

QUI ÉMET DU CO₂ ? PANORAMA CRITIQUE DES INÉGALITÉS ÉCOLOGIQUES EN FRANCE

Antonin Pottier (EHESS – CIRED), **Emmanuel Combet** (ADEME)

Jean-Michel Cayla (EDF), **Simona de Lauretis** EDF – CIRED (Actuellement à RTE)

Franck Nadaud (CNRS – CIRED)¹

Cet article propose un panorama des inégalités d'émissions de gaz à effet de serre (GES) entre les ménages français. Il présente de manière détaillée et critique les conventions méthodologiques retenues pour le calcul des « émissions des ménages », et les présupposés qui les accompagnent. Le principe d'attribution généralement retenu, l'empreinte carbone qui assigne aux ménages les émissions des produits consommés, véhicule des conceptions implicites de la responsabilité. Il focalise l'attention sur les contributions des individus, sur leurs choix, il peut occulter le rôle des acteurs non individuels tout comme la composante collective des émissions de GES, et négliger les dimensions de la responsabilité qui ne sont pas liées à la consommation.

Nous estimons, à partir des données de l'enquête Budget de famille 2011, la distribution des empreintes carbone des ménages. Les émissions des ménages sont tendanciellement croissantes avec le revenu, mais elles présentent aussi une forte variabilité liée à des facteurs géographiques et techniques qui contraignent à recourir aux énergies fossiles.

À partir d'enquêtes sectorielles (ENTD 2008 ; PHEBUS 2013), nous reconstruisons également les émissions de CO₂ des ménages liées aux énergies du logement et du transport. Pour le transport, les émissions sont proportionnelles

1. *Remerciements* : Nous remercions vivement Carine Barbier et Gaëlle Le Treut pour nous avoir fait part des analyses et méthodes développées dans le cadre du projet de recherche ANR ECOPA, ainsi que Manuel Baude et Jean-Louis Pasquier du Commissariat Général du Développement Durable (CGDD) du ministère de la Transition écologique et solidaire pour nous avoir fourni les données nationales de l'empreinte GES et apporté des précisions sur ces données et la méthode de calcul. Nous sommes redevables envers Alexandre Bourgeois et Olivier Simon de l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (Insee) pour leurs conseils et pour les données de correspondance des nomenclatures d'activité et de fonction de consommation de la comptabilité nationale et à Elvire Demoly (Insee) pour les précisions sur les données de l'enquête Budget de famille. Enfin nous remercions Robert Bellini, Jérôme Bourdieu, Mathilde Clément, Marion Dupoux, Louis-Gaëtan Giraudet, Nabila Iken, Aurélie Méjean, Martin Régnier, Edwin Zaccai, ainsi que les relecteurs anonymes de la FAERE et de la *Revue de l'OFCE*, pour leurs commentaires et suggestions à différentes étapes du travail.

aux distances parcourues du fait d'un recours prépondérant à la voiture individuelle. Le tissu urbain contraint à la fois la longueur des déplacements quotidiens et l'accès à des modes de transport moins carbonés. Pour le logement, si les surfaces à chauffer croissent avec le revenu et l'éloignement des centres urbains, le premier facteur de variabilité des émissions est le système de chauffage. Il est peu lié au niveau de vie mais davantage au tissu urbain, qui contraint l'accès aux différents vecteurs énergétiques.

Nous discutons enfin les difficultés posées par l'estimation des émissions des ménages les plus aisés, tant techniques que conceptuelles.

Mots clés : émissions de gaz à effet de serre, empreinte carbone, inégalités écologiques, distribution des dépenses des ménages, responsabilité, énergie, logement, transport.

Le mouvement des « gilets jaunes » à l'automne 2018 a mis en évidence une demande de justice sociale dans la conduite de la transition écologique. Ainsi, a été considéré comme injuste qu'un ménage riche ne soit pas taxé lorsqu'il prend l'avion pour passer ses vacances à l'autre bout de la planète tandis qu'un ménage pauvre subit la hausse des taxes sur le diesel sans avoir la possibilité de changer de véhicule. La justice sociale ainsi comprise consisterait en une adéquation entre les dégâts environnementaux causés par une personne et l'effort que la puissance publique lui demande. *A contrario*, l'injustice viendrait de ce que « les riches détruisent la planète » (Kempf, 2007) tandis qu'ils réduiraient peu leurs émissions, là où les pauvres pollueraient peu mais contribueraient beaucoup à l'effort de réduction. Pour apprécier la justice sociale de la transition écologique, il apparaît nécessaire de disposer au préalable d'une vision et d'une compréhension des inégalités que l'on qualifiera² d'écologiques, soit, pour le cas qui nous occupe, des inégalités d'émission de gaz à effet de serre (GES).

À cette fin, cet article propose un panorama détaillé des inégalités d'émissions en France, sur la base de travaux originaux reconstruisant les émissions de GES des ménages³. Un tel panorama n'est jamais neutre puisque la simple description des émissions n'est ni évidente ni univoque, quand bien même il existe des manières standards de

2. À la suite d'Emelianoff (2008), qui a proposé de distinguer les inégalités écologiques, c'est-à-dire les inégalités d'impact généré (par exemple, combien chacun contribue à la pollution de l'air), et les inégalités environnementales, c'est-à-dire les inégalités d'impact subi (par exemple, combien chacun est exposé à la pollution de l'air).

procéder. En effet les émissions d'un ménage ne peuvent être mesurées à la manière dont on mesure la taille d'une personne ; estimer les émissions requiert des conventions d'attribution qui découlent d'un point de vue, pour partie arbitraire. Nous avons donc pris le parti de détailler, de discuter et de porter un regard critique sur les conventions méthodologiques retenues pour le calcul des « émissions des ménages ».

Par là, nous souhaitons exposer le plus clairement possible les présupposés de ce genre d'études, ce qui est rarement fait. Nous voulons mettre en évidence les limites de l'analyse qui en découlent et donc avertir sur les nécessaires précautions à prendre pour interpréter les inégalités écologiques. Trois écueils sont importants à souligner.

Tout d'abord, pour établir combien un ménage, une entreprise ou un État « émet » de CO₂, il faut choisir des règles d'attribution, c'est-à-dire des façons d'imputer à un agent les émissions générées par une activité impliquant toujours plusieurs agents. Le résultat final sera exprimé sous la forme « tel ménage émet 10 tCO_{2e} par an ». Il faut bien prendre garde que ce chiffre de 10 tCO_{2e} d'émissions doit toujours être interprété à la lumière des règles d'attribution choisies, car ce que signifie « émettre » dans ce contexte est précisément défini par ces règles⁴.

Difficulté supplémentaire, l'expression est souvent comprise comme tel ménage « cause » ou « est responsable de » 10 tCO_{2e}, un glissement de sens souvent imperceptible et inévitable. Pourtant, les manières statistiques d'imputer sont souvent en tension avec les conceptions de la causalité ou de la responsabilité. Nous ne plaidons ni pour une méthode particulière d'imputation ni pour une conception spécifique de la responsabilité, mais mettons en exergue ce lien infrangible entre règles d'imputation et conception de la responsabilité et les tensions générées par ce lien.

Par ailleurs, chercher à savoir combien *chacun* émet de gaz à effet de serre est un choix de l'analyste, qui passe sous silence les autres entités impliquées dans les émissions. Il oriente la recherche vers les comportements individuels plutôt que vers l'organisation sociale, les

3. Parmi les études sur les émissions des ménages, Lenzen (1998), Wier *et al.* (2001), Roca et Serrano (2007), Weber et Matthews (2008), Golley et Meng (2012), Gough *et al.* (2012), Büchs et Schnepf (2013), Ummel (2014), Steen-Olsen *et al.* (2016), Isaksen et Narbel (2017), Wiedenhofer *et al.* (2017) et Gill et Moeller (2018) s'intéressent plus spécifiquement aux inégalités d'émissions et aux liens avec les inégalités de revenu. Pour la France, voir Lenglard *et al.* (2010) ; Malliet (2020).

4. La polysémie du terme « émettre » est de ce fait très grande. Il n'est pas rare qu'un texte, militant comme scientifique, passe subrepticement d'un sens à l'autre.

stratégies des entreprises ou les politiques des États. Penser en termes d'émissions des personnes ou des ménages focalise donc l'attention sur les contributions des individus, sur leurs choix, et occulte la présence des acteurs non individuels tout comme la composante collective des émissions de GES et la nécessité d'agir en commun pour les réduire. Cette appréhension des inégalités écologiques renforce en fait le prisme individualiste et moralisant à travers lequel sont envisagées les politiques environnementales.

Enfin, lier inégalités écologiques et inégalités de revenu est une autre tendance forte, avec le risque de faire passer le revenu comme principal, voire unique facteur expliquant l'impact écologique. Si, comme d'autres, nous confirmons que disposer d'un revenu plus élevé conduit en moyenne à « émettre » plus de CO₂, nous insistons sur le fait que le seul revenu ne permet pas de rendre compte des inégalités écologiques. À revenu fixé, il y a une variabilité forte des émissions. D'autres dimensions, dites « horizontales » (par opposition à la dimension, dite « verticale », de l'échelle des revenus), interviennent, comme par exemple le tissu urbain ou le mode de chauffage⁵. Elles ne doivent pas être oubliées dès lors que l'on parle d'inégalités écologiques et de justice sociale.

Dans cet article nous exposons d'abord les difficultés méthodologiques à surmonter et les règles à choisir pour évaluer les émissions d'un ménage, en indiquant les données nécessaires lors des différentes opérations et en nous concentrant sur l'approche la plus fréquente, fondée sur la consommation. Nous insistons sur le cadrage opéré par cette approche et la conception de la responsabilité qu'elle véhicule. Nous présentons ensuite notre panorama des inégalités d'émission. Dans un premier temps, nous traitons de l'empreinte carbone, c'est-à-dire des émissions directes et indirectes de GES liées à la consommation des ménages. Dans un second temps, nous nous attachons aux émissions de CO₂ liées aux consommations d'énergie du logement et du transport, émissions pour lesquelles les données disponibles plus détaillées permettent de mieux discerner les facteurs économiques, sociaux ou techniques de dépendance aux énergies fossiles et d'inégalité. Les émissions des très riches nous servent ensuite de loupe pour examiner

5. Les enjeux d'équité selon les « inégalités verticales » moyennes ont été soulignés dès les années 1990 (Pearce, 1991 ; Poterba, 1991), l'importance des « inégalités horizontales » pour l'énergie et le carbone a été soulignée plus récemment (Combet *et al.*, 2010 ; Dubois, 2012 ; Büchs et Schnepf, 2013 ; Douenne, 2018 ; Berry, 2019 ; Cronin *et al.*, 2019 ; Stiglitz, 2019 ; Clément *et al.*, 2019).

quelques problèmes tant de l'estimation que de l'attribution. Enfin, nous concluons sur l'intérêt de ces analyses pour identifier les conditions d'équité d'une transition écologique et concevoir les politiques publiques adéquates.

1. Le problème de l'attribution

Une centrale à charbon rejette du CO₂ dans l'atmosphère en brûlant du charbon et en produisant de l'électricité. À qui attribuer ces émissions de CO₂ ? au pays dans lequel se trouve la centrale ? au gouvernement qui a autorisé sa construction ? à l'entreprise exploitante qui la gère au quotidien ? aux actionnaires qui ont apporté leurs capitaux ? au pays d'où vient le charbon ? à la compagnie minière qui l'a extrait ? aux consommateurs de l'électricité produite ? au fabricant de l'appareil (énergivore) alimenté par l'électricité ? Il n'y a pas une bonne réponse, toutes les perspectives sont envisageables car les émissions de la centrale ne sont pas le fait d'un acteur unique et bien défini, elles sont au croisement de plusieurs « agences », entités avec une intention et une capacité d'action. Attribuer les émissions, c'est nécessairement sélectionner les entités pertinentes et déterminer les actions génératrices. C'est une opération arbitraire, qui procède d'un certain point de vue sur qui « cause », qui « est responsable » des émissions de la centrale à charbon. Ce point de vue guide l'établissement des règles qui imputent les émissions aux entités choisies en fonction des activités considérées, mais ces règles ont aussi leur logique interne et leurs contraintes spécifiques qui obligent à préciser et infléchir le point de vue initial.

1.1. Approche production ou consommation ?

Le problème de l'attribution s'est d'abord posé pour les pays. Voyons, en faisant abstraction des détails, deux approches fréquentes.

Les inventaires nationaux réalisés dans le cadre de la CCNUCC (article 4.1a) classent les émissions de GES selon la nature du gaz et selon le pays où l'émission a eu lieu. Un pays se voit attribuer les émissions ayant pris place sur son territoire. Les émissions de la centrale à charbon de notre exemple sont attribuées au pays dans lequel elle se situe. Ces inventaires regroupent donc les émissions en fonction du lieu de production. On parle d'approche production ou territoriale.

Si le droit international retient l'approche production, cohérente avec l'idée que les États sont responsables du territoire sous leur juridiction (Liu, 2015), le monde académique a développé d'autres manières d'attribuer les émissions, principalement l'approche consommation, dite aussi d'empreinte carbone (Peters, 2008). Elle comptabilise les émissions en fonction de l'endroit où a été rendu le service final qui a nécessité l'activité génératrice de GES. Dans notre exemple, les émissions sont attribuées au pays dans lequel a été consommé le produit dont la fabrication a utilisé l'électricité de la centrale à charbon. Les choses peuvent devenir très compliquées car le produit en question peut n'être pas un produit destiné à la consommation finale mais un produit intermédiaire qui sera retravaillé : l'électricité produite par le charbon dans le pays A sert à la production d'aluminium qui est transformé dans le pays B en canette de soda consommée dans le pays C, à qui seront finalement attribuées les émissions de la centrale.

Calculer les émissions d'un pays dans l'approche consommation repose alors principalement sur, d'une part, les comptes environnementaux (NA-MEA) qui répertorient combien chaque branche de chaque pays émet de GES directement ; d'autre part, les tableaux entrées-sorties du commerce international qui décrivent notamment, de façon agrégée par branches économiques, les ventes des entreprises aux autres entreprises – que celles-ci soient localisées sur le territoire national ou bien à l'étranger – aussi bien qu'aux usagers finaux. Les méthodes de l'analyse *input-output* (inversion de Léontieff notamment) permettent alors de reconstituer, moyennant des hypothèses techniques, les émissions générées tout au long de la chaîne de production d'un produit. Les empreintes carbone des pays ainsi obtenues (Davis *et al.*, 2010 ; Barrett *et al.*, 2013) comprennent les émissions directes, étrangères et domestiques, pour la fabrication des produits consommés dans le pays, mais aussi les émissions pour la fabrication des intrants, des intrants de ces intrants, etc. Elles reposent sur un appareillage statistique et calculatoire et non sur des observations directes. Leur précision est nécessairement limitée par la qualité des sources statistiques utilisées (Tukker, Wood et Schmidt, 2020), leur exactitude par la qualité des hypothèses retenues (Lenzen, 2000, p. 136-142).

Ces deux approches sont les plus courantes, mais elles ne sont pas les seules⁶. D'autres méthodes existent, comme l'approche extraction, mise en œuvre pour repérer les pays ou les entreprises sources de l'énergie fossile dont la combustion libère le dioxyde de carbone dans

l'atmosphère (Davis *et al.*, 2011 ; Heede, 2014), ou l'approche revenu, qui attribue les émissions permises par la fourniture de facteurs de production (capital et travail) (Marques *et al.*, 2012), ou l'approche par enjeux, qui s'attache aux émissions liées à une technique conçue et produite par une filière industrielle (Rose, 2013). Concernant les émissions des organisations et notamment des entreprises, il existe différentes manières de compter les émissions, tournées vers l'action ou le *reporting*, avec des périmètres et des principes d'attribution différents (Le Breton, 2017).

1.2. Individualiser l'attribution

Attribuer les émissions à un pays n'a rien d'évident, mais passer d'un pays à un individu ajoute un niveau de complexité supplémentaire. On considère souvent de simples émissions par personne, obtenues en divisant les émissions d'un pays (calculées selon l'une ou l'autre approche) par sa population. Ces émissions par personne correspondent à celles du résident « moyen » au sens que la statistique donne à ce terme (Desrosières, 1993, chap. 3) : elles ne sont pas celles d'une personne véritable, elles ne sont qu'un autre moyen de présenter les émissions des pays en faisant abstraction de la taille de leur population. Si cette façon de faire est utile pour comparer les pays, elle ne permet pas d'appréhender les émissions de groupes socio-démographiques ou de catégories socio-professionnelles. On aimerait connaître les émissions du retraité d'une commune rurale du Sud-Ouest, ou celles du couple de bac+5 sans enfants habitant en grande agglomération. Pour cela, il faut d'abord choisir un principe d'attribution des émissions aux personnes.

Comment définir ce que sont les émissions d'une personne singulière ? L'approche consommation est quasi-exclusivement retenue, avec des variantes de mise en œuvre. Les émissions d'une personne sont alors les émissions engendrées par toutes les étapes de production des produits qu'elle consomme. Ce qu'on appelle son empreinte carbone⁷ compte donc non seulement les émissions aval qu'elle cause directement (en brûlant de l'essence dans son automobile) mais également les émissions amont qui ont été nécessaires à la

6. Tukker, Pollitt et Henkemans (2020) présente cinq principes d'attribution (production, consommation, extraction, revenu, valeur ajoutée) avec les méthodes afférentes.

7. L'usage du terme n'est pas cohérent à travers la littérature scientifique, militante ou journalistique (Pandey *et al.*, 2011).

fabrication des produits et services consommés (pour extraire le pétrole et le raffiner en essence ; pour chauffer la serre, transporter et conditionner la tomate achetée).

Comment mettre en œuvre cette approche ? Deux méthodes principales peuvent être mobilisées, en prenant appui sur des données de consommation, soit physiques, soit monétaires.

Une première méthode déduit les émissions à partir des quantités physiques (kilogramme de viande de bœuf, litre d'essence, m³ de gaz...) réellement consommées par une personne. Les difficultés de cette méthode portent tant sur le passage des quantités aux émissions que sur la connaissance des quantités. Si la conversion d'un litre d'essence en émissions repose sur un facteur d'émission précis déterminé par la chimie de la combustion, les émissions générées par la fabrication d'un produit sont plus compliquées à estimer. Elles sont connues par exemple par la partie amont d'une analyse de cycle de vie (ACV) du produit. La réalisation d'une ACV demande beaucoup de données sur les processus industriels, les consommations d'énergie, les matières premières, les fournisseurs et n'est pas systématique. Ainsi, les émissions contenues dans un produit acheté ne sont souvent pas connues. Les quantités consommées ne le sont pas non plus, ou alors imparfaitement, faute de dispositifs institutionnels ou privés pour les enregistrer. S'il est facile de reconstituer, à partir de la facture d'électricité, les kilowatt-heures consommés, qui peut dire de combien de kilogrammes de viande il s'est nourri et combien de litres d'essence il a brûlé ? On se restreint donc souvent aux émissions que l'on peut raisonnablement reconstituer à partir des données disponibles. Par exemple, avec les kilomètres parcourus dans l'année (enregistrés par le compteur) et le type de véhicule, on peut déduire avec une bonne approximation le CO₂ émis par l'utilisation du véhicule, là où une estimation plus précise serait obtenue à partir des litres d'essence. Cette méthode, ou des variantes simplifiées, est utilisée dans les bilans carbone individuels proposés par de nombreux sites internet (Pandey *et al.*, 2011), et dans quelques enquêtes sur les comportements des ménages (GreenInside, 2011 ; Sessego et Hébel, 2018).

