



HAL
open science

Synthèse des travaux de l'ORSI Observations et analyse de la mobilité (OBAMO) 2013-2019

Jimmy Armoogum, Fabrice Hasiak, Laurent Hivert, Jean Loup Madre, Joël Meissonnier, Francis Papon, Cyprien Richer, Christophe Rizet, Maria Tebar

► To cite this version:

Jimmy Armoogum, Fabrice Hasiak, Laurent Hivert, Jean Loup Madre, Joël Meissonnier, et al.. Synthèse des travaux de l'ORSI Observations et analyse de la mobilité (OBAMO) 2013-2019: Synthèse des travaux . 2020, pp.30P. hal-02938791

HAL Id: hal-02938791

<https://hal.science/hal-02938791>

Submitted on 15 Sep 2020

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.



IFSTTAR

INSTITUT FRANÇAIS
DES SCIENCES
ET TECHNOLOGIES
DES TRANSPORTS,
DE L'AMÉNAGEMENT
ET DES RÉSEAUX

Rapport de synthèse ORSI Observations et analyse de la mobilité (OBAMO) 2013 – 2019

IFSTTAR / AME / DEST

ARMOOGUM JIMMY
Chargé de recherche
Téléphone : 33 (0)1 81 66 86 07
jimmy.armoogum@ifsttar.fr

Date : 01/09/2020

Auteurs :

Jimmy Armoogum, AME, DEST
Fabrice Hasiak, CEREMA DTER NP
Laurent Hivert, AME, DEST
Jean-Loup Madre, AME, DEST
Joël Meissonnier, CEREMA DTER NP
Francis Papon, , AME, DEST
Cyprien Richer, CEREMA DTER NP
Christophe Rizet, AME, DEST
Maria Tébar, CEREMA DTER NP

Nomenclature d'activité :

Nomenclature RP1-S13001

Référence sur Numéro de contrat* :

Numéro Contrat

Confidentialité :

Oui

Rév 03/11/14

*

Prénom Nom unité d'appartenance

Jimmy Armoogum, AME, DEST

Fabrice Hasiak, CEREMA DTER NP

Laurent Hivert, AME, DEST

Jean-Loup Madre, AME, DEST

Joël Meissonnier, CEREMA DTER NP

Francis Papon, AME, DEST

Cyprien Richer, CEREMA DTER NP

Christophe Rizet, AME, DEST

Maria Tébar, CEREMA DTER NP

Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR)

14-20 Boulevard Newton

Cité Descartes, Champs sur Marne

77447 Marne la Vallée Cedex 2

Tél. : 01 81 66 80 00

Fax : 01 81 66 80 01

Laboratoire Dynamiques Économiques et Sociales des Transports (DEST)

14-20 Boulevard Newton

Cité Descartes, Champs sur Marne

77447 Marne la Vallée Cedex 2

Tél. : 01 81 66 80 00

Fax : 01 81 66 80 01

Remerciements

Date	Version	Commentaires
30/01/2020	V1	Version préliminaire de Jimmy Armoogum
10/06/2020	V2	Version avec les amendements des co-auteurs
20/07/2020	V3	Version globale de Jimmy Armoogum
30/07/2020	V4	Relecture de Laurent Hivert
01/09/2020	V5	Version finale

SOMMAIRE

1	Introduction.....	5
2	Les outils de la mesure de la mobilité	9
2.1	L'enquête déplacements régionale Rhône-Alpes 2012-2015 (EDR-RA).....	9
2.2	Amélioration des instruments d'enquête.....	10
2.2.1	Redressement des enquêtes de mobilité	10
2.2.2	Test de mesure de la mobilité à l'aide d'un panel - TOMOP	11
2.2.3	Comparaison d'une enquête CAPI et CAWI (EGT 2019).....	12
2.2.4	Test de mesure de la mobilité à l'aide de récepteurs GPS - TOMOS.....	13
2.3	Action COST Shanti et les Tasks Force d'Eurostat : Comparabilité internationale des enquêtes sur la mobilité	14
2.4	Bilan sur la mesure de la mobilité.....	14
3	Analyse de la mobilité.....	17
3.1	Facteurs explicatifs des évolutions de la mobilité urbaine.....	17
3.2	ADN de la Mobilité.....	18
3.3	Predit cyclable, approche sociologique	19
3.4	Analyse de l'intermodalité grace aux données de la billétique	21
3.5	Predit accessibilité, connaître les problématiques de déplacements liées aux déficiences.	21
4	L'évaluation des impacts environnementaux de la mobilité	25
4.1	Bilans Environnementaux Transports dans les Territoires Intégrés	25
4.2	CO2-Echo : Quantification des émissions de CO2 du transport de fret à partir de la base ECHO.....	26
5	Conclusion	27
6	Bibliographie.....	29

Résumé

L'activité de l'ORSI (« Opération de Recherche Stratégique et Incitative ») devenue CSR (« Collaboration Structurante de Recherche ») intitulée « ObAMo » (pour : Observation et Analyse de la Mobilité), qui a vécu au cours des années de 2013 à 2019, consistait à mesurer, analyser et comprendre les comportements de mobilité et évaluer les impacts environnementaux de la mobilité. Les champs couverts par l'Orsi visaient :

- La mobilité des personnes et des biens ;
- À toutes échelles de territoires (échelle locale, nationale, transfrontalière, et même internationale) et a priori de temps (même si les données sont bien plus abondantes pour les mobilités du quotidien) ;
- Tous modes de transport (voiture, transports en commun, marche, vélo... pour les déplacements de personnes, poids lourds, fer, voie d'eau pour le transport de marchandises) et tous motifs de déplacements.

Axe de rattachement : Axe 1, Mobilités et Sécurité (« transporter efficacement et se déplacer en sécurité »)

Rattachement éventuel à un projet fédérateur : Mobilités et Transitions Numériques

Bénéficiaires potentiels : CEREMA, DGITM, ADEME, Régions, Collectivités locales...

1 Introduction

Des changements de comportement sont nécessaires pour inverser la tendance de long terme à une croissance toujours vive de la mobilité, avec ses corollaires d'augmentation de la consommation d'énergie (essentiellement de pétrole), de pollutions locales et d'émissions de gaz à effet de serre. Des décisions politiques pour encourager des modes de déplacement plus favorables à l'environnement sont incontournables, et commencent à donner quelques résultats.

Dans la plupart des pays (industrialisés) et de leurs régions urbaines, les enquêtes sur la mobilité des personnes ne sont conduites que trop rarement (tous les dix ans environ en moyenne) et avec des méthodologies qui peuvent changer au cours du temps, ce qui peut handicaper notablement la comparabilité entre les observations successives pour l'évaluation des tendances lourdes. Ces observations ponctuelles, par coupes instantanées dans le temps, peuvent être perturbées par des événements imprévisibles (grèves ou conditions atmosphériques extrêmes) et ne permettent pas une distinction claire entre les tendances à long terme et les événements de court terme (« boom », flambée ponctuelle des coûts des carburants, ou récession économique).

Le plafonnement apparent de la circulation automobile (entre 2005 et 2015 pour la France, mais qu'on peut aussi observer dans nombre de pays industrialisés) traduit-il l'approche de la saturation (découplage entre évolutions des trafics et des revenus dans les régions les plus denses ou au-delà d'un certain niveau de vie ? Voir aussi découplage entre équipement et usage automobile ?) ou plutôt la superposition d'évolutions contraires (poursuite de la croissance chez les résidents des espaces ruraux et péri-urbains vs. recul chez les habitants des zones les plus denses) ? S'agit-il d'un phénomène structurel (vieillesse de la population, désaffection des jeunes générations pour la voiture...) ou conjoncturel, par exemple lié à l'augmentation et à la volatilité du prix des carburants, à la récession...?

En s'intéressant particulièrement aux populations vulnérables, l'état actuel d'avancement des SDA (Schémas Directeurs d'Accessibilité des Services de Transport) et des PAVE (Plans de Mise en Accessibilité de la Voirie et des Espaces Publics) met en évidence le besoin de connaissances sur les questions de « mobilité réduite », notamment pour alimenter les diagnostics de déplacements. Cette question en apparence théorique se traduit en outre par le fait concret que les collectivités locales souffrent d'un manque de méthode (voire de guide pratique) pour établir le diagnostic de leurs voiries ou de leurs services de transports pour les personnes atteintes d'une ou plusieurs déficiences.

Plus généralement, l'analyse de documents récents de planification urbaine fait ressortir des manques importants en termes d'évaluation environnementale notamment dans le domaine de la mobilité. En effet, si dans le secteur du bâtiment les exercices de diagnostics et de prospectives environnementaux sont pratiqués de façon de plus en plus systématique, ceux concernant la mobilité sont à l'inverse bien trop peu développés. Ils sont soit complètement absents, soit trop frustes ou partiels¹, car ils ne tiennent pas compte de façon détaillée de l'ensemble des flux de trafic et de leurs évolutions au cours du temps. Ces questions incitent à une plus grande intégration des différentes mobilités en présence (voyageurs et marchandises) sur des échelles géographiques et temporelles unifiées, et à la mesure de leurs impacts.

¹ Un volet environnemental est requis depuis la première génération des plans de déplacements urbains (les PDU imposés par la LAURE (loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie) dite loi Lepage de 1996.

