

Une estimation des émissions individuelles de gaz à effet de serre lors des déplacements domicile-travail

Document de travail

N° 2024-03 - FÉVRIER 2024



Sommaire

Résumé.....	3
Abstract.....	4
1. Introduction.....	5
2. Méthode de construction des données relatives aux émissions de GES des déplacements domicile-travail.....	8
2.1 Vue globale de la méthode.....	8
2.1.1 Calcul d'une distance domicile-travail.....	9
2.1.2 Estimation d'une distance hebdomadaire parcourue par actif pour les déplacements domicile-travail.....	9
2.1.3 Calcul des émissions de GES issues des distances hebdomadaires parcourues.....	9
2.2 Sources utilisées.....	11
2.3 Dans le détail : des distances aux émissions.....	12
2.3.1 Champ.....	13
2.3.2 Distance domicile-travail optimale (DIST).....	14
2.3.3 Distance optimale et distance réelle (RATIO.DIST.AR).....	16
2.3.4 Distance hebdomadaire (DIST.HEBDO).....	17
Fréquence hebdomadaire des déplacements (FREQ.HEBDO).....	17
Distance hebdomadaire totale (DIST.HEBDO).....	23
2.3.5 Émissions unitaires des modes de transport (CO2.KM.U).....	24
Émissions unitaires des deux-roues motorisés.....	24
Émissions unitaires pour les transports en commun.....	24
Émissions unitaires pour les voitures.....	27
Synthèse.....	28
2.4 Compléments et robustesse des données.....	28
2.4.1 Consommation de carburant.....	28
2.4.2 Robustesse des résultats.....	29
3. Mise à disposition des données.....	32
3.1 Description des données.....	32
3.2 Comment utiliser les données avec R ?.....	33
3.3 Quelques exemples d'études utilisant la base de données.....	36
4. Annexes.....	37
4.1 Rapprochement de l'EMP et du recensement.....	37
Champ.....	37
Déplacements professionnels et trajets domicile-travail.....	38
Mode de transport.....	39
Comparaison des résultats de l'EMP et du recensement de la population.....	40
4.2 Décomposition de l'écart de GES hebdomadaire entre deux groupes.....	41
4.3 Dictionnaire de variables.....	44
4.3.1 Variables du recensement de la population.....	44
4.3.2 Indicateurs sur les déplacements et les émissions de GES.....	52
4.3.3 Variables géographiques complémentaires.....	53

Résumé

Les trajets domicile-travail occupent une place structurante dans la mobilité. En France, en 2019, ils représentent 26 % des distances parcourues par les personnes de 6 ans et plus, au cours de leurs déplacements du quotidien, et même 42 % pour les personnes en emploi. Dans cette perspective, ce document de travail propose une méthode de calcul des émissions de GES de ces derniers.

Les seules données du recensement de la population ne permettent pas de calculer directement les émissions de GES associées aux trajets domicile-travail. La fréquence des déplacements, la distance parcourue, les émissions associées à chaque mode de transport ne peuvent être déterminées sans recours à des données extérieures. Il est donc nécessaire de mettre en place une méthode d'imputation de ces différentes variables, à partir de sources de données variées comme l'enquête Mobilité des personnes (EMP) ou le répertoire statistique des véhicules routiers (RSVERO).

Le travail présenté est issu d'une collaboration entre le Pôle de Service de l'Action Régionale (Psar) de la Direction Régionale de l'Insee Provence-Alpes-Côte d'Azur, et le Service des Données et Études Statistiques (Sdes) du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. Les données individuelles anonymisées issues de cette collaboration sont mises à disposition du public sur data.gouv.fr, à une échelle fine permettant de croiser les caractéristiques des individus et des territoires où ils vivent et travaillent. Ces données seront mises à jour chaque année, sauf en 2020, année exceptionnelle pour la mobilité des personnes du fait de la crise sanitaire.

Abstract

Commutes play a key role in mobility. In France, in 2019, they accounted for 26% of the distances traveled by people aged 6 and over, during their daily commute, and even 42% for people in employment. With this in mind, this working paper suggests a method for calculating GHG emissions from commuting trips.

Population census data alone do not allow for direct calculation of GHG emissions associated with commuting. The frequency of trips, the distance traveled and the emissions associated with each mode of transport cannot be determined without external data. It is thus necessary to implement a method for imputing these different variables, based on various data sources such as the Mobility Survey and the Statistical Directory of Road Vehicles.

The work presented here is the result of collaboration between the Pôle de Service de l'Action Régionale (Psar) of the Direction Régionale de l'Insee Provence-Alpes-Côte d'Azur, and the Service des Données et Études Statistiques (Sdes) of the Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. The anonymized individual data resulting from this collaboration are made available publicly on data.gouv.fr, at a fine scale allowing analysis of both the characteristics of individuals and the areas in which they live and work. These data will be updated every year, except in 2020, an exceptional year for personal mobility due to the health crisis.

1. Introduction

Les mesures prises pour lutter contre l'épidémie de Covid-19 ont entraîné une réduction temporaire des émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'échelle du monde et de la France. Parmi les causes de cette baisse, le télétravail imposé et les restrictions de déplacement ont joué un rôle déterminant. Au-delà du caractère exceptionnel de cette crise, cela confirme que la mobilité des personnes, composante essentielle de l'activité économique, constitue un des leviers de la réduction des émissions de GES.

Le transport des personnes est ainsi l'un des axes de la « stratégie nationale bas-carbone » proposée par le plan Climat 2017, dans le cadre de l'entrée en vigueur des accords de Paris en 2016 et dans la continuité de la loi relative à la transition écologique pour la croissance verte de 2015.

Au niveau national, l'État a décliné ces grands objectifs en un certain nombre de mesures, notamment dans le cadre de la loi d'orientation sur la mobilité (2019) pour ce qui relève des transports. Parmi ces mesures, figurent ainsi la convergence progressive de la fiscalité entre le diesel et l'essence, le système de bonus-malus à l'achat en fonction des émissions du véhicule, ou encore la prime à la conversion pour inciter à l'achat de véhicules peu émetteurs, avec en ligne de mire la fin de la vente des voitures thermiques d'ici 2035.

Au niveau local, les régions sont désignées comme pilotes en matière de climat, de qualité de l'air et d'énergie. Elles élaborent à cette fin le schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (Sraddet). Ce document stratégique comporte notamment des objectifs en termes de neutralité carbone et d'offre de transports collectifs. Les régions veillent en outre à l'intermodalité et à la complémentarité entre les modes de transport. Enfin, les COP territoriales, sous l'égide des régions, ont vocation à territorialiser les différents leviers d'actions pour lutter contre le réchauffement climatique et contribuer au respect des objectifs de la stratégie nationale bas carbone.

Au côté des régions, les métropoles et les autres EPCI (Établissements publics de coopération intercommunale) sont en première ligne sur la mobilité durable et l'aménagement du territoire. La loi de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles de janvier 2014 renforce leurs compétences sur ces sujets. Les départements sont également des acteurs importants des transports et de la lutte contre le changement climatique à travers la gestion du réseau local et régional. En outre, les conseils départementaux peuvent porter des plans climat-énergie, avec des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Pour éclairer le débat public sur la transition écologique, il est indispensable de produire des données permettant de mesurer les émissions de GES au niveau local. Dans cette perspective, ce document de travail propose une méthode de calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES) des trajets domicile-travail, pour produire des données disponibles à une échelle géographique fine.

En 2019, les trajets domicile-travail représentent 42 % des distances parcourues pour les déplacements quotidiens¹ des personnes en emploi et 26 % pour ceux de l'ensemble des personnes de 6 ans et plus, d'après l'enquête Mobilité des personnes (EMP). En Île-de-France, cette part s'élève à 49 % pour les personnes en emploi et 33 % des distances pour l'ensemble des 6 ans et plus, contre 41 % et 25 % en France de province. Au-delà de leur poids dans l'ensemble des trajets, l'intérêt d'étudier les déplacements domicile-travail est lié au fait qu'ils ont un caractère structurant en influençant les autres comportements de mobilité : lieu de scolarisation des enfants, des courses, etc.

Pour déterminer les émissions de GES associées à un trajet domicile-travail, ce travail s'appuie sur le recensement de la population. Cette source de données permet de localiser les lieux de résidence et de travail des personnes en emploi, de même que le mode de transport qu'ils utilisent. Les résultats du recensement sont enrichis par plusieurs autres sources de données pour tenir compte des autres paramètres qui déterminent les émissions de GES :

- la fréquence des déplacements, les caractéristiques et le taux de remplissage des voitures ou encore l'usage des transports en commun sont estimés à partir de l'Enquête Mobilité des Personnes (EMP) en tenant compte des caractéristiques socio-géographiques des actifs en emploi ;
- le distancier Metric-OSRM produit par l'Insee fournit les distances domicile-travail ;
- l'augmentation de la fréquence du télétravail à la suite de la crise sanitaire est modélisée à l'aide de l'enquête emploi en continu ;
- la base empreinte de l'Ademe fournit les émissions unitaires de GES, c'est-à-dire émises au cours d'un trajet d'un kilomètre, des deux-roues motorisés ;
- le répertoire statistique des véhicules routiers (RSVERO), permet de prendre en compte les caractéristiques moyennes du parc automobile de la commune de résidence ;
- l'accessibilité aux gares et stations de métro ou de tramway, facteur déterminant du type de transport en commun utilisé (routier ou urbain), est calculée notamment à partir de données fournies par transport.data.gouv.fr et la SNCF.

Ce travail s'appuie sur le volet « mobilité locale » de l'enquête mobilité des personnes, qui porte uniquement sur les déplacements de moins de 100 km en France métropolitaine. Les émissions de GES des trajets domicile-travail sont calculées uniquement sur ce champ. Par ailleurs, sont comptabilisées uniquement les émissions générées au cours des déplacements, c'est-à-dire « du réservoir à la roue ». On ne retient donc pas les émissions « amont » dues à la production de l'énergie, la construction des véhicules ou des infrastructures de transport. Tous les gaz à effet de serre (GES) sont inclus, les émissions sont exprimées en équivalent CO₂.

Le travail présenté dans ce document est issu d'une collaboration entre le Pôle de Service de l'Action Régionale (Psar) de la Direction Régionale de l'Insee Provence-Alpes-Côte d'Azur, et le Service des Données et Études Statistiques (Sdes) du ministère de la Transition écologique

¹ Les déplacements quotidiens ou locaux désignent, dans l'enquête mobilité des personnes, l'ensemble des déplacements effectués à l'occasion d'activités situées dans un rayon de 80 km à vol d'oiseau autour du domicile, aussi bien un jour de semaine, que le samedi ou le dimanche.

et de la Cohésion des territoires. Les données individuelles anonymisées issues de cette collaboration sont mises à disposition du public sur data.gouv.fr, à une échelle fine permettant de croiser les caractéristiques des individus et des territoires où ils vivent et travaillent. Ces données sont mises à jour chaque année, sauf en 2020, année exceptionnelle pour la mobilité des personnes, du fait de la crise sanitaire.

Les données issues de ce travail ont fait l'objet d'une étude nationale, parue en décembre 2023 dans les collections Insee Première et Datalab Essentiel du SDES. Cette étude établit qu'en 2019, chaque actif se déplaçant pour aller au travail émet en moyenne 0,7 tonne d'équivalent CO₂ par an pour ses trajets, tous modes de transport confondus. Par ailleurs, les émissions de GES des trajets domicile-travail varient selon les territoires. Au sein des pôles, les émissions diminuent selon la taille de l'aire d'attraction, la densité des transports en commun dans les grandes aires permettant une moindre utilisation de la voiture. Pour les résidents des couronnes, la taille de l'aire a peu d'impact sur le niveau moyen des émissions : la voiture est moins utilisée dans les grandes aires, mieux équipées en transports collectifs, mais les distances à parcourir sont plus longues. Enfin, les émissions dues aux déplacements domicile-travail sont nettement plus basses (-40 % toutes choses égales par ailleurs) dans les communes où train, métro ou tramway sont accessibles à pied. Les résultats détaillés de l'étude sont disponibles au lien suivant : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/7718608>.

Les travaux s'appuyant sur cette base de données devront mentionner la source suivante : "Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Insee, recensement de la population 2019, exploitation complémentaire ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'OpenStreetMap et du projet OSRM."

2. Méthode de construction des données relatives aux émissions de GES des déplacements domicile-travail

2.1 Vue globale de la méthode

L'estimation des émissions de GES des déplacements domicile-travail s'appuie en grande partie sur une exploitation conjointe de l'enquête Mobilité des personnes (EMP) et du recensement de la population (voir [2.2 Sources](#)). Seules les émissions produites au cours des déplacements des personnes sont quantifiées, on parle d'émissions « du réservoir à la roue ».

Les émissions « du réservoir à la roue »

Plusieurs méthodes sont envisageables pour rendre compte des émissions de gaz à effet de serre (GES) des transports. Dans le cadre de ce travail, on comptabilise uniquement les émissions dues à la combustion de carburants au cours des déplacements. Tous les GES sont inclus, les émissions sont exprimées en **équivalent CO₂** (CO₂e). Cette unité permet de considérer l'impact de tous les GES en s'appuyant sur le potentiel de réchauffement global d'une masse d'un GES (CH₄, N₂O ou gaz fluorés) calculé relativement à une même masse de CO₂. En revanche, d'autres émissions, directement ou indirectement imputables aux mobilités, ne sont pas prises en compte :

- Les émissions dues à la production de l'énergie utilisée par le véhicule, par exemple au cours du raffinage ou de la production d'électricité, ne sont pas prises en compte ; cela signifie en pratique qu'on ne comptabilise pas d'émissions de GES pour les véhicules électriques.
- Les émissions dues à la construction ou à la mise au rebut des véhicules et des infrastructures de transport ne sont pas non plus comptabilisées.

Les émissions dues aux bio-carburants sont prises en compte, elles ne sont pas considérées comme compensées par la captation du carbone en amont.

Le recensement de la population contient des informations précises mais limitées sur les trajets domicile-travail :

- la commune de résidence et la commune du lieu de travail habituel ;
- le mode de transport habituellement utilisé en six postes :
 - Pas de déplacement
 - Marche à pied
 - Vélo
 - Deux-roues motorisé
 - Voiture
 - Transports en commun

2.1.1 Calcul d'une distance domicile-travail

La distance moyenne optimale entre les communes de départ et d'arrivée, pour un mode de transport donné, s'appuie sur la géolocalisation complète du recensement 2017 (à la fois pour le domicile et le lieu de travail). Il est fait l'hypothèse que la répartition de la population et des emplois au sein de chaque commune reste globalement la même d'une année sur l'autre. Cette distance est calculée à l'aide du distancier [Metric-OSRM](#)² et correspond alors, par construction, au trajet théoriquement le plus rapide par la route sans congestion et sans autres ralentissements.

2.1.2 Estimation d'une distance hebdomadaire parcourue par actif pour les déplacements domicile-travail

La seule distance est néanmoins insuffisante pour calculer les km parcourus lors des trajets domicile-travail, au cours d'une semaine moyenne (congés compris). Les données du recensement sont donc complétées avec les éléments suivants :

- le ratio entre la distance optimale entre lieu de résidence et lieu de travail et la distance réelle de l'aller-retour, qui tient compte de raccourcis ou de détours lors des trajets domicile-travail ;
- le nombre d'allers-retours domicile-travail effectués au cours d'une semaine.