La seconde méthode part des sommes dépensées pour la consommation en vue d'estimer les émissions totales. Elle combine des enquêtes statistiques, de type Budget de famille, qui donnent les dépenses segmentées en différents postes de consommation, avec des contenus en émissions pour chacun des postes, tels que les reconstitue l'analyse

*input-output*⁸. Comme cette méthode se fonde sur l'approche consommation des pays, elle hérite des incertitudes déjà signalées. Elle en ajoute des spécifiques, parce que l'estimation vise des situations particulières et non de grands agrégats macro-économiques. Si considérer un contenu en émissions moyen pour une branche industrielle peut se justifier comme représentant le contenu en émissions de la production moyenne de la branche, cet effet de moyenne ne joue plus dès lors que l'on considère des dépenses particulières : un individu déterminé achète un produit déterminé de la branche et non sa production moyenne.

En définitive, dans ces deux méthodes, les émissions individuelles selon l'approche consommation (ou empreinte carbone) sont calculées sur la combinaison de données d'activité (quantités consommées, sommes dépensées) et de facteurs d'émission (tCO_{2e} / litre d'essence...) ou de contenus en émissions (tCO_{2e} / euro dépensé). Outre la difficulté à recueillir précisément les données d'activité, l'usage de contenus en émissions moyens (un euro a le même contenu carbone, qu'il soit dépensé dans de l'habillement bas de gamme ou de luxe, ce que nous nommerons absence d'effet qualité) est responsable d'incertitudes sur le résultat final. Celles-ci peuvent être plus facilement contrôlées pour la méthode se fondant sur les quantités physiques, les facteurs d'émission étant moins incertains. Nous utiliserons la méthode monétaire pour estimer les empreintes carbone (2) et la méthode physique pour calculer les émissions liées aux énergies du logement et du transport (3).

1.3. Les présupposés de l'empreinte carbone

Compter les émissions d'un individu en fonction de sa consommation est aujourd'hui le principe d'attribution le plus répandu lorsqu'on traite des inégalités écologiques. De ce fait, les présupposés de ce principe sont rarement rappelés, discutés ou mis en cause, alors qu'ils sont parfois en tension avec le reste du discours au sein duquel l'empreinte carbone est mobilisée. Mieux vaut les avoir en tête pour être conscient du cadrage qui en découle.

Le principe d'attribution des émissions à la consommation est souvent justifié en faisant de celle-ci la cause des émissions⁹. Ce prin-

8. Steen-Olsen *et al.* (2016) décrivent précisément la méthode, ses difficultés et ses limites.

9. Druckman et Jackson (2009, p. 2066) le disent honnêtement et explicitement : « The premise of this study is that the responsibility for carbon dioxide emissions from economic activity lies with people's attempts to satisfy certain functional needs and desires. » La justification est plus souvent implicite et passe par l'emploi du mot « ultime », par exemple chez Ummel (2014, p. 1) ou Lenglar *et al.* (2010, p. 108).

cipe paraît naturel parce qu'il est congruent à d'autres représentations de l'économie, celle de la comptabilité nationale pour laquelle la consommation est une fin, celle des manuels d'économie dans lesquels la satisfaction des consommateurs, et non par exemple l'accumulation de capital, est le moteur du système économique, celle du néo-libéralisme qui insiste sur les choix des individus au détriment du rôle des structures collectives. Il résonne également avec celle de la consommation engagée qui dépeint de véritables « consomm'acteurs » qui peuvent orienter les conditions de production par leurs achats (Jacobsen et Dulsrud, 2007), tout comme il rejoint la problématisation engagée dans les années 1990 qui fait du consommateur-citoyen le responsable des pressions environnementales (Maniates, 2001 ; Rumpala, 2009). Il s'incarne dorénavant dans des dispositifs de mesure personnalisée des émissions, qui visent à informer les décisions des individus et modifier leurs pratiques (Paterson et Stripple, 2010). À travers ce jeu de correspondances, se déploie la vision d'un système économique commandé par les préférences des consommateurs, qui rend légitime de ramener les conséquences de l'activité économique, et en particulier les émissions de GES, à cette cause finale.

L'inconvénient de ce cadrage est de laisser dans l'ombre les nombreux acteurs, économiques comme politiques, impliqués dans les émissions de GES, et les différents rôles qu'ils jouent. Les émissions sont le produit d'un système socio-économique d'acteurs en interaction à de multiples niveaux. Les consommateurs ne sont qu'une catégorie parmi d'autres, à côté des entreprises qui choisissent les techniques de production ou des gouvernements qui édictent les règles organisant l'espace économique. Leur *agency* n'est pas plus ultime que celle des entreprises qui, certes, répondent à la demande, mais aussi la canalisent, l'encadrent et même la créent. Dans un système interdépendant, singulariser un acteur relève d'une convention.

Cette convention est tout à fait acceptable, aussi bien qu'une autre, tant qu'on en reste à l'imputation statistique des émissions. Le danger réside dans le sens moral accordé à cette attribution, parfaitement exprimé dans une phrase comme « nous sommes chacun responsable de nos émissions et de celles qui ont été nécessaires pour produire les biens que nous décidons de consommer » (Gollier, 2019). Même si le calcul d'empreinte carbone n'est pas effectué dans cette perspective, le glissement de sens d'imputation statistique à imputation causale puis morale, est fréquent, imperceptible et, pour tout dire, inévitable. En

effet la proximité sémantique entre imputation et responsabilité ne permet pas de dresser une barrière entre l'opération statistique et ses connotations morales¹⁰. Plutôt que d'ériger une séparation entre attribution et responsabilité, que la circulation des notions dans l'espace public aurait tôt fait d'annihiler, mieux vaut reconnaître que l'empreinte carbone véhicule une conception spécifique de la responsabilité, que la littérature en langue anglaise qualifie parfois explicitement de *consumer responsibility* (Munksgaard et Pedersen, 2001 ; Bastianoni *et al.*, 2004 ; Marques *et al.*, 2012).

Cette responsabilité du consommateur, vu comme un principe moral, est autant singulière qu'elle est contestable. Ainsi, en philosophie morale, deux conditions sont souvent requises pour parler de responsabilité : l'information et le contrôle (Oshana, 2015). Si l'on peut accepter que le consommateur soit responsable de son acte d'achat, est-il vraiment évident qu'il est responsable des émissions générées en amont de cet acte ? Le consommateur n'est pas, sauf cas exceptionnel, informé des émissions de CO₂ contenues dans le produit acheté, pas plus qu'il ne contrôle ces émissions – nettement moins, en tout cas, que l'entreprise qui pilote les lignes de production et les chaînes d'approvisionnement.

Ces remarques n'exonèrent pas les consommateurs de leur responsabilité, ni ne suggèrent que les changements de mode de vie sont superflus. Elles visent simplement à rappeler que les responsabilités sont partagées entre tous les acteurs qui concourent aux émissions de GES. Toute la question est de savoir si et comment on peut estimer la part de chacun, personnes physiques comme entités morales, structures comme groupes sociaux. Or, comme mesure de la responsabilité, l'empreinte carbone individuelle ne doit pas être prise littéralement, tant les conventions d'attribution s'éloignent des conceptions communes de la responsabilité. Les inégalités selon l'empreinte carbone relèvent plutôt d'un exercice de style qui donnerait la distribution des responsabilités si celles-ci étaient concentrées dans l'acte d'achat.

Perdre de vue qu'il s'agit d'un exercice de style fait prendre pour argent comptant la responsabilité des seuls consommateurs. Cela débouche sur une diminution des émissions conçue sous l'angle de

10. Dans son analyse du concept de responsabilité, Paul Ricoeur (1995) rappelle ainsi cette définition du Dictionnaire de Trévoux : « imputer une action à quelqu'un, c'est la lui attribuer comme à son véritable auteur, la mettre pour ainsi parler sur son compte et l'en rendre responsable ».

changement de mode de vie, de structure de consommation, de choix faits par les consommateurs. On discutera donc le choix d'équipement du consommateur (moteur thermique, hybride ou électrique ?) plutôt qu'une organisation de l'espace qui rend nécessaire un engin motorisé ou qu'un déploiement des infrastructures qui facilite l'usage de l'automobile. C'est le discours de la consommation responsable et des petits gestes de chacun, discours assez prégnant dans la communication publique (Comby, 2015). Or les réductions d'émissions associées aux changements de comportement et à l'investissement des consommateurs, sans être négligeables, ne sont pas suffisantes et doivent être complétées par des actions structurantes de la part des entreprises et de la puissance publique (Dugast et Soyeux, 2019). Convoquer les inégalités écologiques dans le débat a alors l'effet paradoxal de renforcer ce cadre individualiste et moralisateur, au détriment d'une mise en lumière des rapports de pouvoir, des décisions collectives et des actions à mener en commun (Marshall, 2017, chap. 36).

Tout en nous inscrivant malgré tout, pour les besoins de l'exercice, dans ce cadre individualiste, nous avons souhaité conserver un rappel de l'insertion des individus, et de leurs émissions, dans un emboîtement de cadres collectifs. Nous n'avons donc pas calculé les émissions au niveau de l'individu, mais au niveau immédiatement supérieur du ménage. Le ménage est l'unité statistique d'observation des dépenses de consommation. C'est aussi de fait l'unité sociale au sein de laquelle de nombreux services, et donc les émissions qui s'y rapportent, sont réalisés et mutualisés du point de vue des individus qui la composent.

Si la logique de l'approche consommation permet d'aller en théorie jusqu'au niveau de l'individu, sa mise en œuvre se heurte en effet à deux écueils : un écueil pratique puisqu'il faudrait dire quel membre du ménage bénéficie et en quelle proportion des biens et services consommés alors que certaines données n'existent qu'au niveau du ménage ; un écueil conceptuel puisqu'il faudrait définir une convention d'attribution des émissions mutualisées (le chauffage d'un logement sert à tous ses occupants), écueil analogue, au niveau du ménage, à celui rencontré au niveau de la nation (comment attribuer aux ménages les émissions de la consommation publique, par exemple la défense nationale ?). Ces écueils sont généralement ignorés en divisant les émissions par le nombre de membres du ménage. Nous n'avons pas voulu recourir à cet artifice de présentation, qui réduit à tout prix à l'individuel ce qui relève pour partie d'un collectif.

Calculer les émissions par ménage signifie que la taille du ménage est un facteur de variation (à la hausse) des émissions des ménages que nous calculerons. Diviser les émissions par la taille du ménage pour obtenir des émissions par tête n'élimine pas cette variation, mais en renverse seulement le sens. La composante mutuelle irréductible des émissions fait qu'on ne peut les comparer indépendamment de la taille du ménage¹¹ : prises sous l'angle de l'individu, les émissions sont plus faibles pour un individu appartenant à un grand ménage ; prises sous l'angle du ménage, les émissions sont plus élevées pour un grand ménage. Dans quelque sens qu'on prenne le problème, la composition du ménage est un facteur d'inégalités écologiques.

2. Les inégalités d'empreinte carbone

Après cette discussion de méthode, nous présentons un panorama¹² des inégalités écologiques en nous fondant d'abord sur l'« empreinte carbone » des ménages français, établie pour l'année 2010.

En 2010, l'empreinte carbone¹³ de l'économie nationale s'élève à 741 MtCO_{2e}. Nous avons attribué aux ménages leurs émissions directes, les émissions incorporées dans leur demande finale, ainsi que dans celle des administrations publiques¹⁴. L'ensemble des émissions allouées représente ainsi 615 MtCO_{2e}, soit en moyenne 22,1 tCO_{2e} par ménage (9,9 tCO_{2e} par personne), légèrement moins que les 26,7 tCO_{2e} par ménage (12,0 tCO_{2e} par personne) lorsque toutes les composantes de l'empreinte carbone nationale sont prises en compte.

Pour reconstituer l'empreinte carbone d'un ménage, les émissions de la demande finale des ménages ont été distribuées en fonction de ses dépenses de consommation courante, données par l'enquête Budget de famille de l'Insee. Le principe est similaire pour les émissions directes (voir annexe B.1.2). Les émissions de la demande des adminis-

11. Voir Underwood et Zahran (2015) pour une discussion, ainsi que Gough *et al.* (2012, §3.1 et §5), Büchs et Schnepf (2013, p. 118) ou Weber et Matthews (2008, p. 385).

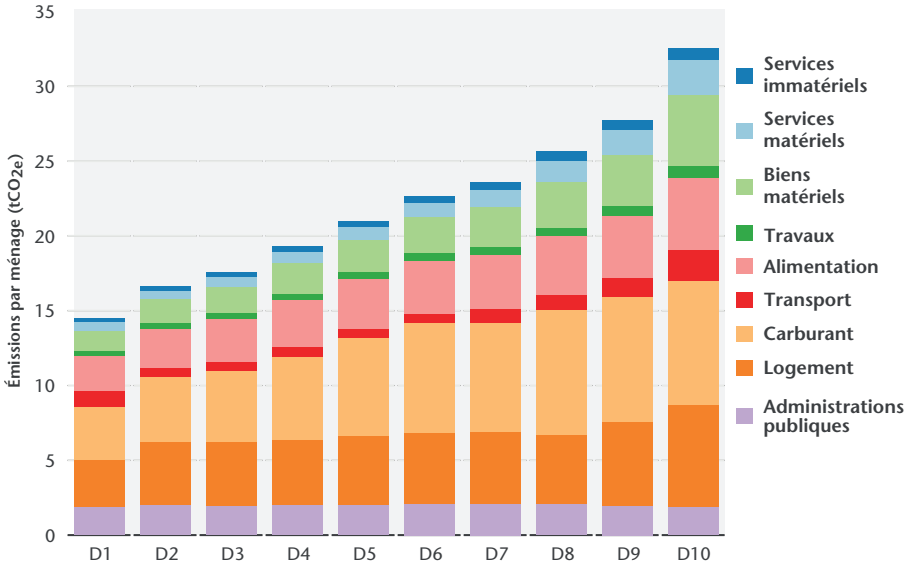
12. Ce panorama est congruent avec les résultats obtenus par une équipe OFCE-Ademe, indépendamment de nous (Malliet, 2020 ; Malliet *et al.*, 2020), à partir des mêmes données de 2010, dernières disponibles.

13. Dans cet article, les émissions sont toujours exprimées en tonnes équivalent-CO₂ (pour une histoire technico-politique de cette métrique, voir Pottier, 2020 ; pour les limitations physiques de cette équivalence, cf. Fuglestvedt *et al.*, 2003), bien que les émissions de la partie 3 soient des émissions de CO₂ uniquement. Sur la source des données, voir annexe A.

14. Pour plus de détails, sur les composantes de l'empreinte carbone et le périmètre retenu, cf. annexe B.1.1.

trations publiques ont été allouées selon un principe civique, qui attribue ces émissions au prorata du nombre de personnes par ménage : 2 tCO_{2e} reviennent ainsi à une famille de taille et de composition moyenne (0,9 tCO_{2e} par personne).

Graphique 1. Inégalités d’empreinte carbone : la vision moyenne par décile de niveau de vie, segmentée selon les postes de consommation
Moyenne nationale : 22,1 tCO_{2e} par ménage et par an



Sources : Insee, BdF 2011, calculs des auteurs.

Le graphique 1 présente les empreintes carbone, segmentées par poste de consommation, pour chaque décile de niveau de vie. Les ménages sont répartis par groupe de niveau de vie (revenus corrigés par unité de consommation) et l’empreinte carbone est moyennée pour chaque groupe¹⁵. Deux effets déterminent l’évolution de l’empreinte carbone en fonction du niveau de vie : l’effet volume (si toutes les dépenses sont multipliées par deux, l’empreinte carbone est multipliée par deux) et l’effet structure (le changement de répartition des dépenses entre les postes modifie l’empreinte carbone dans la mesure où les postes ont des contenus en émissions différents). En réalité, un troisième effet, l’effet qualité, altère l’effet volume (cf. discussion du 4.1).

15. Voir annexe B.1.2 pour la définition des postes.

On constate une progression des émissions avec le niveau de vie des ménages : un ménage appartenant aux 10 % plus riches (D10) émet en moyenne 33 tCO_{2e}, soit 2,2 fois plus qu'un ménage moyen des 10 % plus pauvres (D1), qui émet 15 tCO_{2e}. Cette progression s'explique essentiellement par celle des dépenses (effet volume) puisque le ratio des dépenses annuelles moyennes entre D10 et D1 est de 2,8. Remarquons au passage que les disparités de revenus sont plus fortes encore (ratio entre D10 et D1 de 8,8), car la fraction allouée à la consommation courante baisse quand le revenu augmente, le reste étant épargné¹⁶.

L'effet structure résulte de la combinaison d'un contenu en émissions différent selon les postes de dépenses, avec une évolution de la structure des dépenses avec le niveau de vie. Il joue principalement pour les dépenses énergétiques. D'une part, celles-ci ont un contenu en émissions nettement supérieur aux autres dépenses (autour de 3,5 kgCO_{2e} / € contre 0,5 kgCO_{2e} / €). D'autre part, les dépenses d'énergie des ménages progressent moins vite avec le revenu que les autres dépenses : elles représentent 11,4 % des dépenses chez les plus pauvres (D1) contre seulement 9,3 % chez les plus riches (D10). Cette observation, déjà faite par de nombreuses études, suggère une certaine saturation, en moyenne, des besoins énergétiques. Les riches reportent leur budget additionnel vers l'épargne et vers des dépenses moins émettrices : habillement, loisirs, culture, services de restauration... En conséquence, le ratio des émissions moyennes entre D10 et D1 est plus faible que celui des dépenses. Au-delà des dépenses d'énergie, l'impact de l'effet structure est négligeable car les contenus en émissions des dépenses d'énergie sont supérieurs d'un ordre de grandeur à ceux des autres biens et services, qui sont assez proches les uns des autres.

