

InterMob : INTERvention randomisée pour inciter au
report modal en vue d'une MOBilité urbaine durable,
2019

Aïna Chalabaev, Sonia Chardonnel, Sarah Duché

Septembre 2024

Soutenu par : INSERM, ADEME

Résumé

InterMob : INTERvention randomisée pour inciter au report modal en vue d'une MOBilité urbaine durable

Aïna Chalabaev, Sonia Chardonnel et Sarah Duché

CONTEXTE

Les enjeux liés à la diminution de l'utilisation de la voiture sont connus à l'échelle collective de l'aménagement du territoire, mais davantage de connaissances sont nécessaires pour identifier les blocages et les leviers au changement de mobilité à l'échelle individuelle.

OBJECTIFS

Identifier dans quelle mesure une intervention personnelle peut faire baisser le recours à l'automobile chez les habitants de la région métropolitaine de Grenoble où l'autorité organisatrice de la mobilité compétente (SMMAG) développe différentes offres de mobilité alternatives favorisant les modes actifs (marche, vélo) et/ou les transports en commun.

MÉTHODOLOGIE

Un essai contrôlé randomisé a été réalisé, avec la proportion des déplacements effectués en voiture comme critère de jugement principal. L'environnement géographique, les expositions, les caractéristiques sociodémographiques des participants et leurs principaux trajets sont caractérisés par des systèmes d'information géographiques, des questionnaires et des capteurs (GPS/accéléromètre et particules fines). Les participants sont suivis sur 8 semaines de mesure avant et après l'intervention, sur une période de 24 mois.

PRINCIPAUX RÉSULTATS

Six études ont identifié différents facteurs socio-spatiaux (e.g., type de mobilité lors du premier emploi), socio- démographiques (e.g., nombre d'enfants) et subjectifs (e.g., attitudes) associés à une mobilité active, ainsi que des obstacles topographiques spécifiques à la région. Elles ont aussi confirmé la faisabilité de l'intervention et la qualité de la formation des enquêteurs. Une méthodologie a été mise au point pour identifier la chaîne des déplacements et des arrêts quotidiens des participants, et la qualifier par les modes de transport utilisés, le niveau d'activité physique et d'exposition individuelle aux particules fines. Enfin, les freins liés au contexte spatial ont été analysés (niveau d'accessibilité aux équipements quotidiens à partir du domicile et des communes de la zone d'étude).

APPORTS OU IMPACTS POTENTIELS

Sur le plan scientifique : livraison d'un protocole d'intervention répondant aux verrous scientifiques actuels. Sur le plan opérationnel : recommandations pour le développement de dispositifs permettant d'accompagner les individus dans le temps long pour favoriser l'utilisation de modes de transport alternatifs à la voiture.

Abstract

InterMob : INTERvention randomisée pour inciter au report modal en vue d'une MOBilité urbaine durable

Aïna Chalabaev, Sonia Chardonnel et Sarah Duché

CONTEXT

The issues involved in reducing car use are known at the collective level of regional planning, but more knowledge is needed to identify the obstacles and levers to changing mobility at the individual level.

OBJECTIVES

To identify the extent to which a personal intervention can reduce car use among residents of the Grenoble metropolitan area, where the relevant mobility organising authority (SMMAG) is developing various alternative mobility offers favouring active modes (walking, cycling) and/or public transport.

METHODS

A randomised controlled trial was carried out, with the proportion of journeys made by car as the primary endpoint. The geographical environment, exposures, socio-demographic characteristics of participants and their main journeys were characterised using geographical information systems, questionnaires and sensors (GPS/accelerometer and fine particles). Participants are monitored for 8 weeks before and after the intervention, over a period of 24 months.

MAIN RESULTS

Six studies identified various socio-spatial (e.g., type of mobility at first job), socio-demographic (e.g., number of children) and subjective (e.g., attitudes) factors associated with active mobility, as well as topographical obstacles specific to the region. They also confirmed the feasibility of the intervention and the quality of the interviewer training. A methodology was developed to identify the chain of journeys and daily stops made by the participants, and to qualify it by the modes of transport used, the level of physical activity and individual exposure to fine particles. Lastly, spatial constraints were analysed (level of accessibility to daily facilities from home and the municipalities in the study area).

OUTCOMES OR POTENTIAL IMPACTS

On a scientific level: delivery of an intervention protocol that addresses current scientific issues. On an operational level: recommendations for the development of systems to support individuals over the long term to encourage the use of alternative modes of transport to the car.

Synthèse longue

Messages clés du projet

- Design d'un protocole d'intervention ciblant les facteurs multidimensionnels de la mobilité ; constitution de la cohorte de volontaires et implémentation du suivi longitudinal sur 2 ans
- Collecte de données individuelles par capteurs de mobilité, d'activité physique et d'exposition aux particules fines ; mise au point d'une méthodologie de détection et d'enrichissement de la chaîne de déplacements de chaque participant
- Cartographie des contraintes spatiales (niveau d'accessibilité des équipements selon différents modes) pour chaque participant à l'étude interventionnelle

1. Contexte

La population urbaine européenne est exposée à des concentrations de polluants atmosphériques très souvent supérieures aux recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Ce phénomène est alarmant, étant donné les impacts majeurs de la pollution de l'air sur l'environnement et sur la santé. Le secteur du transport routier est l'un des principaux émetteurs de polluants dans l'atmosphère (56% des émissions de NOx ; EEA, 2019). En France, la mobilité quotidienne est principalement réalisée en voiture (63% de déplacements quotidiens, SDES, 2020). Ce mode de transport est non seulement source de pollution, mais a également des impacts négatifs sur la santé, les automobilistes réguliers étant plus exposés aux polluants de l'air (Cepeda et al., 2017), et présentant un risque de sédentarité et d'obésité plus élevé (Sugiyama et al., 2012). Inversement, la marche et le vélo ont des effets bénéfiques sur la santé en favorisant l'activité physique, qui sont supérieurs à ceux liés à la réduction de la pollution (Bouscasse et al., 2022). Dans ce contexte, le changement modal vers des modes de transport plus actifs et moins polluants représente un enjeu sanitaire et environnemental majeur. Les politiques publiques de transport œuvrent depuis de nombreuses années pour favoriser le report modal en augmentant et améliorant les infrastructures et les services d'offre de transport alternatifs à la voiture. En outre, la mise en place des Plans Climat Air Énergie permettent d'agir sur le trafic routier dans le but d'améliorer la qualité de l'air des métropoles. Récemment, la loi Climat et résilience votée en 2021 instaure l'obligation de zone à faibles émissions mobilité (ZFE-m) avant fin 2024 dans les 43 agglomérations françaises de plus de 150.000 habitants.

