fixe	0,19	0,14
Coût marginal (carburant)	0,80	0,50
Coût total	0,99	0,64

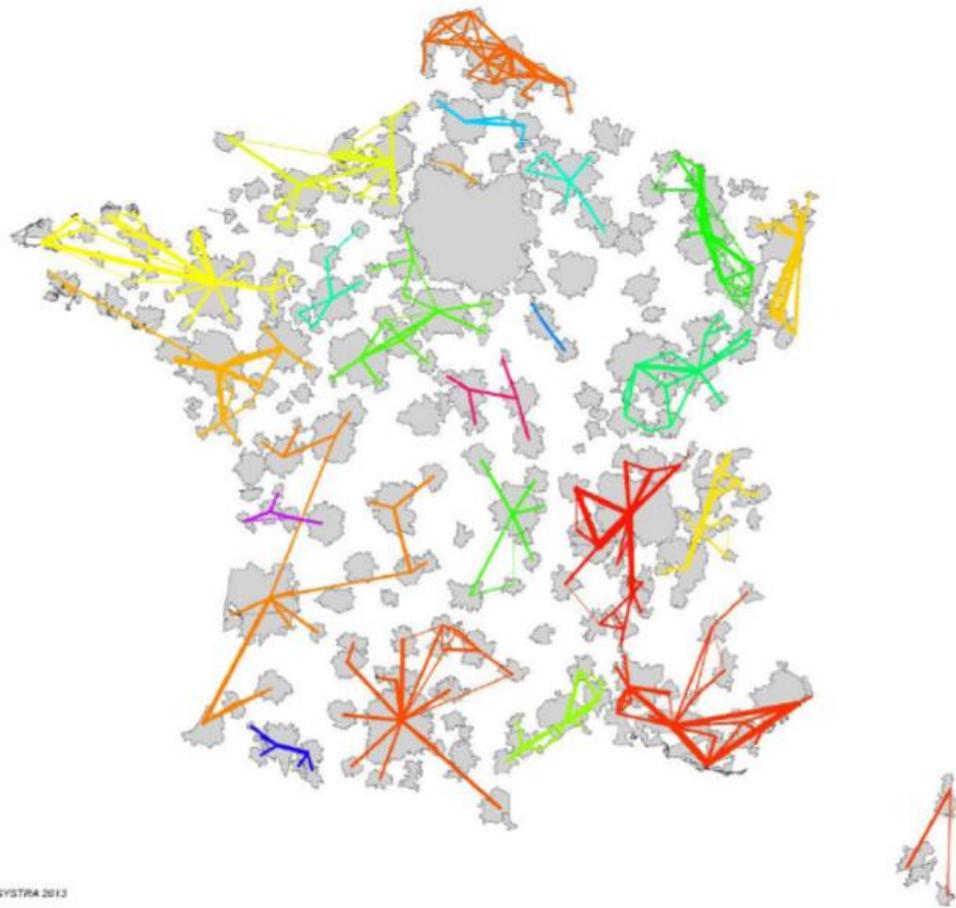
Source : réalisation de l'auteur d'après Beauvais Consultants (2013).

Annexe 11 Les onze méga-régions États-Uniennes



Source : RPA, http://www.america2050.org/assets_c/2014/02/2050_Map_Megaregions2008-3663.html.

Annexe 12 La France des systèmes interurbains de portées régionales et interrégionales



Source : Coutrot *et al.* (2013, p.54).

Annexe 13 Jointure et intégration des systèmes urbains dans la base de données du recensement

Afin de pouvoir exploiter les bases de données au travers de ces systèmes urbains, quatre étapes ont été nécessaires :

- À l'aide du logiciel TransCAD, du fichier du zonage en aires urbaines et d'un fond de carte des communes françaises, ces dernières ont été rassemblées par aires urbaines, afin de disposer d'une couche cartographique avec seulement les aires urbaines.

- ce nouveau fond de carte avec l'ensemble des aires urbaines nous a ensuite permis de sélectionner manuellement chaque aire urbaine de chaque système urbain et de leur attribuer un code. Afin de faciliter les traitements des données, les aires urbaines n'appartenant pas à un système urbain ont également reçu un identifiant.

- une fois ce travail de sélection effectué, une table comportant les informations sur le numéro d'aire urbaine fourni par l'INSEE ainsi que le numéro du système urbain auquel elle appartient ont été exportés.

