HAL
open science

# Suivre les consommations énergétiques et les déplacements quotidiens sur le temps long

Thomas Buhler, Philippe Signoret

## To cite this version:

Thomas Buhler, Philippe Signoret. Suivre les consommations énergétiques et les déplacements quotidiens sur le temps long. Revue Internationale de Géomatique, 2017, La transition énergétique. Enjeux informationnels et cognitifs, 27 (1), pp.113-142. 10.3166/rig.2017.00018 . hal-01506052

**HAL Id: hal-01506052**

**https://hal.science/hal-01506052v1**

Submitted on 24 Jan 2018

**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.

# Suivre les consommations énergétiques et les déplacements quotidiens sur le temps long

## *Revisiter la méthode du panel à l'ère de la généralisation du smartphone*

**Thomas Buhler[1], Philippe Signoret[1]**

*1. Laboratoire ThéMA, Université de Bourgogne-Franche-Comté*
*32 rue Mégevand, F-25000 Besançon, France*
*thomas.buhler@univ-fcomte.fr*

RESUME. *Les différentes politiques visant une « transition énergétique » formulent de fortes attentes sur l'individu. Sa capacité à faire évoluer ses comportements quotidiens est considérée comme la clé de voûte du système transitionnel imaginé par une pluralité d'acteurs depuis plusieurs décennies. Pour autant, les méthodes « classiques » d'analyses des pratiques de mobilité quotidienne et de consommation énergétique ne permettent que difficilement un suivi dans le temps, pas plus qu'une identification des freins et leviers aux différents changements individuels attendus. Le projet TELEM présenté dans ce papier, repose sur le suivi semi-automatique d'un panel de volontaires sur les Aires Urbaines de Besançon et de Belfort-Montbéliard. Ce suivi s'opère grâce à une application native qui permet la reconnaissance des lieux, des modes et des motifs de déplacements, à un dispositif de relevés énergétiques et de réponses à des questions d'opinion. Nous dresserons en fin de papier les perspectives théoriques et thématiques rendues possibles par le projet.*

ABSTRACT. *The individual seems to be the keystone for most of the « energy transition » policies currently developed in France. Individual changes are waited in the sense of a reduced use of car and a smaller consumption for in-home uses. That being said, most of the methods for observing daily mobility and energy consumption are based on cross-sectional approaches. These methods are limited in the understanding of changes or recurrences of energy daily practices. The TELEM project presented in this paper targets the setting up of a panel survey based on a specific smartphone application allowing a semi-automatic monitoring of daily mobility (modes, places, motives) and in-home energy consumptions.*

MOTS-CLES : *panel ; approche longitudinale ; pratiques quotidiennes ; mobilité ; énergie ; smartphones ; changement ; habitudes ; intentions*

KEYWORDS : *PANEL ; LONGITUDINAL APPROACH ; DAILY MOBILITY ; ENERGY CONSUPTION ; SMARTPHONES ; BEHAVIOUR CHANGE ; HABITS ; INTENTIONS ;*

## 1. Introduction

### *1.1 Une « transition énergétique » qui cible avant tout la responsabilité individuelle*

Un consensus est aujourd'hui acquis entre les acteurs des territoires et le monde académique : les consommations énergétiques posent « problème », notamment dans la sphère domestique et dans les pratiques quotidiennes de mobilité.

Le « problème » identifié ici est assurément lié à trois phénomènes d'ampleur. En premier lieu, en France comme ailleurs, l'épuisement des ressources qui ont permis la diffusion de modes de vie (en moyenne) plutôt énergivores pose la question de leur pérennité (Brunel, 2012 ; Reguly, 2009). Les changements climatiques à l'œuvre actuellement, et en cours d'intensification, constituent un second défi. Ils enjoignent nos sociétés à réduire la production de gaz à effet de serre, notamment dans le cadre des transports et des consommations énergétiques domestiques. Enfin, un troisième phénomène bien identifié souligne le lien entre ces modes de vie et l'émission de polluants, locaux comme globaux, qui posent des questions importantes de santé publique, avec notamment l'augmentation forte des maladies respiratoires en milieu urbain (Rafenberg, 2015)

Ces questions relatives à l'épuisement des énergies fossiles, aux changements climatiques et à l'impact sanitaire ont participé à la genèse de l'idée initiale de transition énergétique (Boutaric, 2014). Cette définition datant des années 1980 formalisait, de manière claire, l'idée du passage d'un système énergétique à un autre par la réduction de l'utilisation de charbon, de pétrole et d'uranium au profit d'énergies renouvelables et non carbonées. A ceci s'ajoutait un objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique des dispositifs (idem). Suite à de très fortes luttes d'intérêts mêlant de nombreux acteurs - notamment les défenseurs de l'énergie nucléaire, du gaz de schiste et des agrocarburants - la définition première a laissé place à de nombreuses autres versions concurrentes[1] qui entretiennent l'ambiguïté.

Etant données ces différentes luttes d'acteurs, la limitation des leviers de la puissance publique et la difficulté de trancher face à des intérêts divergents (l'emploi ou l'environnement, notamment), s'est amorcé un mouvement plus consensuel pour ces différents acteurs économiques et institutionnels. Ce mouvement se focalise sur l'individu et sur sa responsabilité face aux problèmes environnementaux (Renauld, 2014 ; Boutaric, 2014).

Dans ce contexte, de nombreuses politiques publiques (sectorielles) ont émergé, depuis les années 1980, afin de faire évoluer les comportements individuels quotidiens vers des pratiques jugées plus « vertueuses » (par exemple : se chauffer à

[1] On notera par exemple le travail des défenseurs de la filière nucléaire au Parlement Européen pour imposer un mode de calcul sur l'énergie finale, et non pas sur l'énergie primaire qui leur est défavorable (idem).

18°C chez soi, moins prendre la voiture pour ses déplacements courants, etc.). Si, dans un premier temps, l'Etat a été le seul acteur à la manœuvre, les collectivités se sont progressivement affirmées sur ces questions et ceci notamment depuis la fin des années 1980 et la première vague de « décentralisation » en France. Une grande série (en cours) de textes de loi a débouché sur une obligation pour les collectivités à mettre en place des politiques publiques visant une limitation des consommations énergétiques pour les différentes sphères de la vie quotidienne[2-3].

Qu'il s'agisse d'énergie au domicile ou de déplacements quotidiens, ces différents documents ont ceci de particulier qu'ils formulent de fortes attentes sur les comportements individuels (Buhler, 2015a ; Renauld, 2014). On parle alors volontiers d'une « gouvernementalisation des conduites ». Certes, dans l'histoire récente, il y a déjà eu des périodes marquant un intérêt convergent des acteurs institutionnels et économiques pour les pratiques énergétiques individuelles, notamment lors des différentes crises d'approvisionnement en pétrole (ex : premier choc pétrolier, …). Cela étant, la tendance lourde de la responsabilisation individuelle dans le processus de transition énergétique semble s'inscrire de manière continue, sur une temporalité plus longue, allant au-delà des seuls « chocs » et moments de « crise » (énergétique).

L'exemple des politiques de déplacements est assez révélateur de ces fortes attentes portant sur les individus. Depuis la fin des années 1980, ces politiques visent principalement une réduction de la pratique automobile pour ce qui est des grandes et moyennes agglomérations françaises. Ces politiques auraient pu - théoriquement - proposer un objectif de réduction de l'équipement automobile des ménages ou de baisse globale de la mobilité des personnes. Il n'en est rien : les politiques de déplacements actuelles se sont focalisées sur l'individu, sur sa responsabilité et sa capacité à changer de comportement[4] en annonçant la mise en place de nombreux dispositifs incitatifs et restrictifs (Buhler, 2012 ; 2015a ; 2015b). L'individu apparaît alors comme étant la clé de voute des changements et, plus particulièrement, de la transition énergétique tant espérée.

Ces enjeux nécessiteraient, *a priori,* une connaissance fine des pratiques individuelles quotidiennes et de leurs évolutions dans le temps. Cela dit, on peut observer que les méthodes majoritairement employées dans nombre de champs de recherche, ainsi que dans les milieux professionnels associés à ces problématiques, sont du type « transversal » (Commenges, 2014 ; Goodwin *et al.*, 1987). En effet,

---

[2] On pourra penser ici aux Plans de Déplacements Urbains (PDU), aux Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT) ou encore aux Schémas Régionaux Climat Air Energie (SRCAE), qui mobilisent des collectivités de tailles et de natures différentes.

[3] Notons tout de même dans cette période l'importance de politiques européennes orientées vers la recherche de l'efficacité énergétique des équipements domestiques par la mise en place de normes et d'étiquettes pour renseigner l'acte d'achat.

[4] Certes ces différents dispositifs et politiques sont alimentés par des impôts sur l'activité économique avec en premier lieu le « Versement Transport ». Cela étant, l'essentiel des politiques cherchent à convaincre l'individu de changer de pratique. Les solutions collectives restent à ce jour faiblement explorées.

plutôt que de suivre des groupes d'individus (cohortes, panels, etc.), la quasi-totalité des enquêtes menées sont des photographies, à un temps t, des pratiques observées sur un territoire. Les évolutions des pratiques individuelles sont alors analysées en comparant plusieurs enquêtes menées sur un même territoire à plusieurs années d'intervalle. Cela présente de fortes limites.

L'échantillon de personnes interrogées ayant changé, une analyse des évolutions de comportement ne pourra se faire qu'à l'échelle de l'agglomération ou de groupes de personnes (genre, CSP, …) et non à l'échelle des individus sous peine de surinterprétations ou d'erreurs de diagnostic. Ce décalage entre enjeux opérationnels et méthodes majoritaires pose un problème informationnel et cognitif de première importance.

### *1.2 Des méthodes « transversales » hégémoniques en décalage par rapport aux enjeux*

Que ce soit dans le cadre de diagnostics territoriaux ou d'évaluations des politiques urbaines (déplacements, urbanisme, …), force est de constater que les évolutions des comportements sont très majoritairement analysées sous la forme de résultats agglomérés issus d'une répétition d'enquêtes transversales. Lorsque ces enquêtes sont reconduites sur une temporalité plutôt longue, elles ont pour avantage de permettre un suivi des évolutions des pratiques quotidiennes à l'échelle d'une même agglomération (voir *Figure 1*). Dans le cas des enquêtes ménages-déplacements (EMD) standardisées, la comparaison entre différentes agglomérations devient également possible.