Les moyennes des empreintes carbone masquent une grande hétérogénéité de situations réelles à tout niveau de revenu, illustrée par le graphique 2. Le graphique 2a reste dans une segmentation verticale, par niveau de revenu, de la population, mais au lieu de présenter les empreintes carbone moyennes du graphique 1, il montre les valeurs médianes (autant de ménages au-dessus qu'au-dessous), ainsi que les

16. On pourrait ici se poser la question des émissions générées par l'épargne. Dans l'approche consommation, il n'y a toutefois pas lieu d'en tenir compte : l'épargne investie génère certes des émissions, mais pour produire des biens ; les consommateurs de ces biens se verront imputés les émissions. L'approche revenu, en revanche, considère que l'épargne émet du carbone : elle comptabilise les émissions permises par les facteurs de production (capital sous forme d'épargne investie, travail), mais en conséquence, il n'y a plus d'émissions liées à la consommation.

premier et troisième quartiles, des empreintes carbone au sein de chaque décile de niveau de vie. Il est patent qu'il y a, au sein de chaque décile, une grande hétérogénéité et que celle-ci n'est pas liée au revenu. En effet, les ménages du quart le plus émetteur du D1 émettent plus que les ménages du quart le moins émetteur du D10.

Une autre manière de visualiser cette hétérogénéité est d'examiner, du point de vue des classes de revenu, la composition des 10 % de ménages qui émettent le plus ou le moins. Parmi les 10 % de ménages les plus émetteurs, on trouve 26 % de ménages du D10, 17 % du D9, 13 % du D8 et 24 % de la moitié inférieure de la distribution des revenus. La situation est analogue pour les 10 % de ménages les moins émetteurs : 25 % de ménages du D1, 17 % du D2, 15 % du D3 et 22 % de la moitié supérieure de la distribution des revenus¹⁷.

Le graphique 2b permet d'appréhender une des dimensions horizontales de cette hétérogénéité. Il découpe les groupes de revenus selon la localisation des ménages (rural, banlieue, centre urbain). Les moyennes par localisation et par niveau de revenu offrent un tableau bien moins tranché. L'empreinte carbone tend toujours, bien que de façon moins monotone, à progresser avec le revenu pour chaque localisation, mais celle-ci est aussi déterminante pour le niveau de l'empreinte. Habiter en centre urbain conduit systématiquement, pour un même décile de niveau de vie, à une empreinte en moyenne plus faible que pour les autres localisations ; dans le haut de la distribution des revenus, les ménages de banlieue tendent à avoir les empreintes moyennes les plus élevées.

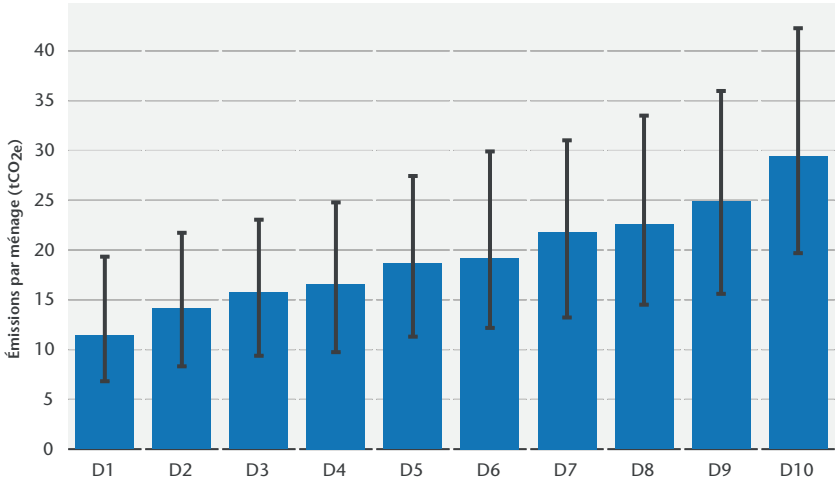
Nous rencontrerons dans la partie suivante d'autres dimensions horizontales des inégalités d'émissions lors de l'analyse des émissions liées aux énergies du logement et du transport à partir de bases de données qui permettent de considérer une plus grande diversité de facteurs techniques, géographiques et socio-démographiques. Il est probable que la méthode suivie ici, qui se fonde sur les dépenses et utilise des contenus moyens en émissions par euro dépensé, surestime l'effet du revenu par rapport aux autres facteurs de variabilité, en particulier parce qu'elle néglige la dispersion des facteurs physiques qui déterminent les émissions des énergies du logement et du transport des ménages.

17. Ces estimations de la variabilité sont toutefois à prendre avec précaution, voir la discussion dans l'annexe B.1.3.

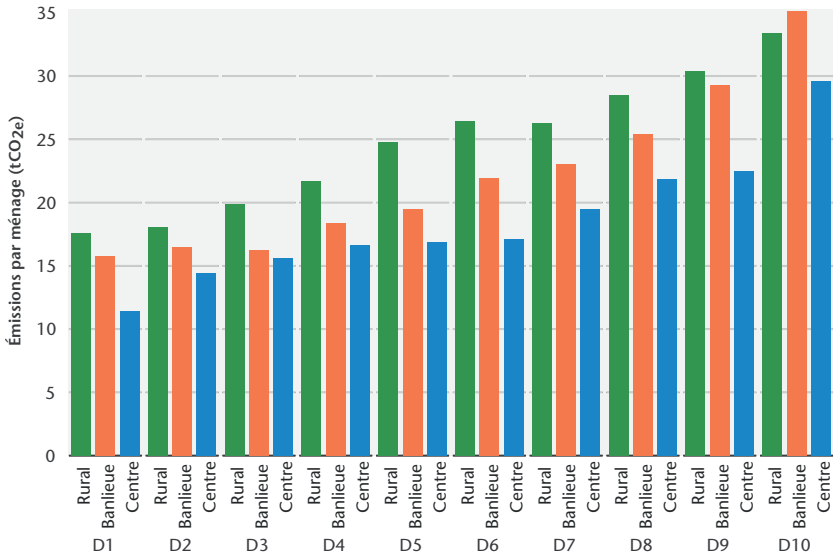
Graphique 2. Inégalités d’empreinte carbone : au-delà de la vision moyenne et verticale

Moyenne nationale : 22,1 tCO_{2e} par ménage et par an ;
 médiane nationale : 18,9 tCO_{2e} par ménage et par an

(a) Premier quartile, médiane et troisième quartile par décile de niveau de vie



(b) Moyenne par décile de niveau de vie et par localisation



Sources : Insee, BdF 2011, calculs des auteurs.

3. Les inégalités d'émissions des services énergétiques : transport et logement

Nous nous focalisons maintenant sur les inégalités d'émissions¹⁸ de deux grands bouquets de services énergétiques : ceux liés au transport et ceux liés au logement. Ces émissions englobent les émissions de la combustion d'énergie fossile directement réalisée par les ménages, mais pas uniquement. Si la combustion directe délimitait un périmètre cohérent, il nous a paru plus judicieux de raisonner en termes d'unité fonctionnelle, par rapport aux services énergétiques rendus aux ménages, de manière à ne pas faire de différence entre ceux qui utilisent leur équipement personnel et ceux qui achètent ces services. Les émissions étudiées ici prennent en compte ainsi aussi bien les émissions directes des ménages (l'essence du véhicule) que celles des producteurs de services équivalents (l'essence des bus), mais pas les émissions indirectes (les émissions de la construction de la voiture ou du bus, les émissions pour raffiner l'essence). Sont ainsi inclus dans le périmètre des façons plus ou moins carbonées de fournir le même service, qu'elles soient opérées ou non par les ménages.

Il y a deux raisons pour s'attarder sur les émissions des énergies du transport et du logement des ménages. Du point de vue de la nature des émissions, elles représentent deux grands postes des émissions françaises et concentrent l'action des pouvoirs publics. Elles sont aussi en prise directe avec les comportements des ménages. Du point de vue de la méthode, on dispose pour ces deux postes d'enquêtes qui permettent de reconstituer les données physiques plutôt que des montants de dépenses. Ces sources apportent des informations plus précises sur la diversité des pratiques, des facteurs physiques et techniques qui régissent l'hétérogénéité des émissions.

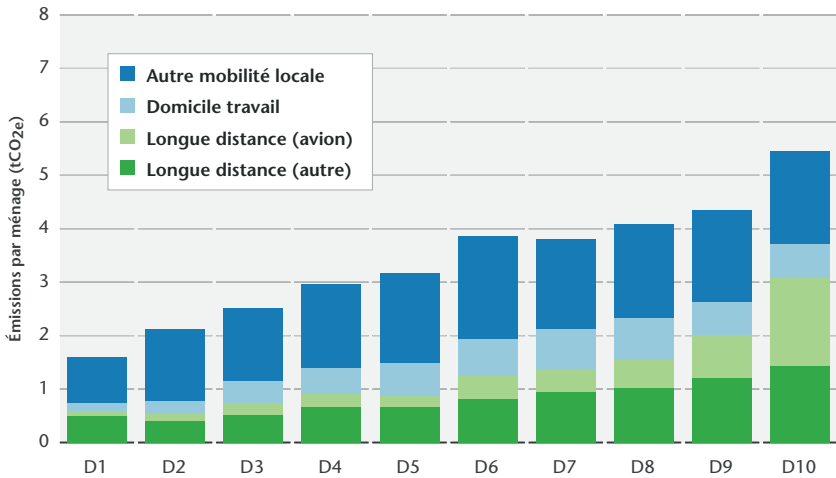
3.1. Émissions du transport

Les émissions du transport¹⁹ par niveau de vie et leur variabilité sont présentées sur les graphiques 3 et 4. Elles progressent de manière monotone : les plus pauvres (D1) émettent en moyenne 1,6 tCO_{2e} par ménage et par an et les plus riches (D10) 5,4 tCO_{2e}, soit un rapport

18. Cette partie ne traite que des émissions de CO₂ et pas des autres gaz à effet de serre, même si l'unité utilisée est toujours la tCO_{2e}.

19. Nous avons utilisé l'Enquête Nationale Transport et Déplacement de l'Insee (2008) et une modélisation des caractéristiques techniques des véhicules particuliers, voir annexe B.3. Pour une autre exploitation de cette enquête, voir Longuar *et al.* (2010).

Graphique 3. Inégalités d'émissions liées au transport : moyenne par décile de niveau de vie, segmentée selon les types de mobilité
Moyenne nationale : 3,4 tCO_{2e} par ménage et par an



Sources : Insee, ENTND 2008, calculs des auteurs.

D10/D1 de 3,4 pour l'ensemble des émissions. Le diagnostic peut cependant être affiné en distinguant les émissions de la mobilité locale et celles de la mobilité à longue distance. Les émissions de la mobilité locale progressent fortement dès les classes moyennes basses, mais plafonnent au-delà. Pour la moitié de la population la plus riche, elles restent autour de 2,4 tCO_{2e} par ménage et par an, ce qui conduit à un rapport D10/D1 plutôt faible à 2,3. Au contraire, les émissions de la mobilité à longue distance progressent plus lentement puis plus fortement dans les déciles supérieurs, une évolution nettement marquée pour les émissions liées à l'avion. Pour leurs déplacements à longue distance, les ménages du D10 émettent 3,1 tCO_{2e}, dont 1,7 pour les déplacements en avion, ce qui correspond à des émissions 1,5 fois supérieures à celles des ménages du D9 (2,1 fois pour l'avion), et très fortement supérieures à celles des ménages du D1 (5,2 fois et 15 fois pour l'avion).

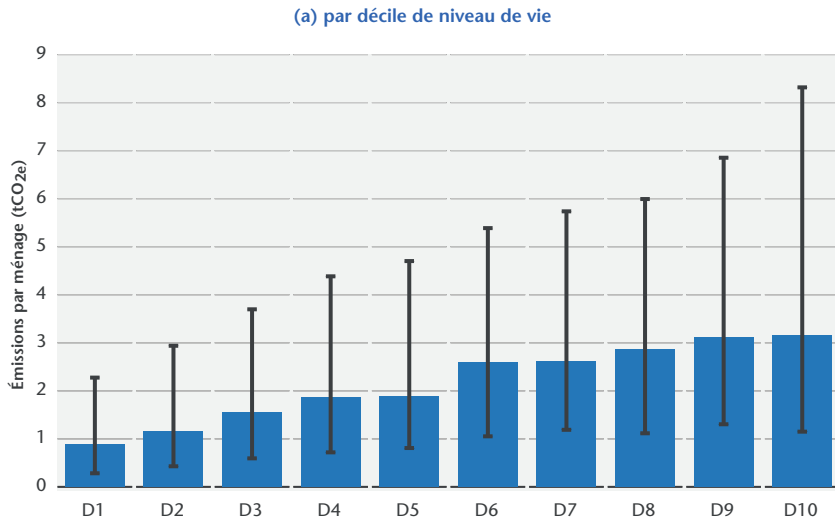
La forte progression en fonction du revenu de la mobilité à longue distance contraste ainsi fortement avec la relative stagnation de la mobilité locale. Or, les déterminants de ces mobilités diffèrent : les déplacements locaux relèvent pour une bonne part de la nécessité (aller au travail, à l'école, faire les courses...) et sont plus contraints que

les déplacements à longue distance souvent associés aux loisirs. Ces émissions de loisir, plus accessibles aux classes supérieures, sont aussi celles pour lesquelles la part de choix des ménages est la plus grande.

À tout niveau de vie cependant, les différences d'émission de CO₂ sont très fortes (graphique 4a). La dispersion croît au sein de chaque décile, l'écart interquartile passe ainsi de 2 tCO_{2e} au sein du D1 à 7,2 tCO_{2e} au sein du D10. L'insertion dans le tissu urbain rend compte d'emblée d'une part de la variabilité (graphique 4b) : les émissions varient fortement, à chaque niveau de vie, selon que l'on vit en territoire rural (3,9 tCO_{2e}), en banlieue (3,4 tCO_{2e}) ou en centre-ville (2,4 tCO_{2e}). La situation particulière des ruraux avait déjà été notée par des études antérieures (Büchs et Schnepf (2013, p. 120-121) pour le Royaume-Uni, Gill et Moeller (2018) pour l'Allemagne). Mais surtout 53 % des urbains émettent moins de 1 tCO_{2e} pour leur transport, tandis que c'est le cas pour 35 % des ménages ruraux et 38 % des ménages de banlieue. Ainsi, cette fois encore, on constate des situations très variées au sein de ces groupes.

Graphique 4. Variabilité d'émissions du transport : premier quartile, médiane et troisième quartile

Moyenne nationale : 3,4 tCO_{2e} par ménage et par an ;
médiane nationale : 2,5 tCO_{2e} par ménage et par an

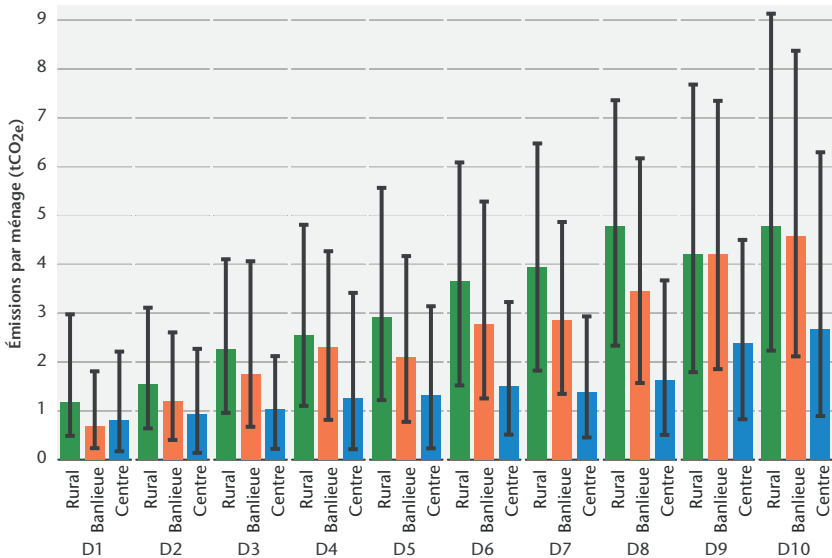


Sources : Insee, ENTND 2008, calculs des auteurs.

Graphique 4. Variabilité d'émissions du transport : premier quartile, médiane et troisième quartile

Moyenne nationale : 3,4 tCO_{2e} par ménage et par an ;
médiane nationale : 2,5 tCO_{2e} par ménage et par an

(b) par décile de niveau de vie et localisation



Sources : Insee, ENT D 2008, calculs des auteurs.

On peut décomposer cette variabilité des émissions de CO₂ (graphique 5a) en observant les différences de services énergétiques consommés (la mobilité, mesurée en km parcourus) et les différences de modes de transport utilisés, qui déterminent la consommation d'énergie nécessaire pour parcourir ces kilomètres (l'efficacité énergétique) et le CO₂ émis (les sources d'énergie et leur contenu carbone).

Selon le niveau de revenu, on observe une progression claire de la mobilité (graphique 5b). Les ménages riches appartenant au D10 parcourent en moyenne 50 000 km par an, soit près de 3 fois plus que les plus pauvres du D1 qui parcourent 17 000 km. La disponibilité d'équipement de transport peut jouer : la proportion de ménages n'ayant pas de véhicule particulier diminue continûment avec le niveau de vie, de 47 % pour les 10 % plus pauvres²⁰, à 8 % pour les 10 % plus

20. Leur dépendance à la voiture particulière doit donc être mise en perspective : beaucoup n'ont pas les moyens d'acquérir un véhicule.

riches. La mobilité locale progresse rapidement : de 10 700 km pour le D1 à 18 500 km pour le D4, puis elle plafonne autour de 21 000 km à partir du D5. La mobilité à longue distance progresse, elle, de manière exponentielle : les ménages du D10 parcourent 12 800 km en avion, ceux du D1 850 km.

Les différences de mobilité se reflètent bien en différences d'émissions. En effet les modes de transport utilisés fonctionnent aujourd'hui essentiellement aux carburants fossiles (73 % des déplacements se font en véhicule particulier, et 10 % en avion, cf. graphique 5c). Les modes actifs (vélo, marche) sont limités aux déplacements de faible distance, tandis que le rail et les transports en commun pour les courtes et longues distances ne servent qu'une fraction très limitée des kilomètres parcourus. En ce qui concerne la consommation d'énergie fossile par distance parcourue, les différences d'efficacité énergétique jouent peu : l'ordre de grandeur de la consommation pour parcourir 100 km est similaire entre l'avion et les véhicules individuels et pour ces derniers, le contenu carbone du kilomètre parcouru en voiture varie très peu. La taille et le poids des véhicules haut de gamme sont en partie compensés par une meilleure efficacité énergétique, ce qui fait que la consommation par kilomètre croît peu avec le revenu. Globalement les émissions sont donc aujourd'hui en premier lieu corrélées aux distances parcourues.