Pour ce faire, on estime, dans des sources pour lesquelles ces données sont disponibles mais qui ne contiennent pas assez d'observations pour être utilisées directement, des modèles expliquant ces variables à partir de différentes caractéristiques individuelles. On applique alors les résultats de ce modèle dans le recensement, afin d'imputer aux individus une distance hebdomadaire³.

2.1.3 Calcul des émissions de GES issues des distances hebdomadaires parcourues

Une fois les distances hebdomadaires estimées pour chaque actif se déplaçant à son travail, et à partir du mode de transport déclaré dans le recensement, il est possible de calculer des émissions de GES.

Il faut néanmoins tenir compte de différents facteurs comme le taux d'occupation des voitures, ou encore la probabilité d'utiliser un transport en commun ferré, nettement moins carboné qu'un transport routier. Ces informations sont résumées dans des données d'émissions dites unitaires associées à chaque mode de transport et, comme pour les autres variables intermédiaires, imputées en appliquant les résultats d'un modèle estimé sur des sources extérieures.

² Metric-OSRM est le nouveau distancier routier de l'Insee. S'appuyant sur un serveur de routage OSRM (*Open Source Routing Machine*), il permet d'effectuer des calculs de trajets routiers en voiture optimaux à la volée, de point à point, avec une grande rapidité d'exécution.

³ En pratique, un modèle économétrique permet d'estimer les contributions des caractéristiques individuelles à ces distances. Ces contributions sont ensuite utilisées pour prédire des distances corrigées et les imputer. Par imputer, on entend calculer une distance hebdomadaire pour chaque individu, à partir de ses caractéristiques. Soit un modèle $Y = a.X$: l'estimation de ce modèle permet de déterminer le vecteur a . On calcule alors, pour chaque individu i ayant des caractéristiques X_i , un Y_i égal à $a.X_i$.

Conséquence de la méthode sur les variables intermédiaires estimées

- **Les variables intermédiaires imputées par application d'un modèle estimé sur des sources extérieures (fréquence des trajets, émissions unitaires, etc.) permettent de moduler les comportements de mobilité des navetteurs, c'est-à-dire des actifs qui se déplacent pour se rendre à leur travail, en fonction de leurs caractéristiques et de leur localisation.** Elles permettent de prendre en compte les différences entre individus, pour les variables incluses dans les régressions. Par exemple, pour calculer les différences femmes-hommes d'émissions de GES, les imputations permettent de prendre en compte le fait que les femmes conduisent en moyenne des voitures un peu moins polluantes que les hommes pour se rendre au travail.
- **Ces imputations ne prennent pas en compte des variables absentes du recensement ou des sources utilisées,** comme par exemple le revenu. Elles ne permettent pas non plus de prévoir les comportements de mobilité des segments de la population trop faiblement représentés dans l'EMP.
- **Les comportements de mobilité imputés ne prennent pas en compte toutes les spécificités d'un territoire donné** mais s'appuient sur une hypothèse d'uniformité sur l'ensemble de la France métropolitaine, avec une prise en compte de la localisation limitée à la taille des aires d'attraction des villes, à la situation dans un pôle ou dans une couronne, au revenu médian et à l'équipement en transports collectifs des communes.
- **Les méthodes utilisées prédisent le comportement moyen d'un individu, compte tenu de ses caractéristiques.** Elles ne permettent donc pas de reproduire la dispersion des variables modélisées et ne doivent surtout pas être utilisées pour des analyses de dispersion pour un segment donné de la population. Il est en revanche possible de comparer les émissions de différentes catégories, à condition que celles-ci aient été prises en compte par les différentes modélisations.
- **Les imputations permettent une amélioration du calcul des émissions de GES par rapport à l'utilisation de paramètres identiques pour tous les individus, mais ne sont pas la reconstruction des données individuelles absentes du recensement.** Quand on compare les résultats de deux territoires, il faut bien garder à l'esprit que les écarts en termes de choix modaux et de distances domicile-travail, variables issues du recensement de la population, rendent compte de manière complète des différences entre ces deux territoires. En revanche, pour les paramètres imputés, les écarts sont uniquement le reflet des caractéristiques de la population et de paramètres géographiques inclus dans le modèle. Par exemple, la probabilité d'utiliser des transports ferrés sera plus élevée quand l'accessibilité aux gares et stations sera meilleure mais ne prendra pas en compte l'impact du revenu de l'individu, ou de la fréquence des trains.
- **Il n'est pas possible de fournir un intervalle de confiance** à proprement parler pour les émissions de GES calculées dans la base : celui-ci n'est calculable que pour les estimations conduites au niveau national, et ne tiendrait pas compte de la (grande) hétérogénéité inobservée au niveau local.

Un seul mode de transport par actif est pris en compte pour le calcul des émissions de GES. Par exemple, un trajet domicile-travail combinant voiture et RER sera considéré comme étant réalisé soit intégralement en transport collectif ou soit intégralement en voiture, en fonction du mode de transport principal déclaré par l'enquête dans le recensement de la population.

2.2 Sources utilisées

Le calcul des émissions de GES s'appuie sur **l'exploitation complémentaire du recensement de la population**, produit par l'Insee, et qui permet de connaître les actifs en emploi, leur lieu de résidence et leur lieu de travail. Le travail présenté ici s'appuie sur les variables du fichier détail [accessible sur insee.fr](https://www.insee.fr/fr/statistiques/1212141?geo=FRANCE&table=1212141).

On l'a vu plus haut, l'imputation des variables intermédiaires (ratio distance optimale - distance réelle, fréquence hebdomadaire, émissions unitaires) s'appuie sur des modèles estimés à partir de sources extérieures, dont 2 principales :

- **L'enquête Mobilité des personnes (EMP)**, menée par l'Insee et le SDES (l'Insee en assurant la maîtrise d'œuvre et le SDES, la maîtrise d'ouvrage) de mai 2018 à avril 2019, vise à décrire les pratiques de mobilité et à apprécier comment et pourquoi les Français se déplacent, au quotidien mais aussi pour leurs voyages à plus longue distance. Elle permet également de connaître le parc de véhicules à disposition des ménages et l'utilisation qui en est faite.

Cette source permet de compléter le recensement de la population (cf. [4.1 Rapprochement de l'EMP et du recensement](#)), grâce à une description plus fine du trajet domicile-travail : distance réelle parcourue (parfois plus longue que le chemin le plus court), fréquence des trajets, part des bus et des transports ferrés dans les transports collectifs, nombre de passagers dans les véhicules, etc. Toutefois, son échantillon réduit (environ 13 000 répondants, dont environ 3 000 en emploi s'étant rendus sur leur lieu de travail le jour de l'enquête) ne couvre pas l'outre-mer et ne permet pas de disposer de ces informations à un niveau géographique fin pour la métropole.

Le Sdes a calculé les émissions de GES de chaque déplacement recueilli dans l'EMP. La méthode de calcul des émissions des trajets domicile-travail découle directement de celle élaborée pour cette enquête⁴.

- **Le répertoire statistique des véhicules routiers (RSVERO)** recense les véhicules routiers (voitures, utilitaires, poids lourds, deux-roues, bus...) immatriculés sur l'ensemble du territoire français. Ce répertoire permet un suivi des immatriculations et des parcs des véhicules routiers. Il sert aussi de base de sondage aux enquêtes sur le transport menées par le SDES. Cette base administrative est produite par le SDES à partir :
 - des informations transmises par le ministère de l'Intérieur (Agence nationale des titres sécurisés) issues du système d'immatriculation des véhicules (SIV) ;

⁴ Pour plus de détail sur le calcul des émissions de GES dans l'EMP, une note méthodologique est disponible sur le site internet du SDES :

https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2023-09/note_methodologique_emissions_ges_mobilites.pdf

- des résultats des contrôles techniques, centralisés par l'Union technique de l'automobile, du motorcycle et du cycle (Utac) ;
- du répertoire Sirène des entreprises (Insee).
- de l'homologation des véhicules et des consommations réelles de carburant, enregistrées sur le site collaboratif spritmonitor.de, pour les émissions unitaires des voitures, c'est-à-dire la quantité de CO₂ émise à chaque kilomètre parcouru.

D'autres sources sont également mobilisées :

- **L'enquête Emploi en continu (EEC)** est une enquête de l'Insee qui vise à observer le marché du travail de manière structurelle et conjoncturelle. Dans le cadre de notre travail, elle permet de simuler des fréquences de déplacements alternatives en appliquant la hausse du télétravail après la crise de la Covid-19.
- **Les données carroyées de population de l'Insee**, issues de Fideli 2017, permettent d'estimer la proximité du lieu de résidence aux stations de métro, de train ou de tramway (en moyenne par commune). Cela fait partie des variables utilisées pour imputer la part des trajets en transport en commun utilisant un mode ferré.
- **Le revenu médian par commune en 2019**, issu du dispositif des revenus localisés sociaux et fiscaux (Filosofi), fait partie des variables utilisées pour l'imputation de la fréquence quotidienne et hebdomadaire des trajets.
- L'emplacement des stations de métro et de tramway est issu des fichiers GTFS⁵ déposés par les autorités organisatrices de la mobilité (AOM) sur le site transport.data.gouv.fr. L'emplacement des gares ferroviaires provient du site ressources.data.sncf.com.
- La [Base Empreinte](#) de l'Ademe renseigne la consommation moyenne des bus selon la taille de l'unité urbaine de la commune et la consommation moyenne des deux-roues motorisés.

2.3 Dans le détail : des distances aux émissions

Pour rappel, toutes les émissions de GES sont exprimées en équivalent CO₂ (cf. [section 2.1](#)), d'où les noms des variables présentées ci-après.

Les émissions hebdomadaires (CO₂.HEBDO) représentent la quantité de GES émise par les déplacements domicile-travail pour une semaine moyenne, y compris le week-end et les vacances, d'un individu donné. Pour chaque mode de transport, elles correspondent au produit de la distance parcourue au cours de la semaine (DIST.HEBDO) et de la quantité de

⁵*General Transit Feed Specification* : il s'agit d'un format informatique standardisé pour communiquer des horaires de transport en commun et les informations géographiques associées, notamment l'emplacement des arrêts.

GES émise par km et par navetteur (CO2.KM.U). Les émissions moyennes tous modes de transport confondus s'obtiennent en multipliant celles de chaque mode de transport par leur poids dans l'ensemble des déplacements (proportion p).

$$CO2.HEBDO = \sum_{MODTRANS} p \times (DIST.HEBDO \times CO2.KM.U)$$

Le tableau ci-dessous indique ces valeurs pour la France métropolitaine :

Tableau 1 : Composantes des émissions hebdomadaires (moyennes sur France métropolitaine)

Mode de transport	Proportion p	DIST.HEBDO (km)	CO2.HEBDO (g)	CO2.KM.U (g/km)
Piéton	0,06	9,8	0	0
Vélo	0,02	29,4	0	0
Deux-roues motorisé	0,02	82,8	7 532	91
Voiture	0,73	124,1	18 011	145,1
Transport en commun	0,16	111,4	943	8,5
Ensemble	1,0	111,7	13 514	121,0

Champ : France métropolitaine, actifs qui se déplacent pour aller travailler et dont les distances domicile-travail sont inférieures à 10 km pour les piétons, 30 km pour les vélos et 100 km pour les autres modes de transport.

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Insee, recensement de la population 2019, exploitation complémentaire ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

2.3.1 Champ

Le calcul des émissions de GES porte sur les actifs en emploi de 15 ans ou plus qui se déplacent pour aller travailler et dont les distances domicile-travail sont inférieures à 10 km pour les piétons, 30 km pour les vélos et 100 km pour les autres modes de transport, en France métropolitaine. Cela représente environ 24 790 000 personnes en 2019, d'après l'exploitation complémentaire du recensement de la population.

La base mise en ligne couvre toutefois un champ plus large car elle contient l'ensemble des actifs en emploi de 15 ans ou plus. Au-delà des actifs pour lesquels des émissions de GES sont calculées, la base comprend donc également :

- Ensemble des actifs en emploi dans les DOM (592 000 personnes en 2019).
- Actifs en emploi en France métropolitaine qui ne se déplacent pas (1 103 000 personnes en 2019).
- Actifs en emploi en France métropolitaine dont la distance domicile-travail est supérieure à 100 km (596 000 personnes en 2019).
- Actifs en emploi en France métropolitaine qui se déplacent mais pour lesquels il n'est pas possible de calculer une distance : communes trop éloignées pour des piétons ou des vélos, trajets impossibles pour les autres modes de transport (74 000 personnes).

2.3.2 Distance domicile-travail optimale (DIST)

Le recensement de la population permet de connaître les flux des actifs en emploi par mode de transport, commune de résidence et de travail. Pour le millésime 2017, la Division Méthodes et Traitements des Recensements de l'Insee est allée plus loin en géolocalisant finement les lieux de domicile et de travail⁶ de l'ensemble des navetteurs. Ceci permet de calculer des distances et temps de trajets dits « optimaux », c'est-à-dire correspondant au trajet routier le plus rapide entre le lieu de départ et le lieu d'arrivée, avec le distancier Metric-OSRM⁷, en s'appuyant sur la localisation exacte des lieux de résidence et de travail.

Comme la localisation précise des lieux de résidence et travail n'est pas disponible en totalité pour les autres millésimes du recensement, on s'appuie sur ce millésime 2017 pour calculer une distance moyenne optimale fiable (DIST), basée sur la localisation infra-communale réelle des logements et de l'emploi pour chaque triplet *mode de transport * commune de résidence * commune de travail*. Ces résultats sont ensuite réutilisés pour les années ultérieures, considérant qu'ils sont une approximation précise et fiable de distance moyenne des trajets domicile-travail entre deux communes⁸. Pour les triplets qui n'existaient pas en 2017 et qui apparaissent dans les recensements ultérieurs, on s'appuie sur les résultats de 2017 pour réaliser des estimations. Ces estimations se fondent notamment sur la distance entre chefs-lieux⁹ des communes et sur le rayon des communes, informations géographiques qui apparaissent pertinentes pour affiner l'imputation des distances domiciles travail.

En effet, les résultats de 2017 montrent que pour les trajets supra-communaux (tableaux 2a-2b), le ratio entre la distance domicile-travail et la distance entre chefs-lieux est d'autant plus élevé que les chefs-lieux des communes sont proches, cette relation étant particulièrement marquée quand les communes sont limitrophes. Pour les trajets infra-communaux, le ratio entre la distance domicile-travail et le rayon de la commune est d'autant plus élevé que le rayon de la commune est petit (tableau 2c).

Les trajets qui apparaissent dans des recensements ultérieurs concernent le plus souvent peu d'actifs en emploi, pour des flux entre des communes de départ et d'arrivée qui sont éloignées l'une de l'autre. Cela réduit les biais éventuels provoqués par l'approximation de la distance optimale en utilisant les coefficients des tableaux ci-dessous.