La région urbaine de Grenoble développe depuis plusieurs décennies de telles politiques publiques (e.g. réintroduction du tramway en 1987, premier plan climat en 2005) dont les effets sont en partie visibles en termes de report modal (entre 2010 et 2020 baisse de la part modale de la voiture de 59% à 53%, au profit du vélo de 3% à 5% et de la marche à pied passant de 0.9 à 1 déplacement par jour et par personne, EMC2-Grenoble, 2020) ou de diminution des gaz à effets de serre et des particules fines (entre 2005 et 2016 : -25% pour les PM10 et 2,5, -49% pour les NO2, -29% pour les COV). Malgré ces efforts, la quasi-totalité de la population est toujours exposée à des concentrations annuelles de particules fines supérieures aux préconisations de l'OMS. Bouscasse et al. (2022) montrent que pour diviser par trois la mortalité prématurée liée à la pollution aux particules fines dans l'agglomération grenobloise, il faudrait (en plus d'actions sur le chauffage au bois) réduire de 36% les kilomètres parcourus par les voitures. Jusqu'à présent les politiques publiques n'ont pas réussi à impulser une dynamique de cette ampleur. En outre, l'évolution des parts modales est très disparate selon

les zones de la région urbaine ; l'usage de la voiture reste dominant et s'accroît avec l'éloignement du centre-ville grenoblois, et près de 60% des déplacements de 1 à 3 km sont effectués en voiture.

En complément de ces politiques sur les offres alternatives et la réduction des émissions du trafic routier, les collectivités s'attachent de plus en plus à cibler des actions sur les individus pour les accompagner dans le changement modal. Plusieurs enquêtes quantitatives montrent que la majorité des personnes sont conscientes de l'intérêt individuel et collectif de réduire l'utilisation de la voiture (BCG & Ipsos, 2017). Néanmoins, l'intention n'est pas suffisante pour changer les comportements de mobilité. En effet, les individus font face à de multiples obstacles, sur le plan de l'environnement urbain (réseau de transport éloigné de la maison, manque de pistes cyclables, etc.), sur le plan économique (coût des transports en commun ou de l'équipement lié au vélo), et sur le plan personnel (force des habitudes, faible capacité d'agir perçue, méconnaissance des alternatives possibles, contraintes familiales, enchaînement des activités, affects négatifs ressentis lors de précédentes utilisations des modes alternatifs). Pris dans un véritable système de mobilité, les individus et les ménages doivent donc composer entre contraintes et opportunités pour faire évoluer l'organisation de leur vie quotidienne et de leurs déplacements.

Afin d'appréhender les différentes dimensions de ce système de mobilité en jeu dans le changement modal, et en vue d'informer les pouvoirs publics, un consortium académique interdisciplinaire s'est constitué en 2018 à Grenoble, impliquant des laboratoires de recherche en géographie (PACTE), psychologie (SENS), économie (GAEL) et épidémiologie (IAB). En partenariat avec Grenoble-Alpes Métropole et le Syndicat Mixte des Mobilités de l'Aire Grenobloise (SMMAG), le consortium a travaillé à la conception et à la mise en œuvre d'INTERMOB, une intervention intégrée ciblant à la fois des facteurs individuels subjectifs (perceptions et motivations individuelles), et des facteurs économiques (gratuité des transports en commun et du vélo), en vue de réduire l'utilisation de la voiture (Teran-Escobar et al., 2022).

Les recherches interventionnelles visant le changement modal sont nombreuses. On distingue les interventions d'ordre structurel ciblant des leviers « durs » du changement de comportement, liés notamment à l'infrastructure ou au coût économique des différents modes de transport (e.g., zones à faible émission, pistes cyclables, gratuité des transports, péages urbains), et des interventions d'ordre individuel ciblant des leviers « doux » liés aux croyances, attitudes ou perceptions (conseil de transport personnalisé, vélos-écoles, fixation d'objectifs) afin de motiver un changement de comportement volontaire (Javaid et al., 2020). Ces différents types d'intervention semblent avoir une certaine efficacité pour réduire l'usage de la voiture. Par exemple, la mise en place de péages urbains réduit de 12 à 33% le trafic automobile dans les centres des grandes villes européennes (Kuss et al., 2022). Cependant, plusieurs verrous ont été identifiés dans la littérature scientifique.

(1) Les interventions existantes ciblent un seul niveau de levier (dur ou doux) ; or, des interventions jouant sur plusieurs niveaux de facteurs sont nécessaires afin de favoriser un changement durable de comportement (Javaid et al., 2020). Par exemple, les interventions incluant des incitations économiques (e.g., subvention aux abonnements de transport en commun) n'ont en général un effet que pour la période au cours de laquelle les individus en bénéficient (Brög et al., 2009). Il apparaît nécessaire de coupler ces incitations avec des

techniques de changement de comportement ciblant des processus psychologiques, tels que les habitudes, les attitudes ou l'auto-efficacité (capacité perçue d'utiliser des modes de transport alternatifs à la voiture), afin de favoriser un changement de mode de transport durable.

(2) Les interventions « douces » cherchent le plus souvent à favoriser des attitudes positives envers les modes de transport actifs, en utilisant des techniques d'ordre informationnel (informations sur l'offre de transports alternatifs à la voiture disponible sur le lieu d'habitation des participants ; informations sur les bénéfices du déplacement actif sur le plan de la santé). Or, si les attitudes prédisent de manière significative l'intention de changer de comportement, l'intention n'est pas suffisante pour passer à l'acte, un phénomène connu sous le nom d'écart intention-comportement, notamment parce que les habitudes et comportements passés prédisent fortement le comportement (Lanzini & Khan, 2017). Les modèles de changement de comportement initialement développés en psychologie de la santé (e.g., approche des processus d'action en santé, Schwarzer & Luszczynska, 2008) considèrent qu'une fois que l'individu a décidé de changer de comportement, il doit être capable de planifier celui-ci (« quoi-où-quand-comment » ?) afin de favoriser le changement d'habitudes. Si quelques interventions ont ciblé plus spécifiquement le passage de l'intention au comportement, celles-ci restent rares.

(3) Les interventions existantes présentent de nombreux biais méthodologiques : peu d'essais contrôlés randomisés, les études effectuant le plus souvent des comparaisons avant/après l'intervention sans groupe témoin; peu d'évaluation systématique de la significativité statistique des résultats; manque de mesures objectives notamment pour mesurer le comportement de mobilité en lui-même, les études utilisant le plus souvent des mesures auto-rapportées; durée de l'intervention et du suivi relativement courte, qui ne permettent pas une évaluation possible de changements pérennes.