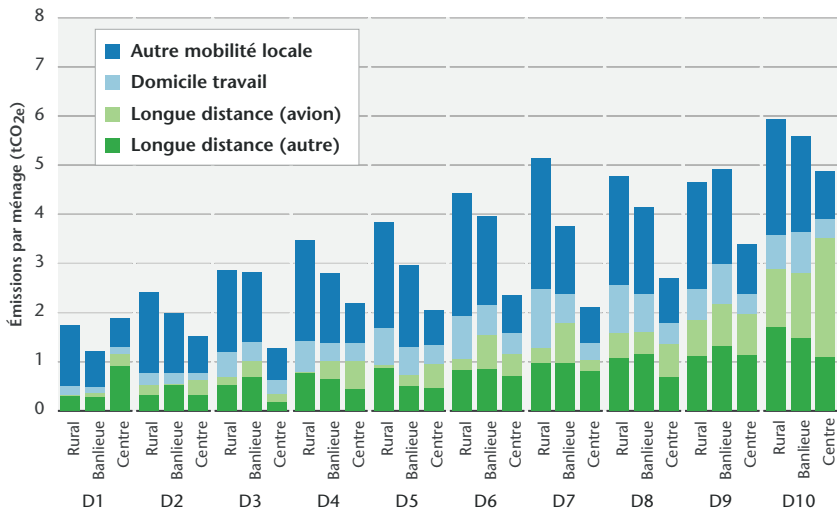
Les localisations selon le tissu urbain jouent fortement sur les émissions car elles conditionnent à la fois la mobilité (les kilomètres parcourus, graphique 5b) et les modes de transport disponibles (graphique 5c). Les ruraux ont une mobilité annuelle plus grande : un ménage rural parcourt environ 35 000 km par an, un ménage de banlieue 32 000, un ménage urbain 25 500. Mais ce sont surtout les modes de transport utilisés par les ruraux pour parcourir leurs distances qui sont plus émetteurs. Certes, les urbains émettent plus pour leurs voyages à longue distance, plus fréquents, puisqu'ils utilisent davantage l'avion (0,6 tCO_{2e} pour un ménage en centre-ville, 0,5 tCO_{2e} en banlieue et 0,3 tCO_{2e} pour un rural, voir discussion des émissions du transport aérien dans l'annexe B.5).

Mais les kilomètres parcourus en mobilité locale et la dépendance aux véhicules individuels pour ces déplacements (en majorité des motorisations thermiques, le mode de transport le plus émetteur par kilomètre parcouru) sont plus importants pour les ruraux. 11 % des ménages ruraux n'ont pas de véhicule, contre 17 % en banlieue et

33 % en centre-ville. Les déplacements en voiture et deux roues représentent 84 % des kilomètres parcourus, contre 73 % en banlieue et 55 % en centre-ville. L'usage des transports en commun est beaucoup moins fréquent et possible (8 % des kilomètres parcourus, contre 14 % en banlieue et 24 % dans les centres), de même que les déplacements actifs, à pied et à vélo (2 % des kilomètres de déplacement courte-distance, contre 4 % en banlieue et 8 % en ville). Nul doute que des données plus extensives permettraient de mettre en évidence des contraintes plus spécifiques, à l'instar des ultra-marins qui ne peuvent utiliser que l'avion pour se rendre en métropole. L'usage de l'avion est d'ailleurs plus l'apanage des centres urbains que des campagnes, avec, lorsqu'on regarde de manière plus fine, une concentration dans les grandes villes et en particulier dans l'agglomération parisienne (Bouffard-Savary, 2010, p. 197). L'offre d'infrastructures, les technologies de transport disponibles, les distances à parcourir, etc., sont autant de facteurs importants pour expliquer la disparité des émissions, facteurs qui sont cependant très lâchement corrélés au revenu et ne sont pas contrôlés par les ménages mais plutôt par les politiques urbaines et l'aménagement du territoire.

Graphique 5. Émissions du transport et facteurs techniques

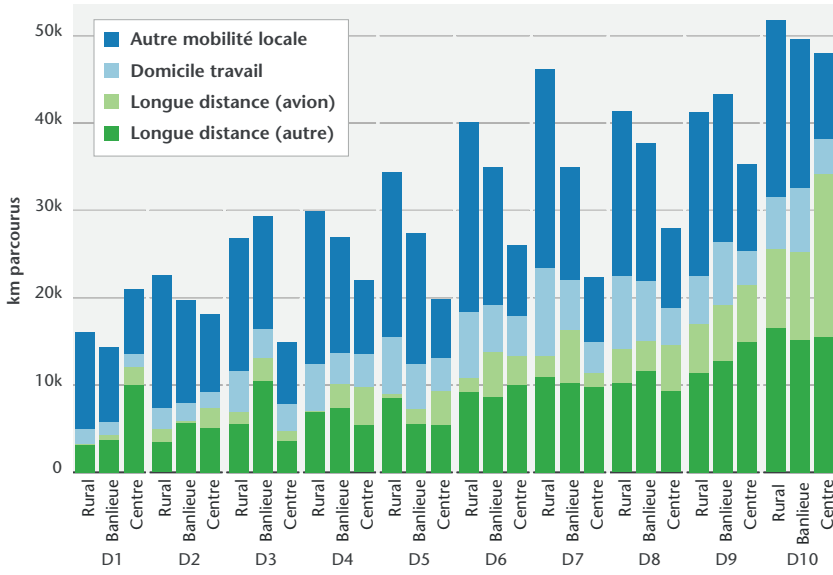
(a) Émissions du transport segmentées selon les types de mobilité, par décile de niveau de vie et localisation



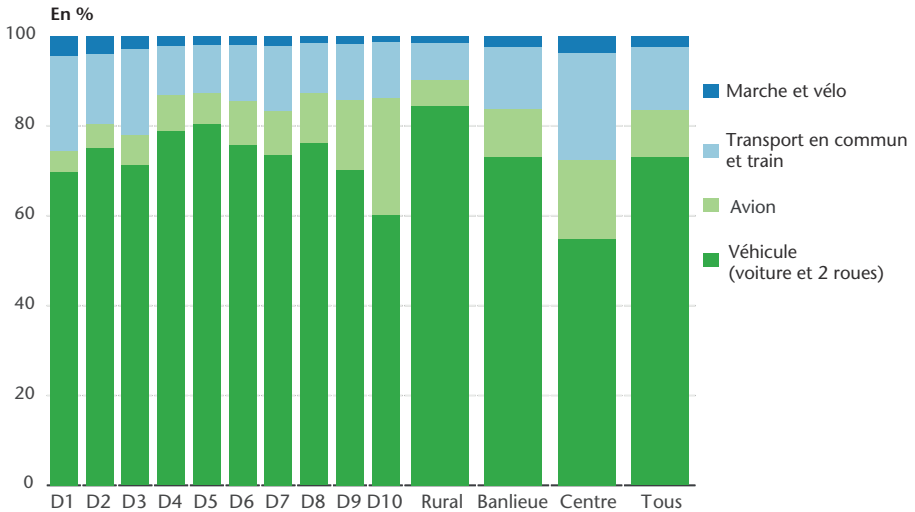
Sources : Insee, ENT D 2008, calculs des auteurs.

Graphique 5. Émissions du transport et facteurs techniques

(b) Kilomètres parcourus segmentés selon les types de mobilité, par décile de niveau de vie et localisation

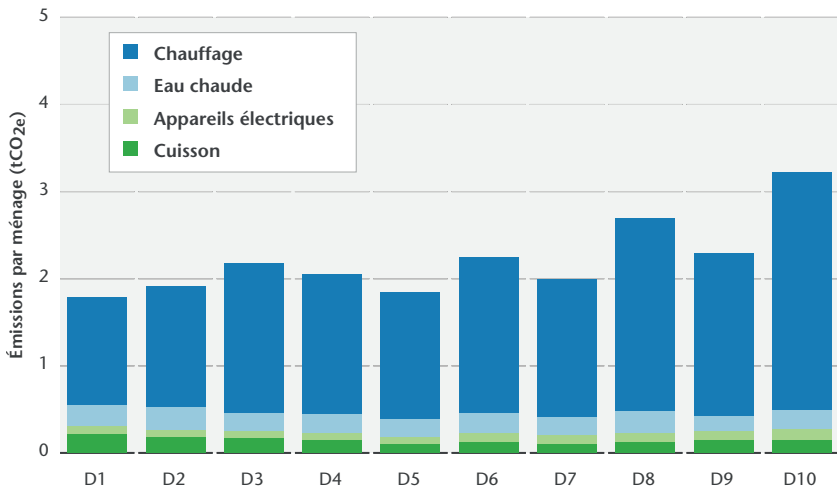


(c) Proportion des modes de transport pondérée par les kilomètres parcourus, par décile de niveau de vie et par localisation



Sources : Insee, ENT D 2008, calculs des auteurs.

Graphique 6. Inégalités d'émissions des énergies du logement : moyenne par décile de niveau de vie, segmentée selon les usages
Moyenne nationale : 2,3 tCO_{2e} par logement et par an



Sources : Insee, PHEBUS 2013, calculs des auteurs.

3.2. Émissions des énergies du logement

Les émissions liées aux énergies du logement²¹ mettent en avant d'autres dynamiques et modèrent encore plus le rôle du niveau de vie, en accord avec la littérature existante (Büchs et Schnepf, 2013). Le graphique 6 présente les moyennes nationales par décile de niveau de vie selon les différents usages de l'énergie au sein du logement (chauffage, cuisson, eau chaude, électricité des appareils). Si les plus pauvres (D1) émettent moins que les plus riches (D10) (1,8 tCO_{2e} contre 3,2 tCO_{2e} par ménage et par an), la progression des émissions en fonction du niveau de vie est assez heurtée, laissant présager une grande variabilité, ce qui est confirmé par l'examen de celle-ci à l'intérieur de chaque décile (graphique 7). La dispersion est ici extrême, sans tendance claire en fonction du revenu. L'éclatement en fonction du tissu urbain montre que celui-ci capte une certaine part de variabilité. Un ménage urbain émet en moyenne 1,4 tCO_{2e} pour le logement contre 2,6 tCO_{2e} en territoire rural et 2,4 tCO_{2e} en banlieue, mais

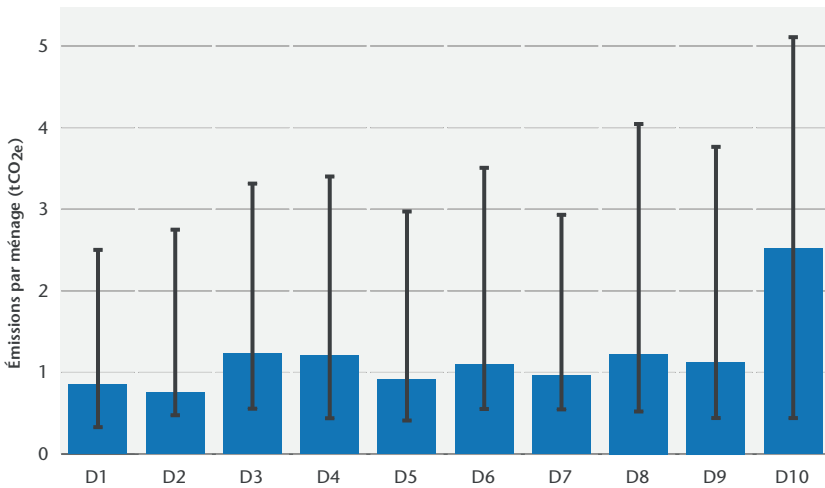
21. Nous avons utilisé l'Enquête Performance de l'Habitat, Équipements, Besoins et Usages de l'énergie (Phébus, 2013), voir annexe B.2. Cette enquête ne couvrant pas les résidences secondaires, le logement doit s'entendre ici comme résidence principale.

surtout 61 % des ménages urbains émettent moins de 1 tCO_{2e} tandis que 61 % des ménages ruraux et 64 % des ménages de banlieue émettent plus de 1 tCO_{2e}.

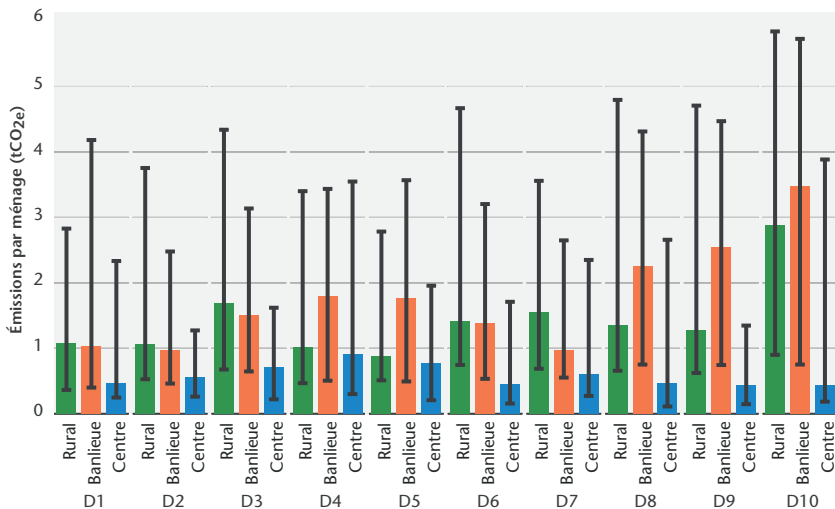
Graphique 7. Variabilité d'émissions des énergies du logement : premier quartile, médiane et troisième quartile

Moyenne nationale : 2,3 tCO_{2e} par logement et par an ;
médiane nationale : 1,1 tCO_{2e} par logement et par an

(a) par décile de niveau de vie



(b) par décile de niveau de vie et par localisation



Sources : Insee, PHEBUS 2013, calculs des auteurs.

La décomposition selon les usages montre que les émissions liées à l'eau chaude ou à la cuisson ne présentent pas de variation nette, tandis que celles liées à l'électricité spécifique (celle des équipements) augmentent légèrement avec le niveau de vie, et varient avec la localisation, mais restent de toute façon minimales car le contenu carbone de l'électricité française est très faible (graphique 8a) – caractéristique qui ne relève pas d'un choix des ménages, mais découle d'un choix politique (et décrié) en faveur du nucléaire. La source majeure de variabilité des émissions est donc le chauffage, auquel sont liés 80 % des émissions des énergies du logement.

On peut décomposer cette variabilité en s'intéressant aux services énergétiques rendus (surface en m² chauffés), à l'efficacité énergétique (énergie dépensée par m²) et au contenu carbone de l'énergie. Les surfaces augmentent avec le revenu (graphique 8b), mais aussi avec la proportion de maisons individuelles, variable elle-même liée au revenu et également au tissu urbain. Les 10 % les plus pauvres occupent 75 m² en moyenne, souvent des logements collectifs (65 %), tandis que les 10 % les plus riches disposent de 126 m² (sans tenir compte des résidences secondaires) et détiennent plus souvent des maisons individuelles (65 %). Mais ce sont surtout les différences de tissu urbain qui sont facteurs de variabilité : un ménage rural occupe en moyenne 111 m² (88 m² pour un ménage pauvre du D1, 156 m² pour un riche du D10), 92 m² en banlieue (74 m² pour D1, 131 m² pour D10), et 70 m² en centre-ville (62 m² pour D1, 95 m² pour D10). La proportion de maisons individuelles est plus importante en milieu rural (84 %) qu'en banlieue (57 %) et qu'en ville (19 %). C'est surtout en banlieue que cette proportion de maisons individuelles augmente continûment et sensiblement avec le revenu (84 % pour le D10, 26 % seulement pour le D1).

En ce qui concerne la consommation énergétique annuelle par unité de surface (kWh/m²/an), la corrélation avec les classes de revenu est faible (graphique 8c). Les plus riches consomment environ 124 kWh/m²/an pour leur chauffage, les plus pauvres autour de 139 kWh/m²/an. En revanche, le type de logement, maison individuelle ou immeuble collectif, apporte une différence marquée. Ces chiffres agrégés cachent des situations très différentes de dépendance à l'énergie. Pour ces consommations réelles disparates, la distinction est rarement faite entre des différences d'efficacité énergétique – tant des systèmes de chauffage (vieille chaudière au fioul contre pompe à chaleur neuve) que du

bâti (passoire énergétique contre bâtiment passif) – et des différences de pratiques (chauffage à 23°C plutôt qu'à 18°C, voire privations)²² ou de besoins (en fonction du climat plus ou moins rude entre le nord et le sud, la côte et la montagne) ou de l'occupation professionnelle (retraité qui reste à la maison contre salarié qui travaille en entreprise, cf. Gough *et al.*, 2012, p. 16-19). Pour les plus pauvres et modestes, on touche ici à la problématique de la précarité énergétique, notoirement multifactorielle et difficile à identifier (Dubois, 2012 ; Ambrosio *et al.*, 2013).

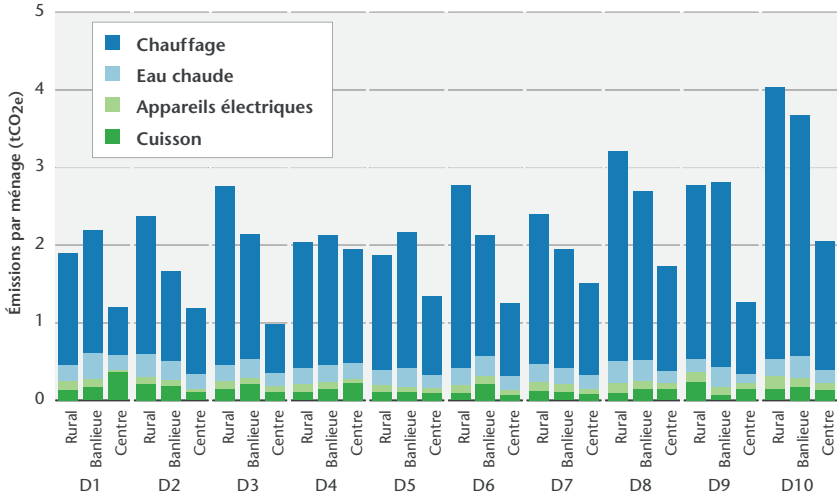
Nos données d'enquête nous permettent de faire abstraction des pratiques et de calculer (avec la méthode de diagnostic de performance énergétique (DPE) des consommations théoriques, qui tiennent compte des besoins de chauffage liés au climat (degrés-heure annuels), de la performance des logements (déperdition surfacique d'énergie) et de l'efficacité énergétique des systèmes de chauffage. Ce regard approfondi montre que la performance énergétique des systèmes de chauffage et des logements est corrélée avec le revenu des occupants (graphique 8d). Cette corrélation est encore plus forte avec le statut d'occupation de son logement, le pouvoir d'action des propriétaires étant un facteur majeur pour engager les travaux nécessaires (Bourgeois *et al.*, 2019).

Il ne faudrait pas en déduire que, dans ce contexte, les surfaces à chauffer déterminent les émissions. Au contraire, à la différence de la situation du transport, les services énergétiques du logement expliquent de manière limitée la variabilité des émissions, en raison de systèmes techniques hétérogènes. Là où, dans le transport, la technique est (pour l'instant) relativement homogène, avec une dominance de la voiture individuelle alimentée par les produits pétroliers, les caractéristiques techniques des logements et des systèmes de chauffage sont plus divers. C'est cette diversité qui explique au premier chef la variabilité des émissions des énergies du logement aujourd'hui, car le facteur d'émission peut être très différent selon le système de chauffage (chaudière au gaz ou au fioul, radiateur électrique, pompe à chaleur, poêle à bois, raccord à un réseau de chaleur).