⁶ Il s'agit du lieu de travail habituel. S'il n'y a pas de lieu de travail fixe (chauffeurs, représentants de commerce, etc.), par convention, l'Insee attribue la commune de résidence comme lieu de travail.

⁷ À noter que pour les piétons, la distance calculée par le distancier, qui correspond à une distance par la route, a été remplacée, lorsque cette dernière était plus courte, par une distance euclidienne pondérée.

⁸ Ceci suppose que les distances moyennes par triplet *mode de transport * commune de résidence * commune de travail* sont constantes dans le temps.

⁹ Les chefs-lieux correspondent à la localisation des mairies ou des mairies de secteur des communes.

Tableau 2a : Coefficients d'imputation de la distance domicile-travail en fonction de la distance entre chefs-lieux pour les trajets entre deux communes non-limitrophes

Distance entre chefs-lieux en tranche	Marche à pied	Vélos	Motos	Voitures	Transports en commun
[00 km ; 05 km[	0,80	1,13	1,18	1,22	1,20
[05 km ; 10 km[	0,82	0,97	1,04	1,08	1,02
[10 km ; 20 km[	0,70	0,95	1,00	1,03	1,00
[20 km ; 30 km[	0,41	0,96	0,99	1,01	1,00
[30 km ; 50 km[	///	0,84	0,99	1,00	1,00
50 km et plus	///	///	1,00	1,00	1,00

Lecture : pour un piéton travaillant dans une commune non-limitrophe de sa commune de résidence, si les chefs-lieux de ces communes sont éloignés de moins de 5 km, alors la distance domicile-travail peut être imputée avec la formule suivante : $\text{distance} = 0,80 * \text{distance entre les chefs-lieux}$.

Source : Insee, recensement de la population, 2017

Tableau 2b : Coefficients d'imputation de la distance domicile-travail en fonction de la distance entre chefs-lieux pour les trajets entre deux communes limitrophes

Distance entre chefs-lieux en tranche	Marche à pied	Vélos	Motos	Voitures	Transports en commun
[00 km ; 05 km[	0,68	1,09	1,24	1,30	1,20
[05 km ; 10 km[	0,48	0,86	1,02	1,05	0,97
[10 km ; 20 km[	0,41	0,73	0,92	0,96	0,91
[20 km ; 30 km[	0,24	0,65	0,78	0,86	0,96
[30 km ; 50 km[	0,24	0,40	0,61	0,79	0,95
50 km et plus	0,01	0,06	0,64	0,82	0,91

Lecture : pour un piéton travaillant dans une commune limitrophe de sa commune de résidence, si les chefs-lieux de ces communes sont éloignés de moins de 5 km, alors la distance domicile-travail peut-être imputée avec la formule suivante : $\text{distance} = 0,68 * \text{distance entre les chefs-lieux}$.

Source : Insee, recensement de la population, 2017

Tableau 2c : Coefficients d'imputation de la distance domicile-travail en fonction du rayon de la commune pour les trajets infra-communaux

Rayon de la commune en tranche	Marche à pied	Vélos	Motos	Voitures	Transports en commun
[00 km ; 02 km[	0,67	1,15	1,33	1,08	1,44
[02 km ; 05 km[	0,38	0,75	0,95	0,9	1,05
[05 km ; 10 km[	0,26	0,6	0,77	0,79	0,84
10 km et plus	0,08	0,13	0,26	0,35	0,33

Lecture : pour un piéton résidant et travaillant dans la même commune, si le rayon de cette commune est inférieur à 2 km, alors la distance domicile-travail peut-être imputée avec la formule suivante : $\text{distance} = 0,67 * \text{rayon de la commune}$.

Source : Insee, recensement de la population, 2017

Le tableau suivant fournit la répartition par mode de transport et la distance domicile-travail ainsi calculée :

Tableau 3 : Distance domicile-travail moyenne selon le mode de transport

Mode de transport	Répartition (%)	DIST (km)
Piéton	6,4	1,3
Vélo	2,4	4,1
Deux-roues motorisé	1,9	10,4
Voiture	73,4	15,6
Transport en commun	15,9	14,9
Ensemble	100,0	14,2

*Champ : France métropolitaine, actifs qui se déplacent pour aller travailler et dont les distances domicile-travail sont inférieures à 10 km pour les piétons, 30 km pour les vélos et 100 km pour les autres modes de transport.
Lecture : 73,4 % des actifs qui se déplacent pour aller travailler le font en voiture. La distance moyenne entre leur domicile et leur travail est de 15,6 km.*

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Insee, recensement de la population 2019, exploitation complémentaire ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

2.3.3 Distance optimale et distance réelle (RATIO.DIST.AR)

Pour mesurer la distance réellement parcourue entre domicile et travail, la distance optimale telle que calculée par un distancier peut s'avérer inexacte. En effet, les déplacements réels des individus peuvent être plus longs (aller faire les courses, aller chercher les enfants à l'école, éviter un encombrement) ou plus courts (prendre les sens interdits quand on se déplace à pied). On applique, pour cette raison, un ratio de correction (RATIO.DIST.AR), à la distance calculée par le distancier Metric-OSRM. Ce ratio est estimé en tenant compte de la distance du trajet et du mode de transport utilisé.

Formule :

$$DIST.AR = DIST \times RATIO.DIST.AR$$

Ce ratio (RATIO.DIST.AR) est estimé sur les données de l'EMP et imputé ensuite dans le recensement de la population en fonction des caractéristiques du ménage, de l'individu et de ses déplacements.

Le tableau 4 présente la distribution du ratio de distance réelle de l'aller-retour domicile-travail sur la distance théorique d'un aller simple, correspondant à l'itinéraire le plus rapide, calculé par le distancier Metric-OSRM.

Tableau 4 : distribution du ratio distance réelle de l'aller-retour/distance théorique de l'aller simple du trajet domicile-travail

Décile	1 ^{er}	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	6 ^e	7 ^e	8 ^e	9 ^e
Ratio	1,64	1,83	1,95	2,03	2,09	2,17	2,30	2,47	2,93

Lecture : pour 10% des trajets, la distance réelle de l'aller-retour représente moins de 1,64 fois la distance de l'aller simple calculée théoriquement avec le distancier.

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

Pour imputer ce ratio dans le recensement de la population, on le modélise à l'aide d'une régression médiane (tableau 5). Cette méthode a été préférée à une régression linéaire, qui s'avère trop sensible aux valeurs extrêmes, plus fréquentes pour les ratios.

Tableau 5 : régression médiane – ratio distance réelle/distance théorique

Variable	Coefficient
Constante	1,712 (0,070) ***
Mode de transport	
Deux-roues motorisé	Réf.
Marche	0,142 (0,123)
Vélo	0,530 (0,078) ***
Voiture	0,572 (0,074) ***
Transport en commun	0,515 (0,076) ***
Mode inconnu	0,421 (0,132)
Distance domicile-travail	
0-2 km	Réf.
2-5 km	-0,135 (0,066) **
5-10 km	-0,142 (0,067) **
10-20 km	-0,175 (0,067) ***
Plus de 20 km	-0,231 (0,066) ***
Nombre d'observations	2 633

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

Note : le domicile et le lieu de travail de certains individus n'ayant pu être géolocalisés, cette régression porte uniquement sur un sous-échantillon pour lequel une distance exacte a pu être calculée.

La régression médiane n'a pas, contrairement à la régression linéaire, la propriété d'égalité des moyennes de la variable expliquée et de la valeur prédite. On augmente l'ensemble des ratios prédits de 1,66 % pour obtenir cette égalité et permettre *in fine* que les émissions de GES observées dans l'EMP et estimées dans le RP soient similaires.

2.3.4 Distance hebdomadaire (DIST.HEBDO)

La variable DIST.HEBDO s'obtient à partir de la fréquence hebdomadaire des trajets domicile-travail (FREQ.HEBDO) multipliée par la distance de l'aller-retour, compte tenu des détours et des raccourcis ($DIST.AR = DIST \times \text{RATIO.DIST.AR}$).

Fréquence hebdomadaire des déplacements (FREQ.HEBDO)

La fréquence hebdomadaire (FREQ.HEBDO) correspond au nombre de trajets aller-retour par semaine vers le lieu de travail. Elle dépend de deux facteurs :

- le nombre de jours de déplacement vers le lieu de travail dans une semaine (DEPL.HEBDO) ;
- le nombre d'allers-retours réalisés au cours d'un jour de déplacement sur le lieu de travail (FREQ.JOUR) pour tenir compte, par exemple, d'une personne rentrant à son domicile pendant la pause méridienne.

L'estimation de ces deux variables tient compte du lieu de résidence de la personne en emploi, de ses caractéristiques ou encore de la distance domicile-travail.

Nombre de trajets domicile-travail quotidiens

Tableau 6 : régression linéaire – fréquence quotidienne des trajets domicile-travail

Variable	Coefficient
Constante	2,197 (0,236) ***
log(revenu com. médian)	-0,100 (0,023) ***
Catégorie de commune dans les AAV	
Hors attraction des pôles	0,011 (0,019)
Couronne	0,028 (0,010) ***
Pôle	Réf.
Distance domicile-travail	
0-2 km	Réf.
2-5 km	-0,048 (0,043)
5-10 km	-0,088 (0,040) **
10-20 km	-0,213 (0,038) ***
Plus de 20 km	-0,270 (0,038) ***
Distance inconnue	-0,278 (0,040) ***
Temps partiel	0,034 (0,015) **
Équipement automobile	
Pas de voiture	Réf.
Une voiture	0,029 (0,020)
2 voitures et plus	0,043 (0,019) **
<i>R</i> ²	0,08972
Nombre d'observations	2 907

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

Ce calcul s'appuie sur le nombre de trajets domicile-travail observés sur la journée d'interrogation de mobilité locale dans l'EMP, modélisé à l'aide d'une régression linéaire. Le tableau 6 présente le résultat de cette régression. L'objectif de cette imputation étant de calculer la distance parcourue en une journée, la régression est pondérée par la distance du trajet domicile-travail¹⁰. On remarque que le R^2 de cette régression est faible, ce qui indique que les caractéristiques des individus expliquent assez peu le nombre de déplacements professionnels recueilli le jour d'interrogation. Cela ne pose pas de problème en soi pour l'imputation de cette fréquence dans le recensement, bien que cela réduise fortement la dispersion de valeurs imputées par rapport aux valeurs réelles.

¹⁰ En d'autres termes, cette pondération permet de garantir que la distance quotidienne moyenne calculée à partir de ce paramètre soit la même pour la variable observée et la valeur prédite à partir du résultat de la régression.

Nombre de jours de déplacements vers le lieu de travail dans la semaine

Dans l'EMP, le nombre de jours de la semaine où l'individu se déplace sur son lieu de travail habituel est connu en utilisant la variable *BTRAVNBJ*, correspondant à la question : « *En général, combien de jours par semaine devez-vous vous rendre sur votre/vos lieu(x) de travail ?* ». Si les enquêtés fournissent des réponses cohérentes, la part des individus qui se rendent effectivement sur leur lieu de travail le jour de leur interrogation dans le cadre de l'enquête sur la mobilité des personnes devrait pouvoir se déduire approximativement de la réponse à cette question. Par exemple, on devrait observer que parmi les personnes qui déclarent se rendre au travail trois fois par semaine, environ 3 sur 7 l'ont effectivement fait le jour de l'enquête. Le tableau 7 compare ces deux mesures de la fréquence des déplacements et indique qu'elles ne sont pas cohérentes. La variable *BTRAVNBJ* ne peut donc pas être utilisée directement pour déterminer la fréquence hebdomadaire des trajets domicile-travail. L'écart entre la valeur déclarée et la valeur corrigée peut s'expliquer notamment par le fait que les personnes interrogées indiquent le nombre de jours de déplacement en considérant une semaine de travail « type » sans intégrer les jours de congés, alors que l'EMP porte sur l'ensemble de l'année, y compris périodes de vacances et jours fériés.

On calcule donc *BTRAVNBJ.corr*, variable corrigée du nombre de jours de déplacement vers le lieu de travail dans une semaine, toutes périodes confondues, comme il suit, avec *freq.depl*, la part des individus s'étant rendu au travail le jour d'interrogation, pour une valeur *j* de *BTRAVNBJ* :

$$BTRAVNBJ.corr_j = BTRAVNBJ_j \times freq.depl_j \times (7 - freq.immo_j)$$

Tableau 7 : déplacements hebdomadaires sur le lieu de travail

Nombre de jours de déplacement vers le lieu de travail dans une semaine		Part des individus se déplaçant sur un lieu de travail fixe habituel le jour de l'enquête (en %)		Nombre moyen de jours d'immobilité la semaine de l'enquête	Nombre d'observations
Déclaré	Corrigé	Observée	Théorique		
1	2,0	31,0	15,9	0,71	45
2	1,8	28,8	32,7	0,88	71
3	2,3	36,2	46,7	0,58	210
4	3,4	52,4	61,8	0,53	643
5	3,8	58,9	76,8	0,49	3 599
6	4,4	67,3	91,2	0,42	372
7	4,7	71,7	106,9 ¹¹	0,45	109

Source : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP).

Champ : France métropolitaine, personnes en emploi, âgées de 15 ans ou plus, se rendant au moins une fois par semaine sur un lieu de travail fixe.

Note de lecture : parmi les individus qui déclarent aller 7 jours sur 7 sur leur lieu de travail, 71,7 % se sont effectivement déplacés sur un lieu de travail fixe le jour de l'enquête. Ces individus ayant par ailleurs déclaré en moyenne 0,45 jour d'immobilité par semaine, le taux théorique dépasse 100 % (7 jours de déplacements professionnels pour 6,55 jours de mobilité).

¹¹ Ce taux dépasse les 100 % du fait d'une certaine incohérence des réponses des enquêtés. Pour cette cellule, certains enquêtés ont déclaré se rendre 7j/7 à leur lieu de travail tout en indiquant avoir été immobiles certains jours de la semaine précédant le passage de l'enquêteur.

On modélise ensuite cette variable corrigée, en fonction des caractéristiques de personnes en emploi, à l'aide d'une régression linéaire (tableau 8), afin d'imputer un nombre de jours de déplacements hebdomadaire à chaque actif en emploi du RP.

Tableau 8 : régression linéaire – nombre de jours de déplacements vers le lieu de travail dans la semaine

Variable	Coefficient
Constante	5,608 (0,421) ***
Catégorie socio-professionnelle	
Agriculteur exploitant	Réf.
Indépendant	0,076 (0,112)
Cadre	-0,311 (0,111) ***
Profession intermédiaire	-0,279 (0,112) **
Employé	-0,218 (0,113) *
Ouvrier	-0,222 (0,113) *
PCS inconnue	-0,404 (0,178) **
Indicatrices	
Temps partiel	-0,439 (0,027) ***
Distance domicile-travail inférieure à 2 km	0,199 (0,061) ***
Salarié	0,128 (0,045) ***
Diplôme	
CEP ou moins	Réf.
BEP-CAP	-0,007 (0,032)
Bac	-0,068 (0,032) **
Supérieur court	-0,134 (0,034) ***
Supérieur long	-0,114 (0,034) ***
Diplôme inconnu	0,020 (0,734)
Nombre d'enfants du ménage	
Pas d'enfant	Réf.
1 enfant	0,067 (0,021) ***
2 enfants	0,044 (0,020) **
3 enfants et plus	-0,026 (0,028)
log(revenu communal médian)	-0,167 (0,041) ***
R2	0,863
Nombre d'observations	2 907

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

Prise en compte du télétravail

La crise sanitaire ayant entraîné un développement important des comportements de télétravail, il est proposé d'en tenir compte dans le modèle, en introduisant la variable correspondant au nombre de jours de télétravail sur l'année NBJ.TELETRAV.PRED.