Le programme de recherche concernait en premier lieu l'observation et l'analyse de la mobilité et a comporté des déploiements (méthodologiques et appliqués) sur la modélisation des déplacements et l'évaluation des politiques de transports, en se conformant à la démarche empirique suivie dans le projet de laboratoire de l'Ifsttar-Dest : « observer / analyser / modéliser / évaluer ».

Les méthodes d'observation des mobilités

Les méthodes classiques et standard de recueil quantitatif de la mobilité (Enquêtes Ménages Déplacements, Enquêtes Nationales Transports) ont fait leurs preuves mais de nouvelles technologies peuvent être mises à profit pour contourner certains de leurs défauts, pour optimiser ces méthodes à l'heure où de nouveaux besoins rendent nécessaires des évolutions, tout en préservant la capacité à mesurer les changements de comportement (utilisation des GPS, RDS, recueil en ligne ; recueil en continu ; articulation des méthodes quantitatives avec les méthodes qualitatives). Le recueil lui-même est ici objet de recherche.

L'analyse de la mobilité

Ce thème exploite les enquêtes nationales sur les transports et les enquêtes ménages déplacements, qui sont l'occasion d'analyses innovantes (des comportements) de la mobilité, recherches répondant prioritairement aux centres d'intérêt de la DGITM (commandes de la DGITM auprès du CEREMA mais aussi souligné lors de la table ronde du séminaire de cloture). Ces analyses se focalisent autour des aspects sociaux et environnementaux, en maintenant l'attention sur l'espace de la vie quotidienne, les distances et les modes de déplacement la compréhension des mécanismes en cours (ruptures de tendance ou infléchissements) en s'appuyant sur une vision dynamique des comportements pour éclairer les enjeux actuels, tels que la hausse des prix des carburants (Hausse quasi continue de 1999 à 2007, flambée de 2008, creux profond en 2009, nouvelles hausses en 2012-2013, avec des rebonds de forte amplitude entre des pics et des creux, sans négliger en outre de très fortes volatilité intra-annuelles) ; l'évolution des conditions et des pratiques de stationnement (résidentiel, et/ou dans des quartiers commerçants...) et leur(s) impact(s) sur le choix modal ; l'analyse des disparités et des inégalités (sociales, territoriales) face à la mobilité ; la prise en compte d'ensemble de la consommation d'énergie et des émissions des transports ; de la dépendance automobile et aussi du handicap (et de la gêne) dans les transports et des impacts des infrastructures ou des coûts sociaux de la mobilité)

L'évaluation des impacts environnementaux de la mobilité

Les travaux portent d'une part sur le développement et l'utilisation d'outils (d'évaluation des conséquences consommation-émissions) et sur l'évolution des politiques (développement des outils d'évaluation environnementale ; mise en oeuvre de ces outils notamment à l'échelle de Lille Métropole Communauté Urbaine (LMCU) et de la région Nord-Pas de Calais (avant standardisation, généralisation et intégration d'outils voyageurs et marchandises en ville et à différentes échelles) et analyse de l'évolution des politiques publiques de transport.

Nos travaux ont également visé la quantification des émissions de CO₂ du transport de fret. En appréciant l'impact des choix logistiques des entreprises sur le niveau d'émission, nous avons principalement utilisé l'approche 'supply chain' consistant à mener des enquêtes auprès des opérateurs tout au long de quelques chaînes logistiques, pour quantifier l'efficacité énergétique et carbone des différentes formes

d'organisation logistique (chaînes logistiques et consommation d'énergie, phase 1 yaourts et blue-jeans 2005, phase 2 meubles et fruits 2008).

Ces travaux de recherche correspondent au Contrat d'Objectif et de Performance (COP 2017-2021) de l'Ifsttar notamment à l'Axe 1 (1A, 1B, 1C).

Ces trois thématiques, observation, analyse et évaluation environnementale font l'objet des trois parties ci-après.

2 Les outils de la mesure de la mobilité

Les besoins d'information, d'analyse et de modélisation sont de plus en plus gourmands en données. Mais il ne semble pas envisageable d'alourdir la charge des enquêtés, sous peine de voir la qualité des données recueillies s'en ressentir. Pourtant, l'information collectée lors d'une enquête n'est jamais complète. Même si l'enquête est obligatoire (même dans le cas où l'enquête est dotée du caractère obligatoire...), certains ménages sont difficiles à joindre ou refusent de répondre. En outre, une fois le contact établi, tous les questionnaires ne sont pas toujours remplis et retournés. Et même dans un questionnaire rempli, notamment lorsque les questions sont trop complexes, certaines informations peuvent manquer ou s'avérer imprécises (par exemple arrondies), inexactes ou incohérentes.

En France, les Enquêtes Nationales Transport et les Enquêtes de Mobilité Certifiées CEREMA (EMC², ayant succédé aux traditionnelles EMD) offrent, un terrain et une occasion idéal pour développer et améliorer les méthodologies d'enquête. Il nous a semblé intéressant dans ce but de tester, d'implémenter, voire de perfectionner plusieurs outils d'observation des déplacements (des pratiques et des comporvements de mobilité) :

- **Amélioration du calcul de la pondération.** Un choix judicieux des informations auxiliaires permet d'améliorer l'estimation des variables d'intérêts.
- **Observation par panel.** En France, il n'y a pas de méthodologie de la mesure de déplacement en continu, nous avons mis en place des protocoles de réinterrogation par internet et par voie postale (les enquêtes Tests de l'Observation de la Mobilité par Panel, (TOMOP)). En effet, nous avons sélectionné un échantillon de la première vague de l'Enquête Déplacements Régionale Rhône-Alpes (EDR-RA) afin de réaliser la première vague de TOMOP, au même moment que la deuxième vague de l'EDR-RA. Puis nous avons réinterrogé l'ensemble des répondants TOMOP et un échantillon de la vague 2 de l'EDR-RA, au même moment que la troisième vague de l'EDR-RA.
- **Observation par GPS.** Nous avons réalisé une enquête pilote de mesure de la mobilité à l'aide de récepteur Global Positioning System (GPS). A partir d'un échantillon de volontaires de la vague 1 de l'EDR-RA, nous avons pu tester le déploiement d'un matériel moderne auprès d'une population « type », dans des conditions proches d'une enquête standard.

2.1 L'enquête déplacements régionale Rhône-Alpes 2012-2015 (EDR-RA)

En 2010, la région Rhône-Alpes qui souhaitait mettre en place un dispositif d'observation et de prospective de la mobilité à l'échelle régionale (tant quantitatif que qualitatif à terme) pour asseoir ses choix de politique de transport, a contacté l'IFSTTAR pour l'aider à identifier les moyens de connaissance des déplacements tous modes des habitants de la région. trois partenaires techniques se sont associés à la région afin de mener à bien cette première étude exploratoire :

- Le CEREMA (Direction Technique Territoires et Ville, Direction Territoriale Centre-Est ;
- L'École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE) et
- Le laboratoire Dynamiques Economiques et Sociales des Transports (DEST) de l'IFSTTAR.

L'objectif de la Région est de pouvoir observer la mobilité des (dans les) modes alternatifs à la voiture notamment comme le train. Pour répondre à ses besoins, la Région Rhône-Alpes a mis en place un dispositif d'enquête visant à connaître les pratiques de déplacements des Rhônalpins. La méthode utilisée pour l'EDR-RA est une version adaptée de celle du standard de l'Enquête Déplacements Ville Moyenne (EDVM, variante de l'EMD) du CERTU. Il s'agit d'une enquête réalisée par téléphone auprès des ménages habitant la région Rhône-Alpes. Dans chaque ménage, une ou deux personnes âgées de 11 ans et plus sont interrogées sur leurs déplacements par un enquêteur spécialisé. Par ailleurs, chaque personne âgée de 16 ans et plus est également interrogée sur des questions d'opinion.

Pour réaliser le tirage de l'échantillon à enquêter, la région Rhône-Alpes a été découpée en 77 secteurs dits « de tirage », homogènes en effectifs de population, dans lesquels ont été tirés au sort les ménages enquêtés. Il s'agit d'un découpage nécessaire pour représenter la population de manière fiable. Ce découpage est basé sur les principaux pôles urbains et pôles de vie de la région ainsi que sur les aires de chalandises des gares ou arrêts des transports régionaux de voyageurs. La collecte s'est échelonnée sur trois vagues successives sur la période 2012-2015 de octobre à mars, et elle visait à enquêter 37 000 habitants de Rhône-Alpes âgés de 11 ans et plus.

2.2 Amélioration des instruments d'enquête

En raison de leur coût et des moyens mobilisés, les enquêtes classiques n'ont lieu qu'avec une faible périodicité (jusqu'à 10 ans de période inter-éditions), ce qui est relativement long si des ruptures apparaissent dans les comportements, notamment si des évolutions structurelles et conjoncturelles se font jour, ce qui est très souvent le cas. Ces types d'enquête donnent une image réductrice de la mobilité du point de vue des individus (Gascon et Madre, 2004). Tout se passe comme si leur comportement d'un jour de semaine était "reproductible", ce qui, on le sait, n'est pas réaliste et le devient de moins en moins en raison des désynchronisations des rythmes de vie, qui se traduisent entre autres par des ouvertures tardives des commerces voire le dimanche pour certains (Golob et Meurs (1986) ; Axhausen et al. (2002) ; Bhat et al. (2004)).