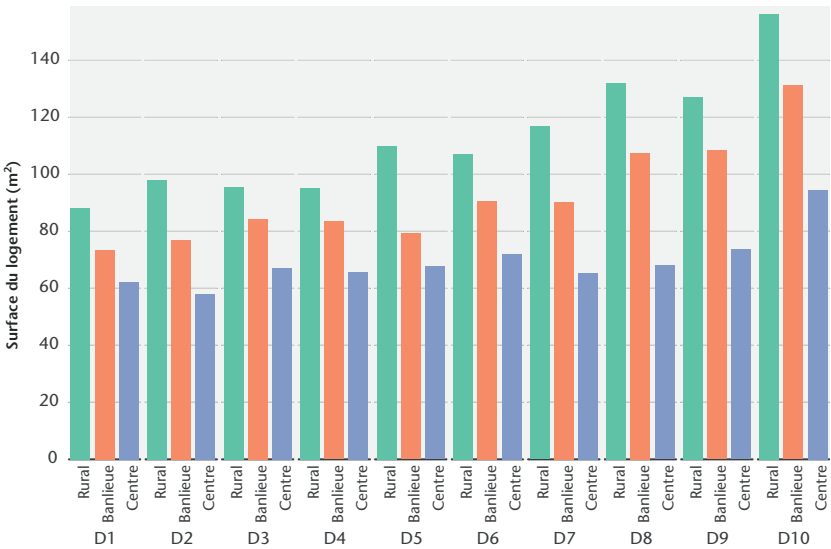
22. Pour une analyse de ces facteurs de consommation sans segmentation sociale voir Cayla *et al.* (2019).

Graphique 8. Émissions des énergies du logement et facteurs techniques

(a) Émissions des énergies du logement segmentées selon les usages, par décile de niveau de vie et localisation

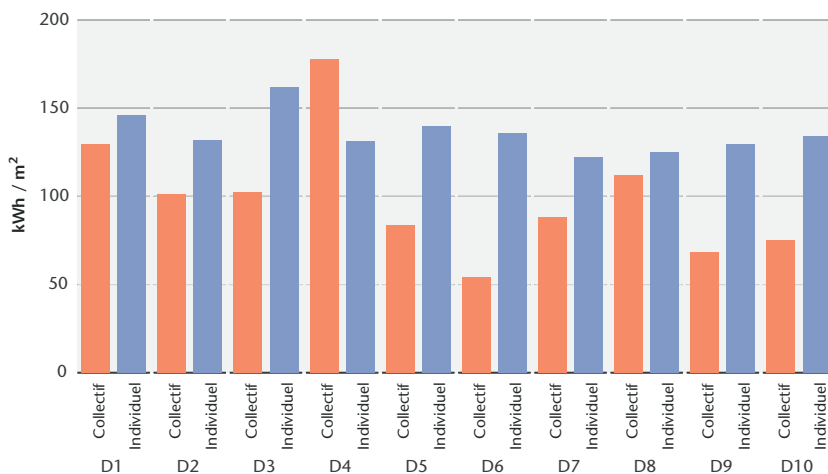
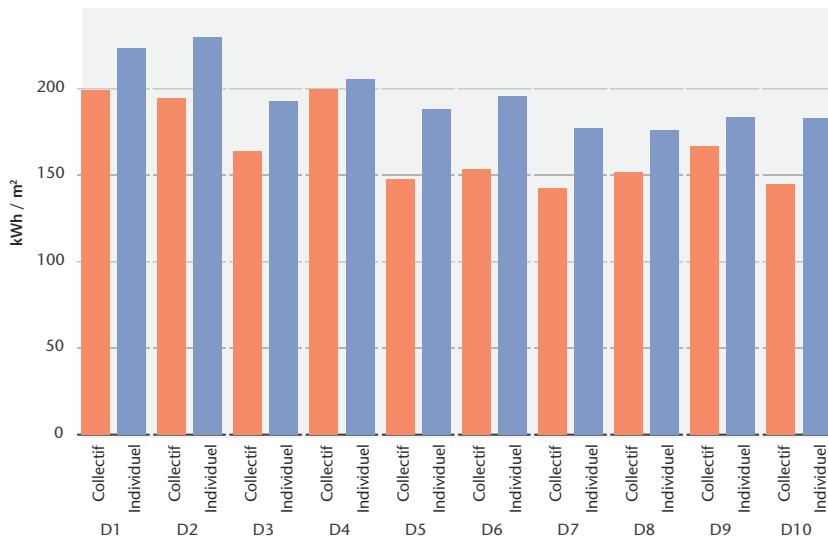


(b) Surface moyenne des logements, par décile de niveau de vie et localisation



Sources : Insee, PHEBUS 2013, calculs des auteurs.

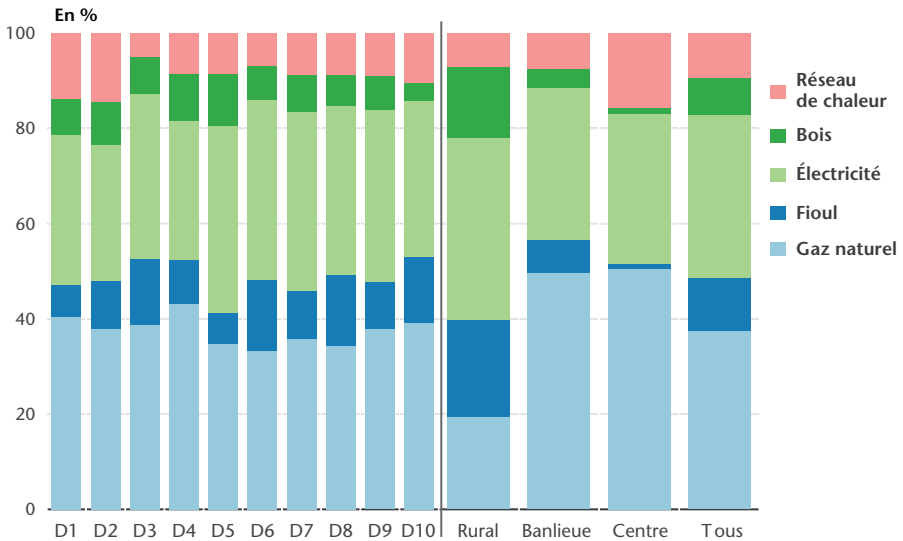
Graphique 8. Émissions des énergies du logement et facteurs techniques

(c) Consommation réelle de chauffage (kWh/m²/an), par décile de niveau de vie et type de logement(d) Consommation théorique de chauffage (kWh/m²/an), par décile de niveau de vie et type de logement

Sources : Insee, PHEBUS 2013, calculs des auteurs.

Graphique 8. Émissions des énergies du logement et facteurs techniques

(e) Proportion des sources d'énergie utilisées pour le chauffage, par décile de niveau de vie et par localisation



Sources : Insee, PHEBUS 2013, calculs des auteurs.

La répartition de ces systèmes est peu liée au niveau de vie, ce qui explique que les émissions des énergies du logement sont beaucoup moins corrélées aux revenus que celles du transport (graphique 8e, gauche). Environ la moitié des ménages sont équipés de systèmes de chauffage fonctionnant aux énergies fossiles (gaz et fioul) et cette proportion est sensiblement la même à chaque décile de niveau de vie. En revanche, elle change fortement avec le tissu urbain (graphique 8e, droite). Elle est légèrement plus faible en territoires ruraux (40 %), au profit des modes de chauffage électrique et au bois, ce qui atténue l'effet des surfaces plus grandes sur les émissions, mais au détriment de l'efficacité énergétique (et de la qualité de l'air intérieur pour le bois). En outre, cette faible part reflète davantage le déficit d'installation de chaudières au gaz, puisque la part de chaudières au fioul est plus élevée qu'en ville (20 %, contre 7 % en banlieue et seulement 1 % en centre-ville). À l'inverse, la part d'énergie fossile est plus grande en banlieue, du fait d'un réseau de gaz bien développé, alors que les réseaux de chaleur y sont peu étendus (7 % contre 16 % en centre-ville). On voit là apparaître des facteurs structurants pour les choix des énergies du logement, facteurs que les ménages ne peuvent influencer qu'à la marge.

4. Discussion sur le lien entre inégalités de revenu et inégalités écologiques

Nous discutons ici quelques problèmes de méthode relatifs à l'établissement du lien entre inégalités de revenu et inégalités écologiques. Nous questionnons également la pertinence, dans ce contexte, de la convention d'attribution par la consommation.

4.1. L'effet qualité

Les émissions progressent en moyenne avec les revenus, parce que les ménages aisés dépensent plus que les ménages modestes et qu'il y a un lien mécanique entre montant des dépenses et montant des émissions (effet volume). Il faut prendre garde que ce lien mécanique résulte de la méthode de calcul de l'empreinte carbone des ménages à partir des dépenses de consommation.

En effet en multipliant les données en valeur (euros dépensés) par un contenu en émissions constant ($tCO_2/\text{€}$), la méthode suivie suppose implicitement qu'au sein d'un même poste de consommation, les émissions sont proportionnelles aux dépenses. Par construction, elle rend apparent un effet volume linéaire : multiplier les dépenses par deux double les émissions.

Il ne faut pas en conclure hâtivement que cela représente bien le lien entre émissions et dépenses car en réalité les émissions ne doublent avec les dépenses que si les quantités consommées doublent elles aussi. Or, si un ménage dépense 600 € en machine à laver plutôt que 300 €, ce n'est généralement pas pour acheter deux fois la machine à 300 €, mais pour acquérir un modèle différent, plus cher. Ce bien est plus cher non parce que sa production a demandé deux fois plus de matériaux et engendré deux fois plus d'émissions, mais parce qu'il est d'une qualité différente. Le contenu en émissions par euro n'est donc généralement pas le même et les variations de dépense ne reflètent pas des variations proportionnelles des émissions : c'est l'effet qualité, qui pourrait amplifier l'effet volume (si les dépenses plus importantes ont un contenu en émissions plus fort) ou au contraire le modérer (si les dépenses plus importantes ont un contenu en émissions plus faible).

La méthode standard de calcul des empreintes carbone des ménages néglige donc l'effet qualité. Il est possible que l'effet qualité joue à la baisse et que la méthode conduise ainsi à surestimer les émissions des classes les plus aisées (Davison, 2016, p. 347). En effet les biens haut de gamme sont chers parce qu'ils incorporent plus de main-

d'œuvre, ce qui ne participe pas aux émissions²³ (Lenzen, 1998, p. 914-915). Ainsi, les émissions correspondant à un repas dans une brasserie ou un trois-étoiles ne sont sans doute pas proportionnelles à l'addition. La part du prix liée à la réputation ou à la rareté joue dans le même sens. Entre un Romané-Conti et un bourgogne générique, les émissions ne doivent pas être très différentes quand le prix, lui, varie de un à mille.

Des indices quantitatifs confortent ces présomptions. Pour un bien de consommation durable comme l'automobile, lorsqu'on monte en gamme, la tendance des émissions par euro dépensé est plutôt à la baisse : en entrée de gamme, produire une citadine émet 4,6 tCO_{2e} alors qu'en milieu de gamme, avec des prix doublés, produire une berline émet 7,2 tCO_{2e}, un monospace 5,4 tCO_{2e} et un SUV 5,5 tCO_{2e}²⁴. Dans le secteur de la construction, les matériaux bio-sourcés, moins émetteurs, sont généralement plus chers (Cerema, 2017), tout comme le ciment faiblement émetteur (Allix, 2019).

De manière plus approfondie, Girod et Haan (2010) ont comparé les estimations à partir des dépenses monétaires et des quantités physiques grâce à une enquête suisse de consommation renseignant les deux données. Ils concluent à une diminution sensible de l'élasticité-dépenses des émissions quand l'effet qualité est pris en compte. De Lauretis (2017, p. 55-56) reproduit ce calcul à partir des données détaillées des carnets de l'enquête Budget de Famille pour 64 catégories de biens alimentaires. L'écart entre le prix payé par le D10 et par le D1 varie beaucoup d'une catégorie à l'autre, mais il est positif pour 57 biens alimentaires, ce qui suggère un effet qualité à la baisse non négligeable. L'exemple de la viande bovine dont la production émet beaucoup de GES est notable. Les 10 % les plus riches achètent en moyenne 72 % plus cher leur kg de viande que les 10 % les plus pauvres. En supposant un mode de production semblable (ratio GES émis / kg de viande rouge produit identique), un même budget dépensé par les plus riches pour de la viande bovine correspond à des émissions 42 % inférieures.

23. Dans l'approche consommation, les émissions que l'on dirait, en termes marxistes, liées à la « reproduction de la force de travail » sont considérées comme relevant de la consommation finale du travailleur, non du processus de production. De même, les émissions domicile-travail du salarié lui sont attribuées alors qu'elles pourraient être attribuées au consommateur du bien ou du service produit par le salarié. Cela provient du fait que certaines dépenses de consommation finale, selon la comptabilité nationale, pourraient être assimilées à des consommations intermédiaires du processus de production.

24. D'après les analyses de cycle de vie réalisées par Renault pour les modèles Twingo, Scénic, Mégane et Khadjar.

Même si l'effet qualité demanderait à être plus précisément quantifié, au regard de la littérature existante, il est fort probable que les biens les plus chers aient un moindre contenu carbone par euro, et donc que l'effet qualité tempère l'effet volume. Ce qui signifie que la progression des émissions avec les dépenses ou le revenu pourrait être moindre en réalité que ce que la méthode estime.

4.2. Les émissions du « 1 % »

Les émissions du « 1 % », c'est-à-dire la centième partie de la population aux revenus les plus hauts, ont été l'objet de débats, depuis qu'une estimation a circulé après le « premier acte » de la mobilisation des gilets jaunes. Cette estimation²⁵ a été obtenue à partir d'études antérieures (Piketty et Chancel, 2015; Oxfam, 2015), à la méthode différente de celles que nous avons suivies. Il convient ici de présenter cette méthode et ses limites.

La méthode suppose une relation déterminée entre les émissions et le revenu²⁶. À partir de la distribution du revenu, relativement bien connue, elle infère donc une distribution des émissions, qui ne serait pas trop éloignée de la réalité si la relation entre émissions et revenu était robuste. Cette méthode n'est que dérivée et repose sur celles déjà présentées : il a bien fallu que des études aient estimées indépendamment les émissions pour qu'une relation entre les émissions et la variable proxy puisse être établie en premier lieu. Cette relation, estimée par quelques études – d'ailleurs hétérogènes quant aux conventions d'attribution retenues –, est alors appliquée à d'autres contextes, dans lesquels il n'est pas possible de tester sa fiabilité, puisqu'il faudrait alors estimer directement les émissions, ce qui enlèverait tout intérêt à cette méthode. Trois limitations sont à noter.

25. Jean Gadrey (2018) annonce un rapport de 40 entre les émissions moyennes des 10 % les plus pauvres et celles du 1 %. La suite devrait suffisamment montrer au lecteur que nous sommes réticents à nous lancer dans un tel chiffrage, en raison tant des problèmes de méthode que de sélection d'un principe d'attribution. Mais comme, hélas, *any number beats no number* (Gingras, 2014), nous signalons que, d'après notre étude de l'empreinte carbone, ce ratio est compris entre 2,2 et 5,2 (entre 2,4 et 5,9 si on ne prend pas en compte les émissions des administrations publiques, dont l'attribution selon le principe civique diminue la progressivité des empreintes carbone). Présenté différemment, les émissions des 10 % supérieurs regroupent 14,7 % des émissions attribuées aux ménages, et les émissions du 1 % entre 1,47 % et 3,46 %. Dans ces estimations, le minorant correspond à des émissions du dernier centile égales à celles des autres centiles du dernier décile, tandis que le majorant correspond à des émissions du dernier centile concentrant les émissions au-dessus du niveau du D9, les autres centiles étant par hypothèse au niveau des émissions du D9.

26. Généralement, c'est sous la forme d'une élasticité CO₂/revenu constante. Cette méthode a été utilisée par Chakravarty *et al.* (2009). Grubler et Pachauri (2009) l'avaient déjà critiquée en montrant que l'élasticité n'était pas stable. Voir Weber et Matthews (2008, p. 383-384) pour le test de différentes formes fonctionnelles.

D'abord, le choix du revenu comme variable déterminante n'est pas très heureux car les empreintes carbone sont fortement corrélées au montant global des dépenses – ce qui n'est pas surprenant étant donné leur mode de calcul négligeant l'effet qualité –, mais moins au revenu. Les élasticités par rapport au revenu sont par ailleurs plus faibles que les élasticités par rapport aux dépenses, car les plus riches dépensent moins en proportion de leur revenu (c'est-à-dire épargnent plus) que les plus pauvres. Lenzen (1998) donne ainsi une élasticité-revenu de 0,5, Büchs et Schnepf (2013) trouvent une élasticité-revenu de 0,6 ou 0,43 en conditionnant par rapport aux autres caractéristiques des ménages, là où le rapport Oxfam utilise une élasticité de 1. Appliquée à nos données, l'élasticité revenu de 1 donnerait un rapport des émissions du D10 et du D1 de 8,8 (comme le rapport du revenu), là où notre étude trouve 2,2.

Cette méthode repose ensuite sur une hypothèse problématique, celle d'émissions très fortement corrélées au niveau de vie, autrement dit, elle suppose des modes de vie très homogènes à chaque niveau de vie. Par construction, elle rabat la variabilité des émissions et les inégalités écologiques sur les inégalités des revenus puisque celles-là deviennent un calque de celles-ci. Les questions de justice sociale de la transition écologique sont alors réduites à la seule question de la redistribution des revenus. Les inégalités écologiques posent pourtant, nous l'avons vu, des questions d'inégalités spécifiques, non liées au revenu.

Enfin, fragile de manière générale, cette méthode dérivée l'est plus encore quand elle est appliquée à la queue de la distribution des revenus (« les 1 % »). Comme il existe très peu de données dans cette zone pour calibrer l'élasticité (à cause de la difficulté générale à enquêter sur ce segment de la population et à cause de l'absence d'échantillon de taille significative dans les enquêtes usuelles de budget consommation), sa valeur est très peu fiable.

La relation entre émissions et revenu, déjà problématique dans le cœur de la distribution, n'est plus, à l'extrême limite de la distribution, qu'une extrapolation. Pour sortir de cette méconnaissance, il faudrait avoir pour les hauts et très hauts revenus des observations directes des budgets et des quantités consommées²⁷, alors que les enquêtes statistiques ne sont pas adaptées pour cibler un segment si fin de la population. Resterait encore à limiter l'incertitude liée à l'effet qualité,

27. Voir Otto *et al.* (2019) pour une tentative dans ce sens.

mais, à notre connaissance, aucun effort sérieux n'a été fait dans cette direction. C'est dire que la consommation des très riches et l'empreinte carbone associée resteront pour longtemps insuffisamment caractérisées, et donc objet de toutes les suppositions.