Pour estimer le nombre de jours de télétravail en 2019, on s'appuie sur la question « pratiquez-vous le télétravail » de l'EMP. Dans le tableau 9, calculé sur les seuls salariés à temps plein, on constate que les individus déclarant travailler « quelques demi-journées par mois ou par semaine », déclarent en moyenne 0,25 jour de mobilité professionnelle de moins que ceux qui ne télétravaillent pas. On considère donc que cette modalité correspond à un jour de télétravail par mois en moyenne. En outre, on constate que les individus déclarant télétravailler « 3 jours ou plus par semaine », très peu nombreux, indiquent des mobilités professionnelles presque aussi fréquentes que ceux qui ne télétravaillent pas, ils sont donc considérés comme aberrants et exclus des estimations.

Tableau 9 : recours au télétravail des salariés à temps plein en 2019

Pratiquez-vous le télétravail ?	Nombre de répondants	Fréq. (en %)	Nombre de jours de déplacement vers le lieu de travail par semaine	
			(brut)	(corrigé)
Jamais	2 127	92,7	5	3,8
Quelques jours ou demi-journées/mois	94	4,1	4,7	3,7
1 jour par semaine	52	2,3	3,8	3,2
2 jours par semaine	13	0,6	2,9	2,3
3 jours ou plus par semaine	18	0,8	4,7	3,7

Source : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP).

Pour les années suivantes, on utilise l'Enquête Emploi en Continu (EEC), qui donne le nombre de jours de télétravail déclaré au cours de la semaine de référence (variable TELETRAVREF_Y)¹².

Ces deux variables de télétravail sont modélisées à l'aide d'une régression de Poisson. Contrairement aux autres variables modélisées, le nombre de jours de télétravail dans une semaine est très souvent égal à zéro. La régression linéaire n'est pas adaptée dans ce cas de figure. Des modélisations linéaires, polytomiques ordonnées et tobit I ont également été testées mais se sont avérées biaisées ou moins précises. Attention, les modèles de Poisson nécessitant une variable expliquée entière et positive, on ne modélise pas exactement la même variable dans les deux enquêtes :

- dans l'EMP, on s'intéresse au nombre de jours télétravaillés sur 4 semaines (la modalité « Quelques jours ou demi-journées/mois » correspondant en moyenne à 0,25 journée télétravaillée par semaine) ;

¹² Rapporté au nombre de jour travaillés dans la semaine (variables JTR_LUN, JTR_MAR, etc.), cela revient à une part des jours travaillés en télétravail supérieure à 15 %, conformément à l'Insee Focus n° 263 qui s'appuie sur la même enquête : [En 2021, en moyenne chaque semaine, un salarié sur cinq a télétravaillé.](#)

- dans l'EEC, au nombre de demi-journées télétravaillées sur une semaine.

Tableau 10 : régressions de Poisson – nombre de jours télétravaillés

Variable	Coefficients EMP 2019	Coefficients EEC 2021
Constante	-6,264 (0,545) ***	-1,035 (0,134) ***
Temps partiel	-	-0,516 (0,023) ***
Femme	0,228 (0,081) ***	-
Secteur d'activité		
Construction	Réf.	Réf.
Industrie	-	0,342 (0,046) ***
Tertiaire	-	0,290 (0,043) ***
Secteur inconnu	-	0,591 (0,059) ***
Taille de l'AAV de résidence		
Hors AAV	Réf.	Réf.
Moins de 50 000 hab.	0,269 (0,379)	-0,089 (0,050) *
De 50 000 à moins de 200 000 hab.	-0,734 (0,419) *	0,038 (0,045)
De 200 000 à moins de 700 000 hab.	0,315 (0,337)	0,226 (0,043) ***
700 000 hab. et plus hors Paris	0,711 (0,329) **	0,478 (0,043) ***
Aire de Paris	1,681 (0,320) ***	0,793 (0,042) ***
Catégorie socio-professionnelle		
Indépendants	Réf.	Réf.
Cadre	3,669 (0,267) ***	0,412 (0,116) ***
Profession intermédiaire	2,738 (0,265) ***	-0,308 (0,117) ***
Employé	Réf.	-0,676 (0,117) ***
Ouvrier	Réf.	-3,902 (0,165) ***
PCS inconnue	-	-0,415 (0,208) **
Diplôme		
CEP ou moins	Réf.	Réf.
BEP-CAP	0,412 (0,459)	-0,022 (0,053)
Baccalauréat	1,543 (0,414) ***	0,539 (0,046) ***
Supérieur court	1,383 (0,413) ***	0,992 (0,045) ***
Supérieur long	1,162 (0,410) ***	1,115 (0,044) ***
Diplôme inconnu	-10,457 (314,8)	1,005 (0,117) ***
<i>Pseudo R2</i>	<i>0,3101</i>	<i>0,2809</i>
<i>Nombre d'observations</i>	<i>2 638</i>	<i>22 438</i>

Source : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) EEC 2021, Insee.

Les résultats des deux régressions de Poisson sont présentés dans le tableau 10. Autre différence entre les deux enquêtes, le nombre de jours de télétravail est recueilli dans l'EMP pour une semaine de travail type, hors vacances et jours fériés, alors que les autres

estimations et l'EEC font référence à une semaine moyenne. À l'aide d'une régression linéaire, on estime la diminution du nombre de jours de mobilité professionnelle pour une semaine moyenne, induite par un jour de télétravail déclaré, à 0,64.

Pour prendre en compte l'effet de l'évolution du télétravail, le différentiel de télétravail prédit entre 2019 et l'année de l'étude (par exemple, pour 2021, NBJ.TELETRAV.PRED.2021 - NBJ.TELETRAV.PRED) est retranché au nombre de jours de déplacement vers le lieu de travail dans une semaine (DEPL.HEBDO) .

Formule de la fréquence hebdomadaire en 2019 :

$$FREQ.HEBDO = DEPL.HEBDO \times FREQ.JOUR$$

Formule de la fréquence hebdomadaire avec le niveau de télétravail de 2021:

$$FREQ.HEBDO = DEPL.HEBDO.2021 \times FREQ.JOUR$$

Avec

$$DEPL.HEBDO.2021 = DEPL.HEBDO + NBJ.TELETRAV.PRED - NBJ.TELETRAV.2021.PRED$$

Tableau 11 : Composantes de la fréquence hebdomadaire (moyennes sur le champ)

Année de validité	FREQ.HEBDO	DEPL.HEBDO	NBJ.TELETRAV.PRED	FREQ.JOUR
2019	3,81	3,71	0,03	1,03
2021	3,33	3,24	0,51	1,03

Champ : France métropolitaine, actifs qui se déplacent pour aller travailler et dont les distances domicile-travail sont inférieures à 10 km pour les piétons, 30 km pour les vélos et 100 km pour les autres modes de transport.

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Insee, recensement de la population 2019, exploitation complémentaire ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

Distance hebdomadaire totale (DIST.HEBDO)

La distance hebdomadaire (DIST.HEBDO) est calculée en fonction de la distance domicile-travail (DIST), du ratio entre cette distance et la distance réelle pour un aller-retour (RATIO.DIST.AR), et de la fréquence hebdomadaire (FREQ.HEBDO) :

$$DIST.HEBDO = DIST \times RATIO.DIST.AR \times FREQ.HEBDO$$

Le tableau suivant présente les composants de la distance hebdomadaire des trajets domicile-travail dans la base de données finale (recensement de la population), obtenus après imputations. Il n'est pas recommandé de communiquer sur ces résultats qui dépendent fortement d'imputations.

Tableau 12 : Composantes de la distance hebdomadaire (moyennes sur le champ)

DIST.HEBDO (km)	DIST (km)	RATIO.DIST.AR (non diffusable)	FREQ.HEBDO (non diffusable)
111,8	14,2	2,1	3,8

Champ : France métropolitaine, actifs qui se déplacent pour aller travailler et dont les distances domicile-travail sont inférieures à 10 km pour les piétons, 30 km pour les vélos et 100 km pour les autres modes de transport.
Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Insee, recensement de la population 2019, exploitation complémentaire ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

Dans l'ensemble, RATIO.DIST.AR et FREQ.HEBDO varient modérément. C'est pourquoi les analyses à partir de DIST.HEBDO sont possibles, même si elles s'appuient partiellement sur des imputations, l'hétérogénéité de cette variable étant surtout due à la distance domicile-travail.

2.3.5 Émissions unitaires des modes de transport (CO2.KM.U)

Dans notre travail, on considère que les mobilités actives (marche à pied, roller, trottinette et vélo) n'émettent pas de GES. Pour les autres modes de transports¹³, des méthodes adaptées sont utilisées pour estimer la quantité de GES émise par km et par navetteur (CO2.KM.U).

Émissions unitaires des deux-roues motorisés

Pour les deux-roues motorisés, mode de transport le moins fréquent des cinq renseignés dans le recensement (voir tableau 2), on se contente d'un niveau unique d'émissions unitaires. Ce niveau est fixé à 91 g/km, à partir de la [base Empreinte](#) de l'Ademe et du poids respectif des trois types de deux-roues motorisés (cyclomoteurs, motos de plus ou moins de 250 cm³) dans les déplacements locaux de l'EMP.

Émissions unitaires pour les transports en commun

Les transports en commun sont divisés en deux catégories : les transports routiers (bus et cars), qui utilisent très majoritairement un carburant fossile, et les transports ferrés (métro, train, tramway), très majoritairement électriques.

Formule des émissions unitaires pour les transports en commun :

$$CO2.KM.U.TC = TC.FERRE \times CO2.KM.TRAIN.U + (1 - TC.FERRE) \times CO2.KM.BUS.U$$

¹³ Les émissions unitaires sont calculées à partir du mode de transport principal uniquement. Faute de données disponibles, il n'est pas possible de prendre en compte les émissions dues aux modes de transport secondaires. D'une part, dans le recensement de la population, un seul mode de transport est déclaré par l'enquêté. D'autre part, dans l'EMP, l'enquêté renseigne bien les différents modes de transport utilisés au cours du trajet, mais n'indique pas la distance respective de chacun d'entre eux. Il n'est donc pas possible de prendre en compte une émission unitaire moyenne tenant compte de leur poids respectif.

Les émissions unitaires des transports en commun diffèrent fortement entre modes routiers ou ferrés. En outre, l'utilisation de chacun de ces modes varie selon les individus et les territoires. On a donc choisi de faire varier les émissions unitaires des utilisateurs des transports en commun en fonction de la probabilité qu'ils utilisent un mode ferré.

Le tableau 13 présente les valeurs des émissions unitaires des différents modes de transports en commun, provenant de l'EMP. Les émissions retenues pour les transports en commun ferrés (3 g/km) et routiers (79 g/km) sont la moyenne de ces émissions détaillées, pondérées par leur part respective dans les trajets domicile-travail. On notera que le niveau estimé demeure fragile du fait du faible nombre d'observations.

Tableau 13 : mode de transport en commun détaillé des trajets domicile-travail

Mode de transport	Répartition (en %)		CO ₂ unitaire (en g/km)
	Personnes en emploi	Distances hebdo.	
Transport en commun routier (92 observations)	3,2 %	1,4 %	79
Autobus urbain, trolleybus	3,0 %	1,2 %	83
Autocar TER	0,0 %	0,0 %	39
Autocar de ligne (sauf SNCF)	0,0 %	0,0 %	39
Ramassage organisé par l'employeur	0,1 %	0,1 %	39
Transport spécialisé (handicapé)	0,1 %	0,0 %	225
Autre autocar (affrètement, service spécialisé)	0,0 %	0,1 %	39
Transport en commun ferré (308 observations)	12,3 %	14,6 %	3
Métro, VAL, funiculaire	4,6 %	2,2 %	0
RER, SNCF banlieue	5,2 %	6,4 %	1
TER	0,7 %	2,3 %	16
Train à grande vitesse	0,1 %	1,0 %	0
Tramway	1,3 %	0,8 %	0
Autre train grande ligne	0,3 %	1,4 %	2
Train, sans précision	0,1 %	0,4 %	10

Source : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP)

Dans un deuxième temps, à l'aide d'un modèle probit, on estime la probabilité d'utiliser un transport ferré en fonction des caractéristiques de l'individu et de l'accessibilité de ses lieux de résidence et de travail aux transports en commun ferrés (tableau 14). Étant donné que cette probabilité doit permettre de calculer des émissions unitaires, la régression est pondérée par la distance domicile-travail hebdomadaire. Enfin, les résultats de cette régression sont utilisés dans le RP pour déterminer la probabilité d'usage des transports en commun ferrés pour chaque individu.

L'accessibilité aux transports en commun ferrés est construite à partir de trois sources :

- l'emplacement des stations de métro et de tramway est issu des fichiers GTFS déposés par les autorités organisatrices de la mobilité (AOM) sur le site transport.data.gouv.fr, celui des gares ferroviaires provient du site ressources.data.sncf.com ;
- à partir de l'emplacement de chacune des stations, on détermine les zones accessibles en 10 min à pied et en voiture à partir de l'API de calcul d'isochrones mise à disposition par l'IGN ;
- enfin, on détermine la population résidant dans ces zones d'accessibilité à l'aide des données carroyées de population de l'Insee, issues de Fideli 2017. Pour chaque commune, la part de la population ayant accès aux transports en commun correspond finalement à la part de la population résidant dans ces quatre types de zones (10 min à pied ou en voiture, d'une station de tramway/métro ou d'une gare ferroviaire).

Tableau 14 : régression probit - utilisation d'un transport ferré

Variable	Coefficient
Constante	-1,752 (0,576) ***
<i>Distance domicile-travail</i>	
0-5 km	Réf.
5-10 km	0,404 (0,306)
10-20 km	0,763 (0,293) ***
Plus de 20 km	1,645 (0,278) ***
Femme	-0,523 (0,221) **
Pas de voiture	-0,464 (0,221) **
Accessibilité à pied du tram ou métro - lieu de résidence	0,706 (0,321) **
Accessibilité en voiture d'une gare - lieu de résidence	1,209 (0,537) **
Accessibilité à pied du tram ou métro - lieu de travail	0,589 (0,274) **
Accessibilité en voiture d'une gare - lieu de travail	1,226 (0,468) ***
<i>Pseudo R2</i>	0,2498
<i>Nombre d'observations</i>	400

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](https://openstreetmap.org) et du [projet OSRM](https://projet.osrm.org).

Note : L'accessibilité à pied est privilégiée pour la proximité d'une station de tram ou de métro, tandis que l'accessibilité en voiture est privilégiée pour la proximité d'une gare ferroviaire.