Dans le cas du PDU du Grand Besançon (*Figure 1*), les données issues d'enquêtes transversales de 2005 et 2015 alimentent le diagnostic sur les évolutions des pratiques de mobilité. Ces résultats servent également de référence aux nouveaux objectifs énoncés et chiffrés à l'horizon 2025 (fin de validité du nouveau PDU) en termes de parts modales.

Très utiles pour dessiner des tendances à l'échelle d'une agglomération - comme le montre la *Figure 1* - ces enquêtes ne permettent que difficilement de comprendre les trajectoires individuelles de changement. Ceci tient tout d'abord au fait que les individus répondant à une EMD ne sont pas les mêmes que ceux qui ont répondu à l'édition précédente. Certes, chaque enquête a été menée auprès d'un échantillon « représentatif » du point de vue statistique et au regard de critères classiques (âge, genre, CSP, communes de résidence, …). Cela dit, la confrontation des résultats de ces deux enquêtes ne permet que de « linéariser » les résultats, c'est-à-dire d'imaginer ici une évolution régulière entre 2005 et 2015. Dans notre exemple du Grand Besançon, une linéarisation des résultats reviendrait à (se) représenter une baisse régulière, pendant dix ans, de la part de l'automobile pour l'ensemble des habitants de l'agglomération. Or, cette linéarisation masque, on s'en doute, des évolutions individuelles temporelles plus complexes, plus paradoxales et parfois très contradictoires.

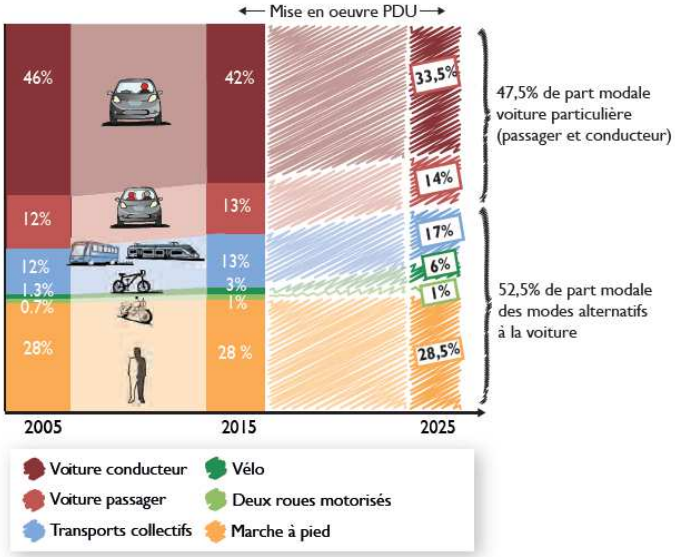


*Figure 1 – Usage de données issue d'enquêtes « transversales » dans le PDU du Grand Besançon (CAGB - AudaB, 2015)*

Comme toute méthode de type « transversal », les EMD n'ont pas été conçues pour traiter des changements de comportements individuels. En dépit de ces limites clairement énoncées par le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA), on peut observer que certains chercheurs et acteurs opérationnels proposent des surinterprétations sur la base de ces enquêtes. Dans le cas de l'EMD de Lyon de 2007, la baisse constatée de la « mobilité automobile » (nombre de déplacement par automobile par jour) a été rapidement analysée par de nombreux acteurs opérationnels comme le résultat probant d'une politique volontariste en matière de changement de mode de déplacement (Buhler, 2015a). Malheureusement pour ces derniers, des travaux plus précis ont démontré qu'un phénomène plus « structurel » de vieillissement de la population est à l'origine d'une baisse de la mobilité pour tous les modes de déplacements, et par extension d'une baisse de la mobilité automobile (Semblat, 2007 ; Bouzouina et al., 2011).

On voit dans cet exemple qu'un risque réside dans la traduction des évolutions de pratiques modales globales d'une agglomération en évolutions individuelles, ce que d'aucuns appellent une « rationalisation descendante » (Røe, 2001). Une baisse de la part modale de l'automobile de quelques points ne signifie pas une baisse de l'usage de l'automobile dans toutes les catégories de la population. Des changements de modes dans des directions opposées s'effectuent en parallèle. Face à des phénomènes qui nécessitent une explication fine, peu d'éléments peuvent être aujourd'hui avancés sur d'éventuels changements de mode de déplacements, sur leur

quantification et sur les contextes associés à ces changements[5] qui facilitent un report modal[6], ce qui est pourtant au cœur de nombreuses discussions tant théoriques qu'opérationnelles.

Pour ce qui est du suivi des consommations énergétiques au domicile, nous pouvons faire un constat similaire : que ce soit dans les sphères opérationnelles ou de la recherche, il existe très peu de données d'enquêtes qui permettraient un suivi longitudinal systématique. Des enquêtes transversales dédiées et répétées comportent les mêmes limites que les EMD ou les « enquêtes nationales transport déplacement » (ENTD)[7]. L'« enquête nationale logement » (ENL) conduite par l'INSEE est de celles-ci. Un échantillon représentatif différent est enquêté tous les 3 à 6 ans. Le problème de linéarisation des conclusions se pose de la même manière que précédemment.

D'autres données existent, comme les données « consommation » produites par le Service Observation et de Statistique du Ministère de l'Environnement (SOeS). Ces données sont très utilisées, notamment dans les SRCAE (voir *Figure 2*) qui sont devenus, depuis peu, les documents de référence de l'action territoriale sur l'énergie. Notons que ces données reposent sur des modèles de consommation et non sur des enquêtes ou des relevés de compteurs qui restent – en France tout du moins - la chasse gardée des opérateurs et des exploitants d'infrastructures et sont de fait peu diffusées[8].

---

[5] On peut penser ici aux situations de changements dans le cycle de vie d'une personne (déménagement, changement d'emploi, etc.) identifiées par la littérature comme propices à une modification du mode de déplacement si celle-ci est souhaitée (Rocci, 2007). Ces hypothèses sont pour l'heure difficiles à valider empiriquement.

[6] D'autres écueils sont à signaler lorsqu'il s'agit d'identifier les changements de comportements avec de telles méthodes. Tout d'abord l'évolution fréquente du périmètre d'étude, pour les EMD notamment, limite la comparabilité temporelle. Deuxième autre limite informationnelle, la focalisation sur une « journée-type » (un mardi ou un jeudi, d'après le standard CEREMA) décrite par l'individu semble fragmentaire.

[7] Voir à ce sujet, Enquête nationale transport et déplacements 2007-2008, rapport technique, en ligne : http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/transports/r/transport-voyageurs-deplacements.html

[8] Dans d'autres pays européens, l'accès aux données de compteur est plus simple. Ceci permet la mise en place de projets tels que MEU (« Management des systèmes Energétiques en milieu Urbain ») de l'EPFL (Chérix et Capezzali, 2011). Ce projet propose un suivi de consommation à l'échelle urbaine en prenant appui sur des relevés de compteurs énergétiques individuels (bâtiment ou logement), dans quatre villes partenaires (Lausanne, Neuchâtel, Martigny, La-Chaux-de-Fond). Il est alors possible d'analyser les évolutions des consommations énergétiques en effectuant un suivi longitudinal des logements. En complétant avec un fichier d'adresse, il est alors possible de prendre en compte les changements d'occupation de ces logements.

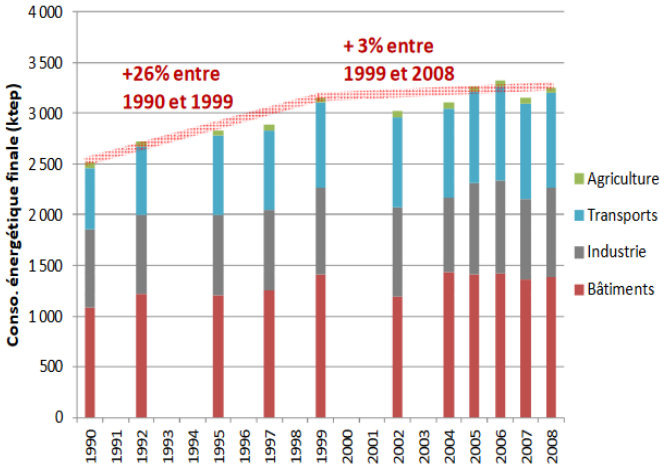


*Figure 2 – Analyse de l'évolution des consommations énergétiques finales en Franche-Comté dans le cadre du SRCAE (SOeS, 2008)*

En France, la mise en place progressive des compteurs « Linky » (électricité) et « Gazpar » (Gaz), dits « intelligents », permet d'envisager, à moyen terme, une diffusion plus large de données en temps réel sur les consommations d'un ménage ou d'un immeuble vers le monde de la recherche et les collectivités. Bien entendu ceci sera le cas sous réserve d'une volonté des opérateurs, des exploitants et des consommateurs, d'une mise en conformité des bases de données avec les exigences de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL).

Qu'il s'agisse de consommations énergétiques ou de déplacements quotidiens, il existe donc de nombreuses données largement diffusées mais qui souffrent de fortes limites pour décrire et comprendre l'évolution des pratiques individuelles dans le temps. Par ailleurs, la capacité explicative des méthodes transversales se heurte à un autre élément de contexte : la stabilité moyenne des consommations énergétiques (Maréchal, 2010 ; CREDOC, 2007) et des pratiques modales (Buhler, 2015a). Une forte hausse ou une forte baisse, globale ou par catégorie agglomérée (une tranche d'âge, une CSP), seraient moins énigmatiques qu'une stabilité moyenne qui amène à se poser de nombreuses questions : est-ce le résultat de forces contraires qui s'annuleraient ? Est-ce le résultat de fortes habitudes (individuelles ou collectives) qui iraient à l'encontre des changements ? La focalisation sur des méthodes transversales pose problème, car ces dernières ne permettent que de conjecturer autour des changements de mode de déplacement, des évolutions dans les consommations énergétiques, des contextes facilitateurs et des supposées « résistances » des individus.