4.3. Les « émissions » de Madonna

Au-delà de cet impénétrable brouillard statistique, considérer le cas des très riches et des super-riches nous amène à interroger une fois de plus la pertinence de l'approche consommation pour cerner les inégalités écologiques. Un exemple permettra de le faire comprendre.

Le 7 juillet 2007 se tenait à travers le monde le festival *Live Earth* « the concerts for a climate in crisis », une série de concerts pour éveiller les consciences au changement climatique. À Londres, Madonna était la tête d'affiche avec la chanson *Hey you* spécialement composée pour l'occasion. La BBC dénonça l'hypocrisie de la chanteuse, grande pollueuse malgré ses belles paroles, en publiant son « empreinte carbone » : en une année, Madonna avait « émis » plus de mille tonnes de CO₂.

À quoi correspondent ces « émissions » de Madonna ? À ce qu'on peut comprendre²⁸, il s'agit des émissions générées par ses biens immobiliers, sa consommation, ses déplacements autour du monde pour donner ses concerts, ainsi que ceux de l'équipe qui l'accompagne. Du point de vue de l'attribution, on agrège là les émissions de Madonna comme consommatrice et les émissions de Madonna comme chanteuse, c'est-à-dire comme agent de production d'un service. Dans l'approche consommation, les émissions de (la consommation finale de) Madonna seraient plus faibles car les émissions liées à ses tournées mondiales ne sont pas attribuables à Madonna en tant que consommatrice, mais bien aux consommateurs finaux, ceux qui se rendent à ses concerts. Dans cette approche, ce que révèle l'énormité de l'« empreinte carbone » ainsi calculée²⁹, c'est moins le mode de vie polluant de la chanteuse que la pollution engendrée par l'industrie de la musique, qui transporte des stars mondiales à travers la planète pour produire du divertissement.

28. Le travail a été réalisé par le cabinet d'audit écologique *Carbon Footprint*, fondé par John Buckley. Contacté, il n'a pas pu nous donner de précisions sur la méthode suivie ; nous en sommes réduits à reconstituer la méthode d'après ce qui a été publié dans les journaux (BBC, 2007 ; Irvine, 2008).

29. Au risque d'insister, il ne s'agit pas d'une empreinte carbone, au sens que nous avons donné à ce terme, c'est-à-dire qui attribue à chacun les émissions nécessaires à la production de sa consommation finale, et uniquement celles-ci.

Ce calcul des « émissions » de Madonna interroge précisément la justesse de l'approche consommation. En agrégeant les émissions qui sont, d'une manière ou d'une autre, reliées à Madonna, et pas seulement à sa consommation, il met en évidence les différents rôles sociaux joués par la chanteuse. Madonna n'est pas qu'une consommatrice qui oriente l'offre des entreprises par ses achats. Elle est une artiste à la tête d'une entreprise, dont l'activité émet du CO₂. Elle est une influenceuse : ses choix de vie, sa façon d'être alimentent les rêves de millions de fans, qui sont aussi des consommateurs. Elle est certainement une investisseuse qui place sa fortune dans des entreprises, sur les décisions desquelles elle peut, en tant qu'actionnaire, peser.

L'occupation de différentes positions est valable à des degrés divers pour tous : chacun est au moins consommateur et citoyen avec un droit de vote, bien souvent aussi un producteur. Si, comme nous l'avons défendu ici, chacun ne peut agir qu'imparfaitement sur les émissions de sa consommation, cela signifie aussi que chacun dispose d'autres canaux pour réduire les émissions autour de soi, par ses choix politiques comme par ses décisions dans le cadre professionnel. C'est pourquoi, par exemple, certains artistes (Cadieux, 2020) ou certains chercheurs (Michaut, 2020) s'engagent à émettre moins dans l'exercice de leur métier.

Les super-riches et les personnes de pouvoir ont pour caractéristique de cumuler un grand nombre de positions, et dans chacune, d'élargir le contrôle et de l'approfondir bien au-delà de ce que peuvent atteindre les personnes ordinaires. Les positions énumérées donnent à Madonna une prise sur un large périmètre d'émissions, au-delà des mille tonnes calculées, donc lui confèrent une part de responsabilité dans celles-ci. En retour, ces positions la dotent d'importants leviers pour diminuer ces émissions. En conséquence, l'empreinte carbone reflète mal l'ensemble des émissions que les décisions des super-riches pourraient éviter, c'est-à-dire les émissions dont ils sont, en un sens, responsables³⁰. Le cas des super-riches remet donc au centre la question des attributions et dessine en creux une vision de la responsabilité en fonction de la prise sur les émissions et de la marge de manœuvre pour les réduire.

30. Bien plus que la consommation des riches, Kempf (2007) dénonçait leur contrôle du pouvoir économique et politique et la traction exercée sur toutes les classes sociales par leur consommation ostentatoire.

4.4. Marges de manœuvre et pouvoir d'action

Éclairés par ce cas, nous pouvons alors revenir à l'empreinte carbone du consommateur ordinaire et raisonner en termes de marges de manœuvre dont il dispose sur « ses » émissions. Prenons l'exemple du chauffage, poste majeur de l'empreinte des ménages et grand facteur de variabilité des émissions. La situation implicitement prise pour référence, celle qui justifie le mieux la responsabilité sur les émissions, est celle d'un ménage propriétaire d'une maison individuelle : celui-ci « choisit » l'isolation de sa maison, le mode de chauffage, le réglage thermostatique. Même dans ce cas prototypique, la marge de manœuvre n'est pas égale car le ménage peut ne pas avoir accès à certaines énergies (les ménages ruraux ne peuvent se chauffer au gaz de ville, comme nous l'avons vu) ni au crédit pour financer des travaux de rénovation énergétique. À l'autre extrémité du spectre, un locataire en logement collectif type HLM n'a pas de marge de manœuvre sur les émissions de son chauffage. Entre les deux, il y aura un continuum de situations comme celle du propriétaire dépendant d'une assemblée de copropriétaires, ou celle d'un propriétaire relié à un réseau de chauffage urbain, dont les émissions seront en grande partie conditionnées par les choix de l'opérateur du réseau. La même analyse pourrait être faite pour les émissions domicile-travail.

Leur attribution au ménage est justifiée par ses choix de localisation et d'équipement, plus ou moins contraints, alors qu'elles dépendent d'un complexe de facteurs (choix d'implantation de l'entreprise, choix d'aménagement du territoire par les collectivités locales et l'État, choix de la régie de transports publics, choix des constructeurs automobiles...). Il ne paraît pas usurpé de dire que l'action individuelle sur les émissions de ce type peut n'agir qu'à la marge en comparaison d'autres entités aux actions autrement plus structurantes.

Toutes ces situations offrent aux ménages des marges de manœuvre très différentes et révèlent à chaque fois des problèmes d'action collective en sus des choix individuels. Pourtant, à chaque fois, l'attribution selon l'approche consommation fait de ces émissions les émissions du ménage et de lui seul. En outre, elle rend responsables de manière égale des ménages dont le pouvoir d'action sur leurs émissions n'est pas comparable. Pautard (2017) montre ainsi que la sensibilité environnementale joue peu sur les usages de transports, alors que des facteurs structurels comme le type d'agglomération ou la composition du foyer ont un fort impact, ce qui suggère que la volonté des acteurs a, en cette matière, moins d'importance que les contraintes auxquelles ils font face.

Cette question des marges de manœuvre dont chacun dispose pour réduire ses émissions est déterminante pour la perception de la justice de la transition écologique. Si, pour reprendre l'exemple par lequel nous avons introduit cet article, on juge injuste que le voyage en avion pour les vacances ne soit pas taxé quand le diesel l'est, ce n'est peut-être pas tant parce qu'on pense que voyager en avion émet beaucoup plus de GES que rouler au diesel, même si le mécontentement populaire se nourrit aussi de la méconnaissance des ordres de grandeur. C'est bien plus sûrement parce qu'on a confusément conscience que les marges de manœuvre ne sont pas les mêmes. Pour un ménage pauvre vivant à la campagne, conserver son vieux diesel est peut-être sa seule option pour se rendre au travail (il n'a « pas le choix ») ; un ménage riche peut toujours éviter de prendre l'avion et choisir comme Bourvil d'admirer un clair de lune à Maubeuge. Comme le remarquait Shue (1993), il importe, du point de vue de la justice, que les émissions relèvent de la nécessité ou du luxe.

Pour éclairer ce débat, l'appréhension des inégalités d'émissions générées par la consommation finale est d'un intérêt circonscrit. Elle devrait être reformulée pour tenir compte des inégalités de capacité d'action sur ce qui engendre des dégâts environnementaux.

5. Conclusion

Pour savoir « qui émet du CO₂ » en France, nous avons adopté la convention la plus répandue, qui attribue aux ménages les émissions générées par la production et l'usage des biens qu'ils consomment. L'empreinte carbone des ménages est tendanciellement croissante avec le revenu, mais elle présente aussi une forte variabilité, non liée au revenu mais à des facteurs géographiques, socio-démographiques et techniques qui contraignent à court terme les dépendances aux énergies fossiles et donc les émissions. Les inégalités écologiques ne sont donc pas un calque des inégalités de revenu.

Détailler les étapes de la réalisation d'un panorama de l'empreinte carbone met en évidence que celui-ci n'est pas une observation factuelle des sources d'émissions : il est certes fondé sur des données empiriques, mais celles-ci sont traitées par un calcul qui attribue les émissions à des agents. Comme les émissions résultent de choix individuels et collectifs, de décisions contraintes par les structures héritées du passé, de conjonctions d'actions effectuées par des agents aux capacités hétérogènes, le point de vue nécessaire pour attribuer ces

émissions à des agents finaux est toujours conventionnel et sujet à débat. Ce sont les conventions d'attribution qui déterminent « qui émet du CO₂ ». Notre but n'a pas été de défendre une convention parmi toutes celles possibles, ni une conception afférente de la responsabilité des émissions, mais de faire remarquer que les conventions d'attribution véhiculent, quelles que soient les précautions prises, une représentation de la responsabilité. En conséquence, on ne peut dissocier discussion sur les manières de mesurer les inégalités écologiques et discussion sur les conceptions de la responsabilité.

Parce qu'elle tend à poser le problème sous l'angle de la responsabilité individuelle, la question initiale « qui émet du CO₂ » n'est peut-être pas la plus pertinente. L'apport d'un panorama des inégalités écologiques ne peut pas être dans une quantification de la responsabilité carbone des différentes classes de ménage, aussi détaillée et précise soit-elle, parce qu'elle n'a de valeur que relativement à la convention qu'il a fallu adopter pour la mener à bien. Un tel panorama a un intérêt non pour le résultat final en tant que tel mais parce que sa réalisation met en évidence les processus et les facteurs techniques, économiques, sociaux, politiques, géographiques ou démographiques, qui produisent les émissions. En somme, parce qu'il répond à la question « comment est émis le CO₂ ».

Comme nous avons souhaité le faire, le regard doit porter avant tout sur la description des facteurs précis qui à la fois causent de nombreuses émissions et sont inégalement répartis dans la population. Il s'agit en particulier d'identifier ceux qui se combinent dans des situations particulières de forte dépendance. Cette analyse est exigeante en données et demande que se poursuive un travail important de mise en cohérence de nombreuses sources statistiques. Elle permettra de mieux décrire les différences de marges de manœuvre et de pouvoir d'action, et d'identifier les situations auxquelles une politique de transition écologique juste devra apporter des réponses.

Contributions

L'article a été conçu et rédigé par Emmanuel Combet et Antonin Pottier. Jean-Michel Cayla a traité les données des émissions du transport et du logement des ménages. La reconstruction des émissions directes des ménages a été effectuée par Simona de Lauretis à partir de l'enquête Budget de famille ; Franck Nadaud a également assuré le traitement de cette enquête.

Références

- Allix Grégoire, 2019, « À la poursuite du béton vert », *Le Monde*, 26 janvier, p. 2.
- Ambrosio Giulia, Belaid Fateh, Bair Sabrine et Terssier Olivier, 2013, « Analyse de la précarité énergétique à la lumière de l'enquête PHEBUS », *rapport CASE-152*, CSTB et Observatoire de la précarité énergétique.
- Barrett John, Peters Glen, Wiedmann Thomas, Scott Kate, Lenzen Manfred, Roelich Katy et Le Quéré Corinne, 2013, « Consumption-based GHG emission accounting : a UK case study », *Climate Policy*, vol. 13, n° 4, p. 451-470.
- Bastianoni Simone, Pulselli Federico Maria et Tiezzi Enzo, 2004, « The problem of assigning responsibility for greenhouse gas emissions », *Ecological Economics*, vol. 49, n° 3, p. 253-257.
- BBC, 2007, « How green is the Material Girl ? », 3 juillet.
- Berry Audrey, 2019, « The distributional eff of a carbon tax and its impact on fuel poverty: A microsimulation study in the French context », *Energy Policy*, vol. 124, p. 81-94.
- Bigot Régis, Crouette Patricia et Duflos Catherine, 2009, « Les différences de modes de vie selon le lieu de résidence », *Cahier de recherche*, n° 259, Crédoc.
- Bouffard-Savary Elisabeth, 2010, « L'avion : des voyages toujours plus nombreux et plus lointains », in Tregouët, 2010, p. 151-162.
- Bourgeois Cyril, Giraudet Louis-Gaëtan et Quirion Philippe, 2019, « Social-environmental-economic trade-offs associated with carbon-tax revenue recycling », in *Proceedings of the ECEEE 2019 Summer Study*, p. 1365-1372.
- Büchs Milena et Schnepf Sylke V., 2013, « Who emits most ? Associations between socio-economic factors and UK households' home energy, transport, indirect and total CO₂ emissions », *Ecological Economics* vol. 90, p. 114-123.
- Cadioux Axel, 2020, « Quand les DJ tentent de mixer écologie et tournées », *Libération*, p. 38-39.
- Cayla Jean-Michel, 2011, *Les ménages sous la contrainte carbone. Exercice de modélisation prospective des secteurs résidentiel et transports avec TIMES*, thèse de doctorat, École des Mines de Paris.
- Cayla Jean-Michel, Grignon-Massé Laurent et Hauet Jean-Pierre, 2019, « Comment atteindre la neutralité carbone dans le secteur résidentiel ? », *Revue de l'électricité et de l'électronique*, n° 3, p. 69-79.
- Cerema, 2017, « Le coût des matériaux biosourcés dans la construction : état de la connaissance – 2016 », *rapport*, Cerema.
- CEREN, 2007, « Estimation des consommations de gaz à usage eau chaude sanitaire et cuisson », Étude, n° 7107, Centre d'Études et de Recherche Économique sur l'Énergie.

- CEREN, 2013a, « Ré-estimation en 2010 de la consommation d'électricité par usage fin », Étude, n° 2104, Centre d'Études et de Recherche Économique sur l'Énergie.
- CEREN, 2013b, « Suivi du parc et des consommations d'énergie. Consommations en 2012, Volume 2 », Étude, n° 3102, Centre d'Études et de Recherche Économique sur l'Énergie.
- Chakravarty Shoibal, Chikkatur Ananth, Coninck Heleen de, Pacala Stephen, Socolow Robert et Tavoni Massimo, 2009, « Sharing global CO2 emission reductions among one billion high emitters », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, n° 29, p. 11884-11888.
- Clément Mathilde, Godzinski Alexandre et Vincent Isabelle, 2019, « Les effets économiques de la fiscalité environnementale sur les ménages et les entreprises », rapport, Conseil des Prélèvements Obligatoires, 5e rapport particulier, *La fiscalité environnementale au défi de l'urgence climatique*.
- Combet Emmanuel, Ghersi Frédéric, Hourcade Jean-Charles et Thubin Camille, 2010, « La fiscalité carbone au risque des enjeux d'équité », *Revue française d'économie*, vol. 25, n° 2, p. 59-91.
- Comby Jean-Baptiste, 2015, *La question climatique : genèse et dépolitisation d'un problème public*, Paris, Raisons d'agir.
- Cronin Julie Anne, Fullerton Don et Sexton Steven, 2019, « Vertical and Horizontal Redistributions from a Carbon Tax and Rebate », *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, vol. 6, S1, p. S169-S208.
- Davis Steven J., Caldeira Ken et Matthews H. Damon, 2010, « Future CO2 Emissions and Climate Change from Existing Energy Infrastructure », *Science*, n° 329, p. 1330-1333.
- Davis Steven J., Peters Glen P. et Caldeira Ken, 2011, « The supply chain of CO2 emissions », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 108, n° 45, p. 18554-18559.
- Davison Aidan, 2016, « The luxury of nature : the environmental consequences of super-rich lives », in I. Hay et J. V. Beaverstock (dir.), *Handbook on Wealth and the Super-Rich*, p. 339-359. Cheltenham, Northampton, MA : Edward Elgar Publishing.
- de Lauretis Simona, 2017, *Modélisation des impacts énergie/carbone de changements de modes de vie. Une prospective macro-micro fondée sur les emplois du temps*, thèse de doctorat, Université Paris-Saclay.
- Denjean Mathias, 2014, « Enquête sur la performance de l'habitat, équipements, besoins et usages de l'énergie. De la base de sondage aux données exploitables », mémoire de master, Université de Rennes 1.
- Desrosières Alain, 1993, *La politique des grands nombres : histoire de la raison statistique*, Paris, Editions La Découverte.

- Douenne Thomas, 2018, « The vertical and horizontal distributive effect of energy taxes: A case study of a French policy », *FAERE Working Papers*, n° 2018.10.
- Druckman Angela et Jackson Tim, 2009, « The carbon foot-print of UK households 1990-2004: A socio-economically disaggregated, quasi-multi-regional input-output model », *Ecological Economics*, vol. 68, n° 7, p. 2066-2077.
- Dubois Ute, 2012, « From targeting to implementation : The role of identification of fuel poor households », *Energy Policy*, n° 49, p. 107-115.
- Dugast César et Soyeux Alexia, 2019, « Faire sa part ? pouvoir et responsabilité des individus, des entreprises et de l'État face à l'urgence climatique », *rapport Carbone 4*.
- Emelianoff Cyria, 2008, « La problématique des inégalités écologiques, un nouveau paysage conceptuel », *Écologie & politique*, n° 35, p. 19-31.
- Enerdata, 2004, « Efficacité énergétique des modes de transport ».
- Fuglestedt Jan S., Berntsen Terje K., Godal Odd, Sausen Robert, Shine Keith P. et Skodvin Tora, 2003, « Metrics of Climate Change : Assessing Radiative Forcing and Emission Indices », *Climatic Change*, vol. 58, n° 3, p. 267-331.
- Gadrey Jean, 2018, « En France, les très riches émettent 40 fois plus de carbone que les pauvres, mais les pauvres paient plus de 4 fois plus de taxe carbone en pourcentage de leurs revenus ! », *Debout ! le blog de Jean Gadrey*, Alternatives-economiques.fr
- Gill Bernhard et Moeller Simon, 2018, « GHG Emissions and the Rural-Urban Divide. A Carbon Footprint Analysis Based on the German Official Income and Expenditure Survey », *Ecological Economics*, vol. 145, p. 160-169.
- Gingras Yves, 2014, *Les dérives de l'évaluation de la recherche : du bon usage de la bibliométrie*, Paris, Raisons d'agir éditions.
- Girod Bastien et de Haan Peter, 2010, « More or Better ? A Model for Changes in Household Greenhouse Gas Emissions due to Higher Income », *Journal of Industrial Ecology*, vol. 14, n° 1, p. 31-49.
- Golley Jane et Meng Xin, 2012, « Income inequality and carbon dioxide emissions : The case of Chinese urban households », *Energy Economics*, vol. 34, n° 6, p. 1864-1872.
- Gollier Christian, 2019, « Une politique climatique 'fondée sur un prix universel du carbone' », *Le Monde.fr*.
- Gough Ian, Abdallah Saamah, Johnson Victoria, Ryan-Collins Josh et Smith Cindy, 2012, « The Distribution of Total Greenhouse Gas Emissions by Households in the UK, and Some Implications for Social Policy », *Working Paper CASE*, n° 152, London School of Economics.
- GreenInside, 2011, « Observatoire du bilan carbone des ménages », rapport Green Inside.

