

Analyse de la pollution de l'air liée à la consommation des ménages en Belgique en 2014 : le cas des émissions de gaz à effet de serre

Working paper pour le projet de recherche SUSPENS
financé par la Politique scientifique fédérale

Septembre 2019

Gertjan Cooreman, gc@plan.be
Jean-Maurice Frère, jmf@plan.be
Petra Zsuzsa Lévy
Josefine Vanhille
Gerlinde Verbist
Tim Goedemé

Le Bureau fédéral du Plan

Le Bureau fédéral du Plan (BFP) est un organisme d'intérêt public chargé de réaliser, dans une optique d'aide à la décision, des études et des prévisions sur des questions de politique économique, socioéconomique et environnementale. Il examine en outre leur intégration dans une perspective de développement durable. Son expertise scientifique est mise à la disposition du gouvernement, du Parlement, des interlocuteurs sociaux ainsi que des institutions nationales et internationales.

Il suit une approche caractérisée par l'indépendance, la transparence et le souci de l'intérêt général. Il fonde ses travaux sur des données de qualité, des méthodes scientifiques et la validation empirique des analyses. Enfin, il assure aux résultats de ses travaux une large diffusion et contribue ainsi au débat démocratique.

Le Bureau fédéral du Plan est certifié EMAS et Entreprise Écodynamique (trois étoiles) pour sa gestion environnementale.

url : <http://www.plan.be>

e-mail : contact@plan.be

Reproduction autorisée, sauf à des fins commerciales, moyennant mention de la source.

Éditeur responsable : Philippe Donnay

Dépôt Légal : D/2019/7433/25

Bureau fédéral du Plan

Avenue des Arts 47-49, 1000 Bruxelles

tél. : +32-2-5077311

fax : +32-2-5077373

e-mail: contact@plan.be<http://www.plan.be>

Analyse de la pollution de l'air liée à la consommation des ménages en Belgique en 2014 : le cas des émissions de gaz à effet de serre

Working paper pour le projet de recherche SUSPENS
financé par la Politique scientifique fédérale

Septembre 2019

Gertjan Cooreman (gc@plan.be), Jean-Maurice Frère (jmf@plan.be),
Petra Zsuzsa Lévy*, Josefina Vanhille*, Gerlinde Verbist*, Tim Goedemé**

Abstract - Ce rapport examine quelles caractéristiques socioéconomiques des ménages déterminent les émissions de gaz à effet de serre en Belgique. L'analyse s'appuie sur une nouvelle version de la base de données PEACH2AIR, qui lie les données sur la pollution de l'air aux dépenses de consommation des ménages belges, telles que déclarées dans l'enquête sur le budget des ménages de 2014. Les produits alimentaires, les carburants pour le transport et la consommation d'énergie à des fins domestiques génèrent plus de 60 % des émissions de gaz à effet de serre, alors qu'ils représentent moins de 30 % des dépenses totales des ménages. Le total des émissions de gaz à effet de serre par ménage augmente avec le revenu, alors que l'intensité de pollution (grammes de pollution par euro dépensé) diminue lorsque le revenu augmente. Après prise en compte des effets d'autres variables, il apparaît que l'âge du chef de ménage, son niveau de formation et la taille du logement font augmenter les émissions de gaz à effet de serre du ménage, tandis que le statut le chômeur, la vie en appartement et la location de son logement les font diminuer.

Classification Jel - C67, C81, D12, Q53, Q56

Mots-clés - développement durable, consommation des ménages, comptes économiques de l'environnement

* Centre de politique sociale Herman Deleeck – Université d'Anvers

** Institute for New Economic Thinking at the Oxford Martin School, Department of Social Policy and Intervention – University of Oxford; Nuffield College

Table des matières

Synthèse	1
1. Introduction	2
2. Contexte et revue de la littérature	4
3. Données et méthodologie	7
3.1. Données sur la consommation	8
3.2. Coefficients de pollution directe de l'air	10
3.3. Coefficients de pollution indirecte de l'air	11
3.4. Limites des données	11
4. Description des profils de pollution de l'air liés à la consommation des ménages	14
4.1. Comment les émissions de GES se répartissent-elles entre les ménages ?	14
4.1.1. Part des différentes catégories de produits dans la pollution totale	14
4.1.2. Déciles de revenu équivalent	16
4.1.3. Risque de pauvreté	19
4.1.4. Pauvreté énergétique mesurée	20
4.1.5. Taille du ménage	21
4.1.6. Type de ménage	22
4.1.7. Région	22
4.1.8. Type de logement	23
4.1.9. Type de chauffage	24
4.1.10. Conclusion	25
4.2. Quelles caractéristiques des ménages sont liées au niveau d'émissions de GES des ménages ?	25
4.2.1. Analyse multivariée	25
4.2.2. Conclusion	31
5. Conclusion	33
6. Annexe	34
6.1. Agrégation des catégories COICOP	34
6.2. Traitement des dépenses non courantes	34
6.3. Correction de la sous-déclaration des dépenses de carburant des ménages disposant de voitures de société	36
6.3.1. Introduction	36
6.3.2. Nombre de voitures de société en Belgique	37
6.3.3. Nombre de voitures de société dans l'EBM	38

6.3.4. Propriété de motos	39
6.3.5. Dépenses de carburant et ordre des véhicules dans les ménages	40
6.3.6. Mix de carburants	41
6.3.7. Imputation	42
6.4. Calcul des coefficients de pollution directe de l'air	43
6.4.1. Coefficients de pollution directe de l'air : les transports	43
6.4.2. Coefficients de pollution directe de l'air : énergie à des fins domestiques	45
6.5. Statistiques synthétiques des variables des modèles de régression	49
7. Bibliographie.....	50

Liste des tableaux

Tableau 1	Élasticité-dépenses/revenu des émissions de GES/CO ₂ dans la littérature.....	6
Tableau 2	Part des différentes catégories de produits dans la pollution totale et le total des dépenses.....	15
Tableau 3	Dépenses et émissions de gaz à effet de serre selon le type de ménage.....	22
Tableau 4	Dépenses et émissions de gaz à effet de serre des ménages selon le type de chauffage.....	24
Tableau 5	Résultats de l'analyse multivariée.....	27
Tableau 6	Pourcentage de ménages qui utilisent un type de chauffage donné, ventilation par Région.....	31
Tableau 7	Pourcentage de ménages ventilé selon l'année de construction de l'habitation.....	31
Tableau 8	Synthèse de l'agrégation des catégories COICOP en 5 catégories.....	34
Tableau 9	Pourcentage des ménages ne déclarant aucune dépense de carburant, ventilé selon le statut de propriété du véhicule.....	37
Tableau 10	Estimations du nombre total de voitures de société en Belgique.....	38
Tableau 11	Nombre de ménages ventilé selon le nombre de voitures de société dans le ménage et la propriété du véhicule principal du ménage.....	39
Tableau 12	Pourcentage des ménages disposant de voitures privées et de société.....	39
Tableau 13	Pourcentage de ménages ventilé selon la propriété de voitures et motos.....	40
Tableau 14	Dépenses mensuelles moyennes de carburant (euros) ventilées selon le nombre de voitures privées et de société utilisées par le ménage.....	41
Tableau 15	Informations additionnelles sur la distribution des dépenses de carburant (en euros) dans les cellules les plus peuplées.....	41
Tableau 16	Part moyenne des différents carburants dans les dépenses totales de carburant des ménages (essence, diesel, autres).....	42
Tableau 17	Limites pour l'imputation moyenne des dépenses de carburant.....	42
Tableau 18	Valeurs des coefficients de pollution directe de l'air des carburants utilisés pour le transport pour différents polluants.....	44

Tableau 19	Valeurs des coefficients de pollution directe de l'air des combustibles utilisés pour le chauffage domestique, pour différents polluants.....	45
Tableau 20	Aperçu des liens entre les catégories COICOP et les catégories de facteur d'émission	46
Tableau 21	Aperçu des liens entre les catégories COICOP et les catégories de facteur d'émission	47
Tableau 22	Conversion en kWh du bois et des granulés.....	48
Tableau 23	Statistiques synthétiques des variables continues des modèles de régression.....	49
Tableau 24	Statistiques synthétiques du statut professionnel.....	49
Tableau 25	Statistiques synthétiques du niveau de formation le plus élevé dans le ménage.....	49
Tableau 26	Statistiques synthétiques de la Région	49
Tableau 27	Statistiques synthétiques du type de logement.....	49
Tableau 28	Statistiques synthétiques du statut d'occupation	49

Liste des graphiques

Graphique 1	Nombre de publications académiques sur la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur résidentiel	4
Graphique 2	Pollution par les gaz à effet de serre et dépenses par ménage selon le décile de revenu équivalent.....	17
Graphique 3	Dépenses et émissions de gaz à effet de serre par ménage selon le type de produit pour chaque décile de revenu équivalent	18
Graphique 4	Pollution par des polluants multiples et dépenses par ménage selon le décile de revenu équivalent.....	19
Graphique 5	Dépenses et émissions de gaz à effet de serre selon que les ménages sont exposés fà un risque de pauvreté ou non	20
Graphique 6	Dépenses et émissions de gaz à effet de serre selon que les ménages vivent dans une situation de pauvreté énergétique mesurée ou non	21
Graphique 7	Dépenses et émissions de gaz à effet de serre des ménages selon la taille du ménage.....	21
Graphique 8	Dépenses et émissions de gaz à effet de serre des ménages par Région	23
Graphique 9	Dépenses et émissions de gaz à effet de serre des ménages selon le type de logement.....	24

Synthèse

Pour lutter contre l'effet de serre et le changement climatique, comme le prévoient divers traités internationaux, il est impératif de réduire sensiblement les émissions de gaz à effet de serre. La Belgique, par exemple, s'est engagée à réduire de 35 % ses émissions de gaz à effet de serre dans les secteurs non ETS entre 2005 et 2030. Les ménages, les entreprises et les pouvoirs publics ont une responsabilité partagée. La présente étude se concentre sur le secteur des ménages.

Elle examine quelles caractéristiques socioéconomiques des ménages déterminent les émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation des ménages en Belgique. L'étude s'appuie sur la base de données PEACH2AIR, qui a été construite à partir d'une série d'hypothèses, dont la plus importante est que les biens et services importés génèrent la même pollution de l'air que ceux produits en Belgique. PEACH2AIR relie les données sur la pollution de l'air aux dépenses de consommation des ménages belges déclarées dans l'Enquête sur le budget des ménages 2014. Plusieurs aspects ont été améliorés par rapport à la version de 2018 de PEACH2AIR, comme l'imputation des dépenses irrégulières et les précisions apportées aux données sur la pollution de l'air.

L'analyse montre que les produits alimentaires, les carburants utilisés dans le transport et la consommation d'énergie à des fins domestiques représentent plus de 60 % des émissions de gaz à effet de serre, alors qu'ils représentent moins de 30 % du total des dépenses. Par conséquent, ces catégories présentent une forte intensité de pollution.

Le total des émissions de gaz à effet de serre augmente avec le revenu, mais l'intensité de pollution (grammes de pollution par euro dépensé) diminue à mesure que le revenu augmente. En effet, plus le revenu est élevé, plus faible est la part des dépenses consacrées à l'énergie pour le logement et aux produits alimentaires dans le total des dépenses. Or, ce sont précisément ces dépenses qui polluent proportionnellement le plus. Ce découplage relatif entre la pollution de l'air et le revenu persiste après avoir pris en compte l'impact d'autres caractéristiques socioéconomiques des ménages. Ce raisonnement s'applique également aux émissions de gaz à effet de serre et à la taille des ménages. À mesure que le ménage s'agrandit, le total des gaz à effet de serre augmente, mais la quantité de gaz à effet de serre par membre du ménage diminue en raison des économies d'échelle.

Après prise en compte de l'impact d'autres variables, il apparaît que quand l'âge du chef de ménage et son niveau de formation, d'une part, et la taille du logement, d'autre part, sont plus élevés, les émissions de gaz à effet de serre au niveau des ménages sont plus hautes. L'inverse est vrai pour les ménages dont le chef est au chômage, qui vivent en appartement (plutôt que dans une maison) ou qui louent leur logement. Ces résultats permettent de mieux comprendre la distribution de la contribution aux émissions de gaz à effet de serre en Belgique, les effets redistributifs potentiels des politiques environnementales et l'identification des ménages susceptibles d'avoir besoin d'une aide supplémentaire pour réduire leurs émissions.

Le présent rapport fait partie du projet de recherche SUSPENS financé par le Service public de programmation de la Politique scientifique fédérale. SUSPENS vise à appuyer la préparation des politiques accompagnant la transition de la société vers des modes de consommation moins polluants.

1. Introduction

Depuis 1992, année de l'approbation de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques, la communauté internationale est de plus en plus sensibilisée à la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre et, partant, de limiter le réchauffement de la planète. L'objectif, approuvé à l'échelle internationale, est de limiter le réchauffement de la planète à 1,5 ou 2° C au-dessus des niveaux préindustriels. Les objectifs de développement durable (SDG) approuvés par l'Assemblée générale des Nations unies en 2015 formulent sans ambiguïté, plus particulièrement dans le SDG 13, que des mesures doivent être prises d'urgence pour combattre le changement climatique et son impact.

Créé en 2005, le marché de quotas d'émission, appelé Système d'échange de quotas d'émission de l'UE (SEQE-UE), repose sur un plafond qui diminue chaque année. Ce système a été développé au niveau européen pour les industries grandes consommatrices d'énergie et le secteur aéronautique. Il permet à ces secteurs de réduire leurs émissions à moindre coût. Conformément à l'accord dit de Paris de 2015, l'Union européenne a en outre convenu de réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'ensemble des secteurs non couverts par le système d'échange (secteurs non ETS) de 40 % entre 2005 et 2030. Les textes législatifs essentiels destinés à mettre en œuvre cet objectif ont été adoptés à la fin de 2018. Pour la Belgique, l'objectif est une diminution des émissions de gaz à effet de serre de 35 %. Les secteurs non ETS sont notamment l'agriculture, le transport (à l'exclusion de l'aviation et du transport maritime), le secteur résidentiel, le secteur commercial, les déchets et d'autres secteurs moins énergivores.

Ce cadre politique et ces objectifs forment la toile de fond de ce rapport. Afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre et donc de limiter le réchauffement de la planète, il convient de faire évoluer les modes de consommation des ménages vers des modes faibles en carbone. Évoluer vers des modes de production et de consommation plus faibles en carbone ne constitue pas seulement une préoccupation climatologique. Il s'agit également d'une question sociale dès lors que tous les citoyens ne contribuent pas de manière égale aux émissions de gaz à effet de serre lorsqu'ils achètent ou consomment des biens et services. Tout dépend de leur mode de consommation. De même, tous les ménages n'ont pas les mêmes possibilités de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation.

Ce rapport décrit le lien entre les modes de consommation des ménages belges, leur revenu et d'autres caractéristiques socioéconomiques, d'une part, et les émissions de gaz à effet de serre, d'autre part. Il constitue le résultat tangible du volet 3.1 du projet de recherche SUSPENS, financé par la Politique scientifique fédérale.

L'analyse se fonde sur la base de données PEACH2AIR (Frère, Vandille, Wolff : 2018), qui est présentée ici. Cette base de données lie les dépenses en produits et services reprises dans l'enquête belge sur le budget des ménages (EBM) de 2014 aux données sur la pollution de l'air générée par ces biens en appliquant le principe général suivant :

$$\begin{aligned} & \textit{pollution totale (grammes)} \\ & = \textit{dépenses (€)} * \textit{coefficient de pollution de l'air} \left(\frac{\textit{grammes}}{\textit{€}} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

Une distinction est opérée entre les coefficients de pollution directe de l'air et les coefficients de pollution indirecte de l'air. Les premiers se rapportent aux émissions générées directement par les ménages lors de leur consommation de combustibles, les seconds aux émissions libérées durant la production de biens et services. À noter que, pour calculer les coefficients par produit, seule la pollution de l'air générée en Belgique qui est comptabilisée dans les statistiques nationales est prise en compte : la pollution de l'air occasionnée par la production à l'étranger de biens achetés par des ménages belges est supposée équivalente à celle générée s'ils avaient été produits en Belgique. Dans l'ensemble, l'évaluation des émissions fondée sur la consommation, telle que présentée dans ce rapport, contraste avec le cadre comptable basé sur la production, plus courant, qui affecte les émissions liées à la production de biens et de services aux lieux et endroits où ils ont été produits.

Partant de la formule générale énoncée ci-dessus, la pollution de l'air liée à chaque produit repris dans l'enquête sur le budget des ménages peut être calculée et ensuite analysée sur base des caractéristiques socioéconomiques des ménages ayant acheté les produits concernés. Plus particulièrement, la recherche sera axée autour des questions suivantes :

- Comment les émissions de GES sont-elles réparties entre les ménages ?
- Quelles caractéristiques des ménages sont associées au niveau d'émissions de GES des ménages ?

La réponse à ces questions peut aider les décideurs politiques à affiner les mesures à prendre pour atteindre les objectifs susmentionnés en matière de réchauffement climatique sans négliger les objectifs sociaux, et vice versa.