2.2.1 Redressement des enquêtes de mobilité

La qualité des estimations issues d'une enquête par sondage peut être améliorée en présence d'information auxiliaire (Deville et Särndal, 1992). L'information auxiliaire est un ensemble de variables (quantitatives ou qualitatives) disponibles pour toute la population. Ainsi, les recensements et les registres de population sont de grandes sources d'information auxiliaire. Connues au niveau de toute la population, ces variables dites auxiliaires peuvent alors être directement utilisées dans les formules des estimateurs, notamment dans les formules des estimateurs par calage. Le calage sur marges permet en effet de redresser efficacement une enquête lorsque la taille de l'échantillon est suffisamment grande (Deville et Särndal, 1992). Généralement, nous redressons une enquête par rapport à quelques variables auxiliaires disponibles, sans regarder l'impact de ce redressement sur la précision de l'estimateur. Nous proposons ici une optimisation du redressement en tenant compte de la précision des estimations fournies.

L'enquête étant utilisée parfois au niveau d'un secteur de tirage, il convient de la redresser à ce niveau géographique. Mais pour les plus petits secteurs de tirage où le nombre de personnes est égal à 160, nous devons prendre des précautions par exemple en agrégeant les modalités de certaines variables. Nous

pouvons aussi ne pas mettre toutes les informations auxiliaires au niveau du secteur de tirage, mais parfois sur un zonage plus vaste. Afin de tester les différents calages nous avons utilisé la base unifiée du CEREMA, soit une vingtaine d'enquêtes ménages déplacements. Nous utiliserons quatre niveaux géographiques :

- Le secteur de tirage (ZT),
- Une agrégation de secteur de triage, Z3TIR qui est construit en rassemblant 3 secteurs de tirage qui sont proches
- Le D10 qui est un découpage de l'aire d'enquête en une dizaine de zones (classique au niveau de la méthodologie standard EMD)
- L'aire d'enquête

Nous avons réalisé dans un premier temps les calages suivants :

- Calage de référence : Taille des ménages (ZT) + Tranche d'âge (ZT)
- Calage 1 : Taille des ménages (ZT) + Tranche d'âge (ZT) + Motorisation (ZT) + Sexe (ZT) + Statut (ZT)
- Calage 2 : Taille des ménages (Z3TIR) + Tranche d'âge (Z3TIR) + Motorisation (Z3TIR) + Sexe (Z3TIR) + Statut (Z3TIR)
- Calage 3 : Taille des ménages (D10) + Tranche d'âge (D10) + Motorisation (D10) + Sexe (D10) + Statut (D10)
- Dans un deuxième temps, afin de déterminer le niveau géographique optimal pour chaque variable auxiliaire, nous avons mis en place une régression avec une méthode de sélection « Stepwise » pas à pas ayant comme critère d'arrêt d'Akaike (AIC). Le modèle de calage sortant est le suivant : Calage modèle : Taille des ménages (Z3TIR) + Age (Enquête) + Motorisation (ZT) + Sexe (D10) + Statut (ZT)

Nous avons mis en parallèle différents types de redressements à l'aide des variables auxiliaires disponibles et accessibles avec plusieurs niveaux géographiques. En se basant sur la variable d'intérêt « nombre de déplacements par jour » comme indicateur de la mobilité, notre analyse montre qu'un calage sur marges propre à chaque enquête est meilleur. Toutefois, dans le cas où nous cherchons à instaurer une méthodologie uniforme à toutes les aires d'enquêtes déplacements, notre calage modèle est plus adapté que celui qui est fait actuellement (le calage de référence). Le gain en précision en passant du calage de référence au calage modèle est de 8% et on gagnerait encore 7% en passant au calage indépendant sur chaque enquête.

2.2.2 Test de mesure de la mobilité à l'aide d'un panel - TOMOP

Afin de tester la réalisation d'enquêtes par panels en France, nous avons mis en place deux protocoles auto-administrés. Les personnes sélectionnées peuvent répondre soit en remplissant « un carnet papier » (à renvoyer par la poste à l'issue de l'enquête) soit directement sur le web. D'après les autres expériences, nous comptons sur un taux de participation d'environ 10 %, sachant qu'il s'agit de personnes qui ont déjà répondu à une enquête transport et qui ont accepté de répondre à nouveau. Nous avons tiré deux échantillons de 1950 personnes de la première vague de l'enquête Régionale Rhône-Alpes, afin de mener à bien les deux protocoles d'enquête.

Un carnet papier auto-administré

Il s'agit ici d'un carnet papier auto-administré qui est inspiré du format des enquêtes qui recueillent la mobilité sur une semaine dans d'autres pays européens. Ce questionnaire a été conçu en partie pour adapter les enquêtes françaises du type EMD au panel allemand sur la mobilité (MOP)². Les personnes sélectionnées pour répondre à cette enquête reçoivent à leur domicile un questionnaire incluant le carnet de déplacements qu'ils doivent remplir pendant une semaine complète. Nous avons aussi envoyé une enveloppe préimprimée pour faciliter le retour du questionnaire.

Un questionnaire auto-administré à remplir sur internet

Le questionnaire à renseigner sur internet suit le même principe que le carnet papier mais avec une interface web. Les personnes sélectionnées reçoivent un courrier papier avec une lettre expliquant le but de l'enquête et mentionnant l'adresse du site web et les identifiants pour se connecter à ce site, et un flyer pour motiver la participation des répondants. Le questionnaire étant formellement le même que le carnet papier, les enquêtés se connectent au site web avec l'identifiant reçu puis vérifient les données socio-démographiques qu'ils avaient fournies lors de l'année précédente. Comme pour le papier, il n'y a pas d'intervention d'un enquêteur professionnel, mais le questionnaire guidant lui-même les répondants.

Bilan des tests de panélisation

Le panel a été relativement bien accepté par les enquêtés, que ce soit via internet ou via le carnet papier, alors que les enquêtés n'avaient pas le choix entre les deux modes de collecte dans un premier temps. L'auto-administration d'un questionnaire complexe provoque cependant beaucoup d'abandons et d'incohérences qui rendent proprement inutilisable la moitié des questionnaires retournés. Cependant, peu de relances ont été effectuées durant la collecte pour le papier même si une hotline a été mise en place pour accompagner les répondants. En revanche, inciter à répondre (via l'attribution d'un lot à gagner) s'est avéré peu efficace sur une vague mais une triple ré-interrogation mérite sûrement une incitation plus importante (lot à gagner), de manière à conserver dans le panel des personnes suffisamment différentes. Parmi les questionnaires complets, le carnet papier semble permettre un remplissage plus exhaustif des déplacements que l'application internet mais ce résultat descriptif a priori (ou préliminaire) mérite (pour être généralisé) d'être confirmé par des analyses statistiques plus poussées avec des échantillons plus importants.

2.2.3 Comparaison d'une enquête CAPI et CAWI (EGT 2019)

Pour l'Enquête Globale Transport EGT H2020 qui est en cours de collecte dans la Région Île-de-France, Île-de-France Mobilités le CEREMA et l'Ifsttar disposent d'une base de sondage très riche afin de tirer l'échantillon. En effet, notre base d'échantillonnage provient de l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (Insee) et contient différentes informations administratives telles que : les données fiscales (avec des informations démographiques sur les individus, la structure des ménages et leurs revenus) et des données contextuelles supplémentaires pour enrichir les informations fiscales avec des variables permettant de mieux décrire les adresses où vivent les gens. Nous avons profité de cette occasion pour tester l'administration de cette enquête par deux différents médias : un entretien personnel assisté par ordinateur (CAPI) et un entretien par internet assisté par ordinateur (CAWI) afin d'étudier l'effet des deux médias sur le mécanisme de réponse.

² German Mobility Panel (MOP) : <https://mobilitaetspanel.ifv.kit.edu/english/>

Même en redressant les enquêtes afin de tenir compte des mécanismes différenciés de réponse, nous observons notamment des estimations de mobilité statistiquement différents (à 95%) :

- Un taux d'immobilité supérieur dans l'échantillon CAWI (11,4%) que dans l'échantillon CAPI (7,1%) ;
- Les personnes du CAPI déclarent un nombre de déplacements et des distances parcourues plus importantes que les personnes du CAWI (+20% en déplacement et +57% en distance).

En termes de motif de déplacement, il y a peu de différences significatives sur le plan statistique à l'exception du cas des déplacements liés au travail où l'écart entre les enquêtes est de 3,1 points.

Deux interprétations de ces différences sont possibles :

- le mécanisme de réponse n'est pas complètement déterminé ou bien
- la présence d'erreurs de mesure, en nombres différents. Les personnes ne répondent pas correctement à l'enquête (Rappelons qu'une enquête CAWI ne dispose pas d'enquêteur professionnel à même de faire des relances).

A l'issue de ce test de CAWI, nous pouvons conclure que si nous souhaitons conserver la comparabilité avec les enquêtes précédentes, essentiellement réalisées en CAPI, nous sommes obligés de garder le mode de collecte CAPI. La taille de notre échantillon CAWI étant assez petite (547 personnes), nous nous posons la question de savoir si un échantillon de taille plus grande nous aurait permis de mieux redresser et donc d'obtenir une meilleure comparabilité.