- Grubler A. et Pachauri S., 2009, « Problems with burden-sharing proposal among one billion high emitters », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, n° 43, p. E122-E123.
- Heede Richard, 2014, « Tracing anthropogenic carbon dioxide and methane emissions to fossil fuel and cement producers, 1854–2010 », *Climatic Change*, vol. 122, n° 1-2, p. 229-241.
- Irvine Chris, 2008, « Madonna's carbon footprint under scrutiny ».
- Isaksen Elisabeth T. et Narbel Patrick A., 2017, « A carbon footprint proportional to expenditure. A case for Norway? », *Ecological Economics*, n° 131, p. 152-165.
- Jacobsen Eivind et Dulsrud Arne, 2007, « Will Consumers Save The World ? The Framing of Political Consumerism », *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, vol. 20, n° 5, p. 469-482.
- Kärcher Bernd, 2018, « Formation and radiative forcing of contrail cirrus », *Nature Communications*, vol. 9, n° 1, p. 1-17.
- Kempf Hervé, 2007, *Comment les riches détruisent la planète*, Paris, Éditions du Seuil.
- Le Breton Morgane, 2017, « La volonté de compter : carbone, conventions de calcul et référentiels de comptabilisation », *Entreprises et histoire*, n° 86, p. 86-104.
- Lee D. S., Fahey D. W., Skowron A., Allen M. R., Burkhardt U., Chen Q., Doherty S. J., Freeman S., Forster P. M., Fuglestvedt J., Gettelman A., De León R. R., Lim L. L., Lund M. T., Millar R. J., Owen B., Penner J. E., Pitari G., Prather M. J., Sausen R. et Wilcox L. J., 2020, « The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018 », *Atmospheric Environment*, p. 117834.
- Lenglard Fabrice, Lesieur Christophe et Pasquier Jean-Louis, 2010, « Les émissions de CO2 du circuit économique en France », in *L'économie française, comptes et dossiers, édition 2010*, INSEE.
- Lenzen Manfred, 1998, « Energy and greenhouse gas cost of living for Australia during 1993/94 », *Energy*, vol. 23, n° 6, p. 497-516.
- Lenzen Manfred, 2000, « Errors in Conventional and Input-Output-based Life-Cycle Inventories », *Journal of Industrial Ecology*, vol. 4, n° 4, p. 127-148.
- Liu Lee, 2015, « A critical examination of the consumption-based accounting approach: Has the blaming of consumers gone too far? », *WIREs Climate Change*, vol. 6, n° 1, p. 1-8.
- Longuar Zahia, Nicolas Jean-Pierre et Verry Damien, 2010, « Chaque Français émet en moyenne deux tonnes de CO2 par an pour effectuer ses déplacements », in Tregouët, 2010, p. 163-176.
- Malliet Paul, 2020, « L'empreinte carbone des ménages français et les effets redistributifs d'une fiscalité carbone aux frontières », *OFCE Policy brief*, n° 62, OFCE.

- Malliet Paul, Haalebos Ruben et Nicolas Emeric, 2020, « La fiscalité carbone aux frontières et ses effets redistributifs », rapport Ademe.
- Maniates Michael F., 2001, « Individualization: Plant a Tree, Buy a Bike, Save the World ? », *Global Environmental Politics*, vol. 1, n° 3, p. 31-52.
- Marques Alexandra, Rodrigues João, Lenzen Manfred et Domingos Tiago, 2012, « Income-based environmental responsibility », *Ecological Economics*, n° 84, p. 57-65.
- Marshall George, 2017, *Le syndrome de l'autruche : pourquoi notre cerveau veut ignorer le changement climatique*, Arles, Actes Sud.
- Michaut Cécile, 2020, « La recherche veut réduire ses émissions de CO₂ », *Le Monde Supplément Science & Médecine*, p. 5.
- Monod Olivier, 2019, « Est-ce qu'un aller-retour en avion à Bali émet autant de CO₂ qu'une année de vie en France ? », *Libération / Checknews.fr*
- Munksgaard Jesper et Pedersen Klaus Alsted 2001, « CO₂ accounts for open economies: producer or consumer responsibility? », *Energy Policy*, vol. 29, n° 4, p. 327-334.
- Oshana Marina A. L., 2015, « Responsibility: Philosophical Aspects », in *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, p. 587-591, Elsevier.
- Otto Ilona M., Kim Kyoung Mi, Dubrovsky Nika et Lucht Wolfgang, 2019, « Shift the focus from the super-poor to the super-rich », *Nature Climate Change*, vol. 9, n° 2, p. 82-84.
- Oxfam, 2015, « Inégalités extrêmes et émissions de CO₂ », rapport Oxfam.
- Pandey Divya, Agrawal Madhoolika et Pandey Jai Shanker, 2011, « Carbon Footprint: Current Methods of Estimation », *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 178, n° 1-4, p. 135-160.
- Paterson Matthew et Stripple Johannes, 2010, « My Space: Governing Individuals' Carbon Emissions », *Environment and Planning D: Society and Space*, vol. 28, n° 2, p. 341-362.
- Pautard Éric, 2017, « L'inégale capacité des ménages à agir en faveur de l'environnement », in *Les acteurs économiques et l'environnement*, p. 57-71, INSEE.
- Pearce David, 1991, « The Role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming », *The Economic Journal*, vol. 101, n° 407, p. 938-948.
- Peters Glen P., 2008, mars, « From production-based to consumption-based national emission inventories », *Ecological Economics*, vol. 65, n° 1, p. 13-23.
- Piketty Thomas et Chancel Lucas, 2015, « Carbon and inequality: From Kyoto to Paris Trends in the global inequality of carbon emissions (1998-2013) & prospects for an equitable adaptation fund ».

- Poterba James M., 1991, « Tax Policy to Combat Global Warming: On Designing a Carbon Tax », in R. Dornbusch et J. M. Poterba (dir.), *Global warming : economic policy responses*, p. 71-98. Cambridge, Mass, MIT Press.
- Pottier Antonin, 2020, L'équivalence entre gaz, de Montréal à Kyoto », in E. Chiapello, A. Missemmer, et A. Pottier (dir.), *Faire l'économie de l'environnement*, p. 121-139. Paris, Presses de l'École des Mines de Paris.
- Raillard Nicolas, 2017, « Décarboner la mobilité dans les zones de moyenne densité : moins de carbone, plus de lien. Note méthodologique », rapport The Shift project.
- Ricœur Paul, 1995, « Le concept de responsabilité : essai d'analyse sémantique », in *Le Juste*, p. 41-70. Paris, Éditions Esprit.
- Roca Jordi et Serrano Monica, 2007, « Income growth and atmospheric pollution in Spain: An input-output approach », *Ecological Economics*, vol. 63, n° 1, p. 230-242.
- Rose Antoine, 2013, « La comptabilité des émissions de carbone par enjeu : défi, justification et comparaison avec les modèles existants », *Cahiers de la Chaire*, n° 60, Chaire Finance et Développement durable, Paris.
- Rumpala Yannick, 2009 « La 'consommation durable' comme nouvelle phase d'une gouvernementalisation de la consommation », *Revue française de science politique*, vol. 59, n° 5, p. 967-996.
- Sessego Victoire et Hébel Pascale, 2018, « Consommer durable est-il un acte de distinction ? Représentations, pratiques et impacts écologiques réels au regard des dynamiques sociales », *Cahier de recherche*, n° 344.
- Shue Henry, 1993, « Subsistence Emissions and Luxury Emissions Symposium: Above the Boundaries: Ozone Depletion, Equity, and Climate Change », *Law & Policy*, vol. 15, n° 1, p. 39-60.
- Steen-Olsen Kjartan, Wood Richard et Hertwich Edgar G., 2016, « The Carbon Footprint of Norwegian Household Consumption 1999-2012 », *Journal of Industrial Ecology*, vol. 20, n° 3, p. 582-592.
- Stiglitz Joseph E., 2019, « Addressing climate change through price and non-price interventions », *European Economic Review*, n° 119, p. 594-612.
- Tregouët Bruno (dir.), 2010, *La mobilité des Français : Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008*, Paris, Revue du CGDD.
- Tukker Arnold, Pollitt Hector et Henkemans Maurits, 2020, « Consumption-based carbon accounting: Sense and sensibility », *Climate Policy*, n° 20 (sup1), p. S1-S13.
- Tukker Arnold, Wood Richard et Schmidt Sarah, 2020, « Towards accepted procedures for calculating international consumption-based carbon accounts », *Climate Policy*, n° 20 (sup1), p. S90-S106.

- Ummel Kevin, 2014, « Who Pollutes ? A Household-Level Database of America's Greenhouse Gas Footprint », *Working Paper*, n° 381, Center for Global Development, Rochester, NY.
- Underwood Anthony et Zahran Sammy, 2015, « The carbon implications of declining household scale economies », *Ecological Economics*, n° 116, p. 182-190.
- Weber Christopher L. et Matthews H. Scott, 2008, « Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint », *Ecological Economics*, vol. 66 , n° 2, p. 379-391.
- Wiedenhofer Dominik, Guan Dabo, Liu Zhu, Meng Jing, Zhang Ning et Wei Yi-Ming, 2017, « Unequal household carbon footprints in China », *Nature Climate Change*, vol. 7, n° 1, p. 75-80.
- Wier Mette, Lenzen Manfred, Munksgaard Jesper et Smed Sinne, 2001, « Effects of Household Consumption Patterns on CO₂ Requirements », *Economic Systems Research*, vol. 13, n° 3, p. 259-274.

ANNEXES TECHNIQUES

A. Sources de données

Les données d’empreinte de gaz à effet de serre de la France (CO₂, CH₄, N₂O) proviennent du service statistique du Commissariat général au développement durable (CGDD) du ministère de la Transition écologique et solidaire (SDES). Ces données sont produites par l’application d’une méthode *input-output*³¹.

Les données de l’enquête Budget de Famille (BDF, 2011)³² sont utilisées pour attribuer les données nationales d’empreinte de gaz à effet de serre à un échantillon représentatif de plus de 10 000 ménages.

Les données sur les consommations d’énergie, les caractéristiques des logements, les équipements de chauffage et les usages d’énergie dans les résidences principales proviennent de l’enquête Performance de l’Habitat, Équipements, Besoins et Usages de l’énergie (PHEBUS, 2013)³³.

Les données sur les distances parcourues, les motifs de déplacement, les modes de transports et les sources d’énergies utilisés proviennent de l’Enquête nationale transport et déplacements (ENTD, 2008)³⁴.

B. Traitements de données

B.1. Inégalités d’empreinte

B.1.1. Périmètre de l’empreinte

En 2010, les émissions de GES (CO₂, CH₄, N₂O) produites sur le territoire national s’élevaient à 481 MtCO_{2e} (approche production). Ces émissions de la production servent à la fois à la demande intérieure et aux exportations, elles n’incluent pas les émissions produites à l’étranger pour les biens importés. Comme mentionné plus haut, la

31. <https://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/lempreinte-carbone-note-prealable-laboration-du-quatrieme-rapportgouvernemental-annuel-au-titre?rubrique=27&dossier=1286>

32. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2835605?sommaire=2015691>

33. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/enquete-performance-de-lhabitat-equipements-besoins-et-usages-de-lenergie-phebus>

34. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/enquete-nationale-transports-et-deplacements-entd-2008>

méthodologie *input-output* permet de réincorporer ces émissions et de calculer ainsi l’empreinte GES de la demande intérieure finale française. L’Insee évalue ainsi à 370 MtCO_{2e} les émissions provenant de la production domestique, dont 139 MtCO_{2e} d’émissions directes des ménages, et pratiquement le même volume est issu des biens importés (371 MtCO_{2e}). L’empreinte GES totale de 741 MtCO_{2e} peut être décomposée selon les grands agrégats de la comptabilité nationale : 422 MtCO_{2e} pour la demande finale des ménages (57 %), 139 MtCO_{2e} pour les émissions directes des ménages (19 %), 56 MtCO_{2e} pour la demande des administrations publiques (8 %), et 118 MtCO_{2e} pour la formation brute de capital fixe ou investissement (16 %), en négligeant quelques agrégats résiduels.

Dans l’empreinte carbone des ménages, les émissions de la demande finale des ménages leur sont bien évidemment attribuées. Il en est de même des émissions directes, à part les émissions directes de CH₄ et de N₂O provenant de l’assainissement (voir plus loin), ce qui conduit à un total de 559 MtCO_{2e}.

Attribuer les émissions de la demande des administrations publiques ou de l’investissement, qui ne relèvent pas de la demande finale des ménages, nécessite de compléter l’approche consommation par d’autres conventions d’attribution, spécifiques à ces émissions. Pour les émissions des administrations publiques, nous avons adopté un principe civique, qui attribue ces émissions au prorata du nombre de personne par ménage. Chaque résident prend donc sa part des émissions des administrations publiques, à égalité avec tous les autres, du simple fait de sa participation à la communauté nationale.

D’autres conventions sont possibles. Wier *et al.* (2001), Roca et Serrano (2007), Weber et Matthews (2008), Lenglar *et al.* (2010) ou Ummel (2014) n’imputent que les émissions de la consommation privée et ne prennent donc pas en compte ces émissions dans l’empreinte carbone des ménages. Lenzen (1998) considère les impôts comme une dépense dont les services des administrations publiques seraient la contrepartie. Les émissions de ces dernières sont donc allouées selon le montant des impôts, ce qui accroît la progressivité des émissions en fonction des dépenses, là où notre vision civique, adoptée également par Gill et Moeller (2018), la diminue par rapport à l’absence d’imputation. Gough *et al.* (2012) allouent ces émissions en fonction de la consommation des services publics, ce qui a tendance à diminuer encore plus la progressivité par rapport aux dépenses.

Ajouter cette composante ne change quasiment pas les écarts entre les émissions moyennes par décile, car la taille du ménage est presque la même par décile de niveau de vie et par localisation. Notons que pour la même raison, présenter les émissions par personne au lieu de par ménage ne changerait pas le panorama de l’empreinte carbone présenté ici.

Pour les émissions de l’investissement (FBCF), il est encore moins évident de les allouer aux ménages. Hormis les achats de biens immobiliers, fonciers, et les dépenses de gros travaux réalisés par les ménages, ces investissements sont pour une part importante effectués par des organisations, des entreprises et des collectivités. Certes, comme ces investissements permettent la production des biens publics ou privés, ces émissions pourraient en principe être allouées à la consommation future des ménages, mais au prix d’hypothèses supplémentaires. Dans nos calculs d’empreinte, nous laissons donc de côté les émissions des investissements, en sachant qu’elles représentent moins de 16 % du total. Le projet ECOPA³⁵ a calculé les empreintes CO₂ des ménages avec attribution des émissions des investissements réalisés par les ménages. Cela ne modifie pas le panorama général, mais augmente légèrement la progressivité des émissions en fonction du revenu.

B.1.2. Méthode d’estimation de l’empreinte

Pour estimer l’empreinte carbone des ménages, une méthode usuelle (Weber et Matthews, 2008) est d’utiliser l’analyse input-output pour obtenir des coefficients moyens de GES par euro de consommation finale pour chaque poste de dépense, puis de combiner ces coefficients avec des données sur les dépenses des ménages – méthode qui paraît simple mais qui n’est pas sans poser de difficultés (Steen-Olsen *et al.*, 2016). Un des inconvénients de cette méthode est de ne pas forcément retrouver les totaux macro-économiques à cause d’incohérences statistiques entre les données macro et les données micro (Lenglart *et al.*, 2010, p. 102-103). Un travail complexe de mise en cohérence est nécessaire pour les pallier, et les travaux s’engageant dans cette direction sont rares, comme ceux de Lenglart *et al.* (2010).

Pour cette étude, nous avons opté pour une méthode plus simple (Gough *et al.*, 2012) qui part des totaux d’émissions établis au niveau macro et les allouent aux ménages au prorata des dépenses, pour

35. Soutenu par l’Agence Nationale de Recherche <https://anr.fr/Projet-ANR-12-SENV-0006>.

chaque poste. Cela signifie que l'écart entre le total micro-économique des dépenses d'une catégorie et son estimation macro-économique est absorbé dans le contenu en émissions de cette catégorie.

Plus précisément, l'attribution de l'empreinte carbone de l'ensemble des ménages aux observations de l'enquête budget des Familles (BDF) distingue l'attribution des émissions directes (consommation d'énergie par les ménages) et l'attribution des émissions indirectes (issues de la production des biens et services consommés).

Les volumes d'émissions directes nationales de GES du CGDD ont été réparties en utilisant une estimation des émissions de CO₂ des ménages de l'enquête BDF, en distinguant la combustion d'énergie dans les logements et de carburant pour le transport. Les émissions indirectes provenant de la production d'électricité et de chaleur de réseau, ainsi que du raffinage et de la transformation et distribution d'énergies fossiles, sont comptabilisées dans les émissions indirectes nationales du CGDD et imputées comme les autres émissions indirectes à partir des dépenses par source d'énergie de BDF (électricité, gaz, butane-propane, fioul et autres combustibles liquides, bois et autres combustibles solides, carburant, chaleur).

L'estimation des émissions directes issues de la combustion des énergies fossiles par les ménages a été réalisée en appliquant des coefficients d'émissions aux quantités d'énergie (kWh) imputées par de Lauretis (2017).

Tableau A1. Répartition des dépenses énergétiques des ménages selon la catégorie COICOP dans BDF

Code COI-COP	Description
4500	Facture électricité + gaz (non dissociables)
4511	Facture d'électricité résidence principale, autre logement, garage, dépendance
4521	Facture de gaz résidence principale, autre logement
4522	Achats de butane, propane résidence principale, autre logement
4531	Combustibles liquides pour la résidence principale : fuel, mazout, pétrole
4541	Combustible solide résidence principale
4551	Chauffage urbain (par vapeur)

Ces quantités ont été déduites en divisant les données de dépenses de l'enquête BDF (cf. tableau A1) pour chaque source d'énergie par des prix moyens des énergies (€/MWh) estimés pour différentes catégories de ménages.