Bien entendu, des méthodes *ad hoc* existent sur les questions d'évolution de pratiques de déplacements quotidiens (Rocci, 2007 ; Lord et *al.*, 2009) ou d'usage de l'énergie au domicile (Subrémon, 2011). Ces dispositifs spécifiques, qui peuvent prendre appui sur des entretiens, des parcours commentés ou des questionnaires,

permettent difficilement une généralisation des résultats, et ceci, en dépit d'un effort de représentativité structurelle (c'est-à-dire d'une diversité des profils des personnes suivies).

Les deux familles de méthodes « transversales » et « spécifiques » présentent toutes deux de fortes limites (voir *Tableau 1*). Nous proposons de les dépasser par un renouvellement méthodologique qui semble nécessaire au vu des enjeux liés aux pratiques individuelles. Ce renouvellement consiste en une utilisation de la méthode du panel et en nous appuyant sur l'objet technique désormais largement diffusé qu'est le smartphone.

| | **Avantages** | **Limites** |
|---|---|---|
| **Méthodes « transversales »** (majoritaires) | Permet de connaitre les pratiques à un temps t | Ne permet pas de suivre ni de comprendre les situations de changement de comportement à l'échelle individuelle |
| **Méthodes « spécifiques »** *ad hoc* | Permet de connaître la diversité des pratiques individuelles et leurs évolutions | Echantillons restreints ne permettant généralement pas de tester des hypothèses sur les changements de comportements |

*Tableau 1. Méthodes transversales et spécifiques, avantages et limites*

### *1.3 Pour un renouvellement de l'approche longitudinale par panel*

Bien évidemment la technique du panel[9], en tant que telle, ne présente aucun caractère innovant. Cette méthode est utilisée par de nombreuses disciplines avec en premier lieu l'épidémiologie et la sociologie (scolaire, professionnelle, électorale, condition de vie) (Safi, 2011). Cela dit, peu de panels ont pour objet des pratiques quotidiennes et ceci pour plusieurs raisons.

Un premier élément expliquant cette lacune réside dans l'attente d'un retour très fréquent de la part du panéliste. S'il peut être considéré comme acceptable de faire un retour annuel pour actualiser sa situation professionnelle, faire un point quotidien, plusieurs semaines par an sur ses déplacements semble plus chronophage et plus difficile à obtenir de la part d'un panéliste. Dans le cas d'une modalité « classique » de passation (questionnaire ou carnet de bord papier) cela a longtemps été un frein au développement de ce type de méthodes.

Une seconde source d'explication, pour ce qui est des déplacements, réside dans la complexité des informations à transmettre. Cela commence avec la définition du « déplacement » considérée, et sa transmission au panéliste. Si le choix est fait de prendre en compte tout déplacement (ex : un déplacement à pied de chez soi pour se rendre jusqu'à sa voiture doit être mentionné), encore faut-il que le panéliste le comprenne et applique cette consigne systématiquement. Au-delà de ce problème de définition, la complexité des informations peut également paraitre dissuasive :

[9] Un panel est un échantillon de personnes qu'on interroge de manière périodique sur leurs comportements, opinions et attitudes relatives à certains sujets.

l'ensemble des heures de départs et d'arrivées doit être renseigné, ainsi que les modes utilisés, les lieux et les motifs de déplacements. Le remplissage d'un carnet de bord hebdomadaire devient vite un travail conséquent qui, s'il est réitéré plusieurs fois, peut mener à l'attrition de nombreux panélistes.

Le cas du Puget Sound Transportation Panel Survey, au Nord-Ouest des Etats-Unis, est tout à fait représentatif de ces limites. Ce panel mis en place par le Puget Sound Regional Council (fédération d'exécutifs locaux), en 1989, a compté jusqu'à 1700 panélistes. Ces derniers devaient répondre à une enquête annuelle composée d'un carnet de bord à remplir sur une durée d'une semaine ainsi qu'un questionnaire sur leurs « attitudes » (du point de vue de la psychologie sociale) en termes de modes de déplacement. Cette opération s'est arrêtée en 2002, à la suite d'une trop forte attrition difficile à compenser par de nouveaux recrutements (Commenges, 2014). En dehors de cette opération très volontariste et encadrée par une institution locale, il existe peu d'exemples de panels sur les déplacements quotidiens ou sur les usages de l'énergie au domicile[10].

L'apparition puis la généralisation de l'équipement en « smartphones » pourrait - potentiellement - remettre en cause cette situation et permettre le développement de méthodes de suivi du quotidien sur le temps long. En effet, le taux d'équipement en smartphone atteint les 58% de la population française (CGEIET, 2015) alors qu'il n'était que de 17% quatre ans plus tôt. Nous pouvons parler sans risque d'un phénomène extrêmement rapide de généralisation de l'équipement en smartphone en France, perceptible également dans de nombreux pays (Biremboim et Shoval, 2016). Pour autant de fortes disparités apparaissent au sein de la population, en premier lieu liées à l'âge (cf. tableau 2).

| Age | Possesseurs de smartphone (%) |
|---|---|
| 12-17 ans | 81 |
| 18-24 ans | 90 |
| 25-39 ans | 79 |
| 40-59 ans | 57 |
| 60-69 ans | 35 |
| 70 ans et plus | 15 |
| Ensemble de la population | 58 |

*Tableau 2 – Taux d'équipement en smartphone et abonnement à internet mobile, par classe d'âge (Source : CREDOC, 2015)*

[10] On notera l'existence de panels nationaux de type « consommation » qui incluent les questions de transports, aux Pays-Bas et en Allemagne (Van Wissen et al., 1989 ; Zumkeller, 2009). Concernant l'analyse des conditions de vie des ménages, on peut citer le Panel européen des ménages (ECHP : European Community Household Panel) mis en place en 1994 par l'office statistique des communautés européennes (Eurostat) et repris, en 2004, par le dispositif « Statistiques sur les revenus et conditions de vie dans l'Union européenne » (SRCV / EU-SILC) avec la participation de quatorze Etats de l'Union Européenne, dont la France. Cela dit, ces panels ne sont pas liés à un territoire précis, ce qui limite les analyses possibles.

L'idée initiale du projet TELEM part de ce constat : une majorité de français se déplace désormais smartphone en poche avec, *a minima,* des puces GPS, Wi-Fi et GSM, ainsi qu'un accéléromètre. Potentiellement, ces dispositifs peuvent permettre de connaitre les lieux fréquentés par leurs propriétaires, les modes de déplacements qu'ils utilisent, et les heures associées à ces déplacements[11].

Ces évolutions représentent un changement majeur en termes de potentiel de géolocalisation des activités quotidiennes et d'automatisation (au moins partielle) des informations relatives aux déplacements d'une personne (les modes, les lieux, les motifs). Le projet TELEM, dont nous allons présenter l'organisation technique dans la partie suivante, ne vise donc pas à déployer de nouvelles techniques de géolocalisation ou d'identification des modes de déplacements, mais bel et bien à valoriser le potentiel d'une situation existante.

## 2. La traduction technique : le dispositif TELEM

Etant donnée la spécificité de l'approche (approche longitudinale, lecture croisée entre énergie et mobilité), une instrumentation spécialisée a été créée pour la capture, le traitement et la diffusion des informations mobilisées. Bien qu'ayant conscience des difficultés générées par l'appariement de données hétérogènes lors de l'exploitation d'un corpus (Todoran, 2014), le projet table sur la combinaison de différentes méthodes d'acquisition de données. L'instrument mis en place s'appuie sur une série de mesures (géolocalisation, vitesses instantanées, …) à partir des technologies embarquées dans les smartphones (GPS, accéléromètre, Wi-Fi). Il permet également de recueillir des déclarations des panélistes sur leurs propres pratiques (relevés de consommation d'énergie) et leurs réponses à des questionnaires en ligne sur leurs représentations des modes de déplacements, leurs intentions de comportements sur les six prochains mois, les normes sociales qu'ils perçoivent et leurs habitudes modales à raison de deux fois par an (voir *Tableau 3*).

L'enquête dont nous présentons ici la mise en œuvre, est pensée pour durer pendant au minimum quatre ans, à compter de mars 2016. A l'issue d'une procédure de marché public lancée en avril 2015, une proposition du consortium Mobi-lise[12] a été retenue. Cette structure s'est contractuellement engagée à effectuer le portage des applications sur cette durée. Potentiellement, et sous réserve de financement, une prolongation serait tout à fait pertinente.

---

[11] Etant donnés les moyens limités associés au projet, nous avons fait le choix de concevoir un système qui puisse fonctionner sur les deux principaux systèmes d'exploitation actuels : *Android* et *iOS*. Le premier représentait en France 69,9% des ventes de smartphone en 2015 ; le second 20,5% (Kantar, 2016).