Le travail de conception de l'intervention INTERMOB a cherché à répondre à ces verrous de façon ambitieuse et inédite : (a) en étant ancrée théoriquement et empiriquement ; (b) en combinant des leviers « durs » (l'accès gratuit aux transports en commun et/ou aux vélos classiques ou électriques pendant 6 mois) et des leviers « doux » (conseils de transport personnalisés, fixation d'objectifs de réduction de l'usage de la voiture, résolution des obstacles liés au changement de mobilité) ; (c) en s'appuyant sur un essai contrôlé randomisé dans lequel les participants sont affectés aléatoirement au groupe interventionnel ou au groupe contrôle ; (d) en incluant un nombre conséquent de temps de mesure (huit) tout au long de l'étude ; (e) en suivant la mobilité des participants jusqu'à 24 mois après le début de l'intervention ; (f) en croisant des mesures objectives (GPS et accélérométrie) et auto-rapportées (carnet de bord) de la mobilité, et des mesures objectives de l'activité physique (accélérométrie) et de l'exposition à la pollution (capteurs de pollution). Par ailleurs, dans l'objectif d'une science plus ouverte et plus répliquable, le protocole détaillé de l'étude a été publié (Teran-Escobar et al., 2022 ; ClinicalTrials NCT05096000).

2. Objectifs

L'objectif du projet INTERMOB est d'identifier dans quelle mesure une intervention comportementale peut faire baisser le recours à l'automobile chez les habitants de la région métropolitaine de Grenoble (environ 640 300 habitants) où l'autorité organisatrice de la mobilité compétente (SMMAG) développe différentes offres de mobilité alternatives favorisant notamment les modes actifs (marche, vélo) et/ou les transports en commun.

Pour cela, nous suivons 150 volontaires ayant l'intention de réduire le nombre de déplacements réalisés en voiture, et répartis de façon aléatoire dans un groupe interventionnel et un groupe contrôle. Cette taille d'échantillon permettra de détecter un effet d'une taille $d_{\text{Cohen}} = 0.46$, pour un seuil de significativité de 5% et une puissance de 80%. Autrement dit, 150 volontaires permettront de détecter une différence de 15% de part modale entre le groupe interventionnel et le groupe contrôle, ce qui est proche des effets observés dans la littérature (Brockman et Fox, 2011).

Dans la mesure où le démarrage de l'étude a pris 18 mois de retard (lié à la crise du Covid-19), et dans la mesure où la durée d'inclusion des participants (2 ans) a été plus longue qu'initialement prévue, avec une fin de collecte de données prévue à l'automne 2025, nous ne sommes pas en mesure à l'heure actuelle d'évaluer les effets de l'intervention. Cependant, une série d'études préliminaires a été effectuée en vue d'optimiser la conception de l'intervention et de développer avec les objectifs suivants :

- Identifier les obstacles et les leviers à la mobilité active et durable (**études 1 et 2**)
- Évaluer la fidélité et la faisabilité de l'intervention lors d'une étude pilote (**étude 3**)
- Évaluer la qualité de la formation de l'équipe d'implémentation de l'intervention (**étude 4**)

De plus, une chaîne de traitement avec les données issues des capteurs GPS, accélérométrie et pollution a été mise en place, et a permis de réaliser des premières études :

- Mise en place d'une méthodologie de traitement et d'enrichissement des données basées sur des algorithmes de traitements automatiques et des méthodes statistiques d'analyse de sensibilité (**étude 5**)
- Niveau d'accessibilité aux équipements quotidiens à partir du domicile et des communes de la zone (**étude 6**)

3. Méthodologie

Description du protocole de l'étude interventionnelle :

Concrètement, chaque volontaire est enquêté à 8 reprises (sur des périodes de 7 jours) durant 24 mois afin, d'une part, de recevoir sur les 6 premiers mois l'intervention au changement de comportement (groupe interventionnel) ou des informations sur la pollution (groupe contrôle), et d'autre part, d'observer l'évolution de ses comportements (déplacements, activités quotidiennes, modes de vie, exposition individuelle, activité physique) tout au long de la période. L'étude INTERMOB consiste en un essai contrôlé randomisé, dans lequel les volontaires sont répartis aléatoirement dans deux groupes. Dans le groupe interventionnel, des techniques de changement de comportement visant à favoriser le passage de l'intention au comportement sont incluses (conseil de transport personnalisé, identification des motivations, fixation d'objectifs, planification de l'action et identification des obstacles), ainsi qu'un abonnement de 6 mois gratuit aux transports en commun et/ou au vélo). Le second groupe est un groupe contrôle dit « actif », dans le sens qu'il bénéficie également d'une intervention, mais celle-ci n'inclut pas de techniques efficaces pour favoriser le passage de l'intention au comportement. Plus précisément, ce groupe bénéficie d'informations sur la pollution et sur les bénéfices de modes actifs et durables. Si ces techniques sont efficaces pour

convaincre les individus de l'importance de réduire les déplacements en voiture, elles ne sont pas pour favoriser le passage de l'intention au comportement. Ce type de groupe contrôle « actif » permet de s'assurer que d'éventuels effets de l'intervention INTERMOB ne sont pas dus au simple fait d'avoir interagi (en présentiel et par téléphone) avec les enquêteurs et les chercheurs.

Le contenu du protocole d'observation des 8 sessions d'enquête (figure 1) combine différents dispositifs qui mesurent directement ou indirectement les comportements des volontaires :

- Un questionnaire initial permet de situer chaque volontaire dans son contexte social et spatial et permet de relever les informations sur l'organisation de ses activités quotidiennes et sur ses pratiques de mobilité passées et actuelles
- Le suivi des déplacements se fait au cours de 8 sessions d'une semaine chacune (week-end inclus), la première mesurant l'état initial avant le début de l'intervention. Les volontaires (y compris le groupe contrôle) sont équipés de capteurs qu'ils doivent porter du lever au coucher : un capteur (SenseDoc 2, Mobysens, Canada¹) combinant i. un GPS pour relever l'ensemble des positions géographiques de l'individu (déplacements et lieux d'activités), ii. et un accéléromètre afin d'estimer le mode de transport utilisé et également l'intensité de l'activité physique des participants, iii. un capteur de pollution atmosphérique (échantillonneur actif de particules fines équipé d'un filtre pesé, RTI, Caroline du Nord)(Du et al., 2019). Pour compléter ces observations « directes », les volontaires doivent aussi remplir un carnet de mobilité afin de consigner la chaîne des déplacements et des activités réalisées au cours des journées observées.
- Enfin, des questionnaires sont auto-administrés (en ligne) pour mesurer les motivations et les perceptions des individus au fil des différentes sessions.