Le tableau suivant décompose les émissions unitaires des actifs qui se déplacent en transport en commun en France métropolitaine dans la base de données finale (recensement de la population), obtenues après imputations :

Tableau 15 : Émissions unitaires des transports en commun et proportion de transports en commun ferré

TC.FERRE	CO2.KM.BUS.U (g/km)	CO2.KM.TRAIN.U (g/km)	CO2.KM.U (g/km)
0,93	79	3	8,5

Champ : France métropolitaine, actifs qui se déplacent pour aller travailler et dont les distances domicile-travail sont inférieures à 10 km pour les piétons, 30 km pour les vélos et 100 km pour les autres modes de transport.
Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Insee, recensement de la population 2019, exploitation complémentaire ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

Émissions unitaires pour les voitures

Tableau 16 : régression linéaire – émissions unitaires en voiture (en pass.km)

Variable	Coefficient
Constante	-38,792 (43,513)
Catégorie de commune dans les AAV	
Hors attraction des pôles	10,437 (2,963) ***
Couronne	2,582 (1,709)
Pôle	Réf.
Âge	
Moins de 25 ans	Réf.
25 à 34 ans	-0,023 (3,561)
35 à 44 ans	6,181 (3,383) *
45 à 54 ans	8,038 (3,434) **
55 ans et plus	13,651 (3,819) ***
Distance domicile-travail	
0-2 km	Réf.
2-5 km	24,251 (6,756) ***
5-10 km	18,908 (6,315) ***
10-20 km	14,833 (6,099) **
Plus de 20 km	8,771 (5,998)
Distance inconnue	17,382 (6,325) ***
Salarié	-9,53 (3,024) ***
Équipement automobile	
Pas de voiture	- 13,901 (6,98) **
Une voiture ou plus	Réf.
CO ₂ parc communal	1,131 (0,273) ***
Femme	-13,262 (1,564) ***
R ²	0,081
Nombre d'observations	2 197

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Répertoire statistique des véhicules routiers ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

Pour les voitures, on choisit de faire varier les émissions unitaires entre individus pour tenir compte de deux paramètres : les caractéristiques techniques du véhicule employé et le taux d'occupation, c'est-à-dire le nombre d'occupants. La valeur attribuée s'appuie sur une régression linéaire estimée à partir de l'EMP (voir tableau 16), ayant pour variable expliquée les émissions par passager.km, c'est-à-dire les émissions par km du véhicule, rapportées au taux d'occupation¹⁴. Notons qu'on inclut dans cette régression les émissions moyennes des voitures de la commune de résidence de l'individu (variable « CO₂ parc communal »), calculées à partir du répertoire statistique des véhicules routiers (RSVERO). L'effet de cette variable est très fort puisque les émissions unitaires prédites augmentent de 1,17 g/km quand les émissions communales augmentent de 1. Lors des mises à jour futures de la base, une réduction des émissions du parc dans son ensemble conduira à diminuer les émissions moyennes imputées dans des proportions similaires.

Synthèse

Le tableau suivant fournit les émissions unitaires moyennes selon le mode de transport pour la France métropolitaine :

Tableau 17 : Émissions unitaires moyennes selon le mode de transport

Mode de transport	CO2.KM.U (g/km)
Piéton	0,0
Vélo	0,0
Deux-roues motorisé	91
Voiture	145,1
Transport en commun routier	79
Transport en commun ferré	3
Ensemble	120,7

Champ : France métropolitaine, actifs qui se déplacent pour aller travailler et dont les distances domicile-travail sont inférieures à 10 km pour les piétons, 30 km pour les vélos et 100 km pour les autres modes de transport. Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Insee, recensement de la population 2019, exploitation complémentaire ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

2.4 Compléments et robustesse des données

2.4.1 Consommation de carburant

À titre complémentaire, à partir des émissions de CO₂, il est par ailleurs possible de reconstituer la consommation de carburant des actifs se déplaçant pour aller travailler.

¹⁴ Il avait été envisagé, dans un premier temps, de modéliser séparément les deux termes de ce ratio, émissions unitaires du véhicule et taux d'occupation. L'inconvénient de cette méthode est d'aboutir à une mauvaise estimation du paramètre souhaité, à savoir l'émission unitaire par passager. Cela s'explique par le fait que la moyenne d'un ratio n'est pas égale au ratio des moyennes. L'erreur induite par cette méthode naïve était importante : les émissions unitaires prédites, par passager.km en voiture, étaient de 138 g, contre 147 g observées dans l'EMP. Ceci entraînait une sous-estimation de 6,5 % des émissions totales des déplacements domicile-travail.

Le calcul est effectué de façon homogène sur le territoire, en s'appuyant sur une répartition deux-tiers / un-tiers entre diesel et essence, et des émissions de 2490 g de CO₂ par litre de diesel et 2 250 g de CO₂ par litre d'essence. On a donc :

$$coeff.carbu = \frac{3}{2250 \times 2 + 2490 \times 1} = 0,000415$$

Pour une population d'actifs se déplaçant pour aller travailler, on a :

$$CARBU.HEBDO = coeff.carbu \times CO2.HEBDO$$

2.4.2 Robustesse des résultats

Cette partie compare les émissions totales et les paramètres intermédiaires observés dans l'EMP et imputés dans le RP. Afin de déterminer l'apport des régressions présentées dans la partie précédente, les cinq paramètres issus de l'EMP ont été imputés avec une valeur unique, commune à tous les individus. Dans les tableaux 18 et 19, les valeurs calculées avec les régressions présentées dans la partie précédente figurent dans les colonnes « RP imputation » alors que celles calculées avec des valeurs uniques, communes à tous les individus, figurent dans les colonnes « RP constante ».

Le tableau 18 détaille les valeurs moyennes et la dispersion des différents paramètres, telles qu'observées dans l'EMP et imputées dans le recensement de la population. On constate que les valeurs imputées (émissions unitaires et fréquence hebdomadaire) sont très proches de celles observées dans les EMP. Pour les valeurs imputées à l'aide des régressions (colonnes « RP imputation »), les légers écarts s'expliquent par les écarts de distribution des variables explicatives dans les deux sources.

On remarque également que les émissions hebdomadaires imputées dans le RP sont inférieures à celles observées dans l'EMP (13 920 g contre 14 715 g). Ceci est la conséquence d'un écart d'ampleur presque identique pour les distances moyennes domicile-travail entre deux sources (14,2 km contre 14,9 km). Les distances étant calculées dans les deux sources à l'aide du distancier Metric-OSRM, cet écart peut s'expliquer de trois manières :

- le champ des deux sources n'est pas le même, l'EMP contient uniquement les personnes disposant d'un ou plusieurs lieux de travail fixes et habituels, le RP contient tous les actifs mobiles ;
- la définition du lieu de travail est moins précise dans le recensement, la question 21 du bulletin individuel étant : « Quelle est l'adresse de votre lieu de travail ? »¹⁵;
- le nombre d'observations de l'EMP est beaucoup plus faible et l'erreur liée à l'échantillonnage est probablement plus importante avec cette source. De plus, l'enquête est exploitée ici sur un sous-échantillon (actifs s'étant rendus sur leur lieu de travail le jour d'interrogation) qui n'est pas parfaitement représentatif de la population en emploi. Par exemple, ce sous-échantillon contient légèrement plus de femmes que d'hommes (1 497 sur 2 907) alors que leur part dans la population en emploi est légèrement inférieure à la moitié. Les résultats issus de l'EMP peuvent donc être affectés par ce léger déficit de représentativité, en partie corrigé par l'utilisation des régressions.

¹⁵ Dans l'EMP, la question exacte est : « Vous avez déclaré lors de la description de votre mobilité locale que votre lieu fixe habituel de travail se situe dans la commune XXX. Pouvez-vous préciser son adresse ? »

On remarque également que les émissions hebdomadaires obtenues dans le RP avec la méthode « constante » sont inférieures de 3 % à celles obtenues à la méthode « imputations ». Cela est en partie dû à l'emploi, dans la "méthode constante", d'un ratio distance réelle/distance théorique unique pour tous les modes de transport. Ainsi, l'EMP indique que les cyclistes et les marcheurs utilisent souvent un itinéraire plus court que l'itinéraire théorique, les automobilistes étant dans la situation opposée. Or, la méthode « constante » ne tient pas compte de cette différence et, en appliquant un ratio unique, sous-estime donc les distances réelles parcourues par les automobilistes et, par conséquent, les émissions totales. Ce point souligne l'intérêt d'adapter les paramètres à l'aide de régressions, plutôt que d'utiliser une valeur constante.

Les trois dernières colonnes du tableau 18 présentent la dispersion de quelques indicateurs. Elle confirme que les valeurs imputées, qui correspondent à des comportements moyens de mobilités, sont nettement moins dispersées que les valeurs réelles observées dans l'EMP. Elles indiquent aussi que la plus grande partie de l'hétérogénéité individuelle en termes d'émissions de GES est due aux variables observées dans le RP, et non aux paramètres imputés.

Tableau 18 : comparaison des valeurs observées dans l'EMP et prédites dans le RP

	Moyenne			Écart-type		
	EMP	RP		EMP	RP	
		Imputation	Constante		Imputation	Constante
Distance domicile-travail	14,9	14,2	14,2	22,1	15,5	15,5
Part voiture	73,7 %	73,4 %	73,4 %	44,0 %	44,2 %	44,2 %
Part TC	15,5 %	15,9 %	15,9 %	36,2 %	36,5 %	36,5 %
Fréquence hebdo.	3,79	3,81	3,79	1,12	0,34	0,02
Distance hebdo.	120,1	111,7	109,9	130,3	113,7	121,1
CO₂ unitaire voiture	146	145	146	38	10	0
Part TC ferré	91,0 %	92,8 %	91,4 %	28,6 %	12 %	0,0 %
CO₂ unitaire	121	121	120	63	53	52
CO₂ total hebdo.	14 489	13 514	13 346	16 540	16 028	16 962

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Insee, recensement de la population 2019, exploitation complémentaire ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

Note : la fréquence hebdomadaire est pondérée par la distance domicile-travail, les émissions de CO₂ unitaires et la part des transports en commun ferrés sont pondérées par la distance hebdomadaire.

Le tableau 19 présente les valeurs moyennes des mêmes indicateurs que le tableau 18 mais en isolant les résultats obtenus pour les femmes et en indiquant la différence avec ceux obtenus pour les hommes. Il s'avère que les émissions de GES des déplacements des femmes sont nettement inférieures à celles des hommes du fait de distances domicile-travail plus faibles et d'un usage plus fréquent des transports en commun. On remarque également que, pour les actifs se rendant au travail en voiture, les émissions unitaires sont plus faibles pour les femmes, grâce à un taux d'occupation des véhicules plus élevé et à l'utilisation de véhicules moins émetteurs.

À première vue, les résultats semblent meilleurs dans la version « constante » que dans la version « imputation » du recensement de la population, l'écart femmes-hommes étant identique à celui observé dans l'EMP (21 %) avec la première méthode mais bien supérieur avec la deuxième (28 %). En réalité, l'écart observé dans l'EMP est probablement sous-estimé, les différences femmes-hommes en termes de distance domicile-travail et d'usage de la voiture étant plus faibles dans cette source que dans le recensement de la population. Cette dernière source est sans doute plus robuste sur cette grille d'analyse grâce à un échantillon bien plus grand. Sur cet axe, le recensement « imputations » propose vraisemblablement la meilleure estimation des différences. En effet, cette méthode ajoute aux différences femmes-hommes observées dans le recensement, celles qui se sont révélées significatives dans les régressions estimées sur l'EMP.

Tableau 19 : comparaison des différences femmes-hommes observées dans l'EMP et prédites dans le RP

	EMP		RP imputation		RP constante	
	Femme	Écart homme	Femme	Écart homme	Femme	Écart homme
Nombre	11 244 418	2 %	12 010 829	-6 %	12 010 829	-6 %
Distance domicile-travail	13,9	-13 %	12,9	-16 %	12,9	-16 %
Part voiture	74%	1 %	71,4%	-5 %	71,4%	-5 %
Part TC	18,4%	47 %	18,5%	38 %	18,5%	38 %
Fréquence hebdo.	3,75	-2 %	3,79	-1 %	3,79	0 %
Distance hebdo.	112,2	-12 %	101,1	-17 %	100,8	-16 %
CO₂ unitaire voiture	138	-9 %	138	-9 %	146	0 %
Part TC ferré	88,9%	-5 %	90,2 %	-6 %	91,4 %	0 %
CO₂ unitaire	114	-10 %	112	-13 %	117	-5 %
CO₂ total hebdo.	12 804	-21 %	11 302	-28 %	11 752	-21 %

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Insee, recensement de la population 2019, exploitation complémentaire ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

3. Mise à disposition des données

En complément de ce document de travail, des données sur les émissions de GES des trajets domicile-travail sont mises à disposition au format CSV à l'adresse suivante, en open data :

<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/estimation-des-emissions-individuelles-de-gaz-a-effet-de-serre-lors-des-deplacements-domicile-travail/>

3.1 Description des données

Le fichier **depl_dom_trav_co2_2019.csv** comporte 7 518 417 lignes¹⁶ et 46 colonnes. Le dictionnaire des variables se trouve en annexe de ce document (4.3 dictionnaire de variables).

Dans ces données, les observations sont identifiées de façon unique par le lieu de résidence (LIEU_RESID), le lieu de travail (LIEU_TRAV) et les caractéristiques socio-démographiques issues du recensement de la population. Le code des communes correspond au code officiel géographique 2021. Chaque ligne est pondérée par le nombre d'actifs en emploi, toujours d'après le recensement (variable IPONDI).

Pour chacune de ces observations, la base comprend les indicateurs suivants sur les déplacements domicile-travail et les émissions de GES qui leurs sont associées :

- Distance moyenne entre le domicile et le travail (DIST) ;
- Durée du trajet domicile-travail - sans congestion (DUREE) ;
- Distance moyenne parcourue par personne et par semaine pour les trajets domicile-travail, compte tenu de la fréquence, des détours et des raccourcis (DIST_HEBDO) ;
- Émissions de GES moyennes par personne et par semaine pour les déplacements domicile-travail, en équivalent CO₂ (CO2_HEBDO) ;
- Carburant moyen consommé par personne et par semaine pour les déplacements domicile-travail en voiture (CARBU_HEBDO).

En complément, les variables avec les suffixes _RESID et _TRAV représentent des informations géographiques additionnelles relatives au lieu de résidence (LIEU_RESID) et au lieu de travail (LIEU_TRAV).

Dans les publications où elles sont utilisées, il est demandé de citer les sources des données comme suit :

¹⁶ Ce fichier comporte moins de lignes que la base initiale du recensement qui a servi de source, disponible ici : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/6456056?sommaire=6456104>. En effet, pour des raisons d'optimisation, les individus strictement identiques selon les variables disponibles ont été fusionnés. La fusion est prise en compte dans la variable de pondération.