[12] Le consortium Mobi-lise s'est constitué lors d'un projet expérimental financé par l'ADEME autour de cinq entreprises principales : *Share and Move Solutions*, *Phoenix-ISI*, *TMO Régions*, *Smartengy et Mobigis*. Ce projet initial, mis en place en 2015, a reposé sur une application liée à un réseau social (application *TamTamTop*) qui a constitué la base de la proposition technique initiale, fortement renouvelée pour s'ajuster aux besoins de recherche du projet TELEM.

| Dimension informationnelle | Informations | Mode de captation |
|---|---|---|
| Déplacements quotidiens | Pour chaque déplacement : **mode**(s) utilisé(s), **lieux** fréquentés et **motifs** associés, heures de départ, d'arrivée, durées de déplacement.<br>Ces informations sont générées automatiquement et structurées sous la forme d'une Time-line (voir Figure 3, p.13). Les modes, lieux et motifs peuvent être corrigés par l'utilisateur pendant sept jours flottants sur la Time-line. | Accéléromètre<br>Wi-Fi<br>GPS<br>GSM |
| Consommation énergétique au domicile | **Relevés** ponctuels et manuels de consommation (énergie de flux ou de stock). La fréquence de ces relevés est libre, mais doit être au minimum de trois fois par an. Des mails automatiques d'invitation à relever ses compteurs sont envoyés à cette fréquence[13]. | Interface de saisie sur l'application |
| Profil de l'individu et du ménage | - **Signalétique** : âge, genre, composition du ménage<br>- **Equipement en transport** (ménage) : nombre de voitures, nombre de deux-roues motorisés, nombre de vélos adultes en état de marche,<br>- **Equipement en transport** (individu) : permis de conduire / abonnement aux transports en commun, abonnement au train<br>- **Situation professionnelle** : groupe socio-professionnel, métier, quotité du temps de travail, adresse du travail, niveau de diplôme | Section « profil » de l'application, modifiable à tout moment par l'utilisateur |
| Opinions, intentions et représentations | - **Intentions de comportement** : intentions d'utilisation de la voiture, des TC, du vélo et de la marche (en fréquence sur les six prochains mois) ; intention de se déplacer plus ou moins qu'actuellement sur les six prochains mois, etc.<br>- **Force de l'habitude modale** (inspiré du test SRBAI de Gardner & al., 2012) : voiture, TC, vélo, marche<br>- **Normes sociales perçues** : ce que fait et approuverait (selon l'enquêté) son entourage en termes de modes de déplacement<br>- **Attitudes environnementales** : opinion sur la situation environnementale de la planète, la capacité d'action des individus et des gouvernements, intérêt pour les questions environnementales, etc.<br>- **Représentations des modes de déplacement** : agréables ? pratiques ? avantageux ? etc. (pour la voiture, les TC, le vélo et la marche) | Questionnaire web envoyé tous les six mois |

*Tableau 3 : Les différentes dimensions de l'information recueillie dans le projet TELEM.*

[13] Cette solution d'un renvoi manuel des consommations ou stocks d'énergie est actuellement mise en place en attendant une possible intégration de données issues des compteurs dits « intelligents ». La solution actuelle n'est pas optimale et présente potentiellement un risque d'attrition.

Ne pouvant pas prétendre ici à une présentation exhaustive de l'instrument d'observation TELEM, nous allons d'abord préciser les grandes orientations du développement technique. Nous développerons ensuite deux aspects fondamentaux de la démarche. L'organisation technique permettant un relevé de consommations énergétiques par le panéliste - quelle que soit la fréquence de relevé, le vecteur énergétique ou encore le mode de relevé - sera détaillée avant d'arriver au point le plus crucial pour TELEM : le suivi semi-automatique des déplacements.

### *2.1 Les partis pris généraux dans le développement technique*

Le dispositif imaginé puis conçu pour répondre à notre problématique repose sur la combinaison de plusieurs technologies complémentaires : une application native pour smartphone, une plateforme de données spatio-temporelles et une interface web. L'application native en est l'élément central puisqu'elle est à la fois un instrument de captation de données (géolocalisations, vitesses, altitudes, ...) et une interface pour renseigner des relevés énergétiques ou donner son avis dans le cadre des enquêtes d'opinion. En plus de cela, cette application doit également proposer une visualisation des données individuelles du panéliste.

Nous avons considéré qu'un maximum d'interactions avec le panéliste doit passer par son smartphone, afin de réduire l'hypothétique « rupture de charge ». Nous avons estimé que, pour certaines fonctionnalités particulières, passer du smartphone à un ordinateur, ou à une tablette, pourrait générer une attrition, des relevés énergétiques très rares, ou des taux de réponses aux questionnaires trop faibles. L'objectif de la solution technique proposée est donc de diriger le panéliste vers son terminal smartphone pour la quasi-totalité des interactions[14] et d'adapter l'ensemble des visualisations et des interfaces à l'échelle d'un écran de smartphone.

En complément de cette application native smartphone, le dispositif repose sur une plateforme de données spatio-temporelles susceptible d'accueillir un important volume de données et sur une interface web 2.0 permettant au panéliste de consulter un tableau de bord où il retrouve l'ensemble de ses déplacements, de ses relevés énergétiques et les résultats des dernières enquêtes.

Une deuxième orientation importante a été affirmée : l'application doit fonctionner en « tâche de fond »[15], ceci afin de se faire oublier de l'utilisateur pour ne pas sembler trop intrusive[16]. Nous partons là encore de l'hypothèse selon laquelle

---

[14] Pour les différentes vagues de questionnaires, le panéliste peut, s'il le souhaite, répondre ou continuer de répondre au questionnaire actif sur un ordinateur ou une tablette en utilisant un login et son mot unique. Il peut aussi consulter son tableau de bord sur d'autres formats.

[15] Un fonctionnement en « tâche de fond » correspond au fonctionnement d'une application sans interaction avec l'utilisateur.

[16] Cette différence a été fondamentale dans le développement de l'algorithme et du code sous Android et sous iOS. En effet, dans la philosophie d'Apple, le concept de « tâche de fond » n'existe pas, ce qui nous a contraints à faire tourner le GPS en continu. Malheureusement cela va à l'encontre d'un des objectifs fondamentaux pour l'acceptabilité de l'application sous iPhone : une consommation de batterie « raisonnable ».

plus le panéliste sera sollicité et moins il aura envie de continuer de participer[17]. Cela étant, afin de pouvoir calibrer au mieux la méthode, nous demandons aux nouveaux panélistes d'effectuer un maximum de corrections concernant leurs déplacements, pendant leur première semaine d'utilisation. Ces corrections ont lieu dans la partie « Timeline »[18] (voir *Figure 3*) qui synthétise les différentes informations liées aux déplacements de la journée effectuée par la personne.

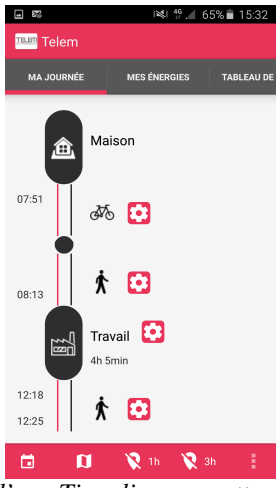


*Figure 3 – Capture d'écran d'une Time-line permettant les corrections du panélistes relatives aux modes, lieux et motifs*

### *2.2 Le suivi des consommations énergétiques*

Le suivi des consommations énergétiques au domicile pose relativement peu de difficultés conceptuelles. Les réflexions portent tout d'abord sur les choix des vecteurs énergétiques pris en compte pour les consommations au domicile[19]. Nous avons retenu la liste présentée dans le *Tableau 4*. Afin de procéder à des analyses combinant plusieurs vecteurs énergétiques pour un même logement, nous utilisons

---

[17] Nous réservons les messages vers le panéliste pour les informations les plus importantes : nouveau questionnaire disponible, résultats d'enquêtes, rappel pour effectuer un relevé énergétique. Ces messages sont envoyés à l'adresse de messagerie électronique du panéliste.

[18] Google propose pour Android un instrument similaire via Google maps. La géolocalisation GPS et réseau est complétée par celle des adresses IP. Pour visualiser ses trajets, l'usager doit autoriser Google à capter et enregistrer (historiser) ses positions. L'inconvénient majeur de cette solution pour le chercheur est que les données brutes captées et les données traitées ne sont pas accessibles. Tout au plus, l'utilisateur peut-il supprimer des journées ou ajouter des lieux ou encore visualiser les déplacements sur une carte.

[19] Les énergies au domicile excluent les carburants liés aux différents modes de transport motorisés ; seul l'approvisionnement des véhicules électriques qui ne peut être distingué dans la consommation au logement, sera pris en compte.

un facteur de conversion usuel pour ramener les unités de mesure habituelles (ex : $m^3$, litres, …) vers une unité de mesure commune, le kWh.

Cette liste ne retient pas le vecteur qu'est le chauffage central collectif présent dans certains immeubles, et notamment dans le parc d'habitat social. Le principal problème est que la seule donnée envisageable serait le montant des charges payées. Or, les charges sont le plus souvent fonction des consommations de l'immeuble ou du groupe d'immeuble et non du ménage et fluctuent en fonction de la consommation globale mais également du prix des énergies utilisées.

| | **Matière** | **Unité du compteur** | **Eq. kWh** | **Utilisations principales** | **Mode de relevé de compteur** |
|---|---|---|---|---|---|
| Hydrocarbures | Fioul | Litres | 9,96 | Chauffage domestique, chauffe-eau sanitaire, générateur électrique | Approvisionnement<br>Consommation exacte |
| | Gaz naturel de ville | M3 | 10,00 | Chauffage domestique, chauffe-eau sanitaire | Index compteur<br>Consommation exacte |
| | Butane | kg | 12,77 | Cuisson, chauffe-eau sanitaire | Approvisionnement |
| | Propane | kg | 13,50 | Chauffage domestique, chauffe-eau sanitaire, cuisson | Approvisionnement<br>Consommation exacte |
| | Pétrole raffiné pour chauffage | Litres | 10,00 | Chauffage d'appoint | Approvisionnement<br>Consommation exacte |
| Biomasse | Bois en bûches | m3 (Stère) | 1620,00 | Chauffage domestique, chauffe-eau sanitaire, cuisson | Approvisionnement<br>Consommation exacte |
| | Granulés bois | kg | 4,69 | Chauffage domestique, chauffe-eau sanitaire | Approvisionnement<br>Consommation exacte |
| | Plaquette forestière | kg | 3,00 | Chauffage domestique, chauffe-eau sanitaire | Approvisionnement<br>Consommation exacte |
| Charbon | Charbon (houille, coke, lignite) | kg | 7,22 | Production d'électricité, chauffage domestique | Approvisionnement<br>Consommation exacte |
| Electricité | Electricité | kWh | 1,00 | Chauffage domestique, chauffe-eau sanitaire, cuisson, transport | Index compteur<br>Consommation exacte |

*Tableau 4 : Les différents vecteurs énergétiques retenus pour les relevés de consommations au domicile.*

Une difficulté conceptuelle (pour le panéliste) peut résider dans le ou les modes de saisie des relevés proposés au panéliste, selon qu'il s'agisse d'énergies « de stock » (comme le bois) ou « de flux » (comme le gaz de ville).

Le relevé de consommation (R) des énergies de flux (index compteur et consommation exacte sur facture) ne pose pas de difficulté pour apprécier la consommation (C) d'énergie entre deux dates (voir *Tableau 5*). Mais, dans le cas de l'approvisionnement (livraison d'une certaine quantité à une date précise) d'énergie de stock (bois, chardon, fuel, gaz), l'exercice est plus périlleux. En effet, la livraison au domicile d'un certain volume de bois n'indique pas une consommation exacte sur une période donnée mais un stock disponible à une certaine date.