Figure 1 : Chronologie des sessions d'observation et de mesure de l'intervention INTERMOB

Constitution et formation d'une équipe d'enquêteurs et enquêtrices :

La mise en œuvre de l'étude INTERMOB et le suivi de la cohorte nécessite une équipe de terrain dédiée à la collecte de données afin d'accompagner les volontaires tout au long de l'étude.

L'équipe a été composée de :

¹ <http://mobysens.com/>

- Deux à trois enquêtrices selon les périodes de l'étude (profil assistant ingénieur et ingénieur d'étude), qui construisent la stratégie de recrutement des volontaires avec les chercheurs, assurent leur accompagnement tout au long de l'étude (formation aux outils de collecte de données, logistique du matériel de collecte), et des actions de communication auprès des volontaires. Elles administrent les techniques de changement de comportement en réalisant des conseils de mobilité personnalisés et de la sensibilisation à la pollution. Ces personnes ont au préalable été formées au protocole de l'étude ainsi qu'à des techniques d'entretien motivationnel. La pérennisation des personnels formés en contact avec les volontaires est un gage de qualité de suivi et de maintien dans la cohorte, puisqu'il apparaît que les nombreux contacts présentiels entre volontaires et équipe terrain favorisent des taux de participation élevés aux différentes sessions de l'intervention.
- Un.e technicien.ne (profil technicien), en charge de la préparation de chaque kit de capteur (paramétrage, calibration) remis aux volontaires de l'étude, ainsi que du déchargement des données.
- Une coordinatrice (profil ingénieur de recherche), en charge de superviser la collecte de données et l'équipe de terrain, et d'assurer le relais avec l'équipe scientifique. Elle est également en appui sur le suivi budgétaire, administratif, logistique. Enfin, elle apporte un appui sur les questions techniques concernant la collecte de données et les outils utilisés.

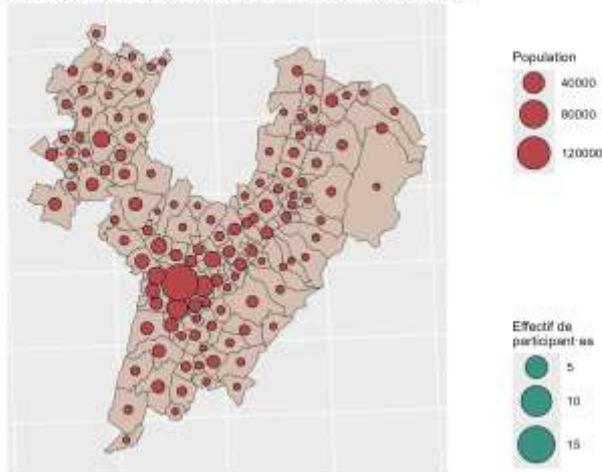
Recrutement des volontaires :

L'inclusion des volontaires est un point crucial de l'intervention qui a nécessité de nombreux efforts pour mettre en place une stratégie de recrutement adaptée et efficace. Différentes techniques ont été testées et mises en œuvre :

- Diffusion d'appels à volontaires via l'EMC2 de Grenoble (2019-2020) et via des panels de recherche
- Participation à des événements en lien avec la mobilité ou la pollution de l'air
- Diffusion d'appels à volontaires via les référents Plan de Mobilité Employeur des entreprises du territoire de l'étude
- Communication dans les communes ou communautés de communes du territoire de l'étude
- Diffusion d'une vidéo promotionnelle (<https://www.youtube.com/watch?v=fWFAP-8U0VE>), présence sur les réseaux sociaux (groupe facebook, instagram, linkedin)

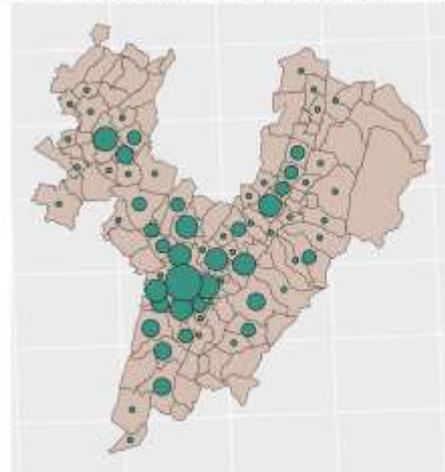
La cohorte INTERMOB compte aujourd'hui 162 volontaires inclus (dont 16 ont abandonné avant le début de la collecte des données et 15 autres en cours d'étude). Soixante-huit participants ont à ce jour terminé les deux ans de collecte de données et les autres participants ont commencé l'étude depuis au moins 7 mois. La Figure 2 ci-dessous indique la répartition de la population et de la cohorte dans la zone d'étude, et la Figure 3 indique la distribution de la cohorte dans la grille communale de densité.

Distribution de la population dans les communes de la zone d'étude



Source : Recensement de la population 2022 (Insee)
Projection : EPSG:2154
Tilio Clemenceau, 2024

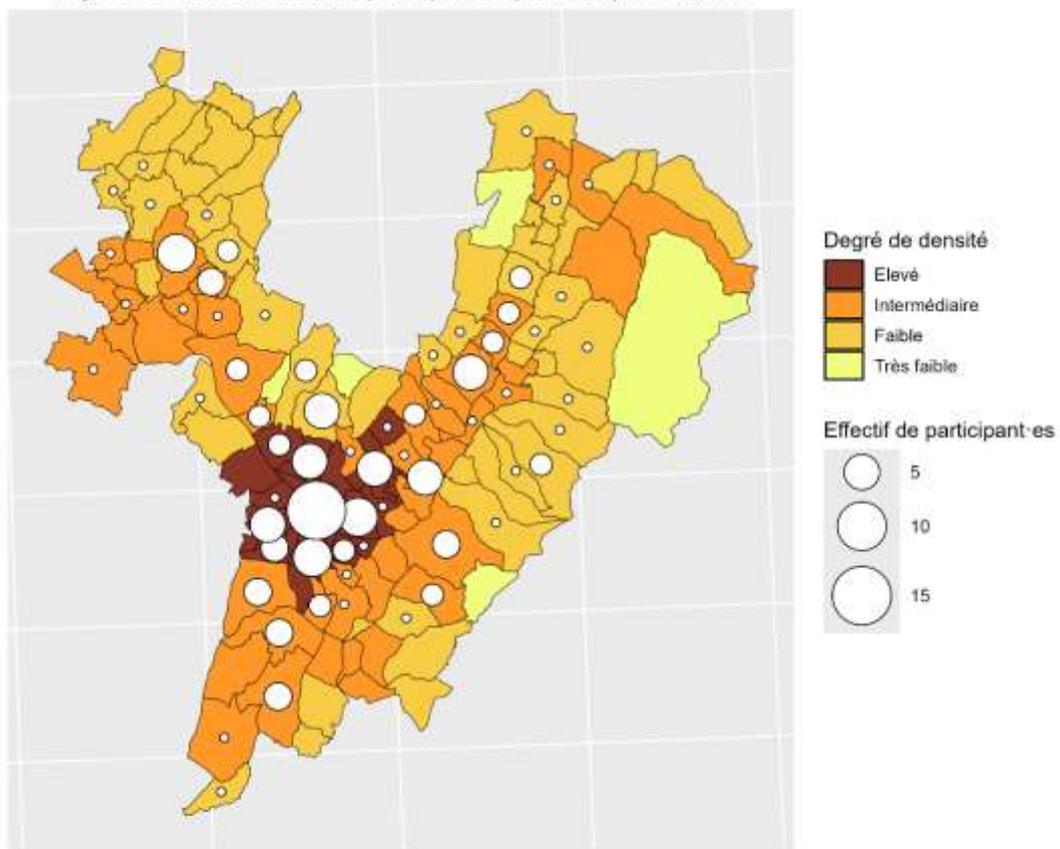
Distribution de la cohorte dans les communes de la zone d'étude