Le rapport comprend les chapitres suivants :

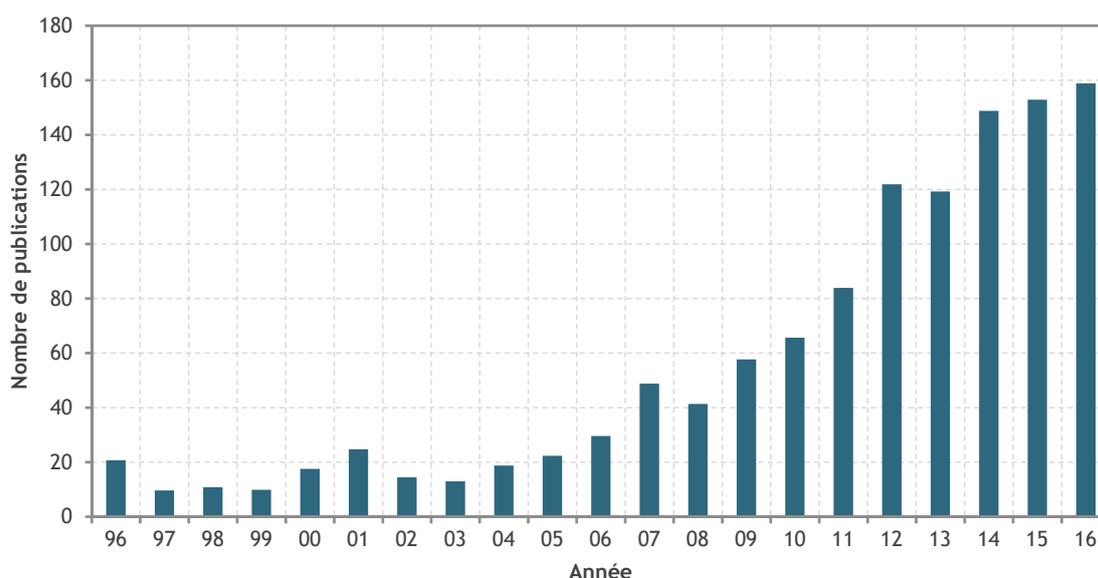
- Le chapitre 2 passe en revue la littérature qui applique la même méthode que celle présentée dans ce rapport et se concentre plus particulièrement sur l'élasticité des polluants par rapport aux dépenses, qui est une des questions qui sera examinée plus en détail dans le rapport.
- Le chapitre 3 développe la méthode permettant de relier les dépenses de consommation des ménages et les données sur la pollution occasionnée par ces dépenses, et en explique les possibilités et les limites.
- Le chapitre 4 présente les résultats de recherche et répond aux questions étudiées. Tout d'abord, la pollution liée aux dépenses des ménages est décrite et associée à différentes caractéristiques des ménages prises séparément. Une analyse multivariée de l'impact relatif des différentes caractéristiques des ménages sur cette pollution est ensuite réalisée.
- Enfin, le chapitre 5 résume les résultats et les limites de la recherche et formule des conclusions.

L'Office belge de statistique Statbel, la Commission de la protection de la vie privée, des experts de l'administration de l'environnement de la Région de Bruxelles-Capitale et les experts invités au séminaire organisé par le Bureau fédéral du Plan et le Centre de politique sociale Herman Deleeck le 6 juin 2019, ainsi que l'ensemble des participants au consortium SUSPENS, ont contribué à l'élaboration de ce rapport. Les auteurs remercient ces organisations et assument la responsabilité de toutes les erreurs et incohérences qui pourraient subsister.

2. Contexte et revue de la littérature

Les premières analyses de l'impact des ménages sur l'environnement remontent aux années 1970. Bullard et Herendeen (1975) ont été les premiers à relier un modèle entrées-sorties à une enquête sur les dépenses des consommateurs (EDC) dans le but de calculer l'impact sur le plan énergétique de décisions des consommateurs. Leurs travaux s'appuient sur les modèles entrées-sorties, combinés à des données environnementales (ESEE) développés par Leontief (1970). Les études ultérieures se sont non seulement intéressées aux besoins en énergie, mais aussi aux émissions de CO₂ et à d'autres types de polluants. Le nombre d'études appliquant cette méthode est toutefois resté relativement limité jusqu'en 2005 environ. Dans sa revue des approches de la consommation durable fondées sur le cycle de vie, Hertwich (2005) cite douze études qui combinent les EDC et les ESEE. Ensuite, le nombre d'études sur les émissions de (carbone) de la consommation des ménages se sont multipliées : Zhang, Luo et Skitmore (2015) ont passé en revue 69 études, toutes publiées après 2000. De même, l'étude bibliométrique menée par Geng et al. (2017) de 1197 articles sur les émissions liées à la consommation d'énergie des ménages confirme cette tendance : alors que le nombre annuel d'articles publiés sur le sujet était inférieur à 20 avant 2005, il est passé à près de 160 par an en 2016. Cette progression du nombre d'études peut être attribuée, d'une part, à l'inquiétude croissante dans le monde face à l'épuisement des ressources énergétiques, au changement climatique (Geng et al., 2017) et à leurs effets sociaux, et d'autre part, au plus grand nombre de modèles entrées-sorties, développés pour une ou plusieurs régions et combinés à des données environnementales, qui sont par ailleurs plus précis. Ceci s'explique par l'accroissement des capacités de calcul, par une plus grande disponibilité de comptes économiques, de comptes de l'environnement et de données sur les échanges commerciaux (Wiedmann, 2009).

Graphique 1 Nombre de publications académiques sur la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre dans le secteur résidentiel



Source : Geng et al., 2017

Parmi les études fondées sur la méthodologie reliant les EDC aux ESEE développés à l'échelle macro, la majorité entendent, à l'instar de la présente étude, brosser un tableau général de la distribution des

émissions liées à la consommation des ménages (Abdallah, Gough, Johnson, Ryan-Collins, & Smith, 2011; Büchs & Schnepf, 2013; Duarte, Mainar, & Sánchez-Chóliz, 2012; Lenzen, 1998; Pohlmann & Ohlendorf, 2014; Steen-Olsen, Wood, & Hertwich, 2016; Weber & Matthews, 2008; Wier, Lenzen, Munksgaard, & Smed, 2001). Cependant, la méthodologie permet également de réaliser des études sur des sujets spécifiques tels que l'effet du vieillissement sur les émissions liées à la consommation (Shigetomi, Nansai, Kagawa, & Tohno, 2014), les écarts d'émissions entre générations (Chancel, 2014), entre polluants (Roca & Serrano, 2007), la relation entre urbanisation et émissions (Ala-Mantila, Heinonen, & Junnila, 2014), l'incidence de styles de vie différents sur les émissions (Fan, Guo, Marinova, Wu, & Zhao, 2012), la relation entre le lieu de résidence et les émissions (Poom & Ahas, 2016) et la relation entre les dépenses et les émissions (Isaksen & Narbel, 2017). Cette méthodologie permet enfin d'élaborer des études expliquant les différences régionales ou par pays dans les émissions liées à la consommation des ménages (Ivanova et al., 2016 ; Kerkhof, Benders, & Moll, 2009).

Dans la littérature décrite ci-dessus, le niveau de vie des ménages (mesuré par le revenu ou les dépenses) est le principal facteur influençant les émissions liées à la consommation. La taille du ménage s'est également révélée être un facteur essentiel : les ménages de plus grande taille tendent, de manière absolue, à générer plus d'émissions. Néanmoins, la tendance s'inverse si on effectue le calcul par personne, et ce en raison d'économies d'échelle. D'autres facteurs influencent considérablement les émissions des ménages : le statut d'emploi, l'habitat urbain/rural, l'âge, le type de logement et le niveau de formation.

De nombreuses études qui relient les tableaux ESEE et les EDC examinent l'élasticité-dépenses (ou revenu) des émissions de GES ou de CO₂, en estimant la mesure dans laquelle les émissions des ménages varient par rapport aux niveaux de dépense. L'élasticité des émissions par rapport aux dépenses mesure le pourcentage de variation des émissions de carbone suite à une variation d'un pour cent des dépenses. Ce concept est essentiel pour comprendre si des revenus et des émissions en hausse peuvent se découpler ou pas. La question de savoir si une augmentation des revenus est possible sans dégrader davantage l'environnement a été largement étudiée à l'échelle macro (par exemple nationale, régionale) et la littérature consacrée à l'empreinte de la consommation des ménages ajoute l'angle micro à ce champ de recherche plus large. L'analyse menée au niveau micro est cruciale pour comprendre la réactivité des émissions des ménages à l'évolution des niveaux de revenu et les effets possibles des politiques climatiques axées sur la demande. Ce point est également analysé dans cette étude, plus spécifiquement dans la section sur les déterminants des émissions des ménages.

Le tableau 1 donne les estimations de l'élasticité calculées dans des études antérieures. Les catégories de dépenses utilisées dans les études ne correspondent pas nécessairement les unes aux autres. Néanmoins, la conclusion générale qui se dégage est que les élasticités-dépenses/revenu des émissions liées aux catégories de consommation répondant à des besoins essentiels, comme le chauffage et les produits alimentaires, sont beaucoup moins élevées que celles de catégories de produits moins nécessaires comme les loisirs et le transport. L'élasticité la plus faible est celle des émissions liées à la consommation de produits alimentaires. Puis viennent l'énergie et le logement, le transport, les biens et les services. En général, le transport et les biens ont une élasticité supérieure à un, ce qui signifie qu'une augmentation des dépenses d'un pour cent entraîne une augmentation des émissions de plus d'un pour cent.

Tableau 1 Élasticité-dépenses/revenu des émissions de GES/CO₂ dans la littérature

Étude	Pays	Tous	Produits alimentaires	Energie et logement	Transport	Biens	Services
Ala-Mantila et al. (2014)	FI	0,790a	0,512	0,133		1,233	1,42
Büchs & Schnepf (2013)	UK	0,432		0,187 ^b	0,598		
Duarte et al. (2012)	ES	0,84					
Girod & Haan, (2010)	CH	0,94c			1,21	1,3	
Isaksen & Narbel (2017)	NO	0,99	0,5	0,25 ^d	1,01		
Kerkhof et al. (2009)	NL	0,84					
Lenzen (1998)	AU	0,7e					
Steen-Olsen et al. (2016)	NO	1,14	0,98	1,02	1,48	1,26-1,29	0,57-1,05
Weber & Matthews (2008)	US	0,6-0,7f					
Wier et al. (2001)	DK	0,9g					

a: Élasticité-dépenses : 0,790. Élasticité-revenu : 0,577.

b: Émissions liées à l'énergie consommée à des fins domestiques

c: Élasticité des dépenses lorsque les émissions sont calculées sur une base monétaire: 0,94. Élasticité lorsque les émissions sont calculées sur une base unitaire : 0,53

d: Seulement l'énergie, pas le logement. Élasticité-dépenses des émissions liées à l'habillement : 1,3

e: Élasticité des dépenses énergétiques par rapport aux dépenses monétaires /revenus. Élasticités-dépenses : Pays-Bas: 0,63, Australie: 0,59. Élasticités-revenu : États-Unis : 0,73, Pays-Bas : 0,83, Australie : 0,74

f: Les élasticités-dépenses varient entre 0,6 et 0,7. Les élasticités-revenu varient entre 0,35 et 0,52.

g: Élasticité-dépenses : 0,9. Élasticité-revenu : 0,48

3. Données et méthodologie

Deux types de données sont nécessaires à notre analyse : des données sur la consommation et des données sur la pollution. La base de données PEACH2AIR combine ces deux types de données dans un seul ensemble, qui constitue la base de nos calculs. Cette base de données a été créée par le Bureau fédéral du Plan de Belgique et le Centre de politique sociale Herman Deleeck - Université d'Anvers. Elle associe un modèle entrées-sorties développé pour une région mais complété de données environnementales à l'enquête belge sur le budget des ménages de 2014 (EBM).

Cette base de données repose sur la formule suivante :

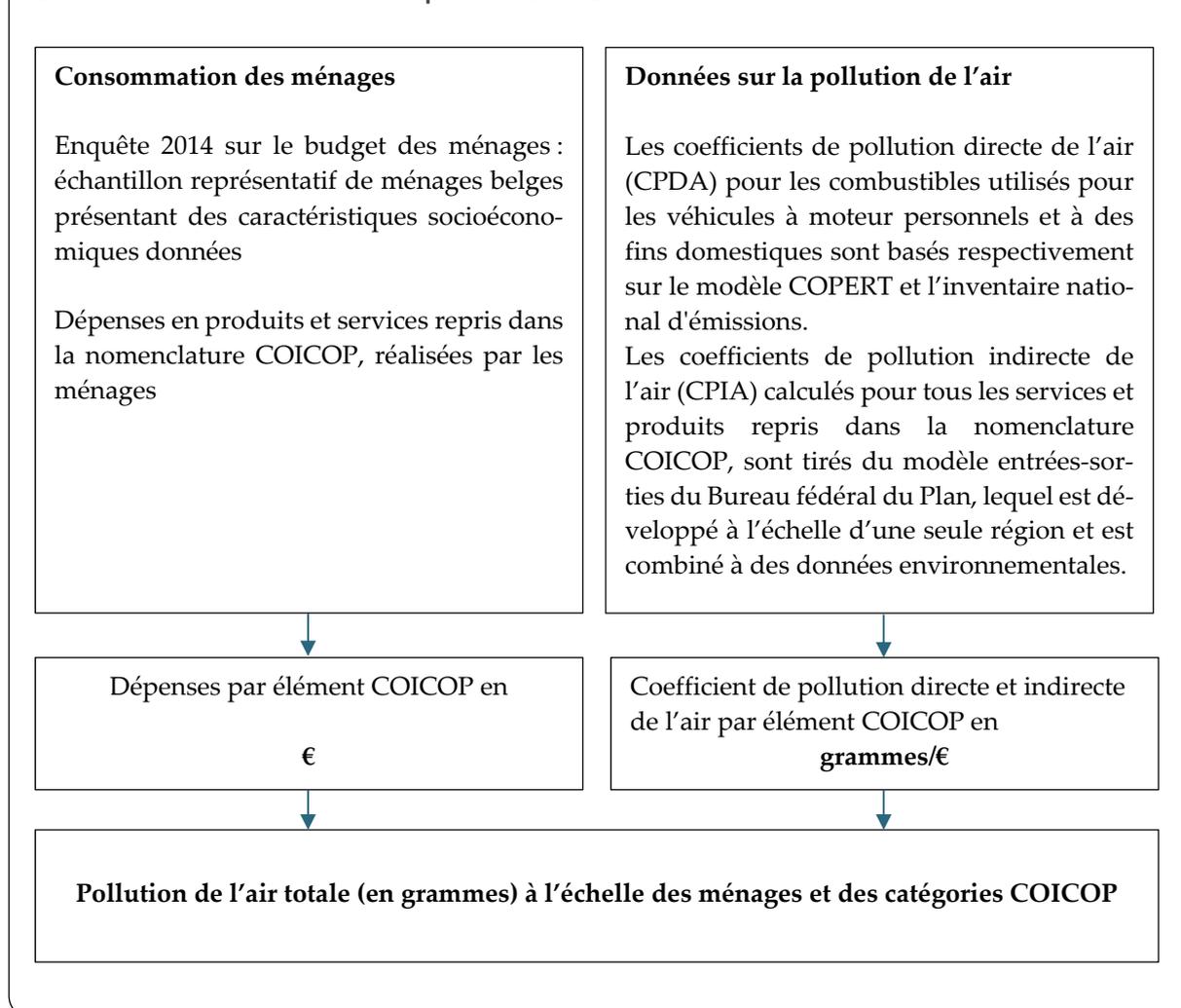
$$PAT_{h,p,c} = EXP_{h,c} \times (CPDA_{p,c} + CPIA_{p,c}) \quad (2)$$

La formule indique que la pollution de l'air totale (PAT), en grammes de polluant p générée par le ménage h en consommant le produit c , est égale à la somme du coefficient de pollution directe de l'air (CPDA) et du coefficient de pollution indirecte de l'air (CPIA) du polluant p et du produit c , multipliée par le montant dépensé (EXP) pour le produit c de la classification COICOP par le ménage h . Les CPDA et CPIA d'une combinaison donnée produit-polluant sont exprimés en grammes de pollution par euro dépensé, tandis que les dépenses sont exprimées en euros. On distingue treize polluants (CO₂, N₂O, CH₄, NO_x, SO_x, NH₃, COVNM, CO, PM_{2,5}, PM₁₀, HFC, PFC et SF₆) ainsi que trois indices : les indices de gaz à effet de serre (GES), de potentiel de formation d'ozone troposphérique (TOFP) et d'acidification (ACID).

Les ménages polluent directement (CPDA) ou indirectement (CPIA). La pollution directe se réfère à la pollution liée à la consommation directe de combustibles par les ménages. Dans notre modèle, il s'agit de tous les combustibles de chauffage et carburants utilisés pour le transport. La pollution indirecte d'un produit se réfère aux émissions générées durant l'ensemble du processus de production de biens et services. Les CPIA et CPDA ont été calculés par le biais de méthodes différentes.

La méthodologie de couplage des données sur les dépenses en biens et services avec celles sur leur pollution directe et indirecte de l'air peut être présentée schématiquement comme suit :

Encadré 1 Structure schématique de PEACH2AIR



Les sources de données sont brièvement décrites dans cette section. Les données sur la consommation et la pollution directe et indirecte de l'air sont présentées respectivement dans les sections 3.1, 3.2 et 3.3. Quant au point 3.4, il est consacré aux limites de ces données.

3.1. Données sur la consommation

Notre analyse se fonde sur l'enquête belge sur le budget des ménages (EBM) de 2014, qui contient des informations détaillées sur des caractéristiques socioéconomiques et des profils et niveaux de consommation d'un échantillon représentatif de ménages belges. L'échantillon englobe 6 135 ménages et 16 093 individus. L'EBM est une enquête bisannuelle qui s'appuie sur l'enquête belge sur les forces de travail (EFT)¹. L'échantillon de l'EFT est un échantillon stratifié à deux niveaux ; celui de l'EBM en est tiré à un troisième niveau. Des variables d'échantillonnage ont été prises en compte durant l'analyse menée pour ce rapport. Les microdonnées de l'EBM ont été fournies par Statbel, l'Office belge de statistique.

¹ Avant 2012, l'enquête était annuelle et distincte de l'EFT.

Durant l'EBM, chaque ménage participant a reçu un journal de bord qu'il a rempli pendant un mois. Il y a enregistré toutes ses dépenses (type de dépense, prix, quantité, unité de mesure, volet privé de l'achat, lieu de l'achat). À la fin du mois, un enquêteur a rendu visite au ménage et a pris note des réponses à un questionnaire qui rassemble des informations sur la composition et les caractéristiques socioéconomiques du ménage (revenu, âge, Région, niveau de formation, etc.), le logement du ménage (année de construction, type de chauffage, etc.), les dépenses périodiques (ex. abonnement à la télévision) et la possession de gros appareils (ex. voiture, ordinateur portable, lave-linge). D'autres questions portent sur l'achat de biens durables au cours des quatre mois précédents.

La période de référence pour notre recherche est l'année 2014 : les dépenses et les émissions des ménages sont données pour l'ensemble de cette année. La période d'enregistrement des dépenses dans le journal de bord est d'un mois (et différents ménages complètent le journal durant différents mois). Ces dépenses ont ensuite été annualisées pour l'année 2014.

Dans l'EBM, les dépenses sont classées selon la Classification des fonctions de consommation des ménages (COICOP). La classification COICOP est la classification internationale de référence pour les dépenses des ménages. Elle est tenue par le Département des affaires économiques et sociales des Nations unies. Elle comprend 12 groupes de premier niveau, qui sont subdivisés en des sous-groupes plus détaillés de 2^e, 3^e et 4^e niveau. Pour la Belgique, il existe un 5^e niveau, qui se compose de 1154 catégories de consommation au total. Pour présenter les résultats, nous avons créé les cinq grandes catégories de consommation suivantes : produits alimentaires et boissons, énergie et logement, transport, biens et services (voir annexe 6.1 pour plus de détails).