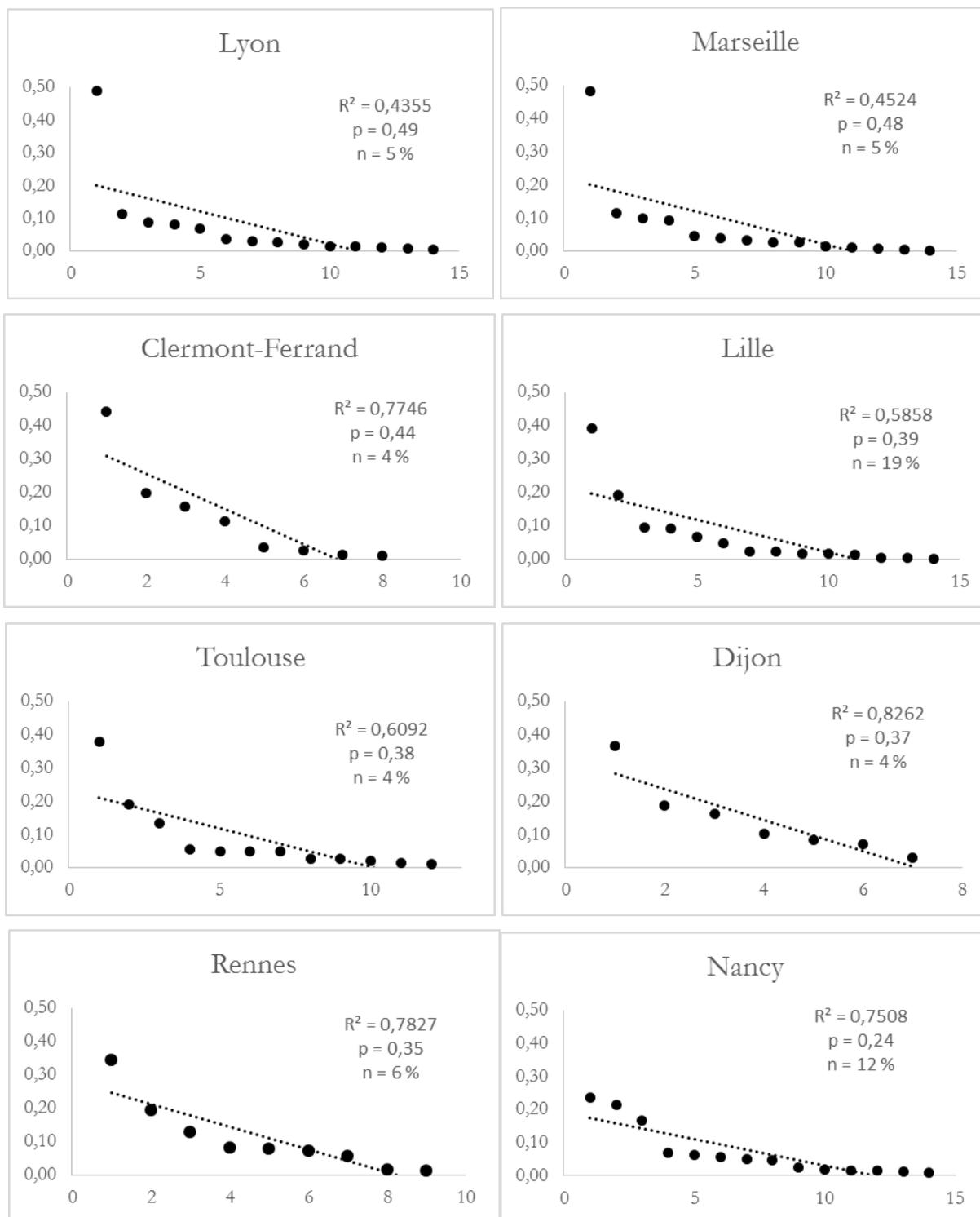
- la dernière étape a été la réalisation d'une jointure avec les fichiers de l'INSEE, notamment ceux du recensement de la population et du zonage en aires urbaines. Cette dernière étape permet ainsi de connaître pour chaque commune, les lieux de résidence ou de travail des actifs, le système urbain auquel ils sont rattachés.

Annexe 14 Compositions des systèmes urbains selon le nombre et les tailles d'aires urbaines