Cohorte : n = 144
Projection : EPSG:2154
Tilio Clemenceau, 2024

Figure 2. Répartition de la population et de la cohorte dans la zone d'étude

Distribution de la cohorte dans la grille communale de densité
Degré de densité et effectif de participant-es pour chaque commune



Cohorte : n = 145
Source : Grille communale de densité à quatre niveaux 2022 (Insee)
Projection : EPSG:2154
Tilio Clemenceau, 2024

Figure 3. Distribution de la cohorte dans la grille communale de densité

Développement d'un outil de gestion et de suivi de la cohorte :

Un outil de gestion de cohorte *ad hoc* a été développé en interne pour l'étude INTERMOB, sous la forme d'une application web. Cet outil permet de planifier les sessions de mesure pour chaque volontaire en fonction des ressources humaines (enquêteuses) et matériels (capteurs) disponibles. Il permet aussi de centraliser et extraire les informations liées au suivi de chaque volontaire afin de produire des indicateurs d'avancement de la cohorte de façon régulière. L'application développée est paramétrable (design du protocole, automatisation des messages et notifications, type de capteurs gérés, questionnaires de suivi...), la rendant générique et utilisable pour d'autres suivis prospectifs de cohorte.

Études préliminaires à l'intervention :

Une série d'études préliminaires ont été effectuées en vue d'optimiser la conception de l'intervention, incluant :

- Une étude quantitative corrélationnelle par questionnaire auprès de 538 personnes adultes résidant en France, visant à comparer le poids de facteurs psychologiques (e.g., intention, habitudes, attitudes, auto-efficacité, normes sociales), géographiques (e.g., densité d'habitation, distances des trajets, motifs de déplacement, biographie de mobilité), et sociodémographiques (e.g., âge, sexe, nombre d'enfants, modalités de travail) d'une mobilité active et durable (i.e., part individuelle des modes actifs et durables) (**Étude 1**).
- Une étude qualitative auprès de douze experts en mobilité et cinq individus habitant ou travaillant à Grenoble et cherchant à adopter une mobilité plus active et durable, qui ont pris part à un entretien individuel ou à un focus group sur les obstacles et les leviers à la mobilité active et durable (**Étude 2**).
- Une étude pilote auprès de six individus qui ont suivi une version raccourcie de l'intervention (3.5 mois d'étude dont 2 mois d'intervention), visant à mesurer la fidélité et la faisabilité de l'intervention (**Étude 3**).
- Une étude d'évaluation de la formation de l'équipe d'implémentation de l'intervention sur le terrain, auprès de quatre individus ayant suivi une formation de 17h (première vague de formation) et 28h (deuxième vague de formation), visant à évaluer l'efficacité de la formation proposée à l'équipe d'implémentation de l'étude (**Étude 4**).

Études pour le pré-traitement des données spatiales :

En parallèle de l'implémentation sur le terrain de l'intervention et de la collecte des données auprès des volontaires, des études ont été réalisées pour développer des chaînes de traitement pour l'analyse des données issues des capteurs (GPS-Accélérométrie-Pollution) (**Étude 5**). De même, des analyses basées sur des données externes à l'intervention, ont été produites pour caractériser le terrain d'étude en termes de distribution des ressources urbaines (équipements, services, commerces etc.) et de spatialisation des réseaux de transport (selon les différents modes dont les modes actifs). Ainsi des indicateurs d'accessibilité spatiale peuvent être produits selon les communes de résidence et de travail des volontaires de l'intervention (**Étude 6**).

4. Principaux résultats

Étude 1

Des analyses de régression linéaire multiple ont été réalisées pour tester le poids des facteurs psychologiques, géographiques, et sociodémographiques de la part modale d'une mobilité active et durable. Les résultats ont montré que trois facteurs géographiques (la possession

d'un abonnement de transports en commun, le motif de déplacements « autre » comme les loisirs sportifs, les loisirs culturels, le bénévolat et la mobilité active et durable lors du premier emploi) et trois facteurs sociodémographiques (le pourcentage de temps de travail, le nombre d'enfants de 12 ans et plus et le nombre d'enfants de moins de 12 ans) étaient significativement et indépendamment associés à la mobilité active et durable. Concernant les facteurs individuels et psychologiques, les attitudes vis-à-vis de la voiture, les habitudes liées à la mobilité active, l'intention et la santé physique perçue étaient significativement associées à la mobilité active.