Nous avons procédé à certaines manipulations de données dans l'EBM pour les rendre plus adaptées à notre analyse. En effet, deux éléments empêchent de rendre compte correctement des émissions de chaque ménage. Premièrement, les dépenses non courantes et deuxièmement, la sous-déclaration des dépenses de carburant chez les ménages qui disposent d'une voiture de société. Nous expliquons brièvement, dans les deux paragraphes suivants, comment nous avons traité ces deux éléments. Pour plus de détails, voir les annexes 6.2 et 6.3.

- Les dépenses non courantes, comme les dépenses en biens durables ou en vacances sont problématiques car nous observons de nombreuses dépenses (avec les émissions qui en résultent) pour ces biens et services chez un petit nombre de ménages, contre aucune dépense pour le reste des ménages. Néanmoins, le reste des ménages engage aussi des dépenses pour ces biens et services et les utilise, mais à des périodes qui tombent en dehors de celle de l'enquête. On constate un écart entre la durée de vie (ou la fréquence d'achat) de ces biens et services et la durée de l'enquête (un mois pour le journal de bord et les quatre mois précédant l'enquête pour ce qui concerne les questions sur les achats de biens durables). Nous avons résolu ce problème en créant des groupes de ménages et en distribuant les dépenses non courantes entre les ménages de chaque groupe.
- Les voitures de société sont un avantage en nature offert par l'employeur au salarié. Les dépenses de carburant pour les trajets domicile-lieu de travail et les déplacements privés sont prises en charge partiellement ou totalement par l'employeur. Par conséquent, les ménages disposant d'une voiture de société déclarent moins de dépenses de carburant dans l'EBM que les autres ménages. Cela ne signifie toutefois pas que les ménages disposant d'une voiture de société se déplacent moins et

libèrent moins d'émissions que les autres ménages. Étant donné que ce rapport vise à analyser la distribution des émissions entre les ménages (1) et que les ménages utilisant une voiture de société se positionnent dans les tranches moyenne et supérieure de la distribution des revenus, ne pas traiter ce point entraînerait une distorsion de résultats. Nous avons résolu ce problème en imputant les dépenses de carburant observées parmi le reste des ménages aux ménages utilisant une voiture de société.

3.2. Coefficients de pollution directe de l'air

Le coefficient de pollution directe du polluant p , générée en consommant un euro d'un carburant donné c pour des motifs de transport, est calculé grâce à la formule énoncée ci-dessous. Une description détaillée de toutes les composantes de ces formules est donnée à l'annexe 6.4.

$$CPDA_{p,c} = \frac{\text{Pollution directe totale}_{p,c} (g)}{\text{Consommation totale}_c (g) * \text{volume spécifique}_c (l/g) * \text{prix}_c (\text{euros/l})} \quad (3)$$

où $c \in \{\text{diesel, essence, GPL, huile à deux temps, autres carburants}\}$

Les données sur la pollution directe totale et la consommation totale de carburants pour des motifs de transport sont tirées de COPERT, un modèle européen d'inventaire des émissions du transport routier. Les données de COPERT exploitées se réfèrent à 2014, ces données ont été transmises en 2019. Seuls les types de véhicules habituellement utilisés par les consommateurs, comme les voitures particulières, ont été pris en compte. Les volumes spécifiques de carburant viennent du Manuel sur les statistiques de l'énergie de l'Agence internationale de l'énergie. Le prix par litre se fonde sur des données désagrégées du BFP, servant à calculer l'indice des prix à la consommation.

Nous avons appliqué deux formules différentes pour calculer les coefficients de pollution directe de l'air pour les combustibles utilisés à des fins domestiques étant donné que le prix des combustibles liquides, exprimé en litres, a dû être converti.

$$CPDA_{p,c} = \frac{\text{facteur d'émission}_{p,c} * \text{facteur de conversion énergétique}_c * \frac{\text{Pouvoir calorifique net}}{\text{Pouvoir calorifique brut}_c}}{\text{Prix}_{(h),c}}$$

si $c \in \left\{ \begin{array}{l} \text{gaz naturel, gaz naturel seconde résidence,} \\ \text{butane, propane, charbon, bois de chauffage, autres combustibles solides} \end{array} \right\}$ (4)

$$CPDA_{p,c} = \frac{\text{facteur d'émission}_{p,c} * \text{facteur de conversion énergétique}_c * \frac{\text{Pouvoir calorifique net}}{\text{Pouvoir calorifique brut}_c}}{\text{volume spécifique}_c * \text{prix}_{(h),c}}$$

si $c \in \{\text{mazout, autres combustibles liquides}\}$

Nous nous sommes référés, pour l'année 2014, aux facteurs d'émission exprimés en grammes de pollution par joule, tirés de l'inventaire national des émissions 2017 de la Belgique ainsi qu'à des données sur les facteurs d'émission des Régions wallonne et flamande. Les facteurs de conversion énergétique et le

volume spécifique de certains combustibles peuvent être consultés dans le Manuel sur les statistiques de l'énergie. Les valeurs de la part du pouvoir calorifique net dans le pouvoir calorifique brut d'un combustible sont basées sur le document de référence du GIEC « Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux » (GIEC, 2001).

Pour le gaz naturel et le mazout, le prix par unité dépend de la quantité achetée par un ménage, telle qu'indiquée par le suffixe (h). Cela s'explique principalement par les différences dans les niveaux de taxation (pour le gaz naturel) ou par un prix à l'unité nettement inférieur pour les commandes substantielles (pour le mazout). S'agissant des autres combustibles et produits, les prix sont supposés être uniformes.

3.3. Coefficients de pollution indirecte de l'air

La pollution de l'air occasionnée par les ménages est majoritairement indirecte et est générée dans la chaîne d'approvisionnement des biens et services qu'ils achètent. Les émissions indirectes ont été calculées au moyen d'un modèle entrées-sorties développé par le Bureau fédéral du Plan pour une région et qui est combiné à des données environnementales. La méthodologie est décrite en détail dans Frère et al., 2018. Dans la base de données, chaque ménage se voit attribuer la quantité d'émissions liée à sa consommation déclarée.

L'analyse entrées-sorties est une méthodologie qui exploite les données au niveau des branches pour dresser les chaînes d'approvisionnement au sein de l'économie. Lorsque l'analyse est étendue aux données sur la pollution de l'air au niveau des branches d'activité, il devient possible de quantifier la pollution de l'air générée par le processus de production de biens et de services à l'échelle de ces branches. Ces données par branche (selon la classification SUT belge) ont été liées à la classification COICOP de l'EBM afin de quantifier la pollution de l'air générée par la consommation de biens et de services des ménages. Le lien entre les classifications SUT-COICOP est étudié plus en détail dans Frère, Vandille et Wolff (2018).

Les émissions liées aux biens importés sont prises en compte, moyennant l'hypothèse selon laquelle leur technologie de production est la même que si le produit avait été fabriqué en Belgique. Ce type de modèle entrées-sorties repose sur une région unique (par opposition aux modèles entrées-sorties multirégionaux qui utilisent des tableaux des ressources et des emplois de plusieurs pays).

3.4. Limites des données

Les données de notre modèle présentent plusieurs limites. Premièrement, comme précisé dans le point précédent, notre modèle entrées-sorties se fonde sur une seule région, ce qui comporte un grand désavantage. Contrairement aux modèles multirégionaux, les modèles à l'échelle d'une région partent de l'hypothèse que la technologie de production utilisée à l'étranger est la même qu'en Belgique. Lorsque des coefficients environnementaux sont attribués à des biens tels que des pommes ou des panneaux solaires, nous supposons que la technologie de production est la même en Belgique et à l'étranger. En d'autres termes, nous appliquons, pour un produit, le mix d'intrants (matières premières, transport et production) utilisé dans la branche productrice belge. Ce faisant, nous faisons abstraction du fait que

les produits achetés en Belgique mais fabriqués à l'étranger (comme l'acier) ont probablement été produits avec des intrants de matières et d'énergie différents de ceux des produits fabriqués en Belgique. Le principal avantage du modèle entrées-sorties utilisé ici est qu'il est le modèle entrées-sorties le plus détaillé de la Belgique actuellement disponible. La classification SUT comporte 354 branches, tandis que (à notre connaissance) le modèle entrées-sorties multirégional le plus détaillé - Exiobase - qui se fonde sur des données de 2007, en distingue 162.

Deuxièmement, nous associons les émissions à chaque euro dépensé dans les catégories de consommation reprises dans l'EBM. Toutefois, pour beaucoup de catégories de produits, les émissions sont en réalité générées durant la production. Étant donné que nos coefficients de pollution s'entendent en grammes de pollution par euro, nous devons partir de l'hypothèse d'une homogénéité suffisante du prix des biens appartenant à la même catégorie (ex. pêches ou voitures).

Troisièmement, il se peut que certaines catégories de consommation soient sous-déclarées dans l'EBM. Les personnes interrogées pourraient être tentées de déclarer des dépenses moins élevées que les dépenses réelles pour des produits stigmatisés comme les drogues, l'alcool ou le tabac (et éventuellement d'autres catégories de consommation). Néanmoins, étant donné qu'il est difficile d'obtenir ou de construire des statistiques externes comparables, évaluer le biais qui en résulte n'est pas évident. Comme les catégories supposées être les plus susceptibles d'être sous-déclarées ne sont pas celles qui génèrent des impacts environnementaux importants, nous considérons que le biais lié à la sous-déclaration a une incidence plutôt minime sur nos résultats globaux en matière d'émissions.

Quatrièmement, comme expliqué au point 3.1, les achats non courants effectués par les ménages, tels que déclarés dans l'EBM, et la sous-déclaration des dépenses en carburant des ménages qui disposent d'une voiture de société posent problème pour estimer précisément le niveau et la distribution des émissions des ménages. Notre approche pour résoudre ces problèmes est décrite à l'annexe 6.3. Une autre problématique liée à l'EBM est la pollution causée par la construction de maisons et la rénovation en profondeur d'habitations. Ce type de dépenses n'est pas repris dans notre modèle car elles sont trop peu fréquentes pour être renseignées de manière fiable dans l'EBM. En outre, les données insuffisamment détaillées de l'EBM sur le parc d'habitations ne nous permettent pas d'imputer une certaine quantité de pollution au logement. Il en résulte que les dépenses de loyer ou de prêt hypothécaire ne sont pas prises en considération dans PEACH2AIR et, par conséquent, aucune pollution n'est associée à ces dépenses.

Cinquièmement, les dépenses de consommation d'énergie à des fins domestiques renseignées dans l'EBM reposent sur un montant imputé substantiel. Comme indiqué dans la note méthodologique de l'EBM 2014, les personnes interrogées peuvent se référer à des factures dites uniques renseignant un seul montant pour deux types de dépenses énergétiques ou plus. On dénombre par exemple 4 522 factures uniques pour l'électricité et le gaz naturel sur un total de 6 135 ménages. Une régression permettant de calculer les dépenses d'électricité en fonction de la taille du ménage, de la Région de résidence, de la possession d'un lave-linge ou encore de panneaux solaires a été utilisée pour décomposer ces factures uniques. Dans ces 4 522 cas, le montant résiduel a été imputé au gaz naturel. Par conséquent, toutes les variations résiduelles potentielles dans la consommation d'électricité de ces ménages se

refléteront dans les dépenses de gaz naturel. Une analyse spécifique des dépenses ou de la pollution liées à l'énergie doit dès lors être interprétée avec prudence².

Enfin, une dernière limite se rapporte aux émissions liées à la consommation (volontaire ou involontaire) de services publics comme l'enseignement, la santé, les services sociaux et l'urbanisme. Bien que les coefficients de pollution indirecte tiennent compte de la pollution générée par la consommation publique individuelle (enseignement, services de santé et sociaux), une telle pollution n'apparaîtra dans notre modèle que si ces dépenses sont représentées dans l'EBM. Cela pourrait, dans notre méthodologie, biaiser l'imputation aux ménages de la pollution causée par la consommation de biens publics.

² Voir la note méthodologique sur l'EBM 2014 pour un aperçu complet de l'ensemble des imputations des dépenses liées à l'énergie.

4. Description des profils de pollution de l'air liés à la consommation des ménages

La base de données PEACH2AIR permet d'analyser la pollution des ménages sur la base de caractéristiques des ménages individuels et des différents types de produits qu'ils consomment. Les sections 4.1 et 4.2 du présent chapitre répondent aux questions de recherche posées dans le cadre de cette étude.

4.1. Comment les émissions de GES se répartissent-elles entre les ménages ?

Une analyse bivariée sera réalisée pour répondre à cette question de recherche. Tout d'abord, nous calculerons et analyserons la part de certains types de produits dans la pollution totale. Ensuite, nous examinerons comment certaines caractéristiques des ménages sont liées au niveau de pollution. Les émissions de gaz à effet de serre sont le principal sujet d'analyse, mais les résultats pour d'autres types de polluants seront présentés occasionnellement.

4.1.1. Part des différentes catégories de produits dans la pollution totale

Le tableau 2 décrit la part des émissions générées par les différentes catégories de consommation dans le total des émissions de GES générées par la consommation des ménages. La ventilation des dépenses est également indiquée. La troisième colonne montre l'intensité de pollution de chaque type de produit. L'intensité de pollution est la quantité moyenne de gaz à effet de serre émise en consommant 1 euro de la catégorie de consommation concernée.

Tableau 2 Part des différentes catégories de produits dans la pollution totale et le total des dépenses
Dépenses et GES en pour cent, GES/EURO en grammes par euro

Groupe COICOP	Dépenses	GES	GES/EURO
1 Produits alimentaires et boissons non alcoolisées	15,7%	18,0%	769
2 Boissons alcoolisées et tabac	2,5%	1,1%	305
3 Articles d'habillement et chaussures	5,8%	1,7%	202
4.a Logement : loyer, eau	3,3%	1,9%	385
4.b Électricité	3,0%	8,2%	1851
4.c Gaz du réseau de gaz naturel	2,0%	11,6%	3967
4.d Butane ou propane en bouteilles	0,0%	0,1%	1789
4.e Mazout	1,6%	9,3%	3814
4.f Autres combustibles solides ou liquides	0,2%	2,6%	9117
5 Meubles, articles de ménage et entretien	7,4%	3,0%	276
6 Santé	5,8%	6,2%	716
7.a Tpp* : véhicules non motorisés, pièces et services	0,3%	0,1%	177
7.b Tpp* : véhicules motorisés, pièces et services	10,7%	2,4%	148
7.c Tpp* : diesel	2,1%	7,9%	2466
7.d Tpp* : essence	1,5%	3,8%	1698
7.e Tpp* : autres carburants	0,0%	0,2%	2980
f Transports publics	1,2%	2,9%	1609
8 Communications	3,8%	0,8%	141
9 Loisirs et culture	10,4%	7,8%	499
10 Enseignement	0,6%	4,0%	4233
11 Hôtels, restaurants et cafés	8,2%	3,8%	311
12 Biens et services divers	13,8%	2,6%	129
Total (en milliards d'euros, en grammes et en grammes par euro)	136,66	9,16E+13	670

* Tpp : transport privé personnel

Sur base de nos calculs, les ménages belges ont dépensé 136,7 milliards d'euros en biens et services en 2014. Ce total des dépenses a généré 9,16 milliards de grammes de gaz à effet de serre exprimés en équivalents CO₂. En d'autres termes, chaque euro dépensé par les ménages en 2014 a généré, en moyenne, 670 grammes de gaz à effet de serre. Ces gaz ont été émis lors de la production des biens et services achetés (émissions indirectes) et lors de l'utilisation de combustibles à des fins domestiques et de transport (émissions directes). Ces 670 grammes par euro correspondent à l'intensité de pollution moyenne des gaz à effet de serre générés par les dépenses des ménages belges.

La ventilation de ces dépenses et des gaz à effet de serre entre les différentes catégories de produits montre que la part de certaines catégories de produits dans le total des émissions de gaz à effet de serre est supérieure à leur part dans le total des dépenses. Autrement dit, l'intensité de pollution de ces catégories de dépenses est plus élevée. Trois postes de dépenses se démarquent. Les produits alimentaires et boissons non alcoolisées (18 % des GES), la consommation d'énergie à des fins domestiques (4.b-4.f, 31,8 %) et les carburants utilisés pour le transport (7.c-7.e, 11,9 %) génèrent 62,8 % du total des émissions de gaz à effet de serre. À elles seules, ces trois catégories représentent 26,1 % du total des dépenses et peuvent donc être considérées comme intensives en pollution sur base du critère GES/euro.

Notons que la forte intensité de pollution de l'enseignement s'explique par notre méthodologie. Les ménages dépensent proportionnellement peu en enseignement, parce qu'il s'agit d'un bien public fourni par l'État. Lors du calcul des coefficients de pollution indirecte de l'air, la pollution associée à la consommation publique individuelle pour les besoins de l'enseignement, de la santé humaine et des services sociaux a été ajoutée aux coefficients correspondants de pollution directe de l'air liés à la consommation des ménages (Frère et al., 2018 : 22). Ce faisant, au moins une partie de la pollution causée

par la consommation de biens publics à des prix réduits est prise en compte dans notre modèle via des coefficients de pollution indirecte plus élevés.

L'EBM renseigne un grand nombre de caractéristiques des ménages comme l'âge, la taille du ménage, le revenu, le mode de chauffage principal du logement, la Région ou le nombre de voitures. Dans les graphiques et tableaux suivants, nous analyserons si le niveau de pollution par ménage augmente ou diminue en fonction de certaines caractéristiques des ménages. Si on tient compte de la formule (2) (voir p. 7), l'origine d'un niveau de pollution donné peut être scindée en deux éléments : le niveau de dépenses et l'intensité de pollution moyenne, qui est définie comme le quotient de la pollution totale par le total des dépenses. Tous les éléments sont importants, en ce sens qu'ils peuvent nécessiter différents types de mesures.

Encadré 2 Quelques explications pour mieux comprendre les graphiques

Ci-dessous, vous trouverez une série de graphiques dont l'axe horizontal représente le nombre de ménages appartenant à une catégorie donnée en Belgique. L'axe vertical représente quant à lui les émissions moyennes de gaz à effet de serre ou les dépenses moyennes par ménage de chaque catégorie. Afin de présenter les dépenses moyennes et les émissions moyennes de GES par ménage sur la même échelle verticale, elles sont exprimées en pourcentage de la moyenne de la population totale, soit 100 %, représentée par la ligne en pointillés dans le graphique. Il est donc possible de déterminer si les dépenses moyennes ou les émissions moyennes par ménage pour une catégorie de ménages donnée sont supérieures ou inférieures à la moyenne de la population totale.