Pour l'heure, et dans l'attente d'avoir plusieurs relevés de fourniture pour les panélistes concernés, le bilan énergétique au domicile prend surtout en compte une addition des kWh relatifs aux énergies de flux.

| **Mode de relevé de consommation** | t0 | t1 | t2 | t3 |
|---|---|---|---|---|
| Energie de flux : index compteur | R0=X ; C=0 | C1=R1-R0 | C2= R2 - R1 | … |
| Energie de stock : fourniture/approvisionnement | R0=X=A1 | R1=X1 ; C1=? | R2=X2 ; C2=? | … |
| Consommation exacte | R0=X=C0 | C1=R1 | C2=R2 | … |

*Tableau 5 : Méthodes de calcul des consommations entre deux relevés*

### *2.3 Suivi des déplacements sur le temps long*

Notre choix économique et technique s'est porté sur l'exploitation des fonctionnalités embarquées dans les smartphones. Les premières générations de téléphones offraient une autonomie d'une semaine. Celle-ci a beaucoup diminué sur les smartphones[20]. Une faible consommation de batterie nous a semblé primordiale pour l'acceptabilité d'une application tournant « en tâche de fond »[21].

Dès lors, la recherche d'économies d'énergie a été privilégiée dans le développement des solutions logicielles du projet TELEM. Théoriquement, cela se traduit par une idée relativement simple : rechercher des positions GPS (très consommateur en énergie) uniquement lorsque la personne est en déplacement. En complément de cela, pour l'application Android, les recherches de position GPS sont espacées de trente secondes, ce qui permet une mise en veille de la puce GPS.

---

[20] La principale source de consommation est liée à l'éclairage de l'écran (jusqu'à 70 %), loin devant celle des applications.

[21] Nous avons également cherché à limiter le volume de données échangé entre les smartphones et le serveur. Le volume de données collectées est variable en fonction de la mobilité du panéliste, mais, en général, cela correspond à un flux moyen de 1 à 2 Mo par jour et par panéliste. Pour faciliter la transmission et les post-traitements, l'option retenue est celle d'un envoi vers les serveurs au fil de l'eau, dès qu'une connexion data ou wifi est ouverte.

Si nous ajoutons à ce temps de repos le temps d'acquisition de la position, des coordonnées seront enregistrées dans le semi de points toutes les 40 à 55 secondes selon la qualité de l'équipement[22]. En parallèle, l'application demande des positions par le réseau (Wi-Fi ou GSM, sans qu'il ne soit possible, sous Android, d'en connaitre la source exacte). Le semi de points GPS est alors complété d'un semi de points « réseau »[23].

Empiriquement, cet espacement est un compromis satisfaisant entre un semi de points (GPS et « réseau ») qui permet une compréhension des chemins parcourus et une consommation amoindrie des ressources énergétiques de l'application.

Si la captation d'un semi de points géolocalisés satisfaisant est important, la reconnaissance des débuts et fin de trajets est encore plus cruciale pour l'intégrité des données et la pertinence des interprétations faites par l'application. Dans la proposition initiale du consortium Mobi-Lise, le déclenchement de la « mobilité » du panéliste (c'est-à-dire le lancement de la recherche de positionnement GPS) reposait exclusivement sur l'accéléromètre[24]. L'application calculait un indicateur

$$\alpha = (x^2+y^2+z^2)^2$$

où x, y et z sont exprimés en $m/s^2$.

En fonction du franchissement d'un seuil - fixé empiriquement à une valeur de 1,5 - le mouvement était considéré comme signifiant d'un déplacement, ce qui enclenchait l'interrogation de l'environnement Wi-Fi. Si le niveau de signal Wi-Fi reçu (de la dernière borne enregistrée) était inférieur à – 85dBm, alors l'application (TamTamTop) interprétait cela comme un éloignement et donc comme un début de déplacement, avec pour conséquence l'enclenchement du GPS.

Ce système, proposé initialement, considérait ensuite qu'un déplacement était significatif si dans les deux minutes qui suivaient, trois positions successives montraient un éloignement d'au moins 250 mètres[25] par rapport au point initial ; ce qui permettait de poursuivre l'enregistrement des positions GPS et réseau. A défaut,

---

[22] Si la fonction GPS a été activée de longue date, un délai supplémentaire pourra s'ajouter lors de l'enregistrement de la première position en relation avec le temps d'acquisition de satellites et d'un signal correct.

[23] Nous n'avons pas encore assez de recul pour mesurer la qualité des données remontées par les smartphones. Mais des pistes de travail sont d'ores et déjà envisagées notamment dans le cadre de l'optimisation de la reconnaissance des modes de déplacement par une remontée systématique de données d'accéléromètre (Hemminki & al., 2013) ou encore dans l'augmentation de la précision de la géolocalisation GPS et réseau.

[24] Cet instrument - également appelé centrale inertielle - permet de détecter des changements d'orientation du smartphone dans trois dimensions, ce qui est utilisé notamment pour modifier l'orientation de l'affichage à l'écran.

[25] Cette distance (euclidienne) a été établie de manière empirique avec pour objectif, d'une part pour réduire le « bruit » dans la construction des déplacements en lien avec l'imprécision des outils de localisations et, d'autre part, pour limiter les mobilités dites « sur site » sur le lieu de travail par exemple (voir plus bas).

les positions successives n'étaient pas conservées et l'application renvoyait au statut « arrêt » précédent.

Un principe justifiait ce fonctionnement : éviter l'enclenchement intempestif du GPS, gros consommateur d'énergie. Or, des limites matérielles sont apparues au fur et à mesure des tests répartis entre novembre 2015 et février 2016 :

- Certains matériels, lorsqu'ils sont en veille éteignent l'accéléromètre. Cela est très limitant puisque seuls des déplacements effectués avec un smartphone « actif » seraient alors enregistrés. Il n'existe pas de liste exhaustive de ces terminaux, et la marque ne suffit pas à identifier les modèles qui coupent l'accéléromètre en veille.
- Le niveau de signal Wi-Fi émis par une borne est relativement instable au cours d'une journée et la seule mesure instantanée d'un niveau de signal est insuffisante pour être interprétée comme un éloignement.
- Dans les trains à grande vitesse, dès lors que l'appareil est posé sur un élément fixe (ex : tablette, accoudoir), les mesures de l'accéléromètre ne permettent pas de reconnaître un mouvement : il n'y a presque pas d'« accélération », le smartphone est inerte, alors que le déplacement est manifeste.

Par ailleurs, de nombreuses situations ont mis l'accent sur les limites de l'algorithme :

- la seule prise en main de l'appareil suffisait à enclencher la procédure de détection de mouvement et à interroger l'environnement Wi-Fi, ce qui, combiné à un signal Wi-Fi instable, déclenchait le GPS, sans qu'il n'y ait déplacement ;
- les petits déplacements sont fréquents en zone urbaine alors qu'ils n'étaient pas restitués, ni aux panélistes, ni aux chercheurs ;
- en environnement Wi-Fi défavorable[26], l'algorithme interprétait l'information reçue comme une situation d'éloignement permanente ;
- lors de la perte de signal GPS (dans un tunnel, par exemple), en l'absence de signal GPS, l'algorithme interrompait l'acquisition des positions GPS.

La méthode initialement proposée générait des difficultés de traitement lors de la construction d'une frise temporelle quotidienne des déplacements (la « Timeline ») mais également pour les post-traitements. En effet, en l'absence de reconnaissance d'un « déplacement » (ne convenant pas à la règle des trois points distants de 250 mètres de la dernière position enregistrée, *a minima*) les données brutes étaient supprimées. La solution était donc loin d'être satisfaisante du point de vue de l'automatisation du traitement de la mobilité quotidienne.

[26] Est considéré comme environnement Wi-Fi défavorable, tout signal inférieur à -85dBm.

Afin de pallier ces limites manifestes, nous avons commencé par définir - conceptuellement - quatre statuts distincts, qui permettent de mieux définir les moments et les lieux d'entre-deux :

- Un « arrêt total » correspond à une situation (relativement rare) où le téléphone est posé sur un support fixe immobile, où l'accéléromètre tend vers une valeur α proche de 0.
- Une situation de mobilité dite « stationnaire » : le déplacement n'est pas perçu à partir des mesures effectuées par l'accéléromètre (dans le cas du TGV par exemple).
- Une situation de mobilité dite « sur site » : dans le cas d'un déplacement autour d'un point central, à une échelle très restreinte (de l'ordre de la centaine de mètres), sur son lieu de résidence, de travail, …
- Une situation de « déplacement » : changement de position significatif dans l'espace.

Fort d'une identification des limites du fonctionnement de l'application initialement développée et de ces reprécisions conceptuelles, nous avons orienté le développement de l'application TELEM sur des bases différentes en ce qui concerne le déclenchement du déplacement et la reconnaissance de sa fin (voir *Figure 4*).

Dans la version actuellement en place, l'interrogation de l'environnement Wi-Fi ne se fait plus par rapport à un seuil mais de manière relative. Si, par rapport à une position donnée, l'environnement Wi-Fi change (en amélioration ou en détérioration) suite à trois relevés, alors la procédure de début de déplacement est enclenchée. Si une position est atteinte à plus de 250 mètres dans les deux minutes qui suivent, alors la reconnaissance d'un déplacement est actée et ce dernier est représenté dans la Timeline ; à défaut aucun déplacement ne sera représenté, même si les données géolocalisées remontent vers le serveur pour les post-traitements.

L'algorithme de déclenchement du déplacement a été complété par une routine supplémentaire qui consiste à étudier l'évolution de l'environnement GSM. Toutes les cinq minutes, l'application enclenche une interrogation de l'environnement GSM - faiblement consommatrice en énergie - qui permet d'être sûr de ne pas avoir manqué un déclenchement de déplacement. Ainsi quelques points, au pire, manqueront au tout début du déplacement « réel ». Cette procédure permet également de répondre (en partie) aux limites posées par la mobilité « stationnaire » (ex : déplacement en train, smartphone posé sur la tablette). Des points « réseaux » apparaitront ponctuellement tout au long du trajet. Le post-traitement et notamment le mapmatching permet d'identifier ce déplacement comme étant associé au réseau ferré et donc au train[27].