Étude 2

Tous les entretiens et les groupes de discussion ont été enregistrés et retranscrits dans leur totalité. Nous avons réalisé une analyse thématique et une analyse lexicale sur les questions liées aux obstacles et aux leviers à la mobilité active et durable. L'analyse thématique a été réalisée afin d'identifier les thématiques abordées dans les réponses, en utilisant le logiciel NVivo 11 (QSR International Pty Ltd, 2015). L'analyse thématique consiste à lire et relire un corpus pour encoder des catégories de contenu (des « nœuds » selon le manuel du logiciel Nvivo), pour, ensuite, interpréter les thématiques identifiées. L'analyse lexicale du corpus a été réalisée afin d'identifier le lexique utilisé par les experts et les individus cherchant à changer de mobilité. Pour cette analyse, nous avons utilisé le logiciel IRaMuTeQ 0.7 alpha 2. Nous avons identifié des leviers en lien avec des facteurs psychologiques, les politiques publiques et privées associées aux offres des transports et aux aménagements, des leviers économiques et matériels et des situations de différenciation sociale et géographique. Parmi les leviers psychologiques les plus souvent mentionnés, nous avons identifié : l'accès aux informations sur les offres de transport (e.g., sur leur disponibilité ou leur fonctionnement) et sur les bénéfices des modes de la mobilité active (e.g., bénéfices pour la santé), les normes sociales et l'effet des pairs (e.g., avoir envie de suivre la « mode » de faire du vélo, être accompagné par un pair), la sensibilité et la conscience des enjeux environnementaux et sanitaires associés à la mobilité active et, enfin, les habitudes. Parmi les politiques publiques influençant positivement la mobilité active, les leviers incluent : l'existence d'offres de transport et d'aménagements adaptées, le rôle des employeurs, des politiques publiques garantissant la sécurité et le confort des modes de transport. Par ailleurs, l'accompagnement des individus (i.e., en fournissant des conseils ou des informations), l'imposition de contraintes à l'usage de la voiture (e.g., des péages urbains), l'expérimentation de nouvelles mobilités (i.e., qui pourraient permettre une meilleure compréhension des bénéfices des modes de la mobilité active), l'organisation collective (e.g., avec des voisins ou des amis), la réorganisation des horaires ou des distances (e.g., pour les adapter aux horaires de transport ou de covoiturage), les moments de rupture (e.g., les déménagements ou les changements de situation familiale) et la prise de conscience des inconvénients associés à l'utilisation de la voiture (e.g., les embouteillages) peuvent représenter des leviers à la mobilité active et durable. Concernant les obstacles à la mobilité active et durable, les problèmes des politiques, notamment le manque d'offres alternatives à la voiture, les aménagements peu adaptés (i.e., spécialement dans les zones d'activités ou les zones périurbaines), le manque de sécurisation dans les transports et le manque d'accompagnement ont été fréquemment mentionnés. Concernant les obstacles psychosociaux, l'obstacle le plus fréquent est la culture automobile. Elle est illustrée par les attitudes négatives vis-à-vis des modes de la mobilité active (e.g., le vélo est perçu comme dangereux, les transports en commun comme étant inconfortables) et les attitudes positives vis-à-vis de la voiture (e.g., la voiture est associée aux sensations de

liberté, confort et flexibilité). D'ailleurs, le manque d'informations ou d'expérience dans la mobilité active (e.g., ne pas connaître le fonctionnement des transports), les habitudes d'utilisation de la voiture, le manque d'efficacité de soi (e.g., le manque de compétences et de ressources) représentent des obstacles. Certains contextes sociodémographiques et géographiques peuvent également représenter des obstacles, comme le fait d'avoir des enfants ou d'habiter dans une zone périphérique ou peu dense. Enfin, la météo (e.g., la pluie) et l'organisation que peut nécessiter le changement de mobilité (e.g., pour s'équiper correctement ou pour adapter ses horaires) peuvent être considérées comme des obstacles à la mobilité active et durable.

Études 3 et 4

L'analyse des études 3 (étude pilote) et 4 (évaluation de la formation des enquêteurs) a confirmé la bonne faisabilité de l'intervention et la bonne qualité de la formation des enquêteurs. L'étude pilote a été réalisée pendant une période où certaines restrictions liées à la crise sanitaire avaient cours. De ce fait, nous avons développé des modules d'entretiens avec les participants réalisables à distance par visio-conférence. Nous privilégions toujours les rencontres avec les participants en présentiel, mais nous avons désormais une adaptation possible de notre protocole qui nous permet de ne pas annuler les rendez-vous en période de reprise épidémique.

Études 5 et 6 :

La combinaison des données issues des capteurs GPS, accélérométrie et pollution a nécessité la mise en place d'une méthodologie de traitement et d'enrichissement des données basées sur des algorithmes de traitements automatiques et des méthodes statistiques d'analyse de sensibilité (**étude 5**). L'objectif est de produire une image de la chaîne des déplacements et des arrêts quotidiens de chaque participant qui sera qualifiée par les modes de transport utilisés, le niveau d'activité physique et le niveau d'exposition individuelle aux particules fines associés aux déplacements (voir Figure 4).