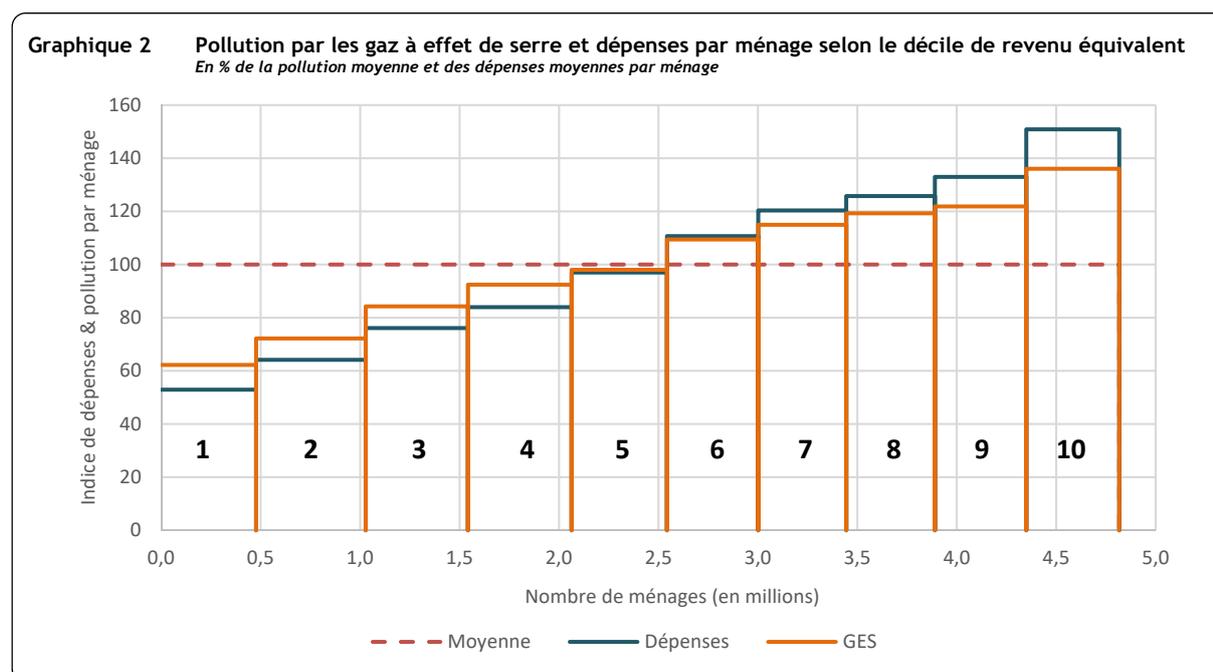
Dans cette méthode de présentation, la zone des colonnes représente le total des émissions de gaz à effet de serre des différentes catégories de ménages. En effet, le total des émissions de gaz à effet de serre d'une catégorie donnée est égal au produit des émissions moyennes de gaz à effet de serre par ménage de cette catégorie (à savoir l'intensité de pollution) et du nombre de ménages de cette catégorie. Naturellement, le même raisonnement s'applique aux dépenses. Par conséquent, il est possible d'évaluer l'influence des deux facteurs sur la pollution totale des différentes catégories de ménages.

4.1.2. Déciles de revenu équivalent

Dans le graphique 2, chaque ménage est affecté à un décile de revenu sur la base de son revenu net équivalent disponible³. La largeur de chaque barre représente le nombre de ménages faisant partie du groupe concerné. Tant le niveau de dépenses que le niveau des émissions de gaz à effet de serre sont exprimés en pourcentage des dépenses moyennes et de la pollution moyenne par ménage de la population totale. On voit clairement que la pollution par ménage augmente sensiblement avec le revenu. Les ménages du premier décile polluent à hauteur de 62 % de la pollution moyenne par ménage en réalisant des dépenses correspondant à 53 % des dépenses moyennes. En revanche, les ménages du dernier décile polluent à hauteur de 136 % de la pollution moyenne par ménage en réalisant des dépenses correspondant à 151 % des dépenses moyennes. L'intensité de pollution, qui reflète la pollution moyenne par euro dépensé, est généralement plus élevée que la moyenne si la part de la pollution est

³ L'échelle d'équivalence de l'OCDE a été utilisée à cet effet. Chaque décile contient un dixième de la population totale. En raison des différences dans la taille moyenne des ménages, le nombre de ménages de chaque décile varie légèrement.

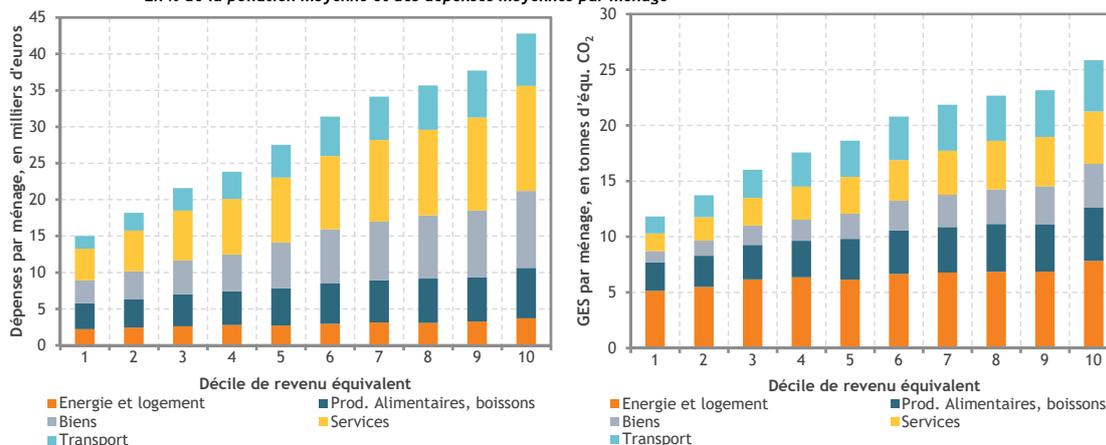
supérieure à la part des dépenses. Dans le graphique 2, on peut voir que l'intensité de pollution est supérieure à la moyenne dans le premier décile de revenu et inférieure à la moyenne dans le dernier décile de revenu. Par conséquent, même si les ménages plus aisés polluent plus en chiffres absolus, l'intensité de pollution par euro dépensé diminue lorsque le revenu augmente. Cette corrélation entre revenu et pollution est également constatée par d'autres auteurs comme Christis et al. (2019) et Sommer et Kratena (2017). Kerkhof, Benders et Moll (2009) constatent quant à eux que l'intensité d'émissions générée par la consommation des ménages diminue avec le revenu au Royaume-Uni et aux Pays-Bas et augmente avec le revenu en Suède et en Norvège.



Le graphique 3 montre le total des dépenses et la pollution totale par type de produit : énergie et logement, produits alimentaires et boissons, biens, services et transport. Il donne une explication possible de la baisse de l'intensité de pollution. Lorsque le revenu augmente, les ménages ont tendance à consommer davantage de biens et de services. Contrairement à l'énergie et au logement, qui restent plutôt constants dans la distribution du revenu, les biens et services présentent une faible intensité de pollution. Les deux effets, partiellement compensés par la hausse des dépenses dans la catégorie des transports fort intensive en pollution, entraînent une baisse de l'intensité de pollution.

Graphique 3 Dépenses et émissions de gaz à effet de serre par ménage selon le type de produit pour chaque décile de revenu équivalent

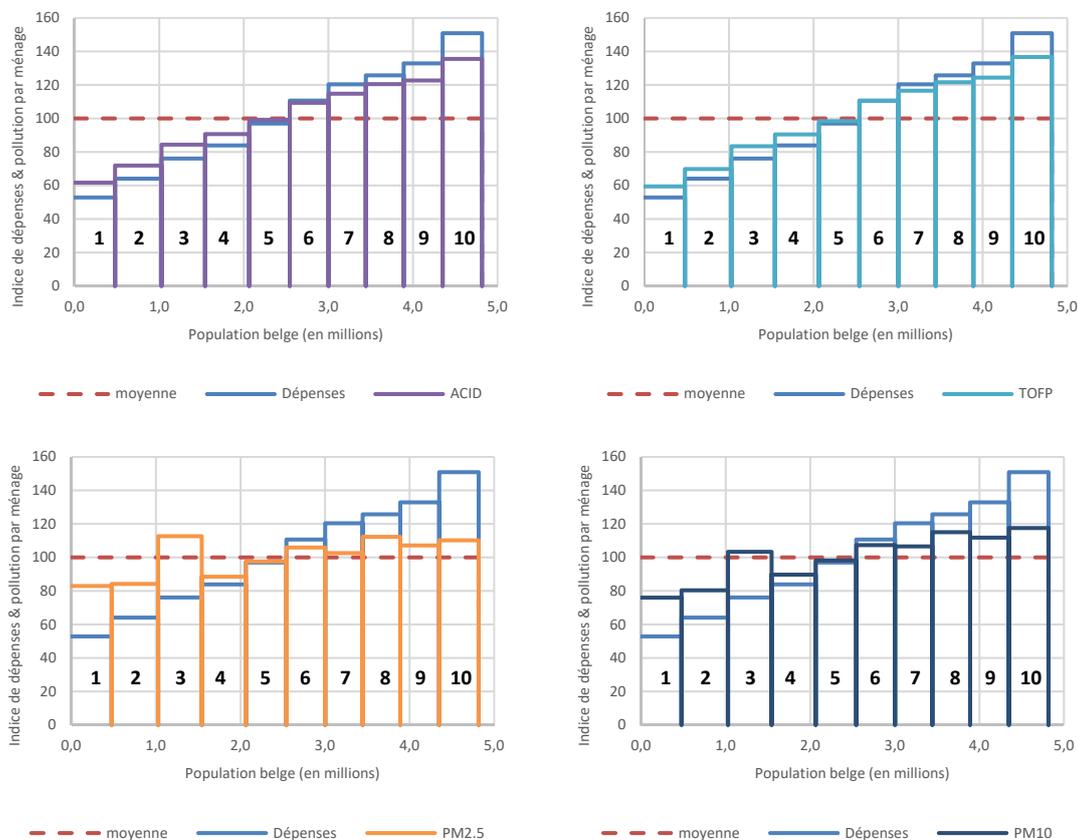
En % de la pollution moyenne et des dépenses moyennes par ménage



* Le logement renvoie aux coûts liés au logement comme les frais d'entretien, de consommation d'eau et de collecte des déchets. Le loyer, le loyer imputé et les crédits hypothécaires ne sont pas inclus.

Comme expliqué plus haut, PEACH2AIR contient également des données sur des polluants autres que les émissions de gaz à effet de serre. Dans le graphique 4, les indices ACID et TOFP et deux mesures pour les particules fines ont été ajoutés au graphique 2. La constatation selon laquelle la pollution s'accroît avec le revenu et que l'intensité de pollution diminue se vérifie pour pratiquement toutes les variables. L'intensité de pollution liée aux particules fines est surtout élevée dans les trois premiers déciles de revenu. On peut l'expliquer par le fait que la combustion du charbon et du bois génère une grande partie du total des émissions de particules fines et qu'environ 70 % des ménages ayant indiqué utiliser le charbon comme principal mode de chauffage dans l'EBM se situent dans les trois premiers déciles de revenu.

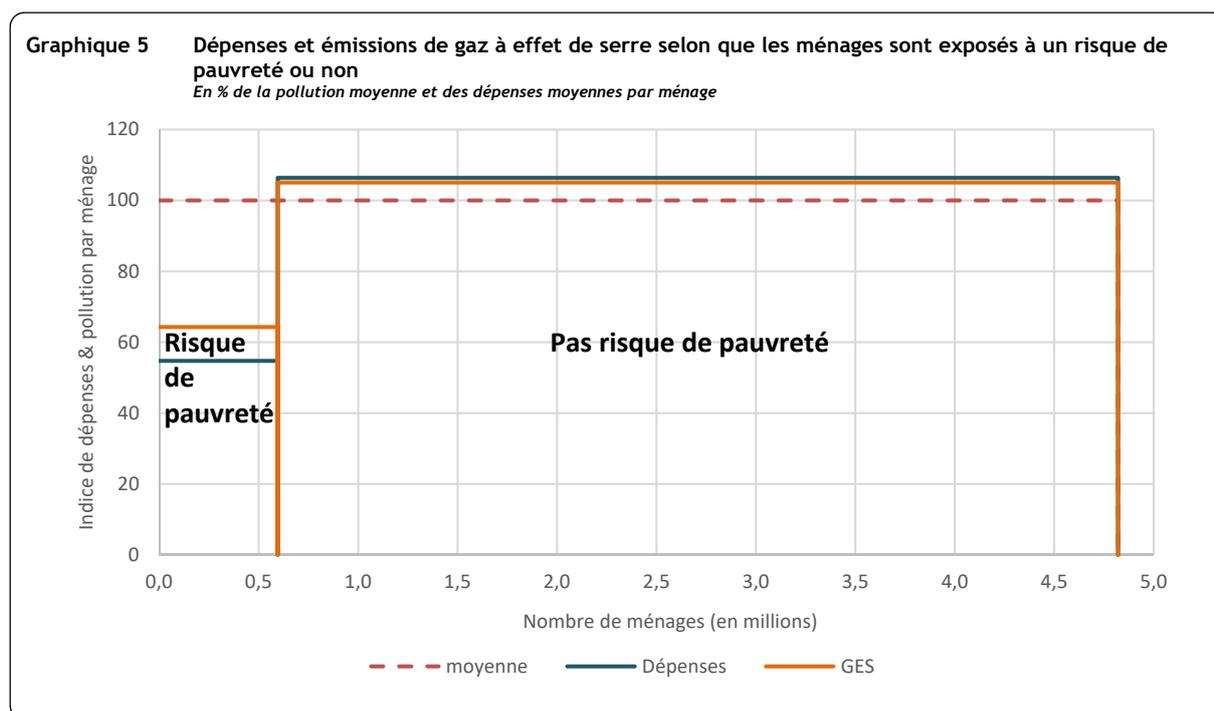
Graphique 4 Pollution par des polluants multiples et dépenses par ménage selon le décile de revenu équivalent
En % de la pollution moyenne et des dépenses moyennes par ménage



4.1.3. Risque de pauvreté

Le point précédent a été consacré à la distribution des gaz à effet de serre et des autres gaz entre les différents déciles de revenu. Le revenu équivalent a été utilisé pour classer les ménages selon leur niveau de revenu. Le même concept de revenu est utilisé pour calculer la population exposée à un risque de pauvreté. Un ménage présente un risque de pauvreté si son revenu équivalent est inférieur à 60 % du revenu équivalent médian. Sur la base de l'EBM, 12,3 % de la population belge était exposée à un risque de pauvreté en 2014. Notons que les statistiques officielles de pauvreté fondées sur l'enquête EU-SILC (statistiques de l'UE sur le revenu et les conditions de vie) donne un taux de 15,5 % pour cette même année.

Dans le graphique 5, on peut voir que les ménages exposés à un risque de pauvreté ont des dépenses et des émissions de gaz à effet de serre inférieures à la moyenne. Mais ce qui est plus important, comme expliqué dans la section précédente, c'est que leur intensité de pollution est plus élevée. Leurs dépenses représentent environ 55 % des dépenses moyennes, tandis que leur pollution s'élève à 64 % de la moyenne. Donc, les personnes exposées à un risque de pauvreté polluent globalement moins que les personnes ne vivant pas dans la pauvreté. Mais leur intensité de pollution, c'est-à-dire la pollution générée par euro, est plus élevée.



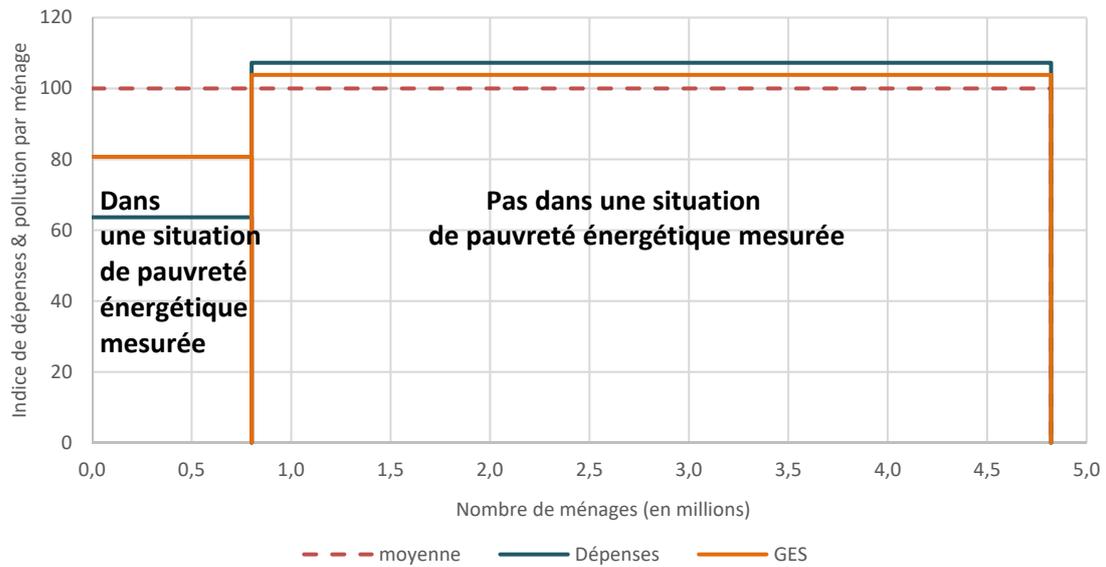
4.1.4. Pauvreté énergétique mesurée

Nous avons calculé quels ménages vivent dans une situation de pauvreté énergétique mesurée selon une méthodologie élaborée par Coene et Delbeke (2014). Mais contrairement à ces auteurs, nous avons utilisé les données de l'EBM dans la base de données PEACH2AIR plutôt que les données de l'enquête EU-SILC. Un ménage est considéré vivre dans une situation de pauvreté énergétique mesurée si le ratio dépenses énergétiques/revenu à l'exclusion des frais liés au logement⁴ est supérieur à deux fois le ratio moyen. De plus, ces ménages doivent figurer dans les cinq premiers déciles de revenu (équivalent). Sur la base des données de l'EBM, 12,8 % de la population vit dans une situation de pauvreté énergétique mesurée, contre 14,6 % sur la base des données de l'EU-SILC dans Coene et Delbeke.