Système urbain	Nombre d'actifs	Nombre d'AU	Métropole	AU intermédiaire	AU modérée	Indice d'écart au polycentrisme
Lyon	1 631 219	14	3	3	8	0,53
Marseille	1 180 947	14	3	0	11	0,51
Lille	1 080 379	14	2	4	8	0,36
Toulouse	689 823	12	1	0	11	0,76
Nantes	667 873	7	1	3	3	0,48
Tours	552 736	14	0	4	10	0,30
Bordeaux	521 981	5	1	0	4	0,88
Montpellier	480 746	12	1	3	8	0,38
Nice	476 170	7	1	0	6	0,78
Nancy	475 926	14	0	3	11	0,32
Rennes	380 003	9	1	0	8	0,73
Strasbourg	374 619	7	1	0	6	0,82
Rouen	355 827	7	1	1	5	0,66
Annecy	355 596	9	0	3	6	0,16
Clermont-Ferrand	296 072	8	0	1	7	0,59
Dijon	279 216	7	0	2	5	0,49
Caen	265 008	8	0	2	6	0,55
Reims	223 078	7	0	1	6	0,49
Dunkerque	202 250	4	0	3	1	0,29
Le Mans	185 859	6	0	1	5	0,65
Mulhouse	183 528	5	0	2	3	0,39
Valence	168 643	9	0	1	8	0,32
Amiens	166 276	5	0	2	3	0,56
Pau	165 379	7	0	2	5	0,50
Bayonne	156 429	4	0	1	3	0,58
Le Havre	143 459	5	0	1	4	0,70
Brest	140 054	4	0	1	3	0,79
Besançon	137 000	4	0	1	3	0,63
Bourges	133 834	6	0	2	4	0,28
Limoges	124 622	3	0	1	2	0,82
Angoulême	121 679	5	0	1	4	0,43
Saint-Brieuc	118 689	7	0	1	6	0,48
Montbéliard	98 608	2	0	2	0	0,16
Niort	82 855	4	0	1	3	0,68
Laval	74 324	4	0	1	3	0,56
Périgueux	71 306	3	0	0	3	0,30
Beauvais	69 937	3	0	2	1	0,41
Rodez	66 162	5	0	0	5	0,41
Vannes	65 090	3	0	1	2	0,75
La Roche-sur-Yon	61 918	3	0	1	2	0,57
Quimper	60 376	3	0	1	2	0,67
Forbach	56 152	4	0	1	3	0,30
Brive-la-Gaillarde	49 847	2	0	1	1	0,53
Auxerre	46 277	4	0	0	4	0,67

Source : recensement de la population, 2010 ; zonage en aires urbaines 2010 ; calculs de l'auteur.

Annexe 15 Courbes de la loi rang-taille et indicateur du degré de polycentrisme fonctionnel des systèmes urbains



p : part des flux interurbains captés par la première aire urbaine.

n : pourcentage de navetteurs interurbains au sein du système.

R^2 : coefficient de détermination

Source : réalisation et calculs de l'auteur.

La mobilité pendulaire interurbaine en France face aux enjeux du changement climatique : caractérisation socioéconomique, analyse spatiale et potentiels de report modal

Mots-clés : mobilité pendulaire, actifs interurbains, espace fonctionnel, report modal, émissions de CO₂.

Résumé : L'étude de la mobilité domicile-travail fait l'objet de nombreuses recherches visant à décrire et analyser les caractéristiques des actifs et de leurs déplacements. En France, ces études se concentrent principalement sur les individus vivant dans les espaces fonctionnels construits autour des agglomérations, les aires urbaines. Cette thèse 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, une qualification des actifs interurbains est proposée. Nos résultats montrent une diversité des profils d'actifs en matière de caractéristiques sociodémographiques, ainsi qu'une pluralité de types de liaisons réalisées entre les différents espaces des aires urbaines. Nos travaux mettent également en évidence l'importance de l'usage de la voiture, principal mode de transport utilisé par les actifs interurbains. Aussi, malgré leur poids relativement faible dans la population des aires urbaines grandes et moyennes en France, ces actifs qui se déplacent sur de grandes distances en voiture sont alors responsables d'un volume important d'émissions de CO₂.

Ce dernier résultat a conduit à quantifier des potentiels de report modal des déplacements des navetteurs interurbains de la voiture vers le réseau ferroviaire afin de réduire le volume de ces émissions. Nos résultats montrent l'existence de leviers permettant de réduire théoriquement ces émissions liées à l'usage de l'automobile. Le facteur spatial, à différentes échelles, joue un rôle important dans les différences entre potentiels de report modal. Enfin, nous avons également montré que ces mesures ont des conséquences sociales distinctes, en matière de coût, en fonction des professions et catégories socioprofessionnelles.

The mobility of French intercity commuters in the face of climate change: socioeconomic characterisation, spatial analysis and modal shift potentials

Keywords: commuting, intercity commuter, functional area, modal shift, CO₂ emissions.

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 thesis 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 show a diversity of intercity commuters in terms of both sociodemographic profiles and categories of spatial organisation of commuting trips. The intensive use of the car, which is the primary mode of intercity commuting, is highlighted. 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.

This result led to quantify the potential modal shift of intercity commuters from car to rail. Our results show that levers exist, in theory, to reduce car use and associated emissions. The influence of the spatial factor, at different scales, on the extent of achievable emission reductions, is attested. Finally, this thesis analyses the diversity of cost impacts that modal shift policies would have on various socio-professional categories.