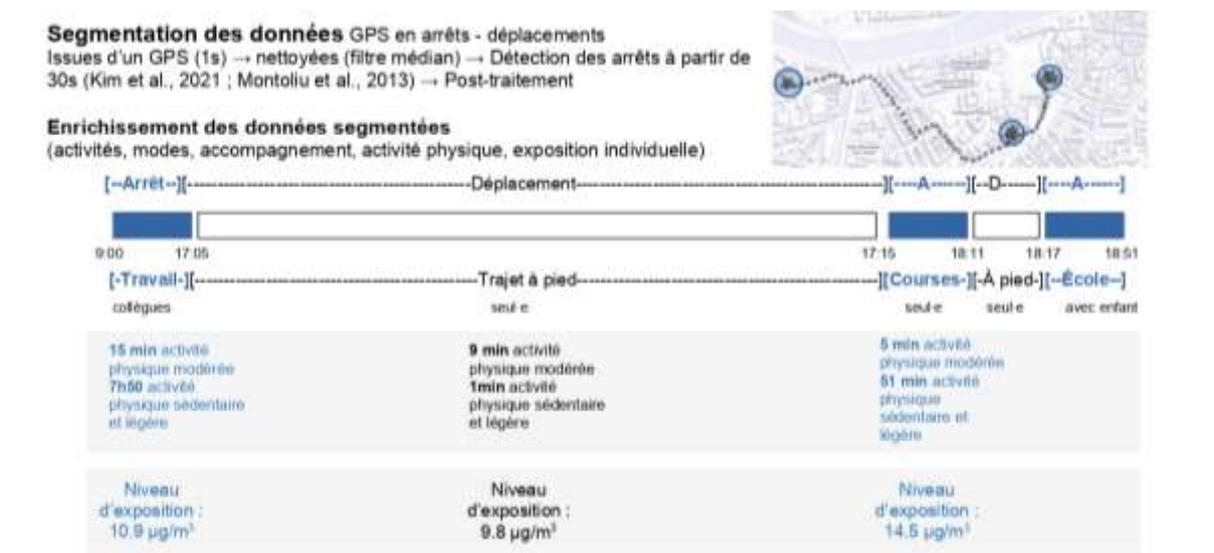


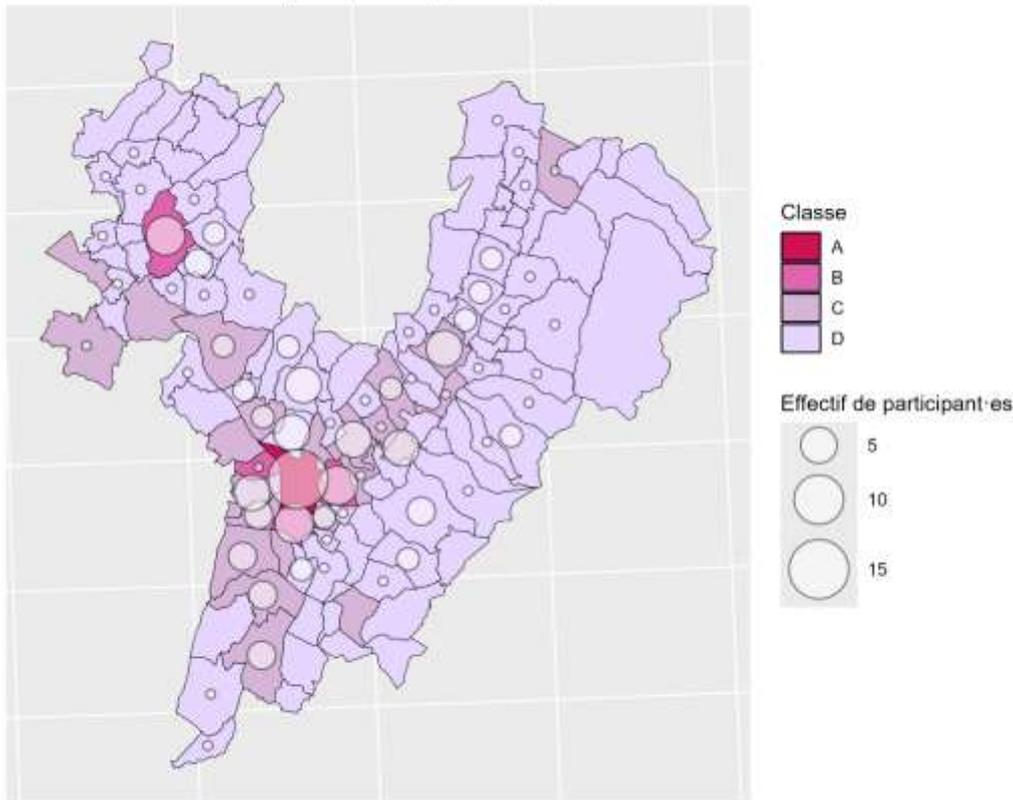
Figure 4. Segmentation et enrichissement des données GPS

Enfin, dans la perspective d'analyser les freins liés au contexte spatial que rencontrent les participants de l'étude, nous avons – en parallèle de la collecte – réalisé une analyse (**étude**

6) du niveau d'accessibilité aux équipements quotidiens (services, commerces, écoles etc.) à partir du domicile et des communes de la zone d'étude afin de caractériser le potentiel de report modal des participants qui n'auront pas les mêmes alternatives en fonction de l'offre de transport disponible et de la distribution plus ou moins dense des équipements dans leur commune de résidence et de travail.

Distribution de la cohorte dans les communes classées en fonction des effectifs d'équipements

Classe et effectif de participant-es pour chaque commune



Cohorte : n = 145
 Source : Base permanente des équipements 2021 (Insee)
 Méthode de classification : k-means
 Projection : EPSG:2154
 Tilio Clemenceau, 2024

Médiane des effectifs d'équipements de chaque gamme par classe

	Classe de communes			
	A (n = 1)	B (n = 4)	C (n = 23)	D (n = 97)
Proximité	4453	739,5	223	33
Intermédiaire	1378	204,5	46	3
Supérieure	614	120,5	18	0
Unique	57	4,5	0	0

Source : Base permanente des équipements 2021 (Insee)
 Méthode de classification : k-means
 Tilio Clemenceau, 2024

Figure 5. Distribution des effectifs des participants Intermob dans leur commune de résidence classée en fonction des effectifs d'équipements
 Les classes d'équipement ont été réalisées à partir de la Base Permanente des Équipements qui décrit 188 équipements différents (Source INSEE). Ces équipements sont, eux-mêmes

regroupés en 4 gammes (proximité, intermédiaire, supérieure et unique) qui représentent une logique d'implantation voisines, reflétant ainsi l'organisation hiérarchisée des territoires en termes de services à la population.

La classification proposée repose sur les effectifs « bruts » des équipements présents dans chaque commune. Chaque classe est décrite avec les valeurs médianes des effectifs d'équipements regroupés en fonction de leur gamme d'appartenance.

5. Apports des résultats pour la communauté de recherche

La contribution scientifique du projet INTERMOB est de livrer un protocole d'intervention qui répond aux différents verrous identifiés dans la littérature actuelle sur les interventions en population, en (1) s'appuyant sur une approche théorique transdisciplinaire permettant de comparer des techniques d'intervention ciblant des leviers doux et durs (i.e., psychologiques et matériels), (2) s'appuyant sur la méthode de l'essai contrôlé randomisé, rarement utilisée dans les études sur le changement de mobilité, (3) en combinant des mesures objectives du comportement (accéléromètre, GPS) et de l'exposition à la pollution atmosphérique à des mesures subjectives des attitudes et motivations des individus, et (4) en suivant sur le long terme (2 ans) le changement de comportement.

Par ailleurs, un outil de gestion de cohorte *ad hoc* a été développé en interne pour l'étude INTERMOB, sous la forme d'une application web. Cet outil permet de planifier les sessions de mesure pour chaque volontaire en fonction des ressources humaines (enquêteuses) et matériels (capteurs) disponibles. Il permet aussi de centraliser et extraire les informations liées au suivi de chaque volontaire afin de produire des indicateurs d'avancement de la cohorte de façon régulière. L'application développée est paramétrable (design du protocole, automatisation des messages et notifications, type de capteurs gérés, questionnaires de suivi...), la rendant générique et utilisable pour d'autres suivis prospectifs de cohorte.

6. Apports des résultats pour les décideurs

D'un point de vue opérationnel, ces résultats permettront d'aller vers un cahier des charges pour le développement de dispositifs (applications smartphone, ambassadeurs de la mobilité, créer un référentiel applicable à d'autres villes) permettant d'accompagner les individus dans le temps long pour favoriser les changements de comportements de mobilité. Les liens forts de l'équipe de recherche avec les élus et fonctionnaires de la métropole grenobloise, notamment via le Comité des Décideurs constitué du projet MobilAir (et incluant le Président de Grenoble Alpes Métropole, les vice-présidents en charge de la mobilité et de l'environnement, le Maire de Grenoble et son adjointe Santé, la DREAL, l'ADEME...) favoriseront la prise en compte des résultats de l'étude sur le terrain, à Grenoble et au-delà (via le réseau OMS des villes santé).

Enfin, les résultats du projet conduiront à l'élaboration de recommandations en termes de design des politiques publiques et de démarche multidimensionnelle de leur évaluation (santé, pollution, réduction d'émissions de gaz à effet de serre, bruit, accidents, espace).