2.2.4 Test de mesure de la mobilité à l'aide de récepteurs GPS - TOMOS

De nombreuses études sur l'application du GPS dans les enquêtes sur les déplacements des personnes ont été menées (voir Armoogum et al. 2015). Nous pouvons différencier ces études en deux catégories :

- Les enquêtes à l'aide d'un boîtier GPS ; ce type d'enquête est généralement réalisée avec un suivi de type passif (on prête à l'enquêté volontaire un matériel sans aucune interface graphique, il s'agit d'une « boîte noire » qui se contente d'enregistrer les lieux visités et l'heure de la visite). La seule mission de l'enquêté sera de : 1- ne pas oublier son boîtier lorsqu'il sort pour se déplacer, 2- ne pas oublier de recharger le boîtier quand nécessaire.
- Les enquêtes à l'aide de Smartphone ; généralement les enquêtés téléchargent une application et cette application enregistre les lieux visités et l'heure de la visite ; on peut également profiter de l'application pour poser quelques questions sur les déplacements. Ici, la mission de l'enquêté consiste à : 1- ne pas oublier son smartphone lorsqu'il sort, 2- s'assurer qu'il est allumé et en charge.

Nous avons opté pour des récepteurs GPS afin de n'exclure aucune sous-population (selon le Credoc, le taux de possession de smartphone de 77% dans la population des 12 ans et plus)³, avec l'idée que l'on pourrait à terme avoir une approche mixte, c'est-à-dire, proposer aux enquêtés le choix entre une enquête à l'aide d'une application installée sur leur smartphone ou une enquête où un récepteur GPS est prêté à l'enquêté. Les deux dispositifs utiliseraient alors les mêmes procédures de post-traitement des traces GPS.

Les enquêtes GPS

³ Credoc, enquête sur la diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société française en 2019

Notre test TOMOS, réalisée sur un échantillon de 100 personnes environ, nous a permis de valider que ce type de recueil, quoique bien plus intrusif qu'une enquête déclarative, est aujourd'hui bien accepté par les enquêtés.

Le matériel reste l'élément clé de ce type d'enquête. C'est le maillon sur lequel toute la chaîne de fabrication de la donnée se construit. Il est donc nécessaire de disposer d'une donnée enrichie. Pour cela, une modification de la batterie (ou du temps de recueil) semble nécessaire. Le matériel (des balises GPS LocBox® Nano de chez GEOTRACEUR) semble « globalement » convenir, au point de vue des caractéristiques techniques. Il faudra également veiller à fiabiliser la donnée par des mécanismes de contrôle (checksum, double envoi,...), et également mettre en place un envoi de l'état machine (en effet, lorsque la machine n'envoie aucune donnée, on ne sait pas si elle est éteinte ou injoignable, ou juste si elle n'a pas bougé).

Les logiciels ont globalement rempli leur fonction, même si de nombreux points d'amélioration sont à considérer. Il semble nécessaire d'adapter le paramétrage des programmes à l'aune de données enrichies et densifiées. C'est en disposant de ce type de données qu'on pourra aller plus loin dans l'enrichissement de l'information.

Cette enquête TOMOS a permis de tester le déploiement d'un matériel moderne auprès d'une population « type », dans des conditions proches d'une enquête standard. Toutes les réponses n'ont pu être apportées sur cette étude. Il semble qu'il faille en premier lieu travailler à la fiabilisation du protocole d'enquête (au travers d'une phase pilote prolongée) avant de tester à nouveau ce protocole en conditions réelles.

2.3 Action COST Shanti et les Tasks Force d'Eurostat : Comparabilité internationale des enquêtes sur la mobilité

L'action COST Shanti (Armoogum et al. 2015) et les Tasks forces d'Eurostat ont été l'occasion de coopérer avec les principaux experts des enquêtes sur la mobilité. Dans les pays où une longue tradition de collecte de données sur la mobilité existe, les organismes qui financent ces enquêtes souhaitent préserver la comparabilité longitudinale des résultats de l'enquête au cours du temps. Proposer simplement une normalisation par une approche *top-down* ou un « questionnaire idéal » aurait donc été de peu d'utilité et d'impact. Une approche *bottom-up* a plutôt été proposée au sein de l'action COST Shanti (2009-2014), où l'accent est mis sur la convergence progressive entre pays à travers une évolution de l'état actuel des techniques, visant à la maximisation de la comparabilité (ex-post) des résultats de l'enquête. Si la normalisation est un concept qui peut être renvoyé au processus de collecte de données, la comparabilité est plus liée à des traitements post-collecte.

Cette action se poursuit grâce aux *Tasks Force* successives qu'Eurostat a mis en place de 2015 à 2021, afin de mettre au point des recommandations pour obtenir des indicateurs harmonisés et de tester ces recommandations dans plusieurs pays Européens.

2.4 Bilan sur la mesure de la mobilité

La communauté des chercheurs est très active sur le thème de la méthodologie des enquêtes de mobilité, avec notamment un comité au *Transportation Research Board* (TRB) et plusieurs *Tasks Force* successives (de 2015 à 2021) d'Eurostat afin de mettre au point des recommandations pour obtenir des indicateurs comparables au niveau de l'Europe (recommandation du Livre Blanc 2011).

En France, les Enquêtes Nationales Transport et les Enquêtes de Mobilité Certifiées CEREMA (EMC²) ont des méthodologies standardisées et actualisées/modernisées par les services de l'Etat notamment l'ORSI Obama permettent de fournir des données fiables pour analyser et modéliser la mobilité.

Les méthodes permettant d'analyser la demande de mobilité (y compris la « non-demande ») s'appuient notamment sur les enquêtes d'observation énoncées ci-dessus en lien avec d'autres enquêtes existantes dans d'autres domaines (par exemple les enquêtes sur le recensement, la santé, les conditions de vie, le handicap, etc.). Dans la section suivante, nous décrirons quelques méthodes permettant de croiser plusieurs enquêtes afin de développer des analyses transversales.

Les thèses soutenues sur ces thèmes :

Minh hieu Nguyen (2020) Deriving Trip's Modes and Trip's Purposes from GPS-Based Travel Surveys.

Soutenue le 28-01-2020 à Paris Est , dans le cadre de École doctorale Organisations, marchés, institutions.

Thi Huong Thao Pham (2016) Apports et difficultés d'une collecte de données à l'aide de récepteurs GPS

pour réaliser une enquête sur la mobilité. Soutenue le 02-05-2016 à Paris Est , dans le cadre de École doctorale Organisations, marchés, institutions.

3 Analyse de la mobilité

La moindre demande de mobilité automobile peut également être une évolution du fait d'une dégradation (éventuellement provoquée délibérément dans les politiques publiques) du système automobile lui-même (baisse des vitesses moyennes, augmentation des contraintes de stationnement, diminution des voies à grand gabarit, des stations services, augmentation du coût dont péages urbains/stationnement, etc.). La dégradation de l'efficacité du réseau automobile représente-t-elle un facteur explicatif de l'évolution de la demande de déplacements ? Est-elle réversible ou doit-on l'inscrire comme un élément structurel à prendre en compte dans les modèles de prospective ?

L'identification des facteurs propices aux changements/adaptations fait partie des éléments d'analyse de l'évolution de la demande de mobilité. En effet, les individus semblent s'adapter plus facilement lors de certaines étapes-clés de leur vie : évolution de la taille de la famille, changement de domicile ou de travail, etc. Les liens entre « parcours de vie » et organisation de la mobilité seront particulièrement analysés (facteurs explicatifs de la mobilité).

3.1 Facteurs explicatifs des évolutions de la mobilité urbaine

Analyse des Déterminants de la Mobilité et Peak Travel

Les travaux récents sur le plafonnement de la demande automobile en France utilisent des données longitudinales agrégées et s'inscrivent dans une littérature abondante en démontrant les effets du revenu et du prix des carburants, mais n'examinent pas le rôle joué par la démographie pour expliquer cette tendance au plafonnement. Or, toutes les générations au même âge ne se sont pas équipées et n'ont pas utilisé l'automobile de la même manière.

L'objectif de cette recherche a été d'évaluer les composantes démographiques dans les comportements individuels d'équipement et d'usage de la voiture, puis de déterminer leur influence sur la tendance au plafonnement automobile apparent. L'analyse empirique repose donc sur des données désagrégées par adulte, qui sont extraites du panel Parc-Auto (Kantar-TNS pour Ifsttar-Ademe-CCFA-DSR) entre 1994 et 2011.

Dans les années 2000, la croissance de la demande automobile individuelle s'essouffle, sous l'effet visible d'un fort renchérissement du carburant comparé à la faible progression du revenu des ménages. De plus et « toutes choses égales par ailleurs », la modélisation suggère que ce ralentissement trouve également des origines démographiques : tout d'abord l'entrée dans l'âge adulte de générations féminines moins motorisées et moins utilisatrices de l'automobile que leurs aînées ; la diminution de l'équipement et de l'usage qui s'est accélérée pour les générations d'hommes récentes ; et l'entrée des générations d'hommes et de femmes les plus équipées et utilisatrices dans la partie du cycle de vie où la demande automobile commence à décroître rapidement.