[27] Une limite apparaît encore dans le cas d'un déplacement en TGV car la réception du signal y est relativement faible, sauf à placer le téléphone près de la vitre, chose difficile à demander au panéliste.

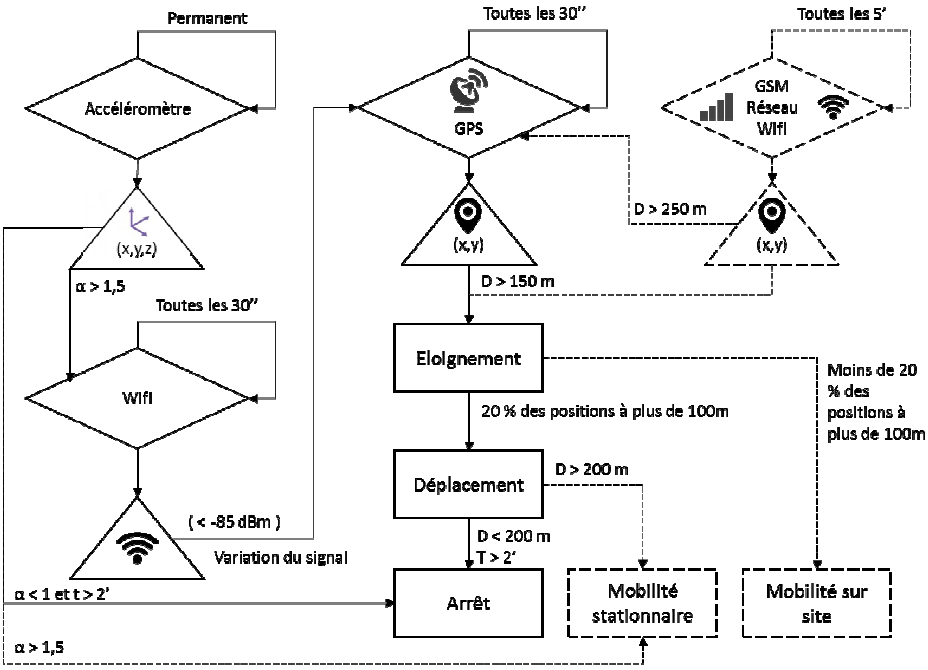


*Figure 4 : Principes de fonctionnement de TELEM*[28]

Un déplacement a un début et une fin. Pour caractériser la fin de déplacement, nous l'avons vu, la version initiale de l'application imposait un retour à l'arrêt total, c'est-à-dire que le téléphone soit posé sur un support fixe pendant au moins deux minutes. Or dans la « vraie vie » l'utilisateur garde avec lui son smartphone, dans la poche, ce qui signifie un mouvement – même faible – du terminal. Au moindre mouvement, l'interprétation « déplacement » était entretenue avec pour conséquence des séquences de déplacements non caractérisées par des points d'arrêt, sauf finalement, dans un cas particulier qui correspond le plus souvent à la fin de journée.

Les réflexions menées sur l'amélioration de l'algorithme de déclenchement d'un déplacement ont également nourri la procédure de détection des arrêts. Au cours du déplacement, l'application TELEM maintient sa veille sur l'évolution de l'environnement Wi-Fi et du signal GPS. Si l'un ou l'autre vient à ne plus varier, cela déclenche une interprétation de l'état « Arrêt ». Si l'arrêt est inférieur à deux minutes, l'arrêt est requalifié en « faux arrêt ». Cela permet d'éviter l'apparition sur la Timeline de points d'arrêts davantage liés aux conditions de trafic lors du déplacement qu'à une destination et un motif.

La reconnaissance du point de départ interroge en priorité l'adresse du domicile et du travail (s'il y a lieu). A partir de l'adresse postale saisie dans le profil du panéliste lors de son inscription et des coordonnées géographiques qui y sont

[28] Les éléments en pointillés identifient les avancées par rapport à l'ancien dispositif.

associées, tout point inclus dans un rayon de 200 mètres[29] autour de cette adresse est associé à ce lieu[30]. De la même manière, pour tous les autres points de départ et de destination, un rapprochement de la dernière position relevée est fait avec la base de données Google Places. Le panéliste se voit alors proposer une liste de lieux auxquels correspondent un motif (achat, études, accompagnement, visites, autre[31]). L'utilisateur peut également compléter la liste en introduisant ses lieux favoris qui sont enregistrés et vont alimenter une base communautaire. L'offre de Google pour l'affectation des lieux est séduisante, mais elle présente l'inconvénient de ne pas proposer une réponse exhaustive, ni de critères de présence ou d'absence de lieux dans cette liste[32]. C'est pourquoi la liste Google est complétée d'une base de donnée constituée de lieux (points d'intérêt) issue de l'open data[33].

La reconnaissance des modes de déplacements s'appuie sur la vitesse instantanée et sur les mesures de l'accéléromètre. Dans l'application native sous Android, l'option retenue pour l'interprétation est celle fournie par l'API Google. Ainsi, à chaque point de localisation (toutes les 45 à 50 secondes, pour les points GPS et pour les points « réseau ») est attribué un mode de transport : « marche », « vélo », « mode motorisé » ou « indéterminé »[34]. Ce semi dans lequel chaque point est identifié par un mode est ensuite interprété. S'il s'agit d'un « déplacement » (tel que défini plus haut), alors cette interprétation débouchera sur une Timeline présentant le ou les modes utilisés pour se rendre du point A au point B. Cette valeur issue d'un traitement automatique peut être modifiée et/ou complétée par le panéliste, notamment au cours de la première semaine de calibrage de l'outil.

---

[29] Après une phase de test menée sur une trentaine de volontaires ayant des modes et lieux de déplacements très variés, il est apparu que ce rayon de 200m constitue un filtre optimal entre les déplacements et la « mobilité sur site » (ex : se déplacer dans son jardin). Il est à noter que ce filtre permet un affichage épuré de la Timeline. L'ensemble des points générés par un micro-déplacement (ex : commerce de proximité) inférieur à 200m sera identifié lors de la remontée des points sur le serveur. Subsiste le problème au lieu de travail qui, pour certains établissements, peut avoir une grande étendue (ex. site de production automobile dans le Doubs) et demande un traitement surfacique de la mobilité sur site qui est possible en post-traitement, mais pas dans un smartphone.

[30] Cela permet de compenser l'imprécision relative des systèmes de localisation ou encore l'absence de point précis à l'adresse en raison de la fréquence des relevés de position GPS et réseau.

[31] Cette liste des motifs est une version simplifiée des motifs utilisés lors des EMD.

[32] Ainsi, certains lieux générateurs de trafic tels que certaines gares, ne sont pas proposés dans la liste de choix. A l'inverse de nombreux autoentrepreneurs y figurent alors qu'ils ne génèrent que peu de trafic, *a priori*.

[33] Les données issues du fichier SIRENE - avec son cortège d'imprécisions et l'absence d'exhaustivité – vont basculer dans l'open data (en 2017) et viendront renforcer la base des lieux d'intérêts de notre instrument d'observation.

[34] Google se réserve le droit de modifier l'algorithme de reconnaissance qui ne constitue alors pas une solution stable.

La Timeline (voir *Figure 5*) est directement construite en « local » à partir des données collectées et traitées selon les procédés décrits précédemment. Les données de la Timeline sont stockées sur le téléphone pendant une semaine[35]. Cela signifie que le panéliste dispose du même délai pour effectuer ses modifications.

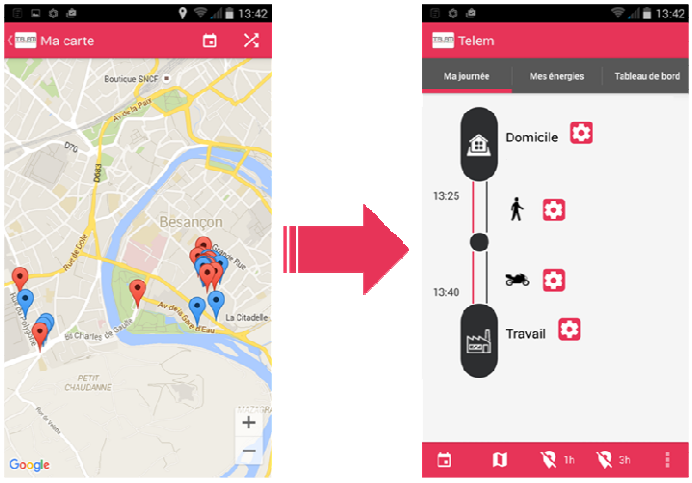


*Figure 5 : Du semi de points à une Timeline interactive*

Pour clore cette partie centrée sur l'identification du déplacement, revenons à la définition du « déplacement » formulée par le CEREMA pour les EMD. « *Le déplacement est le mouvement d'une personne, effectué pour un certain motif, sur une voie publique, entre une origine et une destination, selon une heure de départ et une heure d'arrivée, à l'aide d'un ou plusieurs moyens de transport.* »

Nous l'avons vu, par la mise en place de routines de traitements, le dispositif TELEM identifie les déplacements des panélistes en restant conforme à la définition du déplacement communément admise et rappelée ci-dessus[36]. L'application TELEM offre ainsi de nouvelles voies d'exploration des pratiques de mobilités, en reposant sur un traitement semi-automatisé des déplacements des panélistes.

---

[35] Passés sept jours, les données sont consultables et modifiables via le tableau de bord du panéliste.

[36] Ceci est vrai à une nuance près. En effet, la méthode EMD exclut des champs d'observation et d'étude tous types de déplacements au sein d'une propriété privée ou sur le lieu de travail. Or l'étendue de certains établissements – industriels notamment - est telle que les techniques mises en œuvre pour définir le début et d'arrêt la capture de points de localisation et la représentation des déplacements dans leur enceinte n'est pas satisfaisante. Cette dérogation à la règle implique alors des post-traitements supplémentaires pour redéfinir des points d'arrêts sur des aires plus étendues.