7. Conditions de transférabilité ou de mise à l'échelle de l'intervention et points de vigilance

- Nécessité d'anticiper les difficultés liées au recrutement des volontaires issus d'un public cible diffus et divers), ces difficultés entraînant un risque pour l'atteinte d'une cohorte suffisamment importante pour l'analyse des résultats
- Nécessité de créer des partenariats avec des acteurs locaux donnant accès à des sources de recrutement, et à des dispositifs de mobilité gratuits pour les volontaires du groupe interventionnel
- Nécessité d'avoir un outil de gestion de cohorte sur mesure (choix du déploiement en interne coûteux en temps mais très adapté aux besoins)
- Nécessité de former une équipe terrain constituée de personnes qualifiées travaillant à temps plein pour le recrutement et le suivi des volontaires ; proximité avec les volontaires nécessaire pour garantir l'adhésion à l'intervention pendant la longue période de suivi de deux ans (qui inclut des périodes de plusieurs mois sans suivi personnalisé).
- Besoin de garantir des financements pour la stabilisation de l'ensemble du dispositif interventionnel et notamment de l'équipe de personnels qualifiés
- Prévoir et construire une infrastructure de données pour stocker, sécuriser et partager les données collectées entre tous les chercheurs du projet

8. Perspectives de recherche

L'ensemble des données collectées seront exploitées en vue de : i. évaluer l'efficacité de l'intervention INTERMOB sur la réduction de l'utilisation de la voiture, ii. identifier les facteurs qui facilitent ou entravent l'efficacité de l'intervention, iii. évaluer l'impact sanitaire de l'intervention sur l'activité physique, le bien-être et l'exposition à la pollution, iii. analyser les effets à long terme du report modal sur l'organisation de la vie quotidienne des individus. Une chaîne de traitement et d'analyse est développée afin d'enrichir automatiquement les traces GPS séquencées en chaîne de déplacements/activités avec des indicateurs d'activité physique et d'exposition à la pollution. La variation spatio-temporelle du niveau d'activité physique et d'exposition individuelle à la pollution pourra ainsi être analysée en fonction des modes de transport utilisés, des distances parcourues et des micro-environnements traversés. Ces indicateurs serviront aussi à mesurer l'évolution des comportements au cours des 8 sessions et des analyses multi-niveaux seront proposées afin d'évaluer l'efficacité de l'intervention.

9. Références (15)

BCG & Ipsos (2017). Du lundi au vendredi, les Français passent en moyenne 7h12 à se déplacer selon une étude Ipsos/BCG. *Observatoire Européen des Mobilités*, 1. Repéré à <http://www.unionroutiere.fr/wp-content/uploads/2017/04/2017-04-26-BCG-IPSO-Observatoire-europeen-des-mobilites-France.pdf>

R. Brockman, K.R. Fox, Physical activity by stealth? The potential health benefits of a workplace transport plan, *Public Health*, Volume 125, Issue 4, 2011, Pages 210-216.

Brög, W., Erl, E., Ker, I., Ryle, J., & Wall, R. (2009). Evaluation of voluntary travel behaviour change: Experiences from three continents. *Transport Policy*, 16, 281–292.

Bouscasse, H., Gabet, S., Kerneis, G., Provent, A., Rieux, C., Salem, N. B., Dupont, H., Troude, F., Mathy, S., and Slama, R. (2022). Designing local air pollution policies focusing on mobility and heating to avoid a targeted number of pollution-related deaths: Forward and backward approaches combining air pollution modeling, health impact assessment and cost-benefit analysis. *Environment international*, 159:107030.

Cepeda, M., Schoufour, J., Freak-Poli, R., Koolhaas, C. M., Dhana, K., Bramer, W. M., & Franco, O. H. (2017). Levels of ambient air pollution according to mode of transport: A systematic review. *The Lancet Public Health*, 2(1), e23–e34. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(16\)30021-4](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(16)30021-4)

DU, Y., WANG, Q., SUN, Q., et al. Assessment of PM_{2.5} monitoring using MicroPEM: A validation study in a city with elevated PM_{2.5} levels. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2019, vol. 171, p. 518-522. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.01.002>

EEA (2019). *Nec directive reporting status 2019*.

Javaid, A., Creutzig, F., and Bamberg, S. (2020). Determinants of low-carbon transport mode adoption: systematic review of reviews. *Environmental Research Letters*, 15(10):103002.

Kim E.-K., Ebert E., Weibel R. (2021), The Effect of Post-Processing in Stop-Move Detection of GPS Data: A Preliminary Study, dans LBS: Proceedings of the 16th International Conference on Location Based Service, pp. 24–25, 202.

Kuss, P., & Nicholas, K. A. (2022). A dozen effective interventions to reduce car use in European cities: Lessons learned from a meta-analysis and transition management. *Case Studies on Transport Policy*, S2213624X22000281. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.02.001>

Lanzini, P., & Khan, S. A. (2017). Shedding light on the psychological and behavioral determinants of travel mode choice: A meta-analysis. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 48, 13-27.

Montoliu R., Blom J., Gatica-Perez D. (2013). Discovering places of interest in everyday life from smartphone data, *Multimed Tools and Applications*, 62, p.179-207,

Schwarzer, R., & Luszczynska, A. (2008). How to overcome health-compromising behaviors: The health action process approach. *European Psychologist*, 13(2), 141–151. <https://doi.org/10.1027/1016-9040.13.2.141>

SDES. (2020). *Comment les Français se déplacent-ils en 2019? Résultats de l'enquête mobilité des personnes | Données et études statistiques*. SDES. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/comment-les-francais-se-deplacent-ils-en-2019-resultats-de-lenquete-mobilite-des-personnes>

Sugiyama, T., Merom, D., van der Ploeg, H. P., Corpuz, G., Bauman, A., & Owen, N. (2012). Prolonged sitting in cars: Prevalence, socio-demographic variations, and trends. *Preventive Medicine*, 55(4), 315–318. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2012.07.026>

Teran-Escobar, C., Duché, S., Bouscasse, H., Isoard-Gatheur, S., Juen, P., Lacoste, L., Lyon-Caen, S., Mathy, S., Ployon, E., Risch, A., Sarrazin, P., Slama, R., Tabaka, K., Treibich, C., Chardonnell, S., & Chalabaev, A. (2022). InterMob: A 24-month randomised controlled trial comparing the effectiveness of an intervention including behavioural change techniques and free transport versus an intervention including air pollution awareness-raising on car use reduction among regular car users living in Grenoble, France. *BMC Public Health*, 22(1), 1763. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14099-4>