Enfin, quand on focalise l'analyse sur les ménages qui ont connu de fortes variations de revenu, le tournant vers le plafonnement de la circulation ne montre pas de rupture dans les comportements. L'évolution la plus sensible est le renforcement de la sensibilité des kilométrages au coût du carburant, notamment liée à une plus grande volatilité des prix (Kemel, Collet, Hivert, 2009). On note aussi un renforcement de l'effet retardé du revenu sur la motorisation. Outre l'effet-revenu, a été testée l'influence

de l'évolution du statut du chef de ménage (actif occupé vs. chômeur ou retraité), mais l'effet sur les kilométrages, même s'il va dans le sens attendu, ne s'est pas avéré significatif. En cas de forte variation du revenu du ménage, on ne note pas d'asymétrie marquée entre les évolutions à la hausse et à la baisse, tandis que les répercussions sur la motorisation semblent plus vives et un peu moins lentes. Mais c'est surtout la sensibilité au coût du carburant qui semble plus marquée, notamment quand cette forte évolution du revenu est confirmée l'année suivante.

La thèse de Benoît Cornut (2017) a analysé l'articulation de ces différents mécanismes sur le cas particulier de l'Île-de-France où le plafonnement est plus marqué et apparu plus tôt, avec une attention particulière aux questions d'opinion qui manifestent l'évolution des attitudes vis-à-vis de l'automobile.

3.2 ADN de la Mobilité

Il s'agit ici d'une analyse des comportements de mobilité des individus, basée sur une segmentation de la population, construite sur une classification des activités réalisées au cours d'une journée.

La connaissance de l'enchaînement des temporalités et spatialités des mobilités est un élément fondamental pour comprendre les comportements de mobilité et les pratiques modales des individus. Toutefois, la multiplicité des combinaisons possibles de ces chaînes et leur complexité au sein d'un territoire les rendent difficile à appréhender et à analyser. Cela conduit alors le plus souvent à des analyses « simplistes » par déplacement ou au mieux par boucle de déplacements. La recherche présentée ici consiste (a consisté) à s'intéresser, à partir des enquêtes ménages déplacements, aux emplois du temps des personnes enquêtées sur 24 heures. À partir des caractéristiques de la personne et des déplacements qu'elle a effectués, on construit, dans un premier temps, un fichier « emploi du temps » (ou « agenda ») horodaté (par quart d'heure) composé des déplacements effectués auxquels sont ajoutés les activités réalisées entre deux déplacements. L'emploi du temps de chaque personne enquêtée est alors reconstitué pour chacun des 96 quarts d'heure de la journée avec l'activité (Travail, Achats, Loisirs, au Domicile...) que fait la personne ou le mode de transport si elle est en déplacement (voiture, train, vélo...). [une variante consiste à remplacer l'activité par le lieu géographique où elle se déroule]. Chaque quart d'heure est représenté par un caractère alphanumérique correspondant à une activité ou un mode [respectivement une zone ou un mode]. Ainsi pour chaque personne, on dispose d'une chaîne de 96 caractères décrivant son emploi du temps quotidien. Une fonction distance entre chaînes de caractères a été élaborée pour mesurer la proximité ou non de deux emplois du temps différents. Cette fonction distance tient compte des types d'activités [respectivement zones], de leurs durées et de leur position horaire dans la journée. Une classification hiérarchique ascendante basée sur cette distance permet ensuite de constituer des groupes d'individus avec des emplois du temps « similaires ». Il s'agit alors d'analyser les comportements de mobilité de chaque groupe en fonction des caractéristiques de la personne et du ménage. L'approche par les activités a été utilisée pour étudier les comportements de mobilité des professionnels mobiles [1] et des personnes de la métropole lilloise qui se déplacent à l'heure de pointe [2]. Il en découle entre groupes des comportements de mobilité très différents, en termes de choix modal et heures de déplacements... et des caractéristiques individuelles bien distinctes. Ces indicateurs analysés au travers du spectre de l'emploi du temps, permettent de compléter les analyses traditionnelles et d'identifier les contraintes ou marges de manoeuvre sur les comportements de mobilité. L'approche par zone, plutôt que par activité, peut permettre par exemple d'identifier des potentiels de covoiturage en regroupant des personnes qui sont au cours de la journée dans les mêmes zones aux mêmes horaires. Enfin, la disponibilité des agendas

au niveau individuel permet également d'analyser les contraintes au sein d'un même ménage et d'identifier les arbitrages effectués par les individus.

3.3 Predit cyclable, approche sociologique

Dans les agglomérations françaises, deux déplacements sur trois font moins de trois kilomètres. Et 60% des déplacements compris entre un et trois kilomètres sont réalisés en voiture. Même si l'ensemble des déplacements concernés ne sont pas transférables vers le vélo, il existe un potentiel de report modal vers ce mode de déplacement. Dans le périurbain en particulier, 43 % des déplacements font moins de cinq kilomètres (source : ENT-D 2007-08). Cette part montre que le vélo n'est pas réservé à un usage exclusivement urbain et que le potentiel du vélo en périurbain ne se limite pas qu'à des pratiques intermodales (de rabattement).

Plus précisément, il convient de mieux mesurer la marge de progrès des agglomérations en matière de déplacement à vélo. Comment estimer sur un territoire donné, le potentiel que représente la part modale du vélo alors que sa pratique est peu développée ?

- **Déduire un potentiel cyclable à partir de la structure actuelle des déplacements**

Une étude du CEREMA DTer Nord Picardie a été réalisée pour approfondir la mobilité à vélo à partir de l'analyse d'EMD de 14 agglomérations différentes (Quetelard, 2012). Elle montre en particulier que 11% de la population de plus de 5 ans fait régulièrement du vélo (au moins une fois par semaine, hors week-end) et 20% de la population pratique le vélo mais de façon moins régulière. Les compétences cyclables sont plus importantes que la part modale journalière du vélo ne le laisse penser. Le rapport donne également des références sur les distances moyennes parcourues et le budget-temps du vélo.

Or, la portée des déplacements (distance parcourue) est généralement liée à l'organisation du système de transport. On sait par exemple, que les distances effectuées en voiture n'ont cessé de croître ces quarante dernières années au gré des améliorations du réseau automobile et de la technologie des véhicules. De plus, les distances moyennes effectuées à vélo varient du simple au double en fonction du pays de référence (ex. : France ou Allemagne). On peut penser que ces distances sont conditionnées et révélatrices du niveau de service du système-cyclable actuel (stationnement, continuité d'itinéraires, confort, lisibilité...). Un réseau cyclable continu, maillé et agréable pour le cycliste et doté de lieux de stationnement pourrait sans doute contribuer à augmenter le consentement à effectuer des distances supplémentaires, notamment en péri-urbain. En effet, l'étude CEREMA Nord Picardie montre qu'actuellement, les distances moyennes effectuées pour les déplacements du quotidien (hors loisirs) sont sensiblement les mêmes en centre urbain qu'en périphérie (autour de 2,6 km en moyenne). On peut penser que l'efficacité du réseau cyclable en péri-urbain pourrait augmenter la vitesse-moyenne du vélo estimée à l'heure actuelle à 16,7 km/heure en urbain comme en péri-urbain sur la base des 14 EMD.

Concernant l'agglomération lilloise, la part modale "vélo" des déplacements réalisés en semaine par les habitants de la communauté urbaine de Lille s'élève à moins de 2%. Elle est plus élevée dans les centres-villes notamment à Lille (8%). Révèle-t-elle pour autant le potentiel réel du vélo à l'échelle de la communauté urbaine, y compris en péri-urbain? Ou simplement la réalité d'un système de transport qui laisse une place marginale au vélo ? 35% des déplacements (tous modes confondus) en 2006 par les habitants de l'agglomération lilloise font moins de 1 km, 50% d'entre-eux font moins de 3 km. Ces courts

trajets représentent donc la moitié du nombre de déplacements. La distance moyenne faite à vélo est de 2,1 km dans l'agglomération lilloise soit inférieure à d'autres villes françaises ou étrangères. Mais l'on garde cette référence de distance comme étant celle qu'acceptent de faire actuellement, les habitants de l'agglomération lilloise. On constate qu'un tiers des trajets de moins de 2 km sont faits en voiture (2% sont faits à vélo). A défaut d'être quotidienne, la pratique cyclable hebdomadaire s'élève à 12% des habitants qui déclarent utiliser le vélo au moins 1 à 2 fois par semaine pour se déplacer. Fondé sur ce constat, l'objectif fixé par le PDU 2010-2020 de Lille Métropole à hauteur de 10% de part modale vélo journalière semble réaliste.

- **Méthode d'estimation du potentiel-vélo à partir des données de l'enquête ménages-déplacements**

Utilisées dans la majorité des cas pour caractériser la mobilité actuelle ainsi que ses évolutions dans le temps, les EMD peuvent également servir à estimer le potentiel de développement d'un mode de déplacement (ou d'une organisation de transport). Le raisonnement est théorique: il s'agit d'estimer un potentiel de développement à partir de l'analyse d'une situation actuelle dans un contexte qui n'est peut-être pas favorable ni adapté. De plus, il ne suffit pas de décréter qu'une part des déplacements peut être faits à vélo pour que cela se traduise dans la pratique. Encore faut-il tenir compte des critères endogènes liés à l'individu (ses compétences, sa condition physique, son organisation familiale etc.) ainsi que des critères exogènes liés aux conditions de cyclabilité du réseau. L'objectif de la recherche consiste à interroger le champ des possibles.