Les dépenses « électricité plus gaz (non dissociables) » ont été attribuées aux deux sources d'énergie en proportion des dépenses d'électricité et des dépenses de gaz dissociables des ménages qui possèdent le même mode de chauffage. De Lauretis (2017) estime des prix des énergies pour 2010 pour chaque source d'énergie (tableau 2.9, p.46). Pour le gaz et l'électricité, les prix sont distingués à partir de l'enquête PHEBUS (2013) selon 60 groupes de ménages définis par le croisement du quintile de niveau de vie auquel le ménage appartient, 6 modalités de type de ménage (selon la composition et l'âge) et deux modalités de type de logement (maison individuelle ou logement collectif).

Les prix des énergies obtenus pour 2013 ont été rétro-polés pour 2010 à partir de la base de prix Pégase. Un prix moyen des carburants est également estimé pour chacun des 60 groupes de ménages. En effet les dépenses de carburant de BDF regroupent tous les types de carburant, dont les prix de vente peuvent être très différents. Pour chaque groupe de ménages, la répartition des consommations entre essence et gazole (les deux carburants très largement majoritaires dans la consommation des ménages) est calculée à partir de l'enquête transport ENT-D (2008). Le prix moyen des deux carburants en 2010 est établi à partir des prix à la consommation en €/l fournis par les comptes des transports 2010 (SOeS), transformés ensuite en €/MWh sur la base du pouvoir calorifique inférieur des carburants. Une moyenne pondérée permet enfin d'estimer le prix moyen des carburants pour chaque groupe de ménages.

La base de données Pégase fournit également les prix moyens du fioul, du GPL et du bois qui sont supposés identiques pour tous les ménages par manque d'information sur l'hétérogénéité des tarifs. Le prix de la chaleur de réseau, également unique, est donné par l'enquête AMORCE/ADEME (2012).

Les émissions de CO₂ du logement utilisées pour répartir les émissions directes nationales correspondantes du CGDD sont calculées en sommant les émissions de gaz, butane-propane, fioul et autre combustibles liquides, bois et autre combustibles solides.

Les émissions directes de CH₄ et N₂O provenant de l'assainissement dans les logement (non centralisé) sont marginales (1,5 % des émissions directes des ménages, 3,5 ‰ des émissions totales attribuées par notre étude) et n'ont pas été attribuées.

Les volumes d'émissions indirectes nationales de CO₂, CH₄ et N₂O, issues de la consommation des produits et services des ménages ont été attribuées aux observations de l'enquête BDF en utilisant les données de dépenses de l'enquête pour les 37 agrégats de produits et services correspondant au niveau 2 de la nomenclature de fonction de consommation COICOP 1998³⁶.

L'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE) a mis à disposition les coefficients de passage entre ces nomenclatures de dépenses.

Un travail préalable est en effet nécessaire pour établir une correspondance avec les 88 produits de la nomenclature du TES (activités-produits), au niveau 2 de la nomenclature CPA internationale³⁷.

Les données d'émissions par ménage et par produit ont ensuite été agrégées pour produire les graphiques.

Les postes regroupent les émissions des catégories COICOP suivantes :

- logement : c045
- carburant : c072
- transport : c073, c074
- alimentation : c011, c012, c013, c021, c022, c023, c024
- travaux : c043, c044
- biens matériels : c031, c032, c033, c051, c052, c053, c054, c055, c056, c057, c06, c071, c08121, c08131, c08141, c091, c092, c093, c094, c095
- services matériels : c111, c112, c121, c123
- services immatériels : c041, rev801, c046, c08111, c096, c097, c101, c124, c125, c126, c127.

36. <https://www.insee.fr/fr/information/2408172>

37. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Statistical_classification_of_products_by_activity_\(CPA\)/fr](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Glossary:Statistical_classification_of_products_by_activity_(CPA)/fr)

B.1.3. Variabilité des empreintes reconstituées

Nous avons utilisé les empreintes carbone ainsi reconstituées pour chacun des ménages enquêtés pour estimer les empreintes carbone moyennes, ce qui est usuel, mais aussi la variabilité de l'empreinte carbone, ce qui est moins fréquent.

L'estimation de la variabilité des empreintes carbone à partir des données de dépense de type BdF pose toutefois plusieurs difficultés. Les premières sont liées à la méthode de reconstruction des émissions, qui suppose des contenus en émissions constants par euro dépensé dans une catégorie de dépenses. D'une part, cette méthode néglige l'effet qualité (voir texte principal), ce qui conduit, si cet effet est important, à surestimer la proportionnalité des émissions aux dépenses, et donc à surestimer la variabilité. D'autre part, l'utilisation de contenus en émissions constants néglige la variabilité liée à des techniques différentes, ce qui conduit à sous-estimer la variabilité. Pour les postes les plus émetteurs (logement, transport), on peut gagner en précision en appariant BdF avec des bases de données spécifiques renseignant ces caractéristiques techniques.

La dernière difficulté est liée à la méthodologie de l'enquête de type BdF. Celle-ci extrapole les dépenses annuelles à partir de recueil de carnets d'achats sur une semaine et de questionnaires portant sur certains postes de dépenses. L'interaction entre la méthodologie de l'enquête et l'irrégularité des dépenses produit des écarts entre les dépenses reconstituées par l'enquête et les dépenses réelles d'un ménage. Par exemple, les dépenses de carburant sont estimées à partir des carnets d'achats. Un ménage qui fait le plein pendant la semaine d'enquête aura donc des dépenses reconstituées bien plus importantes qu'un ménage qui n'achète pas d'essence. Autre exemple, les dépenses de gaz sont parfois reconstituées à partir de la dernière facture. Pour un ménage se chauffant au gaz, on attribuera des dépenses plus importantes selon que le ménage est enquêté en hiver ou en été.

À cause de ces effets pour un ménage donné, l'enquête n'est pas représentative du total de ses dépenses annuelles. Dès lors qu'un ensemble suffisamment grand de ménages est considéré, les estimations moyennes sont néanmoins correctes, car ces effets se compensent. Ainsi par exemple sont correctement estimées la dépense annuelle totale de l'ensemble des ménages, la dépense annuelle moyenne, la dépense annuelle moyenne au sein d'un décile etc. En revanche, à part la moyenne, la distribution des dépenses révélées par l'enquête n'est

pas représentative de la distribution des dépenses réelles, c'est-à-dire que les moments supérieurs ou égaux à 2 (et en particulier la variance) de ces deux distributions ne coïncideront pas. Pour les émissions, cela signifie que si les émissions moyennes sont correctement estimées, la variabilité des émissions est certainement biaisée. On estime en général que la méthodologie suivie conduit à surestimer la variabilité des émissions (Büchs et Schnepf, 2013, p. 116-117).

Signalons enfin que la précision des estimations pour les mesures de variabilité données dans cet article (les quartiles d'émissions au sein d'un décile) est moindre que la précision de la moyenne des émissions de ce décile, car l'échantillon est de plus petite taille. Les mesures de variabilité données dans l'article doivent donc plus être comprises comme des ordres de grandeur plausibles que comme des estimations statistiques véritables.

B.2. Inégalités d'émissions des énergies du logement

L'enquête PHEBUS recueille auprès d'environ 3000 ménages les caractéristiques du logement, des équipements, des habitants et des factures d'énergie et dans un second volet elle fournit les données relatives au diagnostic de performance énergétique (DPE) du logement réalisé par un organisme agréé. Les données relatives aux dépenses énergétiques monétaires recueillies dans l'enquête PHEBUS sont traduites en consommation physique sur la base des abonnements et tarifs souscrits ainsi que des données de prix des énergies produites par la base Pégase du SDES³⁸. Ensuite certaines données relatives aux consommations physiques d'électricité de l'enquête PHEBUS ont été imputées par le SDES (Denjean, 2014), en cas de non-réponse partielle ou totale. Certaines données aberrantes ont également été corrigées par la suite lorsqu'il n'y avait pas de cohérence entre les variables d'équipement, d'usages et de consommation d'énergie.

Concernant les ménages disposant d'un moyen de chauffage ou d'eau chaude sanitaire collectif (chaudière collective, réseau de chaleur...), il n'a pas été possible d'accéder à des consommations d'énergie individuelles. Celles-ci ont alors été reconstituées sur la base des charges spécifiques de chauffage et d'eau chaude payées par les ménages, lorsque ces informations étaient disponibles, et il a été estimé

38. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-mensuelles-de-lenergie?rubrique=22&dossier=188>

pour les autres, à partir des données du CEREN (2013b) et sur la base de la surface et de l'année de construction.

Une fois reconstituées ces consommations physiques totales des différents vecteurs énergétiques en kWh pour chacun des ménages, il convient de les affecter aux différents usages énergétiques : chauffage, eau chaude sanitaire, cuisson et électricité spécifique. En effet, si dans certains cas un vecteur énergétique ne sert qu'à un seul usage (exemple du bois pour le chauffage), dans d'autres celui-ci en dessert plusieurs (exemple du gaz servant au chauffage et à la cuisson). Une règle de ventilation de la consommation sur les différents usages énergétiques a donc été nécessaire. Celle-ci est réalisée sur la base de régressions issues d'études du Centre d'Études et de Recherche Economique sur l'Énergie (CEREN, 2007, 2013a), qui s'appuient sur les équipements possédés par le ménage ainsi que la surface du logement et des caractéristiques des habitants. Ce travail de décomposition permet ainsi de reconstituer les consommations d'énergie par vecteur pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la cuisson et l'électricité spécifique.

Enfin on applique à chaque vecteur énergétique un facteur d'émission afin de reconstituer les émissions de CO₂ de chaque ménage, par vecteur énergétique et par usage. Les données sont issues de la base carbone de l'ADEME³⁹ et s'appuient notamment sur un découpage par usage concernant l'électricité afin de tenir compte de la variabilité saisonnière de l'usage et du contenu carbone du mix électrique associé. Il est alors possible à partir de toutes ces données de déterminer les émissions de CO₂ par vecteur énergétique et par usage énergétique pour chacun des ménages répondant à l'enquête.

Une comparaison des données de consommation de chauffage de chaque ménage avec un seuil de consommation théorique est ensuite effectuée.

Ces valeurs de consommation de chauffage théorique sont issues des données de calcul du Diagnostic de Performance énergétique (DPE) réalisé pour chacun des ménages enquêtés, la méthode de calcul retenue est la méthode 3CL-DPE⁴⁰.

39. <http://www.bilans-ges.ademe.fr/>

40. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000026601023&categorieLien=id>

B.3. Inégalités d'émissions des énergies du transport

L'enquête ENTND interroge environ 20 000 ménages sur leurs caractéristiques socio-démographiques et sur les véhicules qu'ils possèdent. Elle recueille également, auprès d'un individu de plus de 6 ans tiré au sort dans chaque ménage, les pratiques de mobilité au cours d'un jour ouvré et durant le week-end, pour la semaine écoulée, ainsi que les déplacements à longue distance des 13 dernières semaines : distance, mode de transport, motif, durée...

Les données de mobilité locale par mode et par motif sont issues du volet « déplacements locaux » de l'enquête ENTND qui interroge une personne du ménage de 6 ans et plus, tirée au sort, sur ses pratiques de mobilité au cours d'un jour ouvré et durant le week-end, pour la semaine écoulée.

Les données de mobilité à longue-distance par mode et par motif sont issues du volet « voyages » de l'enquête ENTND qui interroge une personne de chaque ménage tirée au sort sur les voyages effectués au cours des 13 dernières semaines. Pour obtenir des données annualisées de kilomètres parcourus, nous extrapolons cette observation partielle des déplacements.

Ensuite, afin de passer des kilomètres parcourus aux consommations d'énergie en kWh, les consommations unitaires des différents modes de transport autres que la voiture particulière sont issues des données des comptes des transports du SDES⁴¹. Afin de déterminer les consommations unitaires de véhicules particuliers, un modèle de régression est utilisé à partir des données individuelles du volet « possession de véhicules particuliers » de l'enquête ENTND : âge de première mise en service, carburant utilisé, puissance fiscale du véhicule et poids total à vide (Cayla, 2011).

Enfin, des facteurs d'émission des différents vecteurs énergétiques, issus de la base carbone de l'ADEME sont appliqués aux différentes consommations d'énergie précédemment calculées afin de reconstituer les émissions de CO₂. Il est alors possible à partir de toutes ces données de déterminer les émissions de CO₂ par vecteur énergétique et par usage énergétique pour des segments de ménages par agrégation des consommations individuelles pondérées. En effet dans le cas de la base de données de l'enquête ENTND, seule une partie restreinte

41. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-comptes-des-transports-en-2008>

des pratiques de mobilité a été enquêtée et pour un individu seulement au sein de chaque ménage. Il est donc très difficile de remonter à des consommations et émissions annuelles de CO₂ au niveau de chacun des ménages de la base enquêtée.

B.4. Définition des modalités du tissu urbain

Le type de tissu urbain reprend la catégorisation utilisée dans le modèle IMMOVE, développé par EDF. Deux facteurs géographiques ont été utilisés : la taille de l'aire urbaine à laquelle la commune appartient, et son éloignement par rapport au centre de ladite aire urbaine (voir également Raillard (2017) pour une description du zonage).

Plus précisément la première dimension s'appuie sur la taille de la commune qui constitue le centre de l'aire urbaine d'appartenance de la commune renseignée :

- commune hors aire urbaine ou taille strictement inférieure à 2 000 habitants (1^{re} ligne de la table A2)
- taille comprise entre 2 000 et 100 000 habitants (2^e ligne)
- taille strictement supérieure à 100 000 habitants, hors agglomération parisienne (3^e ligne)
- agglomération parisienne (4^e ligne).

La seconde dimension décrit la position de la commune dans l'aire urbaine :

- si la commune est hors aire urbaine ou multipolarisée, il s'agit d'une commune dite rurale (1^{re} colonne dans la table A2)
- lorsque la commune appartient à une aire urbaine
 - si elle appartient à la couronne périphérique, elle est dite polarisée (2^e colonne)
 - sinon elle appartient au pôle urbain et l'on distingue l'appartenance au pôle urbain (3^e colonne), de la ville-centre du pôle urbain (4^e colonne).

Le tableau A2 présente le zonage retenu à partir de ces deux dimensions. La pertinence du zonage ainsi décrit est validée par différentes études (Bigot *et al.*, 2009; Tregouët, 2010).

Tableau A2. Les différents tissus urbains utilisés

Taille du centre de l'aire urbaine	Commune rurale	Commune polarisée	Commune pôle urbain périphérique	Commune pôle urbain ville-centre
< 2 000 hab.	Rural	Rural	—	—
2 000–100 000 hab.	Rural	Rural	Banlieue	Banlieue
> 100 000 hab.	—	Banlieue	Banlieue	Centre
Agglo. parisienne	—	Banlieue	Centre	Centre

La variable de distance au centre est disponible dans l'enquête PHEBUS, mais pas dans l'enquête Budget de Famille. Pour des raisons de protection des données individuelles, nous avons sollicité le service statistique de l'INSEE qui nous a transmis la modalité du tissu urbain pour les observations BDF à partir d'une table de correspondance que nous leur avons fournie entre le code de la commune (classification de 2006) et la classification adoptée.

B.5. Les émissions des déplacements en avion

Les émissions du transport aérien étant régulièrement sur la sellette, il nous paraît important de discuter quelques points de méthodes par rapport au chiffrage auquel conduit notre exploitation de l'enquête ENTD (2008).

Les émissions pour les déplacements en avion, qui s'élèvent au plus, pour les ménages du D10, à 1,7 tCO_{2e} par ménage et par an, peuvent sembler faibles par rapport aux ordres de grandeur que l'on peut trouver dans la presse, par exemple 2,5 tCO_{2e} tonnes par passager (Monod, 2019). Deux raisons expliquent ce faible chiffre moyen :

- les émissions retenues dans notre étude sont les seules émissions de CO₂ liées au carburant des avions, en cohérence avec les choix faits pour les autres modes de transport. Les émissions n'incluent donc ni les émissions grises (construction de l'appareil), ni les émissions des services associées (alimentation à bord, aéroport). Surtout, elles n'incluent pas le forçage radiatif lié aux traînées de condensation et formation de nuages d'altitude, qui doubleraient le bilan de GES du secteur aérien (Kärcher, 2018; Lee *et al.*, 2020). Avec ce périmètre, un aller-retour Paris-New York émet pour un passager selon notre méthode : $5\,775 \text{ km} \times 115 \text{ kg CO}_2 / \text{pkm} \times 2 \text{ (A/R)} = 1,32 \text{ tCO}_2\text{e}$.
- les voyages aériens sont surtout moins fréquents que l'on pourrait le croire. Tous âges confondus, le nombre moyen de voyages

s'établissait en 2008, année de l'enquête, à 0,37 par personne. Avoir entre 20 et 40 ans, disposer de revenus supérieurs ou venir d'une grande agglomération augmentent les chances d'avoir pris l'avion, relativement au reste de la population (Bouffard-Savary, 2010). La perception de voyages aériens plus fréquents qu'un tous les trois ans peut donc venir d'une estimation subjective réalisée sur une population présentant ces caractéristiques, biais exacerbé par l'augmentation du trafic aérien entre 2008 et 2019.

Avec une taille moyenne de ménage de 2,2 personnes et un voyage moyen estimé à 2 255 km comme Istanbul, l'une des destinations privilégiées des Français, un aller-retour génère environ 0,72 tCO_{2e} par passager, ce qui conduit $2,2 * 0,37 * 0,72 = 0,59$ tCO_{2e} par an et par ménage, soit un chiffre du même ordre de grandeur que notre estimation moyenne de 0,48 tCO_{2e} pour les émissions annuelles du transport aérien pour un ménage.

On peut comparer nos estimations à d'autres, pour constater que les ordres de grandeur sont les bons. Pour estimer les émissions d'un déplacement, nous faisons des hypothèses sur les taux de remplissage des appareils et les consommations unitaires spécifiques selon les trajets court, moyen et long courrier à partir de Enerdata (2004). Cela nous conduit sur l'ensemble des déplacements de l'enquête à 130g CO₂/km en moyenne. À partir de la même enquête, Longuar *et al.* (2010, p. 168) estiment les émissions unitaires à 128g CO₂/km, un chiffre cohérent avec le nôtre. Si les passagers-kilomètres des Français sont correctement évalués par ENTD 2008, nos estimations des émissions doivent être du bon ordre de grandeur, compte tenu du périmètre retenu.

C. Matériaux complémentaires

Les données des graphiques sont fournies dans des fichiers csv. Toute demande additionnelle de précisions sur les méthodes et les données peut être adressée aux auteurs.