Le graphique 6 montre que les ménages vivant dans une situation de pauvreté énergétique polluent moins que le ménage moyen, mais présentent une intensité de pollution élevée. Toutefois, remarquons que si le graphique avait été présenté par personne, la pollution par membre du ménage vivant dans une situation de pauvreté énergétique aurait été supérieure de 15 % à la moyenne alors que les dépenses se seraient élevées à 90 % des dépenses moyennes par personne. Cela indique que les ménages vivant dans une situation de pauvreté énergétique ont une taille inférieure à la moyenne.

⁴ Ces frais sont le loyer ou le remboursement d'un prêt hypothécaire, le précompte immobilier, les frais pour l'entretien des communs et l'utilisation des ascenseurs et les frais d'entretien et les menus frais de réparation.

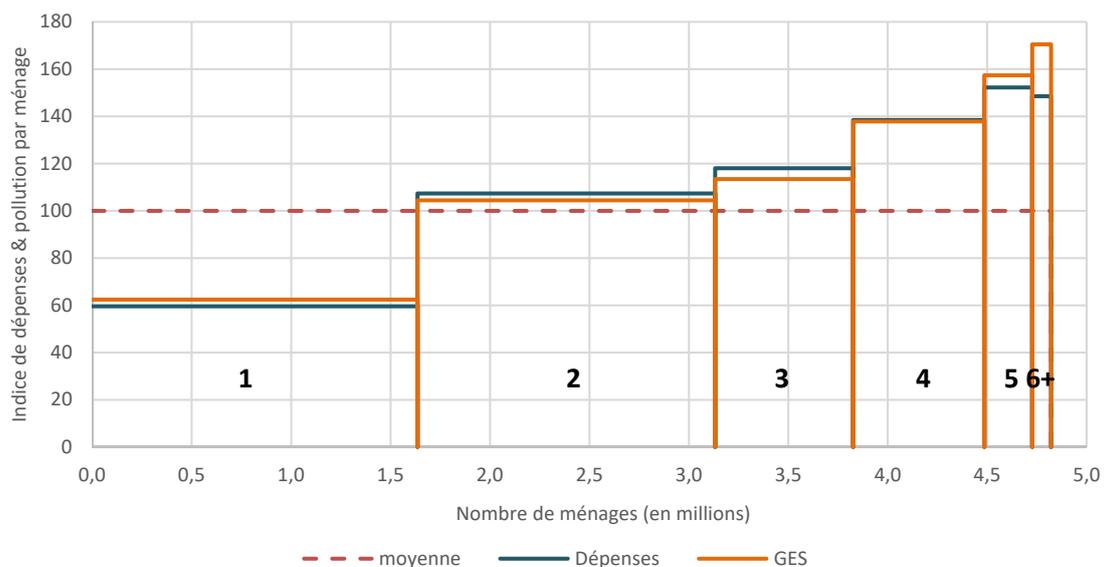
Graphique 6 Dépenses et émissions de gaz à effet de serre selon que les ménages vivent dans une situation de pauvreté énergétique mesurée ou non
En % de la pollution moyenne et des dépenses moyennes par ménage



4.1.5. Taille du ménage

La pollution totale augmente avec la taille du ménage, mais dans une moindre mesure (graphique 7). Cet effet, qui peut être interprété comme une forme d'effet d'échelle, se manifeste tant en ce qui concerne les dépenses qu'en ce qui concerne la pollution totale. L'intensité de pollution est supérieure à la moyenne pour les ménages d'une personne et pour les ménages de très grande taille. Les ménages de deux et trois personnes ont une intensité de pollution inférieure à la moyenne.

Graphique 7 Dépenses et émissions de gaz à effet de serre des ménages selon la taille du ménage
En % de la pollution moyenne et des dépenses moyennes par ménage



4.1.6. Type de ménage

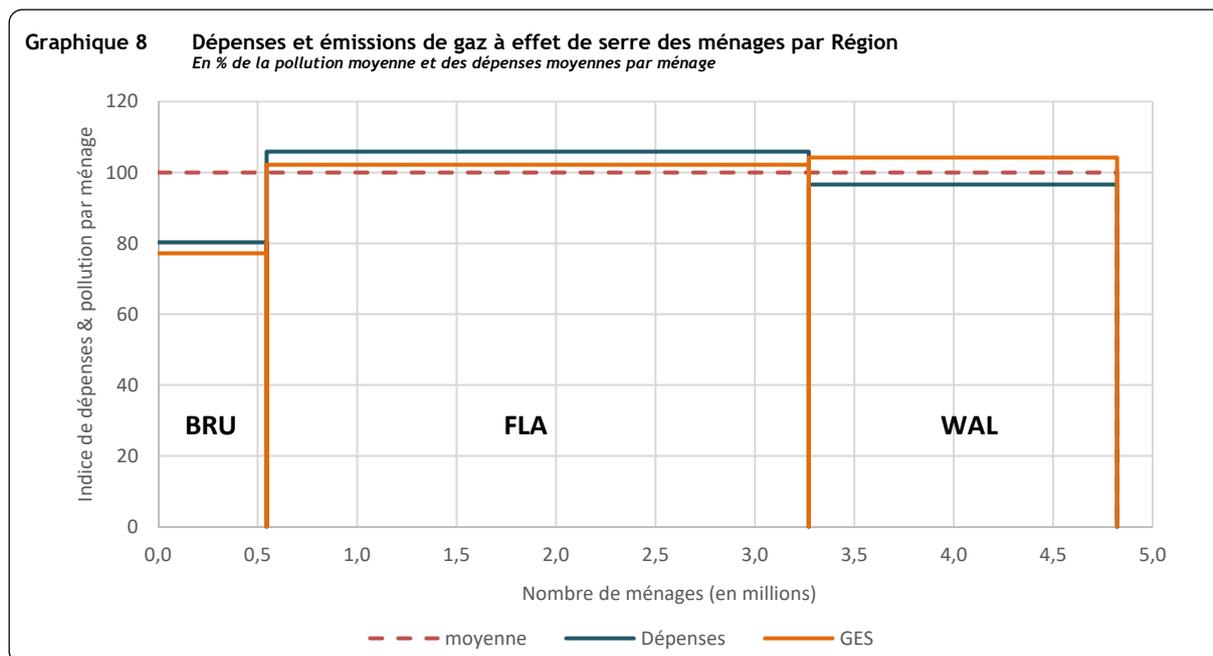
Dans le tableau 3, dix types de ménages différents ont été identifiés sur la base du nombre d'adultes, du nombre d'enfants et de l'âge de la personne de référence du ménage. Dans l'EBM, la personne de référence est la personne ayant le revenu individuel le plus élevé. Le tableau montre les dépenses et les émissions de gaz à effet de serre par ménage, exprimées en pour cent de la pollution moyenne et des dépenses moyennes, ainsi que l'intensité de pollution. À taille de ménage comparable, les ménages plus âgés émettent plus de gaz à effet de serre et ont une intensité de pollution plus élevée que les ménages dont la personne de référence a moins de 65 ans. Parmi les explications possibles, citons une moindre efficacité énergétique du logement et un plus grand nombre d'heures passées dans l'habitation pour les personnes de plus de 65 ans. Les ménages ayant des enfants tendent à avoir des émissions plus élevées, à dépenser davantage et à avoir une intensité de pollution plus élevée que les ménages sans enfants ou avec moins d'enfants.

Tableau 3 Dépenses et émissions de gaz à effet de serre selon le type de ménage

Type de ménage	Nombre de ménages	Dépenses par ménage	GES par ménage	Intensité de pollution
	En millions	En % de la moyenne	En % de la moyenne	Grammes/euro
1 adulte <65	1,20	58,79	60,88	693,97
1 adulte + enfants à charge	0,32	83,17	91,51	737,32
1 adulte, 65+	0,44	61,78	66,55	721,85
2 adultes avec 1 enfant à charge	0,43	123,35	115,64	628,15
2 adultes avec 2 enfants à charge	0,52	140,65	139,45	664,34
2 adultes avec >=3 enfants à charge	0,25	156,05	168,28	722,58
2 adultes, <65, pas d'enfants	0,77	111,58	104,82	629,48
2 adultes, >65, pas d'enfants	0,57	109,69	109,49	668,86
Plus de 2 adultes avec enfants	0,14	143,14	142,53	667,17
Plus de 2 adultes sans enfants à charge	0,20	129,94	124,70	643,06

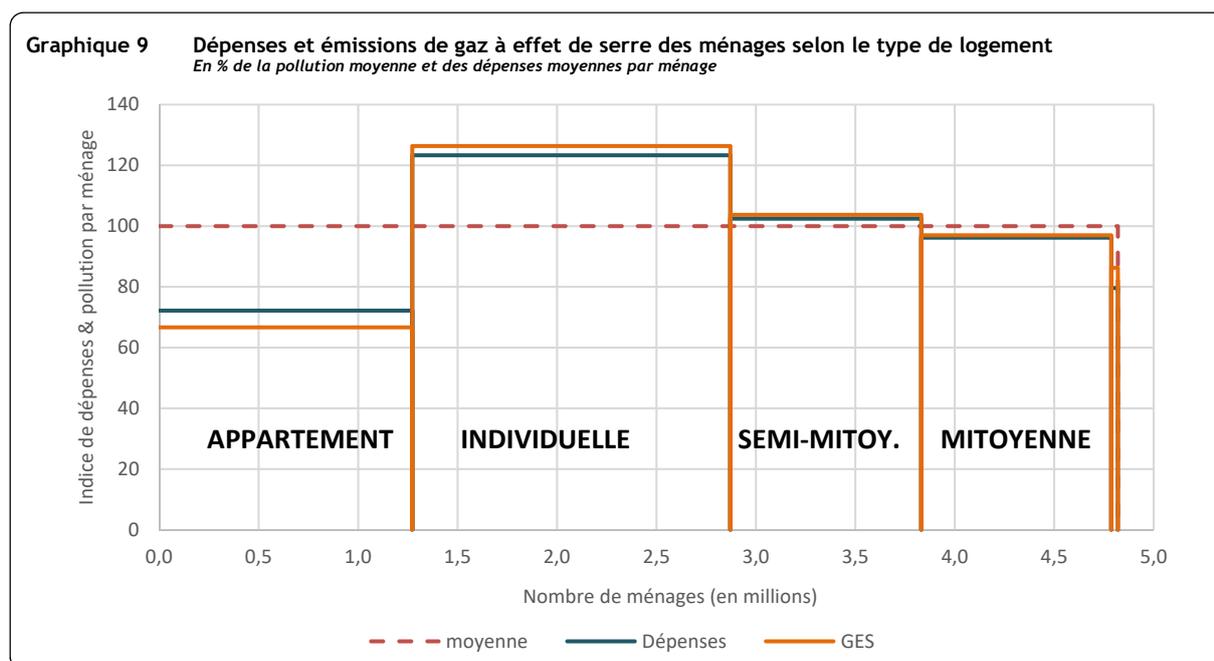
4.1.7. Région

La pollution par ménage est légèrement plus élevée en Région wallonne qu'en Région flamande (graphique 8), alors que le niveau des dépenses est plus élevé en Région flamande. Cela signifie que l'intensité de pollution est plus élevée en Région wallonne. Le niveau de pollution et les dépenses sont nettement plus faibles à Bruxelles que dans les deux autres Régions. Les résultats par personne sont similaires. Il est peu probable que la différence d'émissions de gaz à effet de serre soit uniquement due à la Région à laquelle appartient un ménage. La variable régionale est probablement un proxy pour des variations régionales comme la densité de population, les différences de parc d'habitations, les types de chauffage et les éventuelles différences régionales en termes de politique environnementale, qui ne sont pas couvertes dans cette analyse.



4.1.8. Type de logement

Le type de logement affecte le niveau de pollution et l'intensité de pollution d'un ménage (graphique 9). Les émissions de gaz à effet de serre des ménages vivant dans une maison individuelle sont supérieures de 26 % à la moyenne, et nettement supérieures à celles de tous les autres types de logement. Les maisons individuelles présentent également une intensité de pollution supérieure à la moyenne. Plus un type de logement (maison semi-mitoyenne, maison mitoyenne, appartement) est dense, moins le ménage pollue. Les ménages vivant en appartement polluent le moins, et leur pollution totale représente un peu plus de la moitié de celle d'une maison individuelle. De plus, ils présentent l'intensité de pollution la plus faible. On pourrait penser que cette différence en termes de pollution par ménage s'explique par la taille moyenne plus élevée des ménages vivant dans des maisons individuelles. Toutefois, cela n'est que partiellement vrai. En effet, la pollution par personne des ménages vivant dans une maison individuelle est supérieure de plus de 10 % à la moyenne et leur intensité de pollution est toujours supérieure à la moyenne.



4.1.9. Type de chauffage

La pollution moyenne par ménage varie considérablement d'un type de chauffage à l'autre (tableau 4). La pollution par ménage est la plus élevée pour le petit groupe de ménages utilisant une pompe à chaleur, mais leur intensité de pollution est la plus faible. Ce constat s'explique surtout par la taille du ménage supérieure à la moyenne dans ce groupe, car la pollution par personne est la plus faible de tous les modes de chauffage pris en considération. Les ménages qui utilisent le mazout comme principal mode de chauffage, émettent davantage de GES que la moyenne et ont une très forte intensité de pollution. Seuls les ménages se chauffant au charbon ont une intensité d'émissions plus élevée, mais ils polluent moins que le ménage moyen. Le gaz naturel, qui est le mode de chauffage le plus courant, se caractérise par une pollution et une intensité de pollution inférieures à la moyenne.

Tableau 4 Dépenses et émissions de gaz à effet de serre des ménages selon le type de chauffage

Type de chauffage	Nombre de mén. En millions	Dépenses par mén. En % de la moyenne	GES par mén. En % de la moyenne	Intensité de pollution Grammes/euro
Butane Propane	0,05	95,74	82,60	578,22
Charbon	0,05	70,41	94,05	895,18
Électricité	0,34	91,13	79,08	581,60
Pompe à chaleur	0,04	150,63	121,70	541,46
Mazout de chauffage	1,26	110,42	120,67	732,38
Gaz naturel	2,85	96,71	92,62	641,84
Autre source d'énergie	0,00	83,18	63,27	509,78
Bois	0,11	97,05	108,49	749,16
Granulés de bois	0,11	93,94	112,33	801,33

mén. = ménage

4.1.10. Conclusion

Compte tenu d'un certain nombre de limitations méthodologiques, notre analyse a montré que la majorité des émissions de gaz à effet de serre causées par la consommation des ménages peuvent être attribuées à trois catégories de dépenses : les produits alimentaires, le carburant utilisé pour le transport et les dépenses énergétiques à des fins domestiques. Ensemble, ces catégories représentent trois cinquièmes du total des émissions, alors qu'elles représentent seulement un quart du total des dépenses.

L'analyse montre que la pollution totale augmente avec le revenu. C'est logique vu que les dépenses augmentent avec le revenu et que les dépenses constituent un des paramètres déterminants du total des émissions, comme indiqué dans la formule (2). En d'autres termes, les bas revenus, y compris les ménages ayant un revenu inférieur au seuil de risque de pauvreté ou les ménages vivant dans une situation de pauvreté énergétique mesurée, émettent moins que les hauts revenus. Toutefois, l'intensité de pollution, c'est-à-dire les émissions par euro dépensé, suit une tendance opposée : elle diminue lorsque le revenu augmente.

Même si les sections précédentes expliquent que le total des émissions de gaz à effet de serre d'un ménage varie en fonction de nombreuses caractéristiques des ménages, il convient de faire preuve de prudence lorsqu'on explique (l'importance de) ces différences par des caractéristiques spécifiques des ménages. En effet, elles peuvent constituer un proxy pour d'autres variables non utilisées dans notre analyse. Par exemple, les différences régionales de pollution peuvent s'expliquer par des différences de densité de population ou de type de logement. De plus, les ménages caractérisés par un revenu plus important et des dépenses plus élevées tendent à avoir une taille plus importante ou sont plus susceptibles d'avoir atteint un niveau de formation plus élevé. Une analyse de régression dans laquelle les différentes caractéristiques sont prises en compte en même temps est nécessaire pour se faire une idée de l'influence de chaque caractéristique sur la pollution totale d'un ménage.

4.2. Quelles caractéristiques des ménages sont liées au niveau d'émissions de GES des ménages ?

L'analyse bivariée qui précède a donné un aperçu de la manière dont les émissions des ménages sont liées aux différentes caractéristiques des ménages. Dans la présente section, nous recourons à une analyse multivariée pour dissocier les effets individuels de ces caractéristiques.

La section suivante décrira cette analyse multivariée. Quelques conclusions seront formulées dans la dernière section.

4.2.1. Analyse multivariée

Conformément aux études décrites dans la revue de la littérature, nous réalisons des régressions multiples où nous expliquons les émissions de GES des ménages sur base de caractéristiques socioéconomiques et liées à l'habitation.

Notre modèle de régression prend la forme suivante :

$$\ln(GES_i) = \alpha + \beta \ln(rev_i) + \delta_i x_i + \gamma_i z_i + u_i \quad (5)$$

où GES_i est les émissions annuelles de GES du ménage i , rev_i est le revenu net disponible annuel du ménage i , x_i est un vecteur de variables socioéconomiques du ménage i (nombre d'adultes, nombre d'enfants, âge du chef du ménage, statut professionnel du chef du ménage, niveau de formation le plus élevé dans le ménage et la Région du ménage), z_i est un vecteur des variables liées au logement (statut d'occupation, nombre de pièces, type de logement). α , β , δ_i et γ_i sont des paramètres et vecteurs de paramètres à estimer. Nous avons estimé le modèle en recourant à la méthode des moindres carrés ordinaire à l'aide du logiciel statistique Stata et nous avons utilisé le préfixe 'svy' pour tenir compte du plan d'échantillonnage afin d'obtenir des estimations ponctuelles et erreurs-types correctes.

Pour mieux comprendre la corrélation entre les émissions de différentes catégories de consommation et les variables explicatives, nous avons estimé le modèle de régression (5) séparément pour les émissions de cinq catégories de consommation (produits alimentaires, énergie et logement, transport, biens et services) du côté gauche. La manière dont ces catégories ont été construites est expliquée dans l'annexe.

Comme nous avons pris le logarithme des émissions des ménages et du revenu des ménages, le coefficient β peut être interprété comme l'élasticité des émissions par rapport au revenu.