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Insee, recensement de la population AAAA, exploitation complémentaire ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

3.2 Comment utiliser les données avec R ?

L'exemple ci-dessous propose un cas pratique d'utilisation des données en utilisant le langage de programmation R. Il permet de calculer quelques indicateurs sur les déplacements domicile-travail et leurs émissions de GES par région de résidence.

```
# Package dplyr
library(dplyr)

# Chemin du fichier
chemin_base_deplacement_et_co2 <- "Chemin/vers/base/depl_dom_trav_co2.csv"

# Colonnes au format caractère
format_des_colonnes <- c(
  LIEU_RESID = 'character', LIEU_TRAV = 'character',
  MODTRANS = 'character', AGEREVQ = 'character', CS1 = 'character',
  DIPL = 'character', EMPL = 'character', ILT = 'character',
  ILTUU = 'character', IMMI = 'character', INATC = 'character',
  INEEM = 'character', INPOM = 'character', MOCO = 'character',
  NA5 = 'character', NPERR = 'character', SEXE = 'character',
  STAT = 'character', STOCD = 'character', TP = 'character',
  TYPL = 'character', TYPMR = 'character', VOIT = 'character',
  DEP_RESID = 'character', REG_RESID = 'character',
  CATEAAV20_RESID = 'character', TAAV2017_RESID = 'character',
  GRILLE_DENSITE_RESID = 'character', EPCI_EPT_RESID = 'character',
  ZE2020_RESID = 'character',
  AAV20_RESID = 'character', DEP_TRAV = 'character',
  REG_TRAV = 'character', CATEAAV20_TRAV = 'character',
  TAAV2017_TRAV = 'character', GRILLE_DENSITE_TRAV = 'character',
  EPCI_EPT_TRAV = 'character', ZE2020_TRAV = 'character',
  AAV20_TRAV = 'character'
)

# Chargement du fichier csv (étape la plus longue)
data <- read.csv2(
  file = chemin_base_deplacement_et_co2,
  sep = ";",
  colClasses = format_des_colonnes)

# Indicateurs sur Les déplacements et Les GES par région de résidence
data %>%
```

```

# Filtre selon Le champ pour Le calcul des émissions
filter(CHAMP_CO2) %>%

# Regroupement par région de résidence
group_by(REG_RESID) %>%

# Moyennes pondérées et nombre d'actifs en emploi qui se déplacent
summarise(
  DIST          = weighted.mean(DIST,          w = IPONDI, na.rm = TRUE),
  DIST_HEBDO    = weighted.mean(DIST_HEBDO,    w = IPONDI, na.rm = TRUE),
  CO2_HEBDO     = weighted.mean(CO2_HEBDO,     w = IPONDI, na.rm = TRUE),
  CARBU_HEBDO   = weighted.mean(CARBU_HEBDO,   w = IPONDI, na.rm = TRUE),
  IPONDI        = sum(IPONDI),
  .groups = "drop"

) %>%

# émissions par km-voyageur reconstituées a posteriori
mutate(CO2_KM_U = CO2_HEBDO / DIST_HEBDO)

#> # A tibble: 13 x 7

#>   REG_RESID DIST DIST_HEBDO CO2_HEBDO CARBU_HEBDO IPONDI CO2_KM_U
#>   <chr>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl>
#> 1 11        13.6        103.        7801.        7.22 5261052.    75.7
#> 2 24        15.7        124.       16325.        7.95 941926.    131.
#> 3 27        14.4        114.       15575.        7.56 1029618.   136.
#> 4 28        15.3        122.       16229.        7.85 1204125.   134.
#> 5 32        16.2        129.       16156.        8.03 2116230.   125.
#> 6 44        15.7        123.       16287.        8.18 2103182.   132.
#> 7 52        14.7        117.       15579.        7.65 1460698.   133.
#> 8 53        14.7        117.       15807.        7.54 1235010.   136.
#> 9 75        13.6        110.       15048.        7.23 2198041.   137.
#> 10 76       13.3        107.       14309.        7.08 2126338.   133.
#> 11 84       13.7        108.       13953.        7.32 3151760.   129.
#> 12 93       12.2         97.7       12675.        6.72 1832747.   130.
#> 13 94       9.82         82.6       12183.        5.81 127609.    147.

# Distances et durées des déplacements domicile-travail
data %>%

# Regroupement par région de résidence
group_by(REG_RESID) %>%

# Moyennes pondérées

```

```

summarise(
  DIST = weighted.mean(DIST, w = IPONDI, na.rm = TRUE),
  DUREE = weighted.mean(DUREE, w = IPONDI, na.rm = TRUE),
  IPONDI = sum(IPONDI),
  .groups = "drop"
)
#> # A tibble: 17 x 4
#>   REG_RESID DIST DUREE IPONDI
#>   <chr>      <dbl> <dbl>   <dbl>
#> 1 01      12.0  14.8 124950.
#> 2 02      11.5  14.8 129405.
#> 3 03      11.2  15.4  72192.
#> 4 04      12.9  16.4 265787.
#> 5 11      16.6  19.5 5502142.
#> 6 24      22.5  22.3 1030378.
#> 7 27      20.9  21.3 1120332.
#> 8 28      21.9  21.6 1310278.
#> 9 32      22.4  21.8 2274975.
#> 10 44      22.0  21.5 2259104.
#> 11 52      20.8  21.1 1576501.
#> 12 53      22.9  22.1 1343143.
#> 13 75      22.6  22.1 2386294.
#> 14 76      21.9  21.6 2294409.
#> 15 84      19.8  20.6 3377912.
#> 16 93      21.2  20.9 1951800.
#> 17 94      10.4  13.7 135272.

# Champ pour le calcul des émissions par mode de transport
data %>%

# Regroupement par mode de transport
group_by(MODTRANS) %>%

# nombre d'actifs en emploi (champ pour le calcul et ensemble)
summarise(CHAMP_CO2 = sum(ifelse(CHAMP_CO2, IPONDI, 0)),
  IPONDI = sum(IPONDI),
  .groups = "drop")
#> # A tibble: 6 x 3
#>   MODTRANS CHAMP_CO2 IPONDI
#>   <chr>      <dbl>   <dbl>
#> 1 1          0 1122894.
#> 2 2      1578210. 1659024.
#> 3 3      608293.  626885.
#> 4 4      474179.  494238.

```

#> 5 5	18194245.	19112149.
#> 6 6	3933411.	4139684.

3.3 Quelques exemples d'études utilisant la base de données

- MORIN Thomas, PRUSSE Simon, TREVIEN Corentin, [Déplacements domicile-travail : des émissions de gaz à effet de serre très variables selon les territoires](#), Insee Première n° 1975 et Datalab Essentiel, SDES, 2023
- CARON Géraldine, HILARY Solène, [Dans les Hauts-de-France, des déplacements domicile-travail plus émetteurs de CO₂](#), Insee Analyses Hauts-de-France n°157, 2023
- DUBUJET François, TISSOT Ivan (Insee), ROY Hervé, TREMBLIN Guillaume (Driat), [En Île-de-France, les femmes utilisent moins la voiture et émettent donc moins de CO₂ que les hommes pour aller travailler](#), Insee Analyses Île-de-France n° 174, septembre 2023

4. Annexes

4.1 Rapprochement de l'EMP et du recensement

L'enquête Mobilité des personnes ne fournit pas d'informations sur le trajet domicile-travail habituel en tant que tel. Pour la mobilité locale, l'enquête recueille l'ensemble des déplacements de l'enquêté sur une journée et, parmi eux, les déplacements vers un lieu de travail fixe et habituel. Préalablement aux estimations, un travail de rapprochement des deux sources de données que sont l'EMP et le recensement a été conduit, pour utiliser dans la mesure du possible des concepts identiques.

Champ

Seul le volet « mobilité locale » de l'enquête est exploité. Il comprend les trajets à moins de 80 km à vol d'oiseau du domicile, soit environ 100 km de distance parcourue. Pour ce volet, les enquêtés sont interrogés sur l'ensemble de leurs déplacements au cours d'une journée choisie dans la semaine précédant le jour de visite de l'enquêteur. Les déplacements professionnels plus lointains sont recueillis d'une manière différente et auraient pour cette raison nécessité une modélisation distincte.

L'enquête est exploitée sur les individus suivants, sur un champ le plus proche possible de celui du recensement :

- personnes en emploi (*TRAVAILLE* = 1) ;
- âgées de 15 ans ou plus (*AGE* ≥ 15) ;
- se rendant sur un ou plusieurs lieux de travail fixes, hors du domicile, au moins une fois par semaine (*BTRAVFIX* in (1,2), *tableau ci-dessous*).

Ce sous-champ représente 37,4 % des habitants de France métropolitaine de 6 ans ou plus (champ de l'enquête Mobilité des personnes).

Tableau 20 : type de lieu de travail des personnes en emploi (en %)

Type de lieu de travail	Part
Un lieu fixe, hors du domicile, où vous allez au moins une fois par semaine	76,7
Plusieurs lieux fixes, hors du domicile, où vous allez au moins une fois par semaine	8,5
Un ou plusieurs lieux fixes, hors du domicile, où vous allez moins d'une fois par semaine	1,1
Variable dans la semaine, hors du domicile	9
Au domicile	4,7

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP).

Champ : France métropolitaine, personnes en emploi âgées de 15 ans ou plus.

À noter qu'on ne dispose d'informations suffisantes sur le lieu de travail habituel que dans le cas où l'enquêté s'y est rendu le jour d'interrogation.

Déplacements professionnels et trajets domicile-travail

L'EMP recueille des déplacements. Un déplacement se définit comme le mouvement d'une personne d'un lieu de départ vers un lieu d'arrivée. Il se caractérise par un unique motif, mais peut recouvrir l'usage d'un ou plusieurs modes de transport. Le motif du déplacement se définit par l'activité que l'enquêté mène au point d'arrivée du déplacement. Les déplacements professionnels sont donc ceux qui amènent l'enquêté sur un lieu de travail. En outre, parmi les différents types de déplacements professionnels distingués dans l'enquête, seuls ceux conduisant sur un lieu de travail habituel et fixe sont conservés (voir tableau 21).

Tableau 21 : motifs des déplacements locaux dans l'enquête Mobilité des personnes

	Déplacements (en %)	Distances (en %)	Nombre d'ob- servations
Retour au point de départ, études, garderie	41,5	41,6	7 330
Achats	10,4	6,9	1 928
Soin	1,6	1,5	333
Démarches	1,0	0,6	174
Visites	5,0	6,2	940
Accompagner ou aller chercher	7,5	5,1	1 159
Loisirs	9,1	7,1	1 488
Vacances, changer de résidence	0,4	0,4	67
Ensemble des motifs professionnels :	23,7	30,6	4 301
- dont travailler dans son lieu fixe et habituel	20,4	24,4	3 731
- dont travailler en dehors d'un lieu fixe et habituel, sauf tournée (chantier, contacts professionnels, réunions, visite à des clients ou fournisseurs, repas d'affaires, etc.)	1,8	3,0	307
- dont stages, conférence, congrès, formations, exposition	0,2	0,3	28
- dont tournées professionnelles (VRP) ou visites de patients	0,7	2,0	129
- dont autres motifs professionnels	0,6	0,8	106

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP).

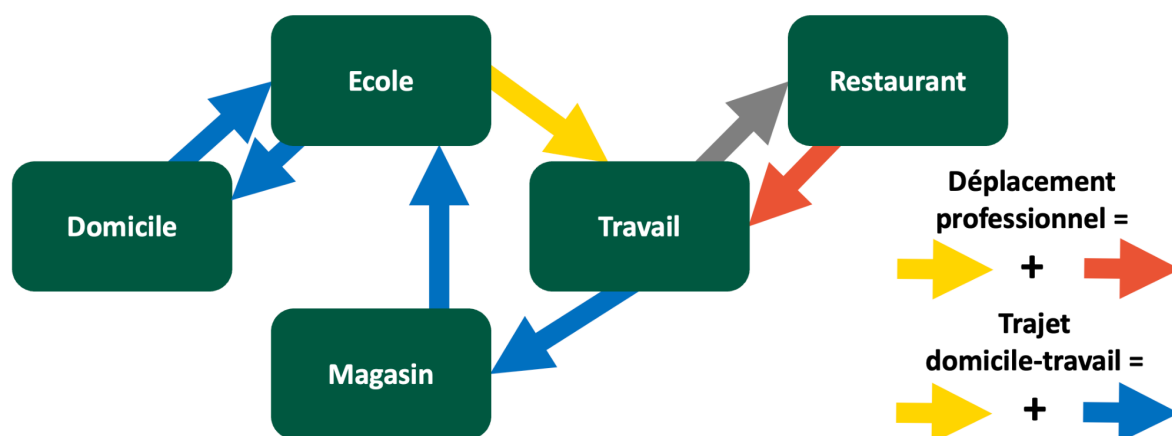
Champ : France métropolitaine, déplacements locaux des personnes en emploi, âgées de 15 ans ou plus, se rendant au moins une fois par semaine sur un ou plusieurs lieux de travail fixes.

Le trajet domicile-travail calculé à partir du recensement ne correspond pas à celui de déplacement dans l'EMP :

- dans l'EMP, les déplacements professionnels désignent l'ensemble des déplacements qui mènent au lieu de travail ;
- dans notre travail, les trajets domicile-travail regroupent l'ensemble des déplacements entre le domicile et le lieu de travail, y compris les étapes intermédiaires telles que l'accompagnement des enfants à l'école ou les courses. Un trajet domicile-travail peut donc être composé d'un ou plusieurs déplacements au sens de l'EMP.

La figure 1 ci-dessous compare ces deux concepts à l'aide d'un exemple.

Figure 1 : comparaison des trajets domicile-travail et des déplacements professionnels



Note : la figure représente les trajets pour une journée travaillée, selon l'ordre suivant : Domicile -> École -> Travail -> Restaurant -> Travail -> Magasin -> École -> Domicile

On reconstruit donc des séquences de déplacements domicile-travail et travail-domicile dans l'EMP, qui correspondent à l'ensemble des déplacements qui mènent de la résidence au lieu de travail (et inversement) et qui peuvent comprendre plusieurs allers-retours vers le lieu de travail. On calcule ensuite l'ensemble des informations nécessaires (distance, mode de transport, etc.) pour chaque actif s'étant rendu sur un lieu de travail fixe et habituel au cours de la journée d'interrogation, soit 2 907 personnes.

Mode de transport

Les modes de transport sont beaucoup plus détaillés dans l'EMP que dans le recensement. Par ailleurs, en cas d'utilisation de plusieurs modes différents, l'enquête collecte l'ensemble des modes utilisés et définit le mode de transport principal comme le mode de transport le plus lourd, au sens littéral du terme, c'est-à-dire en fonction du poids du véhicule utilisé. Dans le recensement de la population, il est également fait mention du mode de transport principal dans la question 22 du bulletin individuel (« Quel mode de transport principal utilisez-vous le plus souvent pour aller travailler ? ») mais une certaine marge d'appréciation est laissée à l'enquêté.