Dans ce cas, l'exercice a une portée réflexive pour aider à se représenter ce qui pourrait être alors même que le système de référence dans lequel on s'inscrit n'est pas conçu autour du mode-vélo. La façon dont les individus utilisent actuellement les modes de transport est étroitement liée aux organisations familiales, aux programmes d'activités effectués dans une journée, qui eux-mêmes sont conditionnés par l'offre de transport (infrastructures existantes et effectivement accessibles), la localisation des activités et des lieux d'habitat et par les représentations sociales qui y sont associés (représentations relatives aux véhicules, aux réseaux ou à leurs conditions d'usage).

La méthode consiste dans un premier temps à déterminer pour chaque déplacement recensé dans l'Enquête-Ménages-Déplacements (EMD LMCU, 2006), le "meilleur itinéraire combinant la marche et les transports collectifs" pour se rendre sur le lieu d'activité le jour et à l'heure auxquels le déplacement a été effectué. Ces calculs fournissent pour chaque déplacement une vitesse de déplacement de porte-à-porte en transports collectifs et à pied. La vitesse moyenne d'un déplacement à vélo étant située autour de 15 km/h, on peut considérer qu'un déplacement est plus efficace à faire à vélo qu'en transport collectif + marche si :

- La portée du déplacement (distance) est acceptable (entre 1 et 5 km à vol d'oiseau)
- Les trajets ont une vitesse moyenne inférieure à 10km/h de " porte à porte " en transports collectifs + marche (ils seraient plus rapides, en théorie, à faire à vélo)

Sous ces hypothèses, 49% des déplacements pourraient être faits à vélo plus rapidement que s'ils étaient faits en transports collectifs et/ou à pied :

- seuls 2% sont à l'heure actuelle, effectivement faits à vélo
- 69% de ces déplacements sont aujourd'hui faits en voiture
- 15% à pied et 14% en transports collectifs.

Sans politique volontariste visant à réduire la facilité de circuler ou stationner en voiture, une politique cyclable visant à mobiliser ce potentiel pour le vélo risque d'avoir pour conséquence de grignoter la part modale des 15% effectués à pied ou des 14% des trajets effectués en transports collectifs sans forcément réduire les 69% de ces déplacements effectués en voiture. Pour en retirer tous les bénéfices attendus, une politique cyclable s'inscrit probablement dans une politique plus globale et intégrée dont l'objectif est de diminuer la part modale de la voiture particulière en conservant la part modale de la marche et en permettant de rationaliser l'usage des transports collectifs.

3.4 Analyse de l'intermodalité grace aux données de la billettique

Une majorité des travaux menés jusqu'à présent (une date ?) repose essentiellement sur l'analyse de ces enquêtes de mobilité. Ces données présentent comme toute source de données des atouts (recueil de tous les modes, tous les motifs et d'informations sur les individus et leurs ménages) mais aussi des limites (enquêtes réalisées au mieux tous les 10 ans, relativement coûteuses, taux de sondage de 2 à 3%).

L'intermodalité étant très fortement liée à l'usage des réseaux de transport collectif urbain, les données billettiques d'un réseau de transport en commun renseignent une part très significative de l'intermodalité. Pour pallier le manque d'information des données billettiques sur les destinations et détecter les correspondances, la reconstruction des chaînes de validations a été opérée sur la base d'hypothèses fournies par la littérature. Les recherches menées dans le projet Mobilletic (une ref biblio, please !) ont ainsi permis d'approfondir considérablement les dimensions temporelles et spatiales de la mobilité intermodale au sein du réseau de transport collectif urbain de Rennes Métropole.

D'autres sources sont aujourd'hui à disposition (données billettiques, traces GSM, Wi-Fi ou Bluetooth, géolocalisation de nos publications sur les réseaux sociaux générées lors de nos déplacements...). Ces dispositifs n'ont pas été initialement conçus pour l'analyse des mobilités mais peuvent s'avérer très riches en termes de traçabilité. Ces traces numériques peuvent servir à la mise en place d'approches d'observation et de modélisation renouvelées et complémentaires des mobilités urbaines, en particulier multimodales et/ou intermodales.

Pour en savoir plus :

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9ma%20-%20Mobilletic.pdf>

3.5 Predit accessibilité, connaître les problématiques de déplacements liées aux déficiences.

Les situations de handicap psychique, cognitif ou mental sont nombreuses et notre travail ne visait aucunement à décrire l'exhaustivité de ces situations. À l'aide de quelques focus groups et de parcours commentés (un film de 30 minutes a été produit) il nous a été possible de dégager les grandes lignes des préconisations les plus urgentes à mettre en œuvre dans la perspective d'une mise en accessibilité des réseaux de transport à ces formes peu connues et peu visibles de handicap.

À l'issue de notre analyse, nous sommes en mesure de penser que les situations de handicap psychique, cognitif et mental n'exigent pas d'imaginer de nouveaux langages. Elles exigent plutôt une cohérence et une continuité sans faille de tous ceux qui existent déjà. Sur le plan matériel, c'est sensiblement le même constat. Elles exigent moins l'aménagement de nouvelles infrastructures qu'une fiabilité (garantie de performance, de service, d'assistance en situation exceptionnelle...) à toute épreuve. En somme, les proches, les professionnels, et les personnes en situation de handicap elles-mêmes attendent des collectivités locales moins qu'on mette en œuvre des systèmes techniques dédiés qu'un fonctionnement irréprochable des systèmes existants. Cela passe par des procédures de maintenance et d'entretien sans faille ; cela passe par une normalisation et une systématisation des messages, de la signalétique et des outils mis à disposition du voyageur sur le réseau de transport.

En somme, du point de vue des professionnels, des proches et des personnes elles-mêmes, nous préconisons :

- De dédramatiser le rapport à l'erreur (pourquoi pas, en la rendant ludique) ;
- De poursuivre le travail répétitif d'accompagnement sur les itinéraires du quotidien en vue d'une identification des passages, traversées, situations complexes et mal maîtrisées. De longue haleine, ce travail semble pourtant bien être le plus approprié pour espérer rendre les personnes plus autonomes dans leur mobilité ;
- De travailler sur les « logiques » d'action, à l'aide d'exemples évocateurs. Une labilité entre logique heuristique et logique algorithmique est à rechercher pour parvenir à apporter une réponse à l'infinité des micro-arbitrages que la mobilité quotidienne requiert.

Du point de vue des Autorités Organisatrices de Mobilité, des collectivités locales et des opérateurs de transport, on ne saurait trop conseiller la conception de dispositifs normalisés et polyglottes (pleinement compréhensibles de différentes manières) plutôt que polysémiques (ambiguïtés possibles). Mais le maître-mot est sans aucun doute celui de formation ; formation des personnels :

- Aux différentes situations de communication, au choix du langage le plus approprié à la personne se trouvant en face de soi (y compris les communications non verbales), aux difficultés que ces situations posent, aux façons de les résoudre (donner une information à la fois et attendre qu'elle soit comprise).
- A déceler la quantité d'injonctions paradoxales que les messages envoyés à l'utilisateur / au client produisent souvent chez lui.
- A identifier les moments d'angoisse (au premier rang desquels on peut citer l'attente dans un pôle d'échange). Concrètement, il semble nécessaire de garder à l'esprit deux questions fondamentales : quelle est la qualité de la permanence des repères spatiaux (jalonnements, indications de correspondance, bande de sécurité le long d'un quai...) ? Quelle est la qualité de l'impermanence des repères temporels (horloges, écran d'affichages de messages, extinction de points lumineux sur un schéma de ligne dans le vestibule d'un train au fur et à mesure du trajet...)?

Pour terminer, on rappellera le rôle primordial de la marche en tant que mode de déplacement le plus naturel qui soit. Il est primordial de toujours rendre possible la marche en milieu urbain (un traitement des zones de chantier ou des abords d'un quartier les jours de marchés est indispensable...). Mais cette attention à la marche ne doit pas pour autant condamner toutes les personnes en situation de handicap à marcher. Le réseau de transport, précisément parce qu'il 'fait réseau', offre une garantie de recours

(garantie de trouver de l'aide humaine, de trouver des informations, de ne pas quitter un périmètre limité...) qui est tout aussi indispensable.

Les thèses soutenues ou en cours sur l'axe analyse de la mobilité :

Sabina Buczkowska (2017) Quantitative models of establishments location choices : spatial effects and strategic interactions. Soutenue le 28-03-2017 à Paris Est , dans le cadre de École doctorale Organisations, marchés, institutions.

Benoit Cornut (2017) Le Peak Car en Ile-de-France : étude de l'évolution de la place de l'automobile et de ses déterminants chez les franciliens depuis les années 1970. Soutenue le 08-12-2017 à Paris Est , dans le cadre de École doctorale Organisations, marchés, institutions.