Les tableaux de l'annexe 6.5 présentent des statistiques synthétiques des variables continues et nominales contenues dans le modèle de régression.

Tableau 5 Résultats de l'analyse multivariée

	(1) ln(GES_tous)	(2) ln(GES_Produits alimentaires)	(3) ln(GES_Energie_ logement)	(4) ln(GES_Transport)	(5) ln(GES_Biens)	(6) ln(GES_Services)
Revenu	0,323*** (0,019)	0,235*** (0,019)	0,114*** (0,025)	0,589*** (0,040)	0,693*** (0,030)	0,582*** (0,046)
Nombre d'adultes						
1	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)
2	0,199*** (0,017)	0,437*** (0,019)	0,103*** (0,025)	0,360*** (0,036)	0,203*** (0,023)	0,175*** (0,049)
3	0,264*** (0,023)	0,573*** (0,027)	0,149*** (0,032)	0,300*** (0,065)	0,126*** (0,030)	0,236*** (0,062)
>=4	0,354*** (0,029)	0,738*** (0,026)	0,192*** (0,043)	0,284*** (0,056)	0,140*** (0,032)	0,387*** (0,086)
Nombre d'enfants						
0	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)
1	0,095*** (0,015)	0,123*** (0,023)	0,070** (0,024)	-0,038 (0,040)	-0,018 (0,018)	0,269*** (0,039)
2	0,122*** (0,015)	0,225*** (0,022)	-0,009 (0,025)	-0,088* (0,039)	-0,066** (0,020)	0,444*** (0,050)
3	0,190*** (0,034)	0,316*** (0,032)	0,052 (0,054)	-0,105 (0,075)	-0,084* (0,033)	0,636*** (0,087)
>=4	0,292*** (0,055)	0,428*** (0,069)	0,122 (0,118)	0,093 (0,151)	0,051 (0,053)	0,730*** (0,185)
Âge de la personne de référence	0,005*** (0,001)	0,010*** (0,001)	0,005*** (0,001)	-0,001 (0,002)	0,001 (0,001)	0,008*** (0,002)
Stat. prof. pers. réf. travailleur	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)
chômeur	-0,085** (0,030)	-0,084 (0,045)	0,018 (0,048)	-0,404*** (0,072)	-0,198*** (0,040)	-0,246*** (0,069)
étudiant	-0,067 (0,098)	-0,120 (0,096)	-0,034 (0,187)	-0,360** (0,136)	-0,104 (0,115)	0,090 (0,178)
au foyer	-0,046 (0,064)	-0,127* (0,061)	0,051 (0,133)	-0,235 (0,204)	-0,096 (0,061)	-0,199 (0,179)
en incap. de travail	-0,046 (0,034)	0,009 (0,037)	0,047 (0,059)	-0,406*** (0,074)	-0,067 (0,039)	-0,062 (0,075)
pensionné	-0,049* (0,025)	-0,030 (0,024)	-0,007 (0,037)	-0,149** (0,056)	0,003 (0,033)	-0,053 (0,060)
Enseignement pers. réf. primaire ou moins	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)
secondaire inférieur	0,025 (0,031)	-0,023 (0,044)	0,060 (0,065)	0,055 (0,091)	0,017 (0,045)	0,083 (0,074)
secondaire supérieur	0,092** (0,030)	0,044 (0,040)	0,074 (0,051)	0,262** (0,081)	0,110** (0,040)	0,301*** (0,077)
supérieur	0,173*** (0,032)	0,147*** (0,040)	0,092 (0,055)	0,323*** (0,077)	0,236*** (0,040)	0,515*** (0,078)
Région						
BXL	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)
FL	0,019 (0,028)	-0,034 (0,025)	-0,021 (0,038)	0,170* (0,073)	0,035 (0,022)	0,080 (0,061)
WA	0,100*** (0,029)	-0,016 (0,024)	0,200*** (0,038)	0,314*** (0,075)	0,017 (0,023)	-0,108 (0,063)
Nombre de pièces						
1	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)
2	0,185*** (0,052)	0,168* (0,065)	0,119 (0,084)	0,184 (0,156)	0,126 (0,066)	0,348*** (0,091)
3	0,248*** (0,049)	0,095 (0,064)	0,218 (0,087)	0,342 (0,154)	0,177 (0,071)	0,462*** (0,092)
4	0,323*** (0,047)	0,139* (0,068)	0,330*** (0,083)	0,473** (0,153)	0,186** (0,071)	0,465*** (0,092)
5	0,356*** (0,048)	0,196** (0,069)	0,405*** (0,088)	0,473** (0,158)	0,203** (0,071)	0,466*** (0,092)
>=6	0,398*** (0,049)	0,230*** (0,067)	0,471*** (0,088)	0,429** (0,165)	0,236*** (0,069)	0,516*** (0,097)
Type d'habitation						
Individuelle	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)
Semi-mitoyenne	-0,083***	-0,008	-0,134***	-0,175***	-0,012	-0,010

	(1) ln(GES_tous)	(2) ln(GES_Produits alimentaires)	(3) ln(GES_Energie_ logement)	(4) ln(GES_Transport)	(5) ln(GES_Biens)	(6) ln(GES_Services)
Appartement	(0,012) -0,162*** (0,019)	(0,016) -0,061* (0,025)	(0,021) -0,371*** (0,035)	(0,030) -0,254*** (0,050)	(0,020) -0,066* (0,028)	(0,030) 0,137** (0,052)
Autres	(0,082) -0,015 (0,082)	(0,135) -0,046 (0,135)	(0,171) -0,118 (0,171)	(0,188) -0,155 (0,188)	(0,126) 0,156 (0,126)	(0,191) 0,170 (0,191)
Statut d'occupation						
Propriétaire	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)	0,000 (,)
Locataire	(0,016) -0,109*** (0,016)	(0,024) -0,050* (0,024)	(0,026) -0,060* (0,026)	(0,045) -0,242*** (0,045)	(0,018) -0,113*** (0,018)	(0,043) -0,315*** (0,043)
Constante	(0,218) -1,342*** (0,218)	(0,221) -2,389*** (0,221)	(0,298) -0,171 (0,298)	(0,470) -6,080*** (0,470)	(0,295) -7,021*** (0,295)	(0,483) -6,931*** (0,483)
Observations	6124	6124	6124	6124	6124	6124
R ²	0,581	0,486	0,265	0,411	0,620	0,354

Erreurs-types entre parenthèses : * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001

Le coefficient de revenu dans le modèle 'Total' s'élève à 0,323, ce qui signifie qu'une augmentation de 1 % du revenu des ménages est associée à une hausse de 0,323 % des émissions de GES des ménages. L'élasticité est inférieure à l'unité. Cette constatation va dans le sens de la littérature existante. Tout comme nos résultats, la majorité des études dans le domaine estiment qu'il n'y a pas de découplage absolu entre le revenu et les émissions, mais bien un découplage relatif. Le niveau d'émissions augmente avec le revenu, mais dans une moindre mesure. Les élasticités-revenu ou élasticités-dépenses estimées dans d'autres études varient entre 0 et 1 ; une augmentation du revenu de 1 % est associée à une hausse des émissions de 0-1 %. Pour un aperçu des élasticités dans d'autres études, voyez le tableau 1 (p. 6).

Nous constatons que les élasticités-revenu des émissions émanant de catégories de consommation liées aux besoins essentiels ('Énergie et logement' et 'Produits alimentaires') sont inférieures à celles d'autres groupes de produits. La demande et les émissions subséquentes de ces catégories de produits sont moins sensibles aux variations, et ce pour les niveaux globaux de revenu. L'élasticité-revenu des émissions liées à la consommation de produits de la catégorie 'Énergie et logement' est la plus faible (0,114), tandis que celle de la catégorie 'Biens' est la plus élevée (0,693). Cela signifie qu'une augmentation de 10 % des niveaux globaux de revenu des ménages est associée à une hausse de 1,1 % des émissions de GES de la catégorie 'Énergie et logement' et à une hausse de 6,9 % des émissions de GES de la catégorie 'Biens'. Ces constatations vont dans le sens des résultats obtenus dans d'autres études présentées dans le tableau 1. L'élasticité des émissions des ménages par rapport aux dépenses est plus élevée que par rapport au revenu. Les auteurs qui ont calculé des élasticités spécifiques à certaines catégories ont utilisé les dépenses plutôt que le revenu dans leurs régressions (Steen-Olsen et al. (2016), Isaksen & Narbel (2017), Girod & Hann (2010), Ala-Mantila et al. (2014)). Par conséquent, nos résultats ne sont directement comparables qu'avec ceux de Büchs et Schnepf (2013). Pour le Royaume-Uni, ils ont constaté que l'élasticité globale des émissions par rapport au revenu s'élevait à 0,432, ce qui est un peu plus élevé que notre estimation de 0,323. Ils ont également remarqué que l'élasticité des émissions des catégories 'Énergie et logement' et 'Transport' par rapport au revenu s'élève respectivement à 0,187 et 0,594. Ces estimations sont proches des nôtres (respectivement 0,114 et 0,589).

Il y a une corrélation positive entre la taille des ménages et leurs émissions. D'après nos estimations pour le modèle 'Total', les émissions de GES d'un ménage de deux (trois) personnes sont supérieures de 20 (26) % à celles d'un ménage d'une seule personne. Cela signifie que si nous doublons (triplons) la

taille du ménage, les émissions augmentent, mais ne doublent (triplent) pas. Les émissions par personne diminuent lorsque la taille du ménage augmente. Cette constatation s'explique par les économies d'échelle. Dans les ménages de plus grande taille, les ressources, comme le lieu de vie, le chauffage ou le carburant pour le véhicule, sont partagées. Il en résulte une baisse des émissions par personne. Dans les modèles propres aux produits, on constate que l'impact de la taille du ménage varie sensiblement. Les coefficients estimés pour les variables adultes et enfants sont les plus faibles dans le modèle 'Énergie et logement'. Donc, les économies d'échelle ont surtout un impact sur cette catégorie de consommation. Un membre du ménage en plus ne fait guère, voire pas augmenter les dépenses de chauffage et les autres dépenses liées au logement et les émissions qui en résultent. Les coefficients estimés pour les variables adultes et enfants sont les plus élevés dans le modèle 'Produits alimentaires'. Donc, l'impact des économies d'échelle est le plus faible dans cette catégorie. Un membre du ménage en plus nécessite un montant considérable de dépenses supplémentaires en produits alimentaires et boissons, avec les émissions qui en résultent. Nos constatations sur la présence d'économies d'échelle dans les émissions de GES des ménages donnent à penser que la baisse de la taille moyenne du ménage observée dans la société accroît la pression sur les émissions de GES.

Les coefficients de la variable enfants sont plus faibles que ceux de la variable adultes. La présence d'enfants ne fait pas augmenter autant les niveaux globaux d'émissions des ménages que la présence d'adultes. Les résultats de régression propres aux différentes catégories montrent que la corrélation positive entre les enfants et les émissions globales des ménages est surtout présente dans les catégories 'Produits alimentaires' et 'Services'. Les coefficients estimés des enfants dans les régressions 'Énergie et logement', 'Biens' et 'Transport' sont faibles et non significatifs.

Il y a corrélation positive faible et significative entre l'âge et le total des émissions. La variable âge reflète l'âge du chef de ménage. Dans le modèle 'Total', une année supplémentaire est liée à une hausse des émissions de 0,5 %, ceteris paribus. En d'autres termes, 10 années supplémentaires sont liées à une hausse des émissions de 5 %. Cela peut indiquer que les valeurs et styles de vie changent avec l'âge et entraînent des profils de consommation et d'émissions différents. D'autres auteurs ont également constaté un effet faible, mais significatif de l'âge sur les émissions. Büchs et Schnepf (2013) ont estimé un coefficient de 0,02 pour l'âge sur la base de données concernant le Royaume-Uni, et Golley et Meng (2012) ont estimé un coefficient de 0,001 sur la base de données pour la Chine. Le coefficient de l'âge n'est pas significatif dans les modèles 'Transport' et 'Biens', et il a la valeur estimée la plus élevée dans le modèle 'Produits alimentaires' : un an en plus pour le chef de ménage est associé à une hausse des émissions de GES de 1 % pour les produits alimentaires et les boissons.

La variable statut professionnel reflète le statut professionnel du chef de ménage et sa catégorie de référence est 'travailleur'. Les coefficients estimés des autres catégories sont négatifs dans tous les modèles (hormis le modèle 'Énergie et logement'), ce qui signifie que les ménages où le chef de ménage est au chômage, étudiant, en incapacité de travail, au foyer ou pensionné émettent moins de GES que les ménages où le chef de ménage travaille. Le seul modèle où les coefficients estimés des catégories de statut professionnel sont positifs est le modèle 'Énergie et logement'. Cela peut s'expliquer par le fait que les personnes ne travaillant pas passent plus de temps chez elles, ce qui accroît les besoins de chauffage et donc les émissions de la catégorie 'Énergie et logement'. Le coefficient de statut professionnel estimé le plus élevé est celui de la catégorie 'en incapacité de travail' dans la régression 'Transport'. Les émissions

rejetées par le transport sont 41 % moins élevées dans les ménages où le chef de ménage est en incapacité de travail que dans ceux où le chef de ménage travaille. De plus, dans la régression 'Transport', le coefficient de la catégorie 'chômeur' s'élève à -0,404, ce qui signifie que les émissions de GES de ce type de ménage sont inférieures de 40 % à celles des ménages où le chef de ménage travaille, ceteris paribus. Cette constatation indique probablement que les chômeurs se déplacent moins, parce qu'ils ne doivent pas se rendre à un lieu de travail ou parce qu'ils ont moins de moyens pour se déplacer pour leurs loisirs.

Plus le niveau de formation du ménage est élevé, plus ses émissions sont élevées. La catégorie de référence de la variable enseignement est 'primaire ou moins'. Les émissions de GES des ménages ayant un niveau de formation 'secondaire inférieur', 'secondaire supérieur' et 'supérieur' sont respectivement supérieures de 3, 9 et 17 % à celles de la catégorie de référence dans le modèle 'Total'. Seul le coefficient de l'enseignement supérieur est significatif au niveau de significativité de 1 %. Nous avons rencontré la corrélation la plus forte entre le niveau de formation et les émissions dans le modèle 'Services', où un ménage caractérisé par le niveau de formation 'enseignement supérieur' est associé à un niveau d'émissions supérieur de 52 % à celui d'un ménage caractérisé par un niveau de formation 'primaire' tout au plus. La corrélation positive entre le niveau de formation et les émissions s'explique peut-être par le fait que les personnes ayant un niveau de formation plus élevé ont des préférences, normes et valeurs liées à la manière de passer leur temps libre différentes de celles ayant un niveau de formation moins élevé. Ces préférences différentes peuvent se traduire par des profils de consommation plus intensifs en émissions. Toutefois, il convient de remarquer que notre modèle ne peut clairement identifier les facteurs expliquant cette corrélation positive entre le niveau de formation et les émissions. La littérature sur la corrélation entre l'empreinte carbone des ménages et le niveau de formation met en avant des résultats contrastés. Certains auteurs ont constaté que les émissions augmentent avec le niveau de formation même après avoir pris en compte d'autres facteurs (Büchs & Schnepf, 2013 ; Poom & Ahas, 2016), tandis que d'autres ont relevé une corrélation négative ceteris paribus (Lenzen et al., 2006).

La variable Région compte trois catégories : la Région de Bruxelles-Capitale (catégorie de référence), la Wallonie et la Flandre. Les ménages wallons et flamands émettent davantage de GES que les ménages bruxellois. Le coefficient de la Wallonie est significatif dans le modèle 'Total' : les émissions de GES des ménages wallons sont supérieures de 10 % à celles des ménages bruxellois. Les régressions propres aux différentes catégories montrent que la principale corrélation positive concerne les émissions des régressions 'Énergie et logement' et 'Transport'. Le tableau 7 fait apparaître que l'âge des habitations est plus élevé en Wallonie. Les types de chauffage charbon, mazout et bois, présentant une plus forte intensité de pollution, sont également plus présents en Wallonie (tableau 6). C'est là une explication possible du coefficient significatif positif constaté dans le modèle 'Énergie et logement'. Dans le cas du modèle 'Transport', on suppose que les déplacements, les navettes et les distances de conduite sont plus longs en Wallonie qu'à Bruxelles. C'est pourquoi la Région a un impact important et significatif. Nous ne disposons pas de données sur les distances de conduite, ni sur la distinction ville/campagne, ni sur la qualité et la densité du système de transport public. Idéalement, nous devrions inclure ces variables dans la régression en matière de transport. Nous partons du principe que la variable Région capte les effets de ces facteurs.

Tableau 6 Pourcentage de ménages qui utilisent un type de chauffage donné, ventilation par Région

Type de chauffage	FLA	WAL	BRU	Total	Part du type de chauffage ^a
Gaz naturel	64,4%	19,7%	15,9%	100%	59,3%
Butane	59,2%	34,3%	6,5%	100%	0,2%
Propane	30,2%	69,8%	0,0%	100%	0,8%
Électricité	61,9%	32,5%	5,7%	100%	7,1%
Mazout	43,9%	50,8%	5,2%	100%	26,3%
Charbon	29,7%	68,5%	1,8%	100%	1,0%
Bois	40,6%	58,4%	1,0%	100%	2,3%
Granulés de bois	25,3%	74,7%	0,0%	100%	2,3%
Pompe à chaleur	52,2%	46,3%	1,4%	100%	0,8%
Autre source d'énergie	0,0%	63,7%	36,3%	100%	0,0%

a: Part du type de chauffage (ligne) dans le nombre total de ménages

Tableau 7 Pourcentage de ménages ventilé selon l'année de construction de l'habitation

Année de construction	BXL	FL	WA
1. Avant 1946	38,67	19,43	41,04
2. 1946-1960	22,7	14,78	16,69
3. 1961-1970	15,5	12,98	9,05
4. 1971-1980	6,22	17,77	11,21
5. 1981-1990	2,6	10,74	5,92
6. 1991-2000	1,63	10,47	6,29
Total	100	100	100

On observe une corrélation positive entre le nombre de pièces et les émissions. On relève les coefficients les plus élevés dans le modèle 'Services'.

Les ménages vivant dans des maisons semi-mitoyennes ou en appartement émettent moins de GES que ceux vivant dans des maisons individuelles. L'effet est significatif dans le modèle 'Énergie et logement', ce qui s'explique sans doute par le fait que les maisons individuelles tendent à avoir des besoins de chauffage plus élevés : la superficie de l'habitation tend à être plus élevée tandis que la performance énergétique d'une maison individuelle (moyenne) est habituellement plus faible que celle d'un appartement (moyen).