## 3. Perspectives théoriques et thématiques

Bien qu'une analyse complète, fine et systématique du comportement de l'outil soit encore nécessaire pour l'affirmer totalement, les principaux problèmes techniques semblent avoir été dépassés à ce stade du développement. En effet, nous avons mené une série de tests entre janvier et mars 2016 auprès d'une trentaine de volontaires, dont de nombreux personnels et étudiants des universités de Franche-Comté et de Bourgogne[37].

Nous avons défini un niveau « satisfaisant » correspondant au fait de rendre possible, pour un utilisateur, la consultation et la correction d'une Timeline journalière en moins d'une minute. Si des erreurs peuvent se glisser dans le rendu automatique, notamment dans la reconnaissance du mode ou des lieux proposés par *Google Places*, la structure générale de la journée doit pouvoir être suffisamment aboutie pour que les corrections simples soient possibles et permettent le calibrage lors de la première semaine d'utilisation. Il ressort de ce test plusieurs éléments importants.

Pour une grande majorité des testeurs, l'application a répondu de manière satisfaisante lors de la semaine de test puisqu'elle leur permettait de rendre compte rapidement de leur journée via la Timeline. Les départs, les arrêts et les heures sont identifiés de manière satisfaisante. Cela dit, la détection des modes a pu parfois être mise à mal dans certains cas (ex : trajet à vélo en descente interprété comme un trajet automobile, mode indéterminé récurrent). En parallèle à cela, notons que pour une faible part du parc de téléphone actuel répondant tout de même aux exigences techniques minimales demandées, l'application TELEM ne démarre pas du tout[38]. Nous estimons cette part autour de 10% des téléphones sans que nous arrivions pour le moment à expliquer cette anomalie qui n'est liée ni à une marque ni à un type de modèle de téléphone.

Une fois cette phase de tests terminée, et certaines modifications apportées à l'algorithme et à l'ergonomie, le projet TELEM fait désormais face à la dernière phase cruciale[39] : le recrutement de panélistes volontaires. Conscients de la difficulté probable de recrutement, le projet a été dimensionné pour s'appuyer sur des moyens relativement conséquents afin d'assurer une présence sur le terrain[40], une diffusion d'information via les médias traditionnels et les réseaux sociaux ainsi qu'une

---

[37] Ces tests ont été organisés à l'issue d'une phase de développement de plus d'un an nécessitant elle-même de nombreux tests, auprès d'un groupe limité à une dizaine de personnes prenant part directement au projet.

[38] L'application actuelle nécessite au minimum la version Android 4.0, ou un iPhone 5S (avec iOS 9.0)

[39] Après les deux étapes cruciales de l'autorisation « Informatique et Libertés » et du développement technique.

[40] Une personne à temps plein a été recrutée pendant trois mois, ainsi que dix stagiaires de troisième année de Licence de Géographie-Aménagement et de l'IUT « Carrières Sociales ». Nous avons également bénéficié du relais de certaines collectivités et de structures publiques liée à la mobilité et ou aux questions énergétiques.

distribution de *goodies* aux panélistes volontaires (nettoyeurs d'écran de smartphone à l'effigie du projet).

A l'issue de trois mois intenses de recrutement, un premier bilan peut être dressé. Quantitativement, le nombre de personnes recrutées est moins important que prévu initialement et s'élevait au 28 septembre 2016 à 276 personnes « actives ». Par ce vocable, nous entendons l'ensemble des personnes qui ont téléchargé l'application, qui l'ont installée, qui ont créé un profil et qui l'ont utilisé en « tâche de fond ». Comme nous pouvions nous y attendre, la composition de ce panel présente une surreprésentation d'hommes, entre 25 et 39 ans, et exerçant soit une fonction de cadre, soit une profession intellectuelle supérieure (voir *Tableau 6*). Cela étant, ces surreprésentations n'invalident pas l'intérêt de la méthode.

| Statistiques descriptives du panel recruté au 28/09/16 | N | % |
|---|---|---|
| **Genre** | | |
| Homme | 172 | 62 % |
| Femme | 104 | 38 % |
| **Groupe socio-professionnel** | | |
| Agriculteur exploitant | 6 | 2 % |
| Artisan, commerçant, chef d'entreprise | 12 | 4 % |
| Cadre et profession intellectuelle supérieure | 103 | 37 % |
| Etudiant | 66 | 24 % |
| Ouvrier | 17 | 6 % |
| Profession intermédiaire et employé | 68 | 25 % |
| Retraité | 2 | 1 % |
| En recherche d'emploi | 2 | 1 % |
| **Age** | | |
| 18 – 24 ans | 69 | 25 % |
| 25 – 39 ans | 105 | 38 % |
| 40 – 59 ans | 89 | 32 % |
| 60 – 69 ans | 13 | 5 % |
| 70 ans et plus | 0 | - |

*Tableau 6 : Composition actuelle du panel recruté*

En effet, nous sommes parvenus à recruter quasiment tous les types de profils en termes de genre, de groupes socio-professionnels ou d'âge. Si la représentativité statistique n'est pas encore assurée, la représentativité structurelle du panel est réelle : le panel TELEM présente une variété forte de profils de panélistes, ce qui permet une analyse des évolutions de comportements pour ces différentes catégories. Le seul type de profil difficile à recruter correspond, sans surprise, à des personnes à la retraite de plus de 70 ans. Leur faible taux d'équipement actuel (voir *Tableau 2*) reste une forte limite au recrutement. Les personnes en recherche

d'emploi sont également faiblement représentées, ce qui semble être dû à une autocensure de leur part[41].

Plus globalement les premières limites à l'inscription semblent se localiser dans une série de verrous techniques (téléphones inadaptés) et dans un rejet de l'outil chez certaines personnes pour son caractère potentiellement intrusif[42]. L'état actuel du panel reste cependant encourageant tant en terme quantitatif[43] que qualitatif, et permet d'envisager la suite d'un point de vue tant méthodologique que thématique, c'est-à-dire un traitement renouvelé des questions liées aux pratiques quotidiennes d'énergie et de mobilité. Si la situation est encore loin d'une adoption large et spontanée de l'outil par les personnes rencontrées, un panel de plusieurs centaines de personnes est satisfaisant. En parallèle d'un travail plus récurrent de maintien du panel recruté et du recrutement de nouveaux panélistes, voici les principales perspectives qui se dessinent pour les mois et les années à venir pour ce projet.

La principale raison d'être du dispositif – du point de vue thématique et théorique - est de pouvoir tester certaines grandes hypothèses sur les pratiques individuelles quotidiennes liées à la mobilité en se servant de la dimension longitudinale qui permet de repérer les évolutions des comportements dans le temps. Sans rentrer dans les détails, ces pratiques quotidiennes (comme toutes autres) peuvent s'expliquer par le « quadriptyque » de la psychologie sociale : *intentions*, *habitudes*, *normes sociales* et *situations* (Klöckner et Friedrichsmeier, 2011).

Selon certaines écoles de pensée, plutôt proches de l'économie et de la psychologie sociale « orthodoxes », les comportements d'une personne s'expliqueraient principalement par des *intentions* formulées de manière consciente et réflexive dans un contexte attitudinal et suite à un processus d'évaluation et de prise de décision (Ajzen, 1991).

Dans le cadre de ce projet, à l'aide des questionnaires, nous demandons aux panélistes de formuler des intentions de comportement sur les six mois à venir (ex : se déplacer plus ou moins ; marcher plus ou moins, etc.). Notre outil permettra de mesurer la force du lien entre la formulation de telles intentions (ex. : utiliser moins la voiture) et l'apparition de comportements effectifs, et ceci dans le temps. Le caractère longitudinal apporte une réelle nouveauté méthodologique dans l'étude des rapports entre intentions et pratiques de la vie quotidienne[44].

---

[41] Il ressort des premiers mois de recrutement que certaines personnes en recherche d'emploi ainsi que certaines personnes âgées jugent peu intéressants leurs déplacements et pensent (à tort) ne pas correspondre au profil recherché. Il s'en suit une sous-représentation statistique.

[42] Ceci en dépit d'un travail d'anonymisation et de sécurisation des données personnelles, et d'une démarche auprès du CIL de notre Université.

[43] Nous réfléchissons actuellement à une forme de rétribution plus ludique et plus fréquente pour la participation à ce panel, qui pourrait convaincre et fidéliser plus largement.

[44] En effet, en psychologie sociale les liens entre « intentions » et « comportements » (observables) sont analysés le plus souvent à l'aide d'un dispositif empirique en deux temps qui fait la part belle aux données déclaratives. Ce type de dispositif a tendance à générer de nombreuses « prophéties autoréalisatrices » et les biais générés semblent être non-

Une deuxième école de pensée, portée par des disciplines et par des courants très différents, identifie les habitudes comme la principale explication des pratiques quotidiennes (Brette et al., 2014 ; Buhler, 2015a ; Maréchal, 2010). Le processus d'habituation (ex : autour d'un mode de déplacement) se construit dans la répétition d'une pratique qui mène à une intériorisation et une incorporation de « savoir-faire » (ex : savoir lire et écrire des SMS tout en conduisant, bien que cela soit illégal) mais également par mimétisme dans l'entourage social de la personne. En prenant appui sur les réponses aux questionnaires, nous souhaitons identifier le lien entre des habitudes modales (plutôt fortes ou plutôt faibles, évaluées à l'aide d'un test de type SRBAI) et la répétition des comportements observés.

De manière complémentaire, les résultats nous permettront de tester les liens qui se construisent entre les intentions, les habitudes d'une personne et ses comportements effectifs. Il est établi qu'une forte habitude (automobile, par exemple) va à l'encontre des intentions que pourraient formuler les personnes quant à l'utilisation des autres modes. En dépit des intentions formulées par les personnes, « l'habitude revient galop », comme le dit l'adage très connu. Cela étant aucune méthode ne permet actuellement d'identifier les évolutions du triptyque habitudes-intentions-comportement dans le temps. C'est précisément ce que permet de faire le dispositif TELEM.