Les modalités du mode de transport (variable *MTP*) de l'EMP sont regroupées comme suit :

- **marche** : ensemble des modes « piéton » (modalité 1.1 à 1.4, uniquement marche à pied ; porté, transporté en poussette ; rollers, trottinette ; fauteuil roulant, y compris motorisé) ;
- **vélo** : bicyclette, tricycle, y compris à assistance électrique (modalité 2.1) ; vélo en libre-service (modalité 2.2) ;
- **deux-roues motorisés** : cyclomoteur (deux-roues de moins de 50 cm³), conducteur ou passager (modalités 2.3 et 2.4) ; moto (plus de 50 cm³), y compris avec side-car et scooter à trois roues, conducteur ou passager (modalités 2.5 et 2.6), motocycles sans précision, y compris quads (modalité 2.7) ;

- **voiture** : ensemble des modes « automobile » (modalité 3.1 à 3.4, voiture, VUL, voiturette, conducteur ou passager ; trois ou quatre roues sans précision) ;
- **transports en commun** : taxi (individuel, collectif), VTC (modalité 4.1) ; transport spécialisé pour handicapé (modalité 4.2) ; ramassage scolaire ou organisé par l'employeur (modalités 4.3 et 4.4) ; transport en commun urbain ou régional, autocar (modalités 5.1 à 5.10) ; train grande ligne ou grande vitesse (modalités 6.1 à 6.5) ;
- **autre** : avion (modalités 7.1 à 7.3) ; bateau (modalité 8.1) ; modalité 9.1 ou non renseigné.

Le mode de transport principal étant disponible pour chaque déplacement, on reconstitue le mode de transport principal de l'ensemble des trajets domicile-travail en appliquant la règle du mode le plus lourd. Par exemple, pour un trajet combinant voiture, métro et marche, on retiendra le métro comme mode principal.

Repondération de l'EMP

La probabilité que l'enquêté se rende sur son lieu de travail le jour de l'enquête croît avec la fréquence hebdomadaire de ces déplacements : il est bien plus probable que les personnes se déplaçant sur leur lieu de travail cinq jours par semaine s'y soient rendues le jour de l'enquête que les personnes ne s'y déplaçant qu'une fois. Ces dernières ont donc moins de chance d'être intégrées aux estimations. Or, la fréquence des trajets domicile-travail est elle-même nettement corrélée à leurs caractéristiques, la sous-représentation des individus se rendant rarement sur leur lieu de travail pourrait donc provoquer un biais dans les analyses.

On traite ce problème comme un cas de non-réponse, en considérant que les personnes s'étant rendues sur leur lieu de travail le jour de l'enquête sont répondantes et les autres sont non-répondantes. La variable *BTRAVNBJ* (correspondant à la question « *En général, combien de jours par semaine devez-vous vous rendre sur votre/vos lieu(x) de travail ?* ») constitue un groupe de réponse homogène (GRH) naturel (voir tableau 7 pour la distribution des réponses). La pondération individuelle *pond.indc* est divisée par le taux de réponse au sein de chaque GRH pour obtenir un poids corrigé, représentatif de l'ensemble du champ, en incluant pourtant uniquement les personnes pour lesquelles on observe un déplacement professionnel.

Comparaison des résultats de l'EMP et du recensement de la population

Le tableau 22 indique que les différents retraitements réduisent les écarts pour les résultats de l'EMP et du recensement de la population 2019.

Tableau 22 : parts modales et distances des déplacements et séquences de déplacement vers un lieu de travail habituel (en %)

	EMP 2019			Recensement 2019
	Déplacements professionnels vers un lieu fixe et habituel	Trajets domicile-travail	Trajets domicile-travail repondérés	
Mode de transport				
Marche	9,3	6,0	5,8	6,4
Vélo	2,9	2,7	2,7	2,4
Deux-roues motorisé	1,9	1,8	1,8	1,9
Voiture	73,6	73,9	73,7	73,4
Transports en commun	12,0	15,0	15,5	15,9
Autre	0,4	0,5	0,5	-
Distance (hors distances inconnues)				
Moins de 2 km	20,6	12,5	12,2	16,0
2 à moins de 5 km	19,8	17,1	16,9	17,8
5 à moins de 10 km	20,5	19,9	20,1	18,6
10 à moins de 20 km	20	23,9	23,5	21,5
20 km et plus	19,9	27	27,3	26,1

Sources : Sdes-Insee, enquête Mobilité des personnes 2018–2019 (EMP) ; Insee, recensement de la population 2019, exploitation complémentaire ; distancier Metric-OSRM, © les contributeurs d'[OpenStreetMap](#) et du [projet OSRM](#).

Champ EMP : France métropolitaine, déplacements locaux vers un lieu de travail habituel, des personnes en emploi, âgées de 15 ans ou plus, se rendant au moins une fois par semaine sur un lieu de travail fixe.

Champ RP : France métropolitaine, actifs qui se déplacent pour aller travailler et dont les distances domicile-travail sont inférieures à 10 km pour les piétons, 30 km pour les vélos et 100 km pour les autres modes de transport.

4.2 Décomposition de l'écart de GES hebdomadaire entre deux groupes

Puisque les variables intermédiaires entrant dans le calcul des émissions de GES sont imputées, et donc, par construction plus fragiles, il peut être utile pour l'utilisateur des données de vérifier que l'écart d'émissions de GES entre deux groupes d'individus ne dépend pas trop de celles-ci. On détaille ainsi ci-dessous une façon de décomposer cet écart entre les variables considérées comme robustes (distance domicile-travail et mode de transport) et les autres variables.

Comme indiqué plus haut, les émissions hebdomadaires s'obtiennent avec la formule suivante :

$$CO2.HEBDO = \sum_{MODTRANS} p \times (DIST.HEBDO \times CO2.KM.U)$$

$$\text{où } DIST.HEBDO = DIST \times \text{RATIO.DIST.AR} \times \text{FREQ.HEBDO}$$

Cette formule peut se réécrire :

$$CO2.HEBDO = \sum_{MODTRANS} p \times DIST \times RES$$

où RES regroupe les variables imputées du modèle :

$$RES = RATIO.DIST.AR \times FREQ.HEBDO \times CO2.KM.U$$

Cette réécriture permet d'analyser l'écart de GES émis par semaine entre deux populations d'actifs i et j en séparant les variables robustes des variables imputées :

$$CO2.HEBDO_i - CO2.HEBDO_j = \Delta VAR.ROBUSTES + \Delta VAR.IMPUTEES$$

Deux contributions sont ainsi mises en évidence :

- $\Delta VAR.ROBUSTES$ est la contribution correspondant à l'écart entre les deux populations i et j sur les variables robustes (distance optimale et mode de transport)

$$\Delta VAR.ROBUSTES = \sum_{MODTRANS} (p_i \times DIST_i - p_j \times DIST_j) \times RES_{moy}$$

$$\text{où } RES_{moy} = \sum_{MODTRANS} (RES_i + RES_j) / 2$$

- $\Delta VAR.IMPUTEES$ est la contribution correspondant à l'écart sur les variables imputées (RES défini plus haut)

$$\Delta VAR.IMPUTEES = \sum_{MODTRANS} (p \times DIST)_{moy} \times (RES_i - RES_j)$$

où

$$(p \times DIST)_{moy} = \sum_{MODTRANS} (p_i \times DIST_i + p_j \times DIST_j) / 2$$

Un $\Delta VAR.IMPUTEES$ élevé invite à la prudence : cela peut indiquer que les imputations ont un effet important sur l'ampleur de l'écart observé entre les deux populations.

Sur le même principe, en distinguant au sein de $\Delta VAR.ROBUSTES$ les contributions respectives de la distance et de la répartition selon le mode de transport, l'écart de GES émis par semaine entre les deux populations i et j peut encore s'écrire :

$$CO2.HEBDO_i - CO2.HEBDO_j = \Delta MODTRANS + \Delta DIST + \Delta RES + \varepsilon$$

$$\Delta MODTRANS = \sum_{MODTRANS} (p_i - p_j) \times DIST_{moy} \times RES_{moy}$$

$$\Delta DIST = \sum_{MODTRANS} p_{moy} \times (DIST_i - DIST_j) \times RES_{moy}$$

$$\Delta RES = \sum_{MODTRANS} p_{moy} \times DIST_{moy} \times (RES_i - RES_j)$$

$$\varepsilon = (-1/4) \times \sum_{MODTRANS} (p_i - p_j) \times (DIST_i - DIST_j) \times (RES_i - RES_j)$$

Le terme d'erreur ε (epsilon) est souvent proche de zéro. On peut alors supposer que $\Delta MODTRANS$, $\Delta DIST$ et ΔRES correspondent respectivement aux effets du mode de transport, de la distance et des autres variables. Si epsilon n'est pas négligeable, alors l'approximation est mauvaise et il n'est pas possible d'appliquer cette décomposition.

4.3 Dictionnaire de variables

4.3.1 Variables du recensement de la population

IPONDI : Nombre d'actifs en emploi

Type : numérique

LIEU_RESID : Lieu de résidence

Commune ou arrondissement municipale dans le code officiel géographique 2021

Type : caractère

Code Insee sur 5 positions

LIEU_TRAV : Lieu de travail

Commune ou arrondissement municipal en France dans le code officiel géographique 2021, commune frontalière à l'étranger

Type : caractère

Code Insee sur 5 positions

AGEREVQ : Âge quinquennal en années révolues

Type : caractère

Code	Libellé
15	15 à 19 ans
20	20 à 24 ans
25	25 à 29 ans
30	30 à 34 ans
35	35 à 39 ans
40	40 à 44 ans
45	45 à 49 ans
50	50 à 54 ans
55	55 à 59 ans
60	60 à 64 ans
65	65 à 69 ans
70	70 à 74 ans
75	75 à 79 ans
80	80 à 84 ans
85	85 à 89 ans
90	90 à 94 ans
95	95 à 99 ans
100	100 à 104 ans
105	105 à 109 ans

Code	Libellé
110	110 à 114 ans
115	115 à 119 ans
120	120 ans

CS1 : Catégorie socioprofessionnelle sur un caractère

Type : caractère

Code	Libellé
1	Agriculteurs exploitants
2	Artisans, commerçants et chefs d'entreprise
3	Cadres et professions intellectuelles supérieures
4	Professions intermédiaires
5	Employés
6	Ouvriers

DIPL : Diplôme le plus élevé

Type : caractère

Code	Libellé
1	Pas de scolarité ou arrêt avant la fin du primaire
2	Aucun diplôme et scolarité interrompue à la fin du primaire ou avant la fin du collège
3	Aucun diplôme et scolarité jusqu'à la fin du collège ou au-delà
11	CEP (certificat d'études primaires)
12	BEPC, brevet élémentaire, brevet des collèges, DNB
13	CAP, BEP ou diplôme de niveau équivalent
14	Baccalauréat général ou technologique, brevet supérieur, capacité en droit, DAEU, ESEU
15	Baccalauréat professionnel, brevet professionnel, de technicien ou d'enseignement, diplôme équivalent
16	BTS, DUT, Deug, Deust, diplôme de la santé ou du social de niveau bac+2, diplôme Équivalent
17	Licence, licence pro, maîtrise, diplôme équivalent de niveau bac+3 ou bac+4
18	Master, DEA, DESS, diplôme grande école niveau bac+5, doctorat de santé
19	Doctorat de recherche (hors santé)

EMPL : Condition d'emploi

Type : caractère

Code	Libellé
11	En contrat d'apprentissage ou de professionnalisation
12	Placés par une agence d'intérim
13	Emplois aidés (contrat unique d'insertion, d'initiative emploi, d'accompagnement dans l'emploi, avenir, etc.)
14	Stagiaires rémunérés en entreprise
15	Autres emplois à durée limitée, CDD, contrat court, saisonnier, vacataire, etc.
16	Emplois sans limite de durée, CDI, titulaire de la fonction publique
21	Non salariés : indépendants
22	Non salariés : employeurs
23	Non salariés : aides familiaux

ILT : Indicateur du lieu de travail

Type : caractère

Code	Libellé
1	Dans la commune de résidence actuelle
2	Dans une autre commune du département de résidence
3	Dans un autre département de la région de résidence
4	Hors de la région de résidence actuelle : en métropole
5	Hors de la région de résidence actuelle : dans un DOM
6	Hors de la région de résidence actuelle : dans une COM
7	À l'étranger

ILTUU : Indicateur urbain du lieu de travail

Type : caractère

Code	Libellé
1	Réside dans une commune rurale et travaille dans la même commune
2	Réside dans une commune rurale et travaille hors de la commune
3	Réside dans une commune urbaine et travaille dans la même commune
4	Réside dans une commune urbaine et travaille dans une autre commune de la même unité Urbaine
5	Réside dans une commune urbaine et travaille en dehors de l'unité urbaine

IMMI : Situation quant à l'immigration

Type : caractère

Code	Libellé
1	Immigrés
2	Non immigrés

INATC : Indicateur de nationalité condensé (Français/Étranger)

Type : caractère

Code	Libellé
1	Français
2	Étranger

INEEM : Nombre d'élèves, étudiants ou stagiaires âgés de 14 ans ou plus du ménage

Type : caractère

Code	Libellé
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
Y	Hors résidence principale
Z	Hors logement ordinaire

INPOM : Nombre de personnes actives ayant un emploi du ménage

Type : caractère

Code	Libellé
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
Y	Hors résidence principale
Z	Hors logement ordinaire

MOCO : Mode de cohabitation

Type : caractère

Code	Libellé
11	Enfants d'un couple
12	Enfants d'une famille monoparentale
21	Adultes d'un couple sans enfant
22	Adultes d'un couple avec enfant(s)
23	Adultes d'une famille monoparentale
31	Hors famille dans ménage de plusieurs personnes
32	Personnes vivant seules
40	Personnes vivant hors ménage

MODTRANS : Mode de transport principal le plus souvent utilisé pour aller travailler

Type : caractère

Code	Libellé
2	Marche à pied (ou rollers, patinette)
3	Vélo (y compris à assistance électrique)
4	Deux-roues motorisé
5	Voiture, camion, fourgonnette
6	Transports en commun

NA5 : Secteur d'activité (en 5 postes)

Type : caractère

Code	Libellé
AZ	Agriculture
BE	Industrie
FZ	Construction
GU	Commerce, transports et services divers
OQ	Administration publique, enseignement, santé humaine et action sociale

NPERR : Nombre de personnes du ménage (regroupé)

Type : caractère

Code	Libellé
1	Une personne
2	2 personnes
3	3 personnes
4	4 personnes
5	5 personnes
6	6 personnes ou plus
Z	Hors logement ordinaire

SEXE : Sexe

Type : caractère

Code	Libellé
1	Homme
2	Femme

STAT : Statut professionnel

Type : caractère

Code	Libellé
------	---------

10	Salariés
21	Non salariés : indépendants
22	Non salariés : employeurs
23	Non salariés : aides familiaux

STOCD : Statut d'occupation détaillé du logement

Type : caractère

Code	Libellé
------	---------

0	Logement ordinaire inoccupé
10	Propriétaire
21	Locataire ou sous-locataire d'un logement loué vide non HLM
22	Locataire ou sous-locataire d'un logement loué vide HLM
23	Locataire ou sous-locataire d'un logement loué meublé ou d'une chambre d'hôtel
30	Logé gratuitement
ZZ	Hors logement ordinaire