Les locataires émettent moins de GES que les propriétaires et cet effet se fait le plus sentir dans le modèle 'Services'. Cela peut s'expliquer partiellement par la manière dont notre modèle a été construit. Par rapport aux propriétaires, les locataires consacrent une part plus importante de leur revenu aux frais liés au logement alors que notre modèle exclut les dépenses de loyer et les remboursements de prêt hypothécaire.

4.2.2. Conclusion

Les résultats de l'analyse de régression multiple dans la section 4.2.1 vont dans le sens des résultats de l'analyse bivariée. Grâce à l'analyse multivariée, nous avons pu distinguer et quantifier les effets de variables individuelles. Nous constatons que le revenu, la taille du ménage, l'âge, le niveau de formation et la superficie de l'habitation présentent une corrélation positive avec les émissions de GES des ménages. En revanche, être au chômage, vivre en appartement (plutôt que dans une maison) et être un locataire présentent une corrélation négative avec les émissions des ménages. Nous avons relevé des différences régionales dans les émissions des ménages. Ces différences s'expliquent surtout par le fait

que les émissions liées au transport, à l'énergie et au logement sont plus élevées en Wallonie et en Flandre qu'en Région de Bruxelles-Capitale.

Nous avons constaté un impact marqué des économies d'échelle : les ménages de plus grande taille émettent davantage de GES en termes absolus, mais pas sur base individuelle. Cela s'explique par le fait que la catégorie de consommation la plus polluante (Énergie et logement) est divisée entre tous les membres du ménage. Ainsi, les émissions venant du chauffage de l'habitation n'augmentent pas lorsque le ménage compte un membre de plus. D'un autre côté, les émissions venant de la consommation de produits alimentaires augmentent sensiblement lorsque la taille du ménage augmente. En d'autres termes, le partage des dépenses de consommation entre les membres du ménage fait diminuer le total des émissions du ménage. Par conséquent, la tendance à la diminution de la taille des ménages observée dans les statistiques démographiques entraîne une hausse des émissions.

La principale variable à laquelle nous nous sommes intéressés est le revenu. Nous avons constaté un découplage relatif entre le revenu et les émissions : les émissions augmentent avec le revenu, mais pas dans les mêmes proportions. L'élasticité des émissions par rapport au revenu s'élève à 0,323. En d'autres termes, une hausse de revenu de 10 % est associée à une augmentation des émissions de 3,23 %. Le découplage relatif s'explique notamment par le fait que la part des catégories de consommation les plus polluantes ('Énergie et logement' et 'Produits alimentaires') dans le total des dépenses est plus élevée au bas de la distribution des revenus qu'en haut de cette distribution. Le graphique 3 l'illustre bien, et la prise en compte d'autres facteurs socioéconomiques dans l'analyse de régression multiple a confirmé les constatations du graphique.

5. Conclusion

Ce rapport examine la relation entre les émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation de biens et services des ménages et le statut socioéconomique des ménages belges. L'étude s'appuie sur la base de données PEACH2AIR, qui relie l'enquête 2014 sur le budget des ménages aux données sur la pollution de l'air. Par rapport à la première analyse (Frère, Vandille, Wolff : 2018), PEACH2AIR a bénéficié de plusieurs améliorations. Ces améliorations concernent plus particulièrement l'imputation liée aux dépenses de carburant pour le transport et du degré de précision des coefficients de pollution directe.

Il nous a semblé intéressant d'explorer deux questions dans le cadre de cette recherche. Répondre à ces questions peut aider à clarifier le contexte dans lequel doivent s'inscrire les politiques visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation.

- Comment les émissions de GES sont-elles réparties entre les ménages ?
- Quelles caractéristiques des ménages sont liées au niveau d'émissions de GES des ménages ?

Pour ce qui est de la première question, les analyses bivariées ont révélé que les produits alimentaires, les carburants utilisés pour le transport et la consommation d'énergie à des fins domestiques représentent plus de 60 % des émissions de gaz à effet de serre, alors qu'ils représentent moins de 30 % des dépenses totales. Il s'agit, comme on pouvait s'y attendre, de catégories présentant une forte intensité de pollution. Nous avons aussi observé que la pollution augmente avec le revenu mais que l'intensité de pollution (grammes de pollution par euro dépensé) diminue lorsque le revenu s'accroît. En d'autres termes, plus le revenu est élevé, plus la part de la consommation à forte intensité d'émissions, comme le chauffage, est faible. De manière générale, différentes caractéristiques des ménages comme la Région de résidence, le type de chauffage, le type de logement ou la taille du ménage tendent à être associées à des niveaux de pollution différents. Néanmoins, ces caractéristiques sont interdépendantes.

La deuxième question a été analysée par le biais d'une analyse de régression multiple. Cette analyse a été menée pour l'ensemble des dépenses des ménages et ensuite, distinctement, pour les dépenses liées aux produits alimentaires, à la consommation d'énergie à des fins domestiques, au transport, aux biens et finalement aux services. Le revenu, la taille du ménage, l'âge, le niveau de formation et la taille du logement font augmenter les émissions de GES des ménages. Il apparaît que les ménages de plus grande taille génèrent plus d'émissions en termes absolus. Ce n'est toutefois pas le cas si les résultats sont calculés par personne. De même, la prise en compte d'autres facteurs socioéconomiques fait apparaître un découplage relatif entre revenu et émissions. Les émissions de gaz à effet de serre augmentent avec le revenu, mais dans une moindre mesure. En effet, la part des catégories de consommation les plus polluantes, à savoir 'énergie et logement' et 'produits alimentaires' dans les dépenses totales diminue avec le revenu, ce qui confirme l'analyse bivariée.

6. Annexe

6.1. Agrégation des catégories COICOP

Pour faciliter l'interprétation, nous avons agrégé les 1 154 catégories COICOP à six chiffres en cinq grandes catégories : produits alimentaires et boissons, énergie et logement, transport, biens, services. Le tableau ci-dessous synthétise cette agrégation (certains codes agrégés ont été subdivisés en 'biens' et 'services') :

Tableau 8 Synthèse de l'agrégation des catégories COICOP en 5 catégories

Catégorie COICOP à 1 chiffre	Catégorie agrégée
01 Produits alimentaires et boissons non alcoolisées	« Produits alimentaires et boissons »
02 Boissons alcoolisées, tabac	« Produits alimentaires et boissons »
03 Articles d'habillement et chaussures	« Biens »
04 Logement, eau, électricité, gaz et autres combustibles	« Énergie et logement »
05 Meubles, articles de ménage et entretien courant du foyer	« Biens » ou « Services »*
06 Santé	« Biens » ou « Services »*
07 Transport	« Transport »
08 Communications	« Biens » ou « Services »*
09 Loisirs et culture	« Biens » ou « Services »*
10 Enseignement	« Services »
11 Restaurants et hôtels	« Services »

* Les sous-classes de la catégorie COICOP à 1 chiffre incluent à la fois des biens et des services. Pour les distinguer, nous utilisons une variable qui classe la nomenclature COICOP à 3 chiffres en biens durables, biens semi-durables, biens non durables et services. Cette variable a été téléchargée du site Internet de la Division de la Statistique des Nations unies.

6.2. Traitement des dépenses non courantes

Les dépenses non courantes représentent une difficulté pour notre analyse. En effet, elles ne sont déclarées dans les données que pour une faible part de l'ensemble des ménages. Ces dépenses incluent, par exemple, les biens durables (comme le réfrigérateur), les services d'entretien ou les dépenses de vacances. Même si seul un petit nombre de ménages déclarent des dépenses pour ces biens et services, il est clair que tous les autres ménages font également ces dépenses à des moments qui tombent en dehors de la période d'enquête. Par conséquent, on constate qu'un petit nombre de ménages ont des dépenses importantes pour ces postes, tandis que de nombreux autres n'en déclarent aucune.

Ce problème a été réglé en lissant les dépenses non courantes des ménages au moyen d'une version légèrement modifiée de la méthode d'imputation par la moyenne développée par Beznoska et Ochmann (2013)⁵. Les ménages ont été regroupés en 14 groupes fondés sur les quartiles de revenu annuel net et

⁵ Amendola et Vecci (2014) précisent que, dans les rapports d'évaluation de la pauvreté, les biens durables ne sont pas repris dans l'agrégat de bien-être ou qu'une des approches suivantes est adoptée : « l'approche d'acquisition » (fondée sur le prix d'achat des biens), « l'approche du loyer imputé » (se référant aux prix du marché locatif pour estimer les flux de consommation) et « l'approche du coût pour l'utilisateur » (qui calcule le coût d'achat du bien durable au début de la période de référence et le prix de sa vente en fin de période). Amendola et Vecci (2014) ainsi que Deaton et Zaidi (2002) indiquent clairement pourquoi « l'approche du coût pour l'utilisateur » est supérieure aux autres approches tant d'un point de vue théorique que pratique. Cette approche, que nous aurions privilégiée pour traiter les dépenses de biens durables, n'a pu être appliquée, faute de données d'enquête sur la valeur marchande et l'âge des biens durables, qui sont pourtant essentielles pour l'estimation.

sur une variable nominale de taille du ménage (1, 2, 3 ou plus)⁶. Ensuite, les dépenses relatives à chaque produit durable et chaque groupe ont été totalisées et une fraction de ces dépenses totales a été attribuée à chaque ménage. Chaque ménage s'est ainsi vu allouer un petit montant de dépenses en biens durables, plutôt que d'avoir un petit nombre de ménages présentant d'importantes dépenses de consommation et une majorité des ménages n'affichant aucune consommation.

Les dépenses non courantes ont été identifiées au moyen de deux variables. Premièrement, les ménages ont été interrogés, durant l'entretien personnel, sur leurs achats de biens durables et non courants effectués durant la période de quatre mois qui a précédé l'entretien. Le prix de ces achats a été enregistré dans une variable distincte de celle du prix de l'ensemble des autres achats. La deuxième variable est une variable nominale de la classification COICOP dans les catégories suivantes : biens non durables, semi-durables, durables, services. Elle est tirée du site Internet des Nations unies (United Nations, 2017). Les deux variables ne coïncident pas parfaitement. D'une part, certaines catégories considérées comme durables dans la classification COICOP, apparaissent dans le journal mensuel, mais pas dans le questionnaire. D'autre part, certaines catégories du questionnaire ne sont pas considérées comme durables dans la classification COICOP (comme les vacances, les vols). Les deux variables ont été agrégées. Dès lors, les dépenses de toutes les catégories incluses dans le questionnaire personnel ou reprises dans la catégorie des biens durables de la classification COICOP ont été lissées.

Le lissage a été opéré différemment pour deux catégories de consommation. La première catégorie se compose de douze biens durables pour lesquels des données sur leur disponibilité dans le ménage ont été recueillies au cours de l'enquête. Durant l'entretien personnel, l'enquêteur demande combien de chacun des douze biens suivants le ménage possède : le téléphone portable, le téléphone fixe, la moto, le scooter, l'ordinateur de bureau, l'ordinateur portable, la tablette, la télévision, le lave-linge, le lave-vaisselle, le réfrigérateur et la voiture. La deuxième catégorie se compose de 141 biens et services pour lesquels nous ne disposons pas de renseignements sur leur présence ou non dans le ménage. Par exemple, les meubles, les appareils et outils ménagers, les petits équipements électroniques, certains services d'entretien et de réparation, les dépenses de vacances.

S'agissant du premier groupe (pour lequel nous disposons d'informations sur le nombre d'objets présents dans chaque ménage), les dépenses de biens durables ont été lissées en suivant les étapes ci-dessous.

Dans la première étape, un prix unitaire spécifique au groupe a été calculé en divisant les dépenses totales par le nombre total d'éléments présents dans chaque groupe :

$$PU_{kc} = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} p_{ik}}{\sum_{i=1}^{n_c} q_{ik}} \quad (6)$$

⁶ Au départ, il y avait 16 groupes (4 groupes de revenu multipliés par 4 groupes de taille de ménage). Toutefois, en raison de leur petite taille, les troisième et quatrième groupes de taille de ménage du premier quartile de revenu et les premier et deuxième groupes de taille de ménage du quatrième quartile de revenu ont été fusionnés.

PU_{kc} indique le prix unitaire d'un bien durable k dans le groupe c , p_{ik} correspond aux dépenses en biens durables k par le ménage i , q_{ik} représente le nombre de k possédés par le ménage i , et n_c représente le nombre de ménages du groupe c , auquel appartient le ménage i .

Dans une deuxième étape, un montant de dépenses lissé a été attribué à chaque ménage en multipliant le prix unitaire spécifique au groupe par le nombre d'éléments détenus par le ménage :

$$p_{ikSM} = PU_{kc} * q_{ik} \quad (7)$$

p_{ikSM} correspond aux dépenses lissées en biens durables k par le ménage i , PU_{kc} a été calculé lors de la première étape et correspond au prix unitaire du bien k dans le groupe c auquel appartient le ménage i , et q_{ik} correspond au nombre de k en possession du ménage i . Notez que si un ménage ne possède pas de bien durable k , aucune dépense de k lissée n'est attribuée à ce ménage. Si un ménage possède deux k , les dépenses en k lissées imputées sont deux fois plus élevées que si un ménage possède un seul k .

Dans le cas de la deuxième catégorie d'achats non courants de biens et services (pour lesquels nous n'avons pas d'informations sur leur présence ou non dans le ménage), les dépenses totales à l'échelle du groupe ont été réparties de manière égale entre les ménages du groupe :

$$p_{ikSM} = \sum_{i=1}^{n_c} p_{ik} / n_c \quad (8)$$

De nouveau, p_{ikSM} correspond aux dépenses lissées en biens k du ménage i , p_{ik} représente les dépenses en biens durables k du ménage i et n_c représente le nombre de ménages du groupe c auquel appartient le ménage i . Il est à remarquer que p_{ikSM} est le même pour chaque ménage d'un même groupe mais varie entre les différents groupes.

6.3. Correction de la sous-déclaration des dépenses de carburant des ménages disposant de voitures de société

6.3.1. Introduction

L'estimation des émissions générées par les ménages disposant d'une voiture de société est problématique. Une partie des dépenses en carburant de ces ménages est payée par l'employeur et n'est pas reprise dans les dépenses des ménages déclarées dans l'Enquête sur le budget des ménages (EBM). Un test de Wald a montré que les dépenses de carburant mensuelles moyennes des ménages disposant d'une voiture de société ($M = 78,31$, $se = 5,67$) sont sensiblement inférieures à celles des ménages sans voiture de société ($M = 104,98$, $se = 1,64$), $F(1, 337) = 19,10$, $p = 0,000$. En outre, la proportion de ménages ne déclarant aucune dépense de carburant est plus élevée chez les ménages qui disposent de voitures de société (tableau 9). Étant donné que les émissions des ménages sont calculées à partir des dépenses déclarées dans l'EBM, notre estimation des émissions de ces ménages est biaisée à la baisse. Par conséquent, nous avons imputé des dépenses de carburant aux ménages disposant de voitures de société.

Tableau 9 Pourcentage des ménages ne déclarant aucune dépense de carburant, ventilé selon le statut de propriété du véhicule

Voiture privée	Voiture de société	
	Non	Oui
Non	90,3	64,8
Oui	12,8	22,5

Pour pouvoir imputer les dépenses de carburant aux ménages disposant de voitures de société, quatre points ont dû être tranchés. Premièrement, en comparaison avec les statistiques officielles, la proportion des voitures de société est légèrement sous-estimée dans l'EBM. Par conséquent, nous avons corrigé les données et identifié certaines voitures de société qui étaient auparavant qualifiées de voitures privées. Deuxièmement, quand les ménages possèdent à la fois des voitures et des motos, il n'est pas possible d'identifier la part de carburant achetée pour la voiture. Troisièmement, les dépenses de carburant n'augmentent pas de manière linéaire avec le nombre de voitures dans le ménage, si bien que l'ordre des véhicules a dû être pris en compte lors de l'imputation. Enfin, des hypothèses sur le mix de carburants imputé ont dû être formulées.

6.3.2. Nombre de voitures de société en Belgique

Lorsque nous avons essayé de valider la proportion de voitures de société déclarées dans l'EBM sur la base de sources externes, nous avons constaté qu'il n'est pas possible de connaître le nombre exact de voitures de société en Belgique à partir des statistiques officielles. Les raisons sont expliquées dans les paragraphes suivants qui résument l'article de May (2017).

Deux méthodes permettent de calculer le nombre de voitures de société en Belgique. La première se fonde sur des données fiscales. En Belgique, deux catégories de travailleurs peuvent bénéficier de voitures de société : les employés et les dirigeants d'entreprises. Les voitures de société sont soumises à deux obligations légales. (1) Les employeurs doivent s'acquitter d'une cotisation de solidarité CO₂. Cette cotisation n'est toutefois pas due par les dirigeants de société, elle l'est donc uniquement par les employés. D'après les chiffres de cotisations de solidarité CO₂ payées par les employeurs, 425 000 voitures ont été mises à la disposition d'employés. (2) Les employés et les dirigeants d'entreprise doivent déclarer des avantages de toute nature dans leur déclaration fiscale. Dans le cas des dirigeants d'entreprise, les voitures de société peuvent être identifiées par le biais du code correspondant indiqué sur la déclaration. En revanche, dans le cas des employés, il n'est pas possible d'extraire cette information étant donné que le code correspondant couvre, dans leur cas, une catégorie plus large qui inclut l'avantage de toute nature. Parmi les dirigeants d'entreprise, ils sont 41,5 % à mentionner l'utilisation d'une voiture de société dans leur déclaration fiscale, ce qui représente un parc de 125 000 voitures en 2015. Sur base des deux chiffres obtenus, la Belgique comptabilisait 550 000 voitures de société en 2015. Néanmoins, l'estimation de 550 000 véhicules est susceptible d'être une limite inférieure étant donné qu'il se peut que les dirigeants d'entreprise aient sous-déclaré l'utilisation d'une voiture de société à l'administration fiscale.

Une autre méthode utilisée pour calculer le nombre de voitures de société en Belgique consiste à soustraire des 831 000 voitures détenues par des personnes morales, tous les véhicules qui ne sont pas des voitures de société (voitures de location à court terme, voitures de remplacement, les voitures partagées et les véhicules de service). Le résultat de ce calcul donne une limite supérieure correspondant à 670 000

voitures de société. Les étapes parcourues pour passer de 831 000 véhicules à 670 000 sont résumées au tableau 10.