Richard Grimal (2015) L'auto-mobilité au tournant du millénaire : une approche emboîtée, individuelle et longitudinale. Soutenue le 02-12-2015 à Paris Est , dans le cadre de École doctorale Organisations, marchés, institutions.

Clément Dusong (en cours) Les dynamiques de l'usage du vélo dans les espaces de banlieue : continuités, décalages et ruptures. Le cas de l'Ile-de-France. Thèses en préparation à Paris Est , dans le cadre de VTT - Ville, Transports et Territoires.

David Sayagh (2018) Pourquoi les adolescentes ont moins de possibilités réelles de faire du vélo que les adolescents. Soutenue le 23-03-2018 à Paris Est , dans le cadre de École doctorale Ville, Transports et Territoires.

Irving Tapia-Villarreal (2014) Urban form, demography and daily mobility forecasts : comparative analysis France-Mexico. Soutenue le 18-12-2014 à Paris Est , dans le cadre de École doctorale Organisations, marchés, institutions.

4 L'évaluation des impacts environnementaux de la mobilité

Les outils d'évaluation constituent un pan important des méthodes que nous avons développées dans l'ORSI. L'élaboration du DEEM (diagnostic énergie environnement de la mobilité) et sa standardisation dans l'exploitation des enquêtes-ménages-déplacements représente un apport important de l'activité de l'ERA41 cette ref tombe un peu comme un cheveu sur la soupe, le lecteur ne sait pas forcément ce dont il s'agit. Ce outil intégré permet d'estimer les effets en termes de consommation énergétique et d'émissions de polluants locaux et de gaz à effet de serre (ce n'est pas un polluant) généré par la mobilité urbaine (voyageurs, et éventuellement marchandises). L'enjeu est (pourrait aussi être) d'étendre ce dispositif d'évaluation à d'autres paramètres (santé publique, consommation d'espace urbain, taux d'effort financier des ménages, accidentologie/sécurité...). La question des rythmes urbains et des routines quotidiennes (activité présentielle, décalage horaires des activités, pause du midi...) a également fait partie des sujets d'investigation.

4.1 Bilans Environnementaux Transports dans les Territoires Intégrés

Bilans Environnementaux Transports dans les Territoires Intégrés (BETTI)

Le projet BETTI visait l'amélioration de nos méthodologies de diagnostic environnemental des mobilités ainsi que leur intégration dans les politiques publiques, il s'inscrit dans une démarche d'évaluation environnementale stratégique (outil éclairant les PDU, PLU, SCoT, ...).

Y a été développé et actualisé le DEEM (Diagnostic Energie Emissions des Mobilités), outil standardisant l'estimation des consommations et émissions des déplacements quotidiens de voyageurs pour les régions urbaines, à partir de leurs recueils habituels de mobilité, grâce aux tests en vraie grandeur sur plusieurs agglomérations. Toute nouvelle enquête diffusée par le Cerema se voit désormais enrichie de telles estimations des externalités des déplacements, ainsi que d'une nouvelle exploitation standard analysant ces résultats.

Alors que l'objectif était d'harmoniser ces estimations pour l'ensemble des trafics sur un territoire urbain, la standardisation de la méthode pour le transport de marchandises s'est avérée hautement plus improbable, ne serait-ce que parce que les recueils locaux de données (transports de marchandises en ville ou simulations Freturb, et même enquêtes cordons en amont) n'existent pas eux-mêmes habituellement en standard.

Les diagnostics produits servent d'outils d'aide à la décision en matière de politique locale de transports vers une mobilité bas carbone, comme le montrent les deux thèses soutenues dans le cadre de ce projet.

La première thèse, abordant la thématique de « l'effet barbecue », vise la compréhension de l'articulation temporelle à l'année des mobilités individuelles quotidiennes, de weekend et de longue distance en fonction des localisations résidentielles. Une typologie dégage des profils-types d'émissions annuelles de CO2 dont les valeurs moyennes ne ségrègent pas particulièrement des types d'espaces de résidence, mais qui montrent cependant (par leur effet de masse, en ne se contentant pas seulement des valeurs moyennes

individuelles) l'intérêt de développer offres et services adaptés aux espaces du quotidien prioritairement pour les ruraux et et les résidents des petits pôles puis pour ceux des banlieues des grandes aires urbaines.

La deuxième thèse s'intéresse aux politiques locales de mobilité des personnes, à articuler pour contribuer à la réduction des émissions de CO₂. Traitant de choix modal, d'accessibilité à l'emploi et de péage avec des critères d'impact CO₂, d'équité et d'acceptabilité, elle montre qu'il vaut mieux s'intéresser à des mesures d'organisation et de politique des transports plutôt qu'à des mesures fiscales directement orientées CO₂.

Pour en savoir plus sur l'outil DEEM :

<https://www.cerema.fr/fr/actualites/deem-diagnostic-energie-emissions-mobilites>

et pour les deux thèses :

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01245348> et

<https://www.chaireeconomieduclimat.org/wp-content/uploads/2015/07/Th%C3%A8se-Claire-Papaix-version-finale-FR.pdf> ou

<https://these.univ-paris-est.fr/intranet/2015/TH2015PEST0059.pdf>

4.2 CO₂-Echo : Quantification des émissions de CO₂ du transport de fret à partir de la base ECHO

L'objectif de cette recherche était d'évaluer la sensibilité des activités à une augmentation du prix du CO₂ et d'analyser un potentiel de réduction des émissions du transport de fret par type d'activités.

Mise au point de la base Chargeur et calcul du CO₂

A partir des données de l'Enquête Chargeurs Opérateurs (ECHO, 2004), nous avons mis au point la base trajets, puis quantifié l'énergie dépensée et les émissions de CO₂. Ces données sur le CO₂ viennent enrichir les bases Trajets et Envois de ECHO et constituent un outil puissant pour l'analyse détaillée des émissions du fret.

Pour faire remonter cette information CO₂ au niveau de l'établissement, deux approches ont été suivies: d'une part nous établissons une typologie des établissements en 10 types et estimons un volume d'émissions par type et par établissement ; d'autre part nous modélisons le CO₂ d'une tonne expédiée en utilisant, comme variables explicatives, les caractéristiques de l'établissement chargeur. Les deux approches, typologie et modèle, donnent des résultats raisonnablement concordants. Le CO₂ émis par un chargeur de la base ECHO en 2004 est en moyenne d'un peu plus de 600 tonnes par an ; il varie entre 78 t/an pour le type des établissements les moins émetteurs à 4700 t/an pour le type des établissements les plus émetteurs, soit un rapport de 1 à 60. Par salarié, le niveau moyen d'émission annuel est de 16,5 tonnes de CO₂ sur l'ensemble des établissements de la base et varie selon les types d'établissements entre 4,3 et 27,2 t par salarié et par an.

Intensité carbone des envois

Les envois ayant une 'bonne' efficacité carbone (moins de 100 g de CO₂/t*km représentent un cinquième des émissions de CO₂ de la base ECHO et les envois qui ont une efficacité carbone 'faible ou très faible' (plus de 600 g de CO₂/t*km) représentent plus de la moitié de ces émissions (57%). Pour mettre en évidence l'impact des choix logistiques sur le niveau des émissions, nous cherchons à expliquer cette intensité carbone (CO₂/t*km) de l'envoi avec deux types de variables explicatives: les variables de choix

logistiques (fréquence de l'envoi et choix du mode principal) et les variables caractéristiques 'intrinsèques' de la demande, c'est-à-dire celles que les choix logistiques ne peuvent guère modifier (distance et volume annuel de la demande du client). Les variations d'intensité carbone induites par un changement de choix logistiques sont très importantes.

Scénarios de réduction des émissions

Enfin nous quantifions les réductions d'émissions correspondant à différents scénarii : électrification du fret urbain, taxe carbone, passage au GNV. Deux scénarii d'électrification du fret dans les agglomérations de plus de 100 000 habitants se différencient principalement par la capacité du camion électrique considéré ; ils aboutissent à une réduction de 4,0 millions de tCO₂ pour un camion de 2t de charge utile (CU) et à 4,2 millions de tCO₂ si l'on fait l'hypothèse que les camions électriques ont une capacité de 6t de CU. C'est surtout la congestion qui bénéficie de cette hypothèse de 'gros' camions électriques. Pour le fret 'interurbains', deux scénarii sont considérés : un scénario 'taxe carbone' et un scénario 'mise au GNV du parc fret'. Enfin un scénario de réduction maximum, combinant à la fois l'électrification du fret urbain et une taxe de 1,09 € par litre de gazole, est analysé. Un tel scénario, très contraignant pour l'économie, aboutirait à une réduction des émissions du fret routier de 38% seulement, très en deçà du facteur 4.

Les thèses soutenues sur l'axe évaluation des impacts environnementaux de la mobilité :

Quang Nguyen Nguyen (2014) Articulation temporelle des mobilités individuelles et impact CO₂ dans les différents espaces résidentiels en France (des citoyens vertueux, mais uniquement en semaine?), soutenue le 16-12-2014 à Paris Est, dans le cadre de École doctorale Organisations, marchés, institutions. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01245348>

Claire Papaix (2015) Mise en œuvre des instruments de politique publique allant dans le sens d'une mobilité bas carbone des personnes en milieu urbain. Soutenue le 05-02-2015 à Paris Est, dans le cadre de École doctorale Organisations, marchés, institutions.