TP : Temps de travail

Type : caractère

Code	Libellé
------	---------

1	Temps complet
2	Temps partiel

TYPL : Type de logement

Type : caractère

Code	Libellé
------	---------

1	Maison
2	Appartement
3	Logement-foyer
4	Chambre d'hôtel
5	Habitation de fortune
6	Pièce indépendante (ayant sa propre entrée)
Z	Hors logement ordinaire

TYPMR : Type de ménage regroupé (en 9 postes)

Type : caractère

Code	Libellé
11	Homme vivant seul
12	Femme vivant seule
20	Ménage de plusieurs personnes sans famille
31	Ménage dont la famille principale est monoparentale (un homme avec enfant(s))
32	Ménage dont la famille principale est monoparentale (une femme avec enfant(s))
41	Ménage dont la famille principale est un couple de deux actifs occupés
42	Ménage dont la famille principale est un couple composé d'un homme actif occupé et d'un conjoint 'autre'
43	Ménage dont la famille principale est un couple composé d'une femme active occupée et d'un conjoint 'autre'
44	Ménage dont la famille principale est un couple de deux personnes 'autres'
ZZ	Hors logement ordinaire

VOIT : Nombre de voitures du ménage

Type : caractère

Code	Libellé
0	Aucune voiture
1	Une seule voiture
2	Deux voitures
3	Trois voitures ou plus
X	Logement ordinaire inoccupé
Z	Hors logement ordinaire

4.3.2 Indicateurs sur les déplacements et les émissions de GES

CARBU_HEBDO : Carburant moyen consommé par personne et par semaine pour les déplacements domicile-travail en voiture (en litre)

Type : numérique

CHAMP_CO2 : Champ pour le calcul du CO2 (vrai ou faux)

Type : booléen

CO2_HEBDO : Émissions de CO2 moyennes par personne et par semaine pour les déplacements domicile-travail (CO2e en g)

Type : numérique

DIST : Distance domicile-travail moyenne (en km)

Type : numérique

DIST_HEBDO : Distance moyenne parcourue par personne et par semaine, compte-tenu de la fréquence, des détours et des raccourcis (en km)

Type : numérique

DUREE : Durée du trajet domicile-travail - sans congestion - (en minutes)

Type : numérique

4.3.3 Variables géographiques complémentaires

AAV20_RESID : Aire d'attraction des villes du lieu de résidence

Type : caractère

Code Insee sur 3 positions

AAV20_TRAV : Aire d'attraction des villes du lieu de travail

Type : caractère

Code Insee sur 3 positions

CATEAAV20_RESID : Catégorie de la commune dans le zonage en aires d'attraction des villes du lieu de résidence

Type : caractère

Code	Libellé
11	Commune-centre
12	Autre commune du pôle principal
13	Commune d'un pôle secondaire
20	Commune de la couronne
30	Commune hors attraction des villes
99	Étranger
ZZ	Collectivité d'outre-mer

CATEAAV20_TRAV : Catégorie de la commune dans le zonage en aires d'attraction des villes du lieu de travail

Type : caractère

Code	Libellé
11	Commune-centre
12	Autre commune du pôle principal
13	Commune d'un pôle secondaire
20	Commune de la couronne
30	Commune hors attraction des villes
99	Étranger
ZZ	Collectivité d'outre-mer

DEP_RESID : Département du lieu de résidence

Type : caractère

Code	Libellé
01	Ain
02	Aisne
03	Allier
04	Alpes-de-Haute-Provence
05	Hautes-Alpes
06	Alpes-Maritimes
07	Ardèche
08	Ardennes
09	Ariège
10	Aube
11	Aude
12	Aveyron
13	Bouches-du-Rhône
14	Calvados
15	Cantal
16	Charente
17	Charente-Maritime
18	Cher
19	Corrèze
21	Côte-d'Or
22	Côtes-d'Armor
23	Creuse
24	Dordogne
25	Doubs
26	Drôme
27	Eure
28	Eure-et-Loir
29	Finistère
2A	Corse-du-Sud
2B	Haute-Corse
30	Gard
31	Haute-Garonne
32	Gers
33	Gironde
34	Hérault
35	Ille-et-Vilaine

Code	Libellé
36	Indre
37	Indre-et-Loire
38	Isère
39	Jura
40	Landes
41	Loir-et-Cher
42	Loire
43	Haute-Loire
44	Loire-Atlantique
45	Loiret
46	Lot
47	Lot-et-Garonne
48	Lozère
49	Maine-et-Loire
50	Manche
51	Marne
52	Haute-Marne
53	Mayenne
54	Meurthe-et-Moselle
55	Meuse
56	Morbihan
57	Moselle
58	Nièvre
59	Nord
60	Oise
61	Orne
62	Pas-de-Calais
63	Puy-de-Dôme
64	Pyrénées-Atlantiques
65	Hautes-Pyrénées
66	Pyrénées-Orientales
67	Bas-Rhin
68	Haut-Rhin
69	Rhône
70	Haute-Saône
71	Saône-et-Loire
72	Sarthe
73	Savoie
74	Haute-Savoie

Code	Libellé
75	Paris
76	Seine-Maritime
77	Seine-et-Marne
78	Yvelines
79	Deux-Sèvres
80	Somme
81	Tarn
82	Tarn-et-Garonne
83	Var
84	Vaucluse
85	Vendée
86	Vienne
87	Haute-Vienne
88	Vosges
89	Yonne
90	Territoire de Belfort
91	Essonne
92	Hauts-de-Seine
93	Seine-Saint-Denis
94	Val-de-Marne
95	Val-d'Oise
971	Guadeloupe
972	Martinique
973	Guyane
974	La Réunion
976	Mayotte

DEP_TRAV : Département du lieu de travail

Type : caractère

Code	Libellé
01	Ain
02	Aisne
03	Allier
04	Alpes-de-Haute-Provence
05	Hautes-Alpes
06	Alpes-Maritimes
07	Ardèche
08	Ardennes
09	Ariège
10	Aube
11	Aude
12	Aveyron
13	Bouches-du-Rhône
14	Calvados
15	Cantal
16	Charente
17	Charente-Maritime
18	Cher
19	Corrèze
21	Côte-d'Or
22	Côtes-d'Armor
23	Creuse
24	Dordogne
25	Doubs
26	Drôme
27	Eure
28	Eure-et-Loir
29	Finistère
2A	Corse-du-Sud
2B	Haute-Corse
30	Gard
31	Haute-Garonne
32	Gers
33	Gironde
34	Hérault
35	Ille-et-Vilaine

Code	Libellé
36	Indre
37	Indre-et-Loire
38	Isère
39	Jura
40	Landes
41	Loir-et-Cher
42	Loire
43	Haute-Loire
44	Loire-Atlantique
45	Loiret
46	Lot
47	Lot-et-Garonne
48	Lozère
49	Maine-et-Loire
50	Manche
51	Marne
52	Haute-Marne
53	Mayenne
54	Meurthe-et-Moselle
55	Meuse
56	Morbihan
57	Moselle
58	Nièvre
59	Nord
60	Oise
61	Orne
62	Pas-de-Calais
63	Puy-de-Dôme
64	Pyrénées-Atlantiques
65	Hautes-Pyrénées
66	Pyrénées-Orientales
67	Bas-Rhin
68	Haut-Rhin
69	Rhône
70	Haute-Saône
71	Saône-et-Loire
72	Sarthe
73	Savoie
74	Haute-Savoie

Code	Libellé
75	Paris
76	Seine-Maritime
77	Seine-et-Marne
78	Yvelines
79	Deux-Sèvres
80	Somme
81	Tarn
82	Tarn-et-Garonne
83	Var
84	Vaucluse
85	Vendée
86	Vienne
87	Haute-Vienne
88	Vosges
89	Yonne
90	Territoire de Belfort
91	Essonne
92	Hauts-de-Seine
93	Seine-Saint-Denis
94	Val-de-Marne
95	Val-d'Oise
971	Guadeloupe
972	Martinique
973	Guyane
974	La Réunion
976	Mayotte
999	Étranger
ZZZ	Collectivité d'outre-mer

EPCI_EPT_RESID : EPCI du lieu de résidence (détail EPT pour la Métropole du Grand Paris)

Type : caractère

Code Insee sur 9 positions

EPCI_EPT_TRAV : EPCI du lieu de travail (détail EPT pour la Métropole du Grand Paris)

Type : caractère

Code Insee sur 9 positions

GRILLE_DENSITE_RESID : Grille de densité en 7 niveaux du lieu de résidence

Type : caractère

Code	Libellé
1	Grands centres urbains
2	Centres urbains intermédiaires
3	Petites villes
4	Ceintures urbaines
5	Bourgs ruraux
6	Rural à habitat dispersé
7	Rural à habitat très dispersé
9	Étranger
Z	Mayotte

GRILLE_DENSITE_TRAV : Grille de densité en 7 niveaux du lieu de travail

Type : caractère

Code	Libellé
1	Grands centres urbains
2	Centres urbains intermédiaires
3	Petites villes
4	Ceintures urbaines
5	Bourgs ruraux
6	Rural à habitat dispersé
7	Rural à habitat très dispersé
9	Étranger
Z	Mayotte

REG_RESID : Région du lieu de résidence

Type : caractère

Code	Libellé
01	Guadeloupe
02	Martinique
03	Guyane
04	La Réunion
06	Mayotte
11	Île-de-France
24	Centre-Val de Loire
27	Bourgogne-Franche-Comté
28	Normandie
32	Hauts-de-France
44	Grand Est
52	Pays de la Loire
53	Bretagne
75	Nouvelle-Aquitaine
76	Occitanie
84	Auvergne-Rhône-Alpes
93	Provence-Alpes-Côte d'Azur
94	Corse

REG_TRAV : Région du lieu de travail

Type : caractère

Code	Libellé
01	Guadeloupe
02	Martinique
03	Guyane
04	La Réunion
06	Mayotte
11	Île-de-France
24	Centre-Val de Loire
27	Bourgogne-Franche-Comté
28	Normandie
32	Hauts-de-France
44	Grand Est
52	Pays de la Loire
53	Bretagne
75	Nouvelle-Aquitaine
76	Occitanie
84	Auvergne-Rhône-Alpes
93	Provence-Alpes-Côte d'Azur
94	Corse
99	Étranger
ZZ	Collectivité d'outre-mer

TAAV2017_RESID : Tranche de taille dans le zonage en aires d'attraction des villes du lieu de résidence

Type : caractère

Code	Libellé
0	Commune hors attraction des pôles
1	Aire de moins de 50 000 habitants
2	Aire de 50 000 à moins de 200 000 habitants
3	Aire de 200 000 à moins de 700 000 habitants
4	Aire de 700 000 habitants ou plus (hors Paris)
5	Aire de Paris
9	Étranger
Z	Collectivité d'outre-mer

TAAV2017_TRAV : Tranche de taille dans le zonage en aires d'attraction des villes du lieu de travail

Type : caractère

Code	Libellé
0	Commune hors attraction des pôles
1	Aire de moins de 50 000 habitants
2	Aire de 50 000 à moins de 200 000 habitants
3	Aire de 200 000 à moins de 700 000 habitants
4	Aire de 700 000 habitants ou plus (hors Paris)
5	Aire de Paris
9	Étranger
Z	Collectivité d'outre-mer

URBAIN_RURAL_RESID : Typologie urbain / rural en 6 classes du lieu de résidence

Type : caractère

Code	Libellé
1	Rural autonome très peu dense
2	Rural autonome peu dense
3	Rural sous faible influence d'un pôle
4	Rural sous forte influence d'un pôle
5	Urbain densité intermédiaire
6	Urbain dense
9	Étranger
Y	Mayotte
Z	Collectivité d'outre-mer

URBAIN_RURAL_TRAV : Typologie urbain / rural en 6 classes du lieu de travail

Type : caractère

Code	Libellé
1	Rural autonome très peu dense
2	Rural autonome peu dense
3	Rural sous faible influence d'un pôle
4	Rural sous forte influence d'un pôle
5	Urbain densité intermédiaire
6	Urbain dense
9	Étranger
Y	Mayotte
Z	Collectivité d'outre-mer

ZE2020_RESID : Zone d'emploi 2020 du lieu de résidence

Zone d'emploi 2020 du lieu de résidence et du lieu de travail

Type : caractère

Code Insee sur 3 positions

ZE2020_TRAV : Zone d'emploi 2020 du lieu de travail

Zone d'emploi 2020 du lieu de résidence et du lieu de travail

Type : caractère

Code Insee sur 3 positions

Série des Documents de Travail « Action régionale »

H2011/01

Panorama des villes moyennes
Jean-Michel Floch et Bernard Morel

H2012/01

Les déterminants régionaux de l'innovation
Benoît Buisson, Lionel Doisneau, Claire Kubrak, Michelle Mongo et Corinne Autant-Bernard

H2012/02

Estimations locales du handicap dans l'enquête Handicap-Santé 2008
Josiane Le Guennec

H2012/03

Estimations régionales dans l'enquête nationale Transport et Déplacements 2007-2008
Josiane Le Guennec

H2012/04

Détection des disparités socio-économiques
L'apport de la statistique spatiale
Jean-Michel Floch

H2013/01

Concentration et spécialisation des activités économiques : des outils pour analyser les tissus productifs locaux
Claire Kubrak

H2014/01

La ségrégation spatiale dans les grandes unités urbaines de France métropolitaine : une approche par les revenus
Gaëlle Dabet Jean-Michel Floch

H2014/02

Rapport du groupe de travail DREES/INSEE/DRJSCS sur les indicateurs locaux de suivi du plan pluriannuel de lutte contre la pauvreté et pour l'inclusion sociale (PPLPIS)

H2016/01

Élaboration des Produits Intérieurs Bruts régionaux en base 2010 : Principes et méthodologie
Benoît Hurpeau

H2018/01

Structurel, résiduel, géographique : Principe et mise en oeuvre des approches comptable et économétrique
Claire Kubrak

H2018/02

Les dynamiques de la qualité de vie dans les territoires
Robert Reynard Pascal Vialette

H2018/03

Guide de sémiologie graphique

H2018/04

Guide de sémiologie cartographique

H2019/01

Les entreprises régionales
Concepts, usages, mesure statistique
Lionel Doisneau

H2021/01

Des projections nationales aux projections locales
Laure Crusson Jérôme Fabre

H2021/02

Décomposition de l'évolution de l'emploi par catégorie d'entreprise
Hervé Bacheré Benoît Mirouse Zoé Brassier

2022-18

La grille communale de densité à 7 niveaux
Simon Beck, Marie-Pierre De Bellefon, Jocelyn Forest, Mathilde Gerardin, David Levy,

2023-01

Cas d'utilisation des indices de Theil pour mesurer les disparités spatiales selon les revenus à l'infracommunal
Mathilde Gerardin Julien Pramil

2023-11

La rétopolation en 2010 du zonage en aires d'attraction des villes de 2020
Simon Beck Olivier Pégaz-Blanc Adem Khamallah

2023-15

Utilisation d'une méthode de scoring pour des estimations locales à partir d'une enquête nationale : exemple avec l'enquête TIC-ménages
Aline Branche-Seigeot

2024-03

Une estimation des émissions individuelles de gaz à effet de serre lors des déplacements domicile-travail
Simon Beck_ Thomas Morin Simon Prusse Corentin Trevien