Une troisième piste sera d'analyser l'impact des *normes sociales* perçues par le panéliste en ce qui concerne les modes de déplacement, notamment. A l'aide de quelques questions permettant d'identifier les réactions supposées (de son entourage et de ses collègues) à une utilisation des différents modes de déplacements, nous pourrons analyser les effets des normes sociales sur les comportements effectifs, ceci dans le temps et surtout dans les différentes sphères d'activités quotidiennes. Une analyse sera à mener sur le lien entre les types d'activités considérés (le travail, les loisirs, des visites chez des amis, …) et les modes utilisés, en la replaçant dans le contexte « normatif » tel qu'il est perçu par le panéliste.

Enfin, les liens entre les *situations* et les comportements seront analysés. Par *situations* nous pouvons identifier plusieurs choses. Sur un programme d'activité de la journée, nous pourrons identifier les accessibilités (objectivées) pour les différents modes et le comparer avec les pratiques observées. Le terme *situation* renvoie également à la situation économique et notamment sur le plan de l'évolution des coûts des différentes énergies et des différents carburants[45]. Tout ceci permettra d'identifier l'importance des situations objectives sur les comportements et de

---

négligeables. Un dispositif au fil de l'eau, qui permet un suivi quotidien des pratiques, pourra très probablement atténuer ces effets.

[45] Un premier travail se situera dans une analyse des évolutions des comportements du panel au regard des évolutions des coûts des différentes énergies. De nombreuses sources de données libres et gratuites (parfois institutionnelles) proposent un suivi des évolutions du coût des principales énergies de chauffage (bois bûche, gaz de ville, électricité, etc.), généralement d'un mois sur l'autre, et des principaux carburants. On pense ici par exemple au site institutionnel d'information sur les prix des carburants par station, à l'échelle nationale (http://www.prix-carburants.gouv.fr/)

comprendre ce qui échappe à une logique rationnelle et instrumentale pure. La dimension longitudinale permettra ici d'identifier des moments (dans la journée, dans la semaine, dans l'année, …) où la personne est plus proche d'un choix optimal (en ce qui concerne le mode et l'itinéraire). Autrement dit, à l'échelle de l'individu la rationalité économique « instrumentale » connait-elle des rythmes ?

Au-delà de ces grandes hypothèses sur l'individu et ses comportements quotidiens, d'autres perspectives deviennent possibles avec un tel outil. La prise en compte des moments de rupture dans le cycle de vie (déménagement, changement d'emploi ou de lieu d'emploi, arrivée ou départ d'enfant à charge, …) devient possible puisque la personne peut actualiser à tout moment son profil[46].

D'autres types d'analyses deviennent également possibles, comme le croisement des conditions météorologiques et des pratiques modales à la journée et dans le temps. Ce croisement permettra de proposer une analyse « non-déterministe » et de comprendre – par exemple - les trajectoires modales (sur plusieurs mois) de cyclistes plus ou moins « habitués » (au sens de la psychologie sociale) tout au long de l'automne et de l'hiver. Autrement dit, les plus habitués continuent-ils à prendre le vélo plus longtemps durant la saison froide ? Par ailleurs, des analyses sur les rythmes peuvent être également menées, tout au long de l'année, en prenant en compte les heures de lever et de coucher du soleil, en les comparant aux déplacements de la personne.

Pour finir, ce projet permet également de tester des méthodes en rétro-analyse. Par exemple nous souhaitons analyser la pertinence du concept de « journée-type » utilisé dans les EMD, en comparant une telle journée (généralement un mardi ou un jeudi) avec les différentes journées précédentes et suivantes. Observe-t-on une forte variation ou non ? Enfin, une dernière piste de travail permettrait de tester l'impact des retours à l'usager sur ses propres comportements. Notre outil nous donne la possibilité de construire des sous-panels et de proposer des modalités différenciées d'utilisation de l'application. Par exemple, il peut être possible de donner à certains panélistes un retour en coût et en $CO_2$ de leurs déplacements - ou de leur chauffage - pour chaque journée et d'estimer l'impact de cette « conscientisation permanente » sur les évolutions modales.

Le projet TELEM, initié en 2014, en est donc au début de son existence en tant que méthode scientifique. L'avenir nous dira le sort qui lui est réservé, tant dans son adoption (ou son rejet) par les panélistes que dans les résultats produits. Les perspectives rendues possibles par un tel outil soulignent l'importance d'un renouvellement des méthodes dans l'analyse des pratiques quotidiennes liées à l'énergie.

---

[46] Bien entendu, il y aura des cas où un changement de pratique quotidienne sera précédé de plusieurs facteurs explicatifs simultanés (ex : une intention forte et un déménagement). L'analyse de ces combinaisons est également un centre d'intérêt fort pour le projet.

## 4. Bibliographie non numérotée et références

Ajzen I. (1991). The Theory of Planned Behavior, Organizational behavior and human decision processes, 50, pp. 179-211.

Bigot R., Croutte P. (2008). La diffusion des technologies de l'information et de la communication dans la société française, [rapport du CREDOC pour le CGTI et l'ARCEP], 224 p.

Boutaric F. (2014). Pollution atmosphérique et action publique, Editons d'Ulm, 82 p.

Brette O., Buhler T., Lazaric N., Marechal K. (2014), "Reconsidering the nature and effects of habits in urban transportation behavior", Journal of Institutional Economics, Cambridge University Press (CUP), 2014, Volume 10 Issue 3, pp.399-426

Brunel S. (2012). Le développement durable, Presses universitaires de France, 127 p.

Bouzouina L., Nicolas J.-P., Vanco F. (2011). « Évolution des émissions de CO2 liées aux mobilités quotidiennes : une stabilité en trompe l'œil », Recherche Transports Sécurité, vol. 27 n°2, p. 128-139.

Buhler T. (2015a). Déplacements urbains : sortir de l'orthodoxie, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, 123 p.

Buhler T. (2015b). « Réduction de la place de la voiture à Lyon. L'acceptation sociale ne fait pas tout », in Depraz S., Cornec U., Grabski-Kieron U., Développement des territoires et acceptation sociale, Editions de l'ENS, pp. 114-124.

Cherix G., Capezzali M. (2011)." MEU : outil innovant pour la conception et le Management de systèmes Energétiques en zones Urbaines, Conférence SIG 2011, ESRI France, Versailles, 5-6 octobre 2011

Commenges H. (2014). "Mesurer les pratiques modales et la dépendance automobile. Plaidoyer pour un panel", MSFS - Mobilités Spatiales et Fluidité Sociale, Lille 26-27 mars 2014.

CREDOC (2007). 'La Maîtrise des Consommations dans les domaines de l'eau et de l'énergie', Cahier de recherche, n°C237, 95 p.

Gardner B., Abraham C., Lally P., Brujin G.-J. de (2012). "Towards parsimony in habit measurement: Testing the convergent and predictive validity of an automaticity subscale of the Self-Report Habit Index", International Journal of Behavioural Nutrition and Physical Activity, 9:102

Goodwin, P.B., Dix, M.C., Layzell, A.D. (1987). 'The case for heterodoxy in longitudinal analysis', Transportation Research Part A: General, 21, 4–5, p.p. 363-376.

Hemminki, S. Nurmi, P., Tarkoma, S. (2013). "Accelerometer-Based Transportation Mode Detection on Smartphones", Proceedings of ACM SenSys

Kaplan ED., Hegarty C.J. (eds.), (2005). Understanding GPS: Principles and Applications, Second Edition ARTECH HOUSE, Norwood, Massachusetts, 702 p.

Klöckner, C.A., Friedrichsmeier, T. (2011). A multilevel approach to travel mode choice how person characteristics and situation specific aspects determine car use in

a student sample. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 14(4), 261-277

Larrey D., Rodier L. (2006). Géolocalisation par WiFi. [Rapport de recherche] 2006, 83 p. <inria-00112186>, en ligne : https://hal.archives-ouvertes.fr/inria-00112186/

Lassabe F., Canalda P., Chatonnay P., Spies F. (2009). Indoor Wi-Fi Positioning: Techniques and Systems Annals of Telecommunications (Volume 64, Issue (9/10), sep 2009, pp. 651-664)

Lahaye R., Ladet S. (2014). « Les principes du positionnement par satellite : GNSS », Le Cahier des Techniques de l'INRA, pp. 9-18,

Lord S., Joerin F., Thériault M. (2009). « Évolution des pratiques de mobilité dans la vieillesse : un suivi longitudinal auprès d'un groupe de banlieusards âgés », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne],

Maréchal K. (2010), 'Not irrational but habitual: The importance of « behavioural lock-in » in energy consumption', Ecological Economics, 69, 5, p.p. 1104-1114

Milanesi C. (2016). Ventes de smartphones : le bilan de l'année 2015 ; en ligne : http://fr.kantar.com/tech/mobiles/2016/ventes-de-smartphones-en-decembre-2015/

Rafenberg C. (2015), Estimation des coûts pour le système de soin français des maladies et des hospitalisations attribuables à la pollution de l'atmosphère, Etudes et documents du SEEIDD, Commissariat Général au Développement Durable.

Reguly E. (2009). "Total sticks to oil investment strategy", The Globe and Mail, 18 février 2009

Renauld V. (2014). Fabrication et usage des écoquartiers. Essai critique sur la généralisation de l'aménagement durable en France, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, 122 p.

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 de doctorat, Université Paris V Descartes, 537 p.

Røe P.G. (2000). Qualitative research on intra-urban travel: an alternative approach. Journal of Transport Geography 8, 99-106.

Semblat P. (2007) - Evolution des comportements de déplacements : les grandes tendances, les évolutions récentes, économiques et sociaux, communication à la journée technique de l'ADEME, la mobilité : au cœur des enjeux environnementaux.

Subrémon H. (2011), Anthropologie des usages de l'énergie dans l'habitat. Un état des lieux, Paris, Editions Recherche du PUCA.

Todoran I. G. (2014). Etude dynamique de la qualité de l'information et des données d'un système d'information complexe. Thèse en Traitement du signal et Télécommunications, Performance et fiabilité, Télécom Bretagne - Université de Rennes 1.

Van Wissen, L., Meurs, H. (1989), 'The Dutch mobility panel: experiences and evaluation', Transportation, n°16, pp. 99-115

Zumkeller, D. (2009), 'The dynamics of change: latest results from the German mobility panel', 12th International Conference on Transport Behavior Research, Jaipur, India