<https://www.chaireeconomieduclimat.org/wp-content/uploads/2015/07/Th%C3%A8se-Claire-Papaix-version-finale-FR.pdf>

Hoai Thu Tu Thi (2019) Potentiel de réduction des émissions de GES du transport routier de fret, soutenue le 04-01-2019 à Paris Est, dans le cadre de École doctorale Organisations, marchés.

5 Conclusion

Dans un contexte en pleine évolution, les références traditionnelles de la mobilité et de son analyse notamment avec les nouvelles données (massives mais pas uniquement) sont en train de changer. Face à ces enjeux, comprendre comment ces systèmes de mobilité réagissent à une perturbation souhaitée ou subie et connaître les déterminants de leur(s) évolution(s) revêt un intérêt tout particulier pour l'élaboration et l'évaluation des politiques publiques de mobilité.

La mobilité de demain, multimodale, connectée et trans-territoriale, plutôt intensive qu'extensive dans son rapport au temps et à l'espace, mérite bien la poursuite d'un effort conjoint des acteurs de la recherche et des études, publics et privés, pour anticiper les futurs et ne laisser personne au bord du chemin.

La table ronde organisée lors du séminaire de clôture de l'ORSI « observation et analyse de la mobilité » a mis en lumière les attentes du ministère en charge des transports, qui sont :

- Le parc automobile. Analyser le parc statique et roulant en mettant l'accent sur celui des ménages ; les modèles d'évolution des parcs. Les succès de la pénétration des innovations / nouvelles technologies ; La mise à jour de l'outil de calcul des consommations énergétiques, des émissions de polluants locaux et de gaz à effet de serre pour l'ensemble des trafics sur un territoire urbain.
- Inégalités et mobilité (souligne si c'était avant les gilets jaunes ou non). Analyse de la demande de mobilité des personnes en situation de handicap ou vulnérables (les séniors, les ménages à bas revenu, etc.) ; ou sur des territoires peu denses.
- Modes Actifs, nouveaux modes de transport et intermodalité. L'impact des nouvelles formes de mobilité (co-voiturage, vélo et trottinette en libre-service, véhicule autonome, etc.,) et des nouveaux mode de transport avec les gyroroues, gyropodes, etc.
- Besoin de connaissances (i.e. recueils de mobilité par enquêtes) à une fréquence plus élevée. Comment articuler/ fusionner des données massives avec des données d'enquêtes (quantitatives et/ou qualitatives) ?

Ces attentes devront estimer les impacts des mesures prises à la suite de La loi d'orientation des mobilités et éclairer et évaluer les politiques publiques. .../...

Ajustement / mise à jour 2020 : il y aura aussi du travail pour analyser, comprendre et évaluer comment les mobilités se redéplient après un confinement liée à cette crise sanitaire (au passage, tu aurais peut-être aussi pu dire un mot sur le fait que nos collaborations de longue date devraient si tout se passe bien déboucher sur un panl de mobilité post-covid), et peut-être aussi voir comment elles se se modifient en réponses aux mesures qui seront finalement prises à la suite de la convention citoyenne sur le climat.

6 Bibliographie

- ARMOOGUM, J. (2016) Why collecting long and short distance within national travel surveys?, European Transport Conference - ETC 2016 Barcelone. 05-07 Octobre 2016.
- ARMOOGUM, J. & al. (2013) COST Action TU 0804 Survey HARmonisation with New Technologies Improvement (SHANTI), Final report, Collection Inrets
- ARMOOGUM, J ; DILL J (2015) Sampling Issues, Data Quality & Data Protection. In Transport Survey Methods: Embracing Behavioural and Technological Changes Selected contributions from the 10th International Conference on Transport Survey Methods 16-21 November 2014, Leura, Australia
- ARMOOGUM, J. ; GUILLOUX, T. ; RICHER, C. (2015) ; Mobilité en transitions : Connaître, comprendre et représenter, Collection Rapports de recherche et rapports techniques du CEREMA, ISBN 978-2-371-80056-4, 327p. DOI: 10.13140/RG.2.1.3013.1045
- ARMOOGUM J., TEBAR M., FOURNIER A. (2017) « Enquêter la mobilité à l'échelle régionale » , In : Journées d'échanges sur la mobilité urbaine : Collecter, exploiter & analyser les données de déplacements, Paris, France, 24 avril 2017, 17 p
- ARMOOGUM, J.; TEBAR, M.; HUREZ, C (2015) Designing a continuous survey for Rhône-Alpes (France), 94th Annual Meeting Transportation Research Board TRB, Session 602: Panel, Continuous, and Cross-Sectional Travel Survey, Washington DC Etats-Unis, 13 janvier 2015 8p.
- AXHAUSEN, K.W., A. ZIMMERMANN, S. SCHÖNFELDER, G. RINDSFÜSER and T. HAUPT (2002) Observing the rhythms of daily life: a six-week travel diary. *Transportation* 29, 95-124.
- BHAT, C.R., R.M. PENDYALA, and N. SRINIVASAN (2005), "Emerging Issues Workshop Summary," *Transportation Research Circular E-C071: Data for Understanding Our Nation's Travel*, National Household Travel Survey Conference, Washington, D.C., November 1-2, 2004, 44-48, January.
- CHRISTIAN B.,HUREZ C., RABAUD M., ARMOOGUM J. (2016) « How the weather can influence your data collection? », European Transport Conference - ETC 2016 Barcelone. 05-07 Octobre 2016.
- COLLET R., DE LAPPARENT M. & L. HIVERT (2015) « Are French Households car-use addicts ? A microeconomic perspective », In: *Journal of Behavioral and Experimental Economics (formerly the Journal of Socio-Economics)*, Volume 54, February 2015, Pages 86–94, Elsevier, ISSN: 2214-8043. HCERES
- CORNUT B., MADRE J.L. (2017) « A longitudinal perspective on car ownership and use in relation with income inequalities in the Paris metropolitan area », In : *Transport Reviews*, Volume 37, 2017, Issue 2, pp. 227-244, online : 24 oct. 2016
- DEVILLE, J.-C. et SÄRNDAL, C.E. (1992) : Calibration estimators and generalized raking techniques in survey sampling, *Journal of the American Statistical Association* Vol.87, pp. 376-382.
- GOLOB, T.T., MEURS, H. Biases in response over time in a seven-day travel diary. *Transportation* 13, 163–181 (1986). <https://doi.org/10.1007/BF00165546>
- HUBERT J.-P., PISTRE P. MADRE J.-L. (2016) « L'utilisation de l'automobile par les ménages dans les territoires peu denses : analyse croisée par les enquêtes sur la mobilité et le recensement de la population », In: *Économie et Statistique*, numéro spécial "recensement de la population", 2016 (483-484-485), pp.179-203.

- HUREZ C., CHRISTIAN B., ARMOOGUM J., TEBAR M. (2016) « Measuring daily mobility, telephone vs face-to-face: a comparison in a doubly-covered region », Communication In: World Conference on Transport Research - WCTR 2016 Shanghai. 10-15 Juillet 2016.
- HUREZ C., CHRISTIAN B., ARMOOGUM J. (2016) « Mesure de la mobilité quotidienne une comparaison téléphone vs face-à-face », Communication au Colloque francophone sur les sondages, Gatineau. 11 au 14 octobre 2016.
- KEMEL E., COLLET R. et HIVERT L. (2009) How do French motorists react to a multi-annual fuel price increase ? An econometric analysis based on 1999-2007 panel data, communication à la 12e ICTBR, décembre, Jaipur, Inde.
- MEISSONNIER J., RICHER C. (2015) « Métro-boulot-dodo : quoi de neuf dans nos routines de mobilité ? », Espace, Populations, Société, Édito du double numéro spécial, n°2015/1-2,
- MEISSONNIER J., TEBAR M. (2019) ACLI « Le panel comme support d'une hybridation entre approches qualitatives et quantitatives. Et si on s'attachait à « faire parler » les données de mobilité ? », In: RTS - Recherche Transports Sécurité, IFSTTAR, 2019, La mobilité en méthodes, 2019, 13p
- QUETELARD, Bernard. 2012. Analyse de la mobilité en vélo. Rapport CERTU. CETE Nord, Picardie. 54 p.
- RANDRIANASOLO T., ARMOOGUM J. (2018) « Optimisation du redressement d'un sous-échantillon d'une enquête : Application à un sous-échantillon de l'Enquête Nationale sur les Transports et les Déplacements de 2007-2008 », In : Recherche Transports Sécurité, Volume 2018, 18 pages.
- RICHER C., COME E., EL MAHRSI M-K, OUKHELLOU L. (2018) “La mobilité intermodale par les données billettiques. Analyses spatio-temporelles du réseau bus-métro de Rennes Métropole”, Cybergeog- European Journal of Geography.
- RIZET C. & TU-THI H.-T. (2017) « Comment réduire les émissions de CO2 du fret ? », In : revue TEC, la revue de la mobilité intelligente, n° 233, avril 2017, pp 32-33 (suite à une présentation à l'ATEC).
- VERRY D., HASIAK F., LANNOY A., RICHER C. (2018) « Un outil : le diagnostic énergie émissions des mobilités », TEC, la revue de la mobilité intelligente, n°236