Tableau 10 Estimations du nombre total de voitures de société en Belgique

	2015 ^a - officiel	2014 ^b - officiel	2014 - EBM	2014 - EBM corrigée
Voitures particulières		5 527 074	5 455 932	5 455 932
Voitures détenues par des personnes physiques		4 698 910		
Voitures de société dans l'EBM			455 598	579 825
Voitures détenues par des personnes morales	831 000*	828 164		
- Voiture de location à court terme	17 000			
- Voitures de remplacement	52 000			
- Cambio et Zencar	670			
- Voitures de service	91 200			
Limite supérieure de l'estimation	670 000			
Limite inférieure de l'estimation	550 000			
+ Voitures mises à disposition des employés	425 000			
+ Voitures pour les dirigeants d'entreprise	125 000			

a: Source : May (2017).

b: Source : Denys (2016).

* Denys (2016) estime à 859 350 nombre total de voitures détenues par des personnes morales.

En conclusion, il y avait au minimum 550 000 voitures de société (425 000 pour les employés et 125 000 pour les dirigeants d'entreprise), et au maximum 670 000 voitures de société en Belgique en 2015. L'estimation prudente finale de May (2017) est de 626 000 voitures de société en 2015, ce qui représente 11 % de l'ensemble du parc automobile. Pour 2014, une autre source (Denys, 2016) ne mentionne que le nombre de voitures détenues par des personnes morales, soit 828 164.

6.3.3. Nombre de voitures de société dans l'EBM

L'EBM contient trois variables liées aux voitures :

- ms_voitures : le nombre de voitures du ménage
- ms_voituresemployeur : le nombre de voitures de l'ensemble du parc mises à disposition par l'employeur
- cd_véhiculeprincipal : variable nominale sur la propriété de la voiture principale du ménage. Cinq valeurs sont possibles :
 - Propriété du ménage
 - Mise à disposition gratuite par l'employeur
 - Mise à disposition gratuite par un tiers autre que l'employeur
 - Leasing
 - Autre

Le nombre pondéré total de voitures (5 455 932), calculé à partir de la variable ms_voitures correspond aux statistiques officielles (5 527 074). Quant au nombre de voitures de société calculé à partir de la variable ms_voituresemployeur, il s'élevait à 455 598 en 2014, ce qui représente 8,4 % à peine du nombre total de voitures. Ce chiffre est en deçà de la limite inférieure (11 %) de l'estimation de May (2017). Dans

l'EBM, 11 % représenterait 600 153 voitures de société. C'est 32 % de plus que l'estimation actuelle de 455 598.

Toutefois, quand nous calculons les variables *ms_voituresemployeur* et *cd_véhiculeprincipal* (tableau 11), nous constatons que 121 ménages n'ont pas de voiture de société si l'on se réfère à la variable *ms_voituresemployeur*, alors qu'ils déclarent que leur véhicule principal a été mis à disposition gratuitement par l'employeur dans la variable *cd_véhiculeprincipal*. Les dépenses de carburant moyennes de ces 121 ménages sont inférieures aux dépenses de carburant moyennes de l'ensemble de la population. Donc, nous avons supposé que, dans ces 121 cas, la variable *cd_véhiculeprincipal* est correcte, tandis que la variable *ms_voituresemployeur* ne l'est pas, et nous avons porté la valeur de la variable *ms_voituresemployeur* de zéro à un. Après cette correction, le nombre pondéré de voitures de société, basé sur la variable *ms_voituresemployeur*, s'élève à 579 825. Ce chiffre représente 10,6 % du nombre total de voitures, soit une estimation qui se rapproche des 11 % de May (2017).

Tableau 11 Nombre de ménages ventilé selon le nombre de voitures de société dans le ménage et la propriété du véhicule principal du ménage

Nombre de voitures de société dans le ménage	Propriété du ménage	Véhicule principal du ménage					Total
		Gratuité - employeur	Gratuité - autre	Leasing	Autre	ND	
0	4590	121	25	16	9	847	5608
1	218	178	1	8	3	0	408
2	35	59	3	13	2	0	112
3	4	3	0	0	0	0	7
Total	4847	361	29	37	14	847	6135

Note : Nombre de ménages dans les cellules

Tableau 12 Pourcentage des ménages disposant de voitures privées et de société

Nombre de voitures privées dans le ménage	Nombre de voitures de société dans le ménage				
	0	1	2	3	Total
0	17,0	2,5	1,5	0,1	21,1
1	54,2	4,7	0,2	0,1	59,2
2	17,1	0,6	0,0	0,0	17,7
3	1,6	0,2	0,0	0,0	1,7
4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	90,0	8,0	1,8	0,1	100,0

Note : Pourcentage des ménages dans les cellules

6.3.4. Propriété de motos

L'EBM contient des informations sur la propriété à la fois de voitures et de motos. On dénombre 544 ménages détenant à la fois une/des voiture(s) et moto(s), ce qui représente 7,7 % de tous les ménages (tableau 13). Dans le cas de ces ménages, il n'est pas évident de déterminer si le carburant est destiné à la voiture ou à la moto ou aux deux. Pour ne pas fausser le tableau des achats de carburant, il est raisonnable d'exclure ces ménages de l'imputation. Ils représentent néanmoins 10,3 % des ménages disposant d'une voiture. Vu que cette part est importante, nous avons réduit le nombre de ménages exclus sur la base de l'observation que les motos roulent à l'essence et non au diesel. Le diesel est assurément destiné aux voitures et pas aux motos. Si un ménage possède une/des voiture(s) et une/des moto(s), trois profils de dépenses de carburant sont possibles :

1. Le ménage achète de l'essence mais pas de diesel. Dans ce cas, nous ne pouvons déterminer quelle part de l'essence a été utilisée pour la/les moto(s). Ces ménages (147 au total) ont été exclus de l'exercice d'imputation.
2. Le ménage achète du diesel mais pas d'essence. On peut raisonnablement supposer que le diesel a été acheté pour la voiture et pas pour la moto. Ces ménages (183 au total) ont été inclus dans l'exercice d'imputation.
3. Le ménage achète à la fois de l'essence et du diesel. Dans ce cas, si le ménage a une voiture, nous pouvons supposer que le diesel était destiné à la voiture, l'essence étant utilisée pour la moto. S'il y a plus d'une voiture, nous ne pouvons déterminer la part d'essence achetée pour la voiture et pour la moto. Par conséquent, nous avons exclu ces ménages (92 au total) de l'exercice d'imputation.

Tableau 13 Pourcentage de ménages ventilé selon la propriété de voitures et motos

Voiture	Moto		Total
	Non	Oui	
Non	16,1	0,9	17,0
Oui	75,3	7,7	83,0
Total	91,4	8,6	100,0

6.3.5. Dépenses de carburant et ordre des véhicules dans les ménages

Le tableau 14 et le tableau 15 ventilent les dépenses de carburant mensuelles moyennes des ménages selon le nombre de voitures privées et de société détenues par le ménage. Les colonnes 'a' et 'b' du tableau 14 présentent les moyennes qui incluent ou non les dépenses nulles. Partant de ces tableaux, deux remarques peuvent être formulées.

Une première observation est que, pour le même nombre de voitures, les dépenses mensuelles moyennes de carburant sont toujours plus faibles quand une des voitures au moins est une voiture de société. Dans les ménages équipés d'une seule voiture, les dépenses mensuelles moyennes de carburant s'élèvent à 88 euros quand la voiture est privée et à 47 euros quand elle est mise à disposition par l'employeur. Chez les ménages qui disposent de deux voitures, les dépenses mensuelles moyennes de carburant s'élèvent à 151 euros pour deux voitures privées, alors qu'elles ne dépassent pas 93 euros quand une des deux voitures est mise à disposition par l'employeur. Quant aux ménages qui ont deux voitures de société, ils dépensent 68 euros de carburant en moyenne.

La deuxième observation est que les dépenses mensuelles de carburant n'augmentent pas proportionnellement au nombre de voitures utilisées par le ménage de sorte que les dépenses de carburant ne sont pas deux fois plus élevées lorsque le nombre de voitures double. Les dépenses moyennes des ménages qui détiennent deux, trois et quatre voitures privées sont 72, 116 et 149 % plus élevées que celles des ménages qui ne disposent que d'une voiture privée (et pas de voitures de société). Il serait dès lors incorrect d'imputer le double du montant des dépenses de carburant d'un ménage n'ayant qu'une voiture à un ménage qui en a deux. Partant de cette observation, nous avons tenu compte de l'ordre des véhicules dans le ménage et avons appliqué les pourcentages susmentionnés lors du calcul d'imputation.

Dans la population de l'enquête, 849 ménages ne disposent pas de voiture. Parmi ceux-ci, 108 déclarent des dépenses de carburant. Plusieurs facteurs peuvent expliquer que des ménages ne disposant pas de voitures ont des dépenses de carburant : la détention d'une moto (24 des 108 ménages détiennent des motos), le partage de voiture ou la location d'une voiture.

Tableau 14 Dépenses mensuelles moyennes de carburant (euros) ventilées selon le nombre de voitures privées et de société utilisées par le ménage

Nombre de voitures privées	Nombre de voitures de société							
	zéro		une		deux		trois	
	a	b	a	b	a	b	a	b
0	9	73	44	178	67	121	100	166
1	88	103	92	118	38	108	0	
2	151	163	105	129	33	33		
3	188	205	174	174				
4	213	219	146	146	139	139		
5	140	140						

Note : a : dépenses nulles calculées en moyenne.

b : dépenses nulles, exclues du calcul de la moyenne. Les ménages qui possèdent une moto et achètent de l'essence sont exclus.

Tableau 15 Informations additionnelles sur la distribution des dépenses de carburant (en euros) dans les cellules les plus peuplées

	Moyenne	Err. type liné.	[Interval conf. 95%]		Min	Max	Médiane
Pas de voitures	8,70	0,98	6,53	10,41	0	419,8	0
1 privée, 0 de société	87,67	1,60	84,52	90,81	0	729,9	80
0 privée, 1 de société	44,04	14,78	14,41	73,66	0	693,9	0
2 privées, 0 de société	150,60	3,11	144,48	156,73	0	592	145,8
1 privée, 1 de société	91,91	6,36	79,34	104,49	0	664,7	74,6
0 privée, 2 de société	66,70	8,14	50,37	83,03	0	343,6	40

Note : les ménages qui disposent d'une moto et achètent de l'essence sont exclus.

6.3.6. Mix de carburants

Le tableau 16 montre l'évolution du mix de carburants avec le nombre et le type de voitures (privées/société) utilisées par le ménage. Ce tableau indique la part moyenne des différents carburants dans l'ensemble des dépenses de carburant du ménage. La part moyenne du diesel dans les dépenses totales de carburant est plus élevée pour les ménages qui utilisent une voiture de société (0,66) que pour les ménages disposant d'une voiture privée (0,51). La différence de *mix de carburants* entre les ménages disposant d'une voiture de société et ceux possédant une voiture privée peut s'expliquer par le pourcentage plus élevé de voitures diesel dans le parc belge de voitures de société que dans le parc de voitures privées. Selon Denys, Beckx et Vanhulsel (2016), 86 % des voitures de société roulaient au diesel en 2014. La part des voitures diesel dans le parc privé était beaucoup plus faible avec un taux de 57 %. S'appuyant sur ces chiffres, nous considérons que la sous-déclaration des dépenses de carburant dans les ménages qui disposent de voitures de société concerne principalement le diesel et que la part moyenne du diesel dans les dépenses de carburant de ces ménages est supérieure à 66 %. Par conséquent, nous avons uniquement imputé du diesel, sauf pour les ménages qui disposent d'une voiture de société et déclarent des dépenses d'essence.

Tableau 16 Part moyenne des différents carburants dans les dépenses totales de carburant des ménages (essence, diesel, autres)

Nombre et type de voitures dans les ménages	% des ménages	Essence			Diesel			Autre		
		Part moyenne	LIIC 95%	LSIC 95%	Part moyenne	LIIC 95%	LSIC 95%	Part moyenne	LIIC 95%	LSIC 95%
Pas de voiture	16,98	0,59	0,48	0,7	0,36	0,26	0,46	0,05	0,01	0,08
1 priv.	54,18	0,48	0,45	0,5	0,51	0,48	0,53	0,01	0,01	0,02
2 priv.	17,05	0,36	0,33	0,39	0,63	0,6	0,66	0,01	0,01	0,02
3 priv.	1,57	0,34	0,27	0,41	0,63	0,56	0,71	0,02	0	0,05
1 soc.	2,53	0,34	0,16	0,51	0,66	0,49	0,84	0		
2 soc.	1,53	0,46	0,31	0,61	0,51	0,36	0,66	0,03	-0,01	0,06
1 priv., 1 soc.	4,7	0,38	0,32	0,44	0,61	0,55	0,67	0,01	0	0,03
Autres	1,47	0,45	0,35	0,54	0,55	0,46	0,64	0,01	0	0,01
Total	100	0,45	0,43	0,46	0,54	0,52	0,56	0,01	0,01	0,02

Note : LIIC = limite inférieure de l'intervalle de confiance LSIC = limite supérieure intervalle de confiance

6.3.7. Imputation

Cette étape vise à imputer des dépenses de carburant aux ménages qui utilisent une ou plusieurs voiture(s) de société dès lors que les dépenses de carburant de ces ménages sont souvent remboursées par l'employeur et que les dépenses qu'ils déclarent dans l'EBM sont inférieures à celles des ménages ne disposant pas de voiture de société.

L'imputation moyenne est calculée selon la méthode suivante. Lorsque les dépenses de carburant d'un ménage qui utilise une voiture de société sont inférieures à la limite présentée au tableau 17, des dépenses additionnelles de carburant sont imputées de manière à atteindre la limite. Cette limite est calculée sur la base des dépenses de carburant moyennes des ménages qui détiennent uniquement des voitures privées (voir tableau 17). Par exemple, si un ménage ayant une voiture de société et une voiture privée dépense 100 euros de carburant par mois, 51 euros sont ajoutés à ses dépenses de carburant pour atteindre la limite des 151 euros. Il est probable que les coûts réels soient encore sous-estimés puisque les détenteurs de voitures de société ont tendance à parcourir plus de kilomètres par an que les détenteurs de voitures privées (Laine et Van Steenberghe, 2016).

S'agissant des carburants imputés, seules des dépenses de diesel⁷ sont imputées compte tenu de l'hypothèse selon laquelle les voitures de société roulent au diesel, comme expliqué au point précédent. Les autres dépenses de carburant ne sont pas prises en compte, car elles ne représentent qu'un petit pourcentage des dépenses de carburant totales (tableau 16).

Tableau 17 Limites pour l'imputation moyenne des dépenses de carburant

Voitures du ménage		Limite (euros)
Nbre de voitures de société	Nbre de voitures privées	
1	0	88
2	0	151
3	0	188
1	1	151
2	1	188
3	1	213
1	2	188
1	3	213

Note : LIIC = limite inférieure intervalle de confiance LSIC = limite supérieure intervalle de confiance

⁷ Excepté le cas où un ménage ne dispose que d'une voiture de société et a déclaré des dépenses d'essence. Dans ce cas, nous pouvons être certains que le ménage a une voiture de société qui roule à l'essence.

Les dépenses totales de carburant dans l'échantillon ont progressé de 6,7 % après imputation.

La méthode d'imputation décrite ici repose sur deux hypothèses implicites. Premièrement, la limite prise en compte pour l'imputation est calculée à partir des dépenses totales de carburant des ménages qui incluent le diesel, l'essence et d'autres carburants. Le part de ces autres carburants est tellement faible qu'elle n'a pas été prise en considération. Seul le diesel a été imputé puisque 86 % des voitures de société roulaient au diesel en 2014, d'après Denys, Beckx et Vanhulsel (2016), laissant entendre que la sous-déclaration de dépenses de carburant concerne probablement le diesel. Toutefois, un petit pourcentage de voitures de société roule à l'essence. Si l'essence est plus chère que le diesel, nous supposons implicitement que ces ménages consomment plus de carburant. Deuxièmement, les limites prises en compte pour l'imputation se fondent sur des données relatives aux ménages disposant de voitures privées. Ce faisant, nous partons implicitement de l'hypothèse que le parc de voitures privées présente des caractéristiques similaires à celles du parc de voitures de société. Or, les voitures de société sont plus grandes et plus récentes que les voitures privées. Les voitures plus grandes tendent à consommer plus et les voitures plus récentes sont généralement plus efficaces et donc consomment moins de carburant. L'effet total de ces deux facteurs nous est toutefois inconnu, à défaut de données sur la consommation moyenne en carburant des voitures privées et des voitures de société.

Une autre manière d'aborder le problème de la sous-déclaration des dépenses de carburant dans les ménages disposant de voitures de société est d'expliquer les dépenses de carburant au moyen de régressions. Cette méthode a été appliquée, mais les résultats décevants du modèle nous ont amenés à privilégier la méthode décrite ci-dessus.

6.4. Calcul des coefficients de pollution directe de l'air

6.4.1. Coefficients de pollution directe de l'air : les transports

Un coefficient de pollution directe de l'air (CPDA) reflète la quantité de pollution directe de l'air générée par euro dépensé pour un produit donné. Pour un carburant donné c , le CPDA d'un polluant p est calculé au moyen de la formule suivante :

$$CPDA_{p,c} = \frac{\text{Pollution directe totale}_{p,c} (g)}{\text{Consommation totale}_c (g) * \text{volume spécifique}_c (l/g) * \text{prix}_c (\text{euros}/l)} \quad (9)$$

où $c \in \{\text{diesel}, \text{essence}, \text{GPL}, \text{huile à deux temps}, \text{autres carburants}\}$

Faute de données désagrégées, nous sommes partis de l'hypothèse que le CPDA de la classe COICOP 07223C 'Autres carburants' était équivalent à celui de l'essence. L'importance relative de cette catégorie résiduelle est assez faible.

Les valeurs des coefficients de pollution directe de l'air figurent dans le tableau ci-dessous. Les sources de données exploitées sont ensuite précisées et chaque variable de la formule est décrite.

Tableau 18 Valeurs des coefficients de pollution directe de l'air des carburants utilisés pour le transport pour différents polluants
Pollution en grammes par euro dépensé

Polluant (a)/ COICOP	Diesel	Essence	GPL	Huile deux temps	Autres carburants
	07221A	07222A	07223A	07223B	07223C
CO ₂	2220,6980	1453,1221	2856,0772	1513,0833	1453,1221
CH ₄	0,0070	0,1370	0,3221	0,5607	0,1370
N ₂ O	0,0880	0,0141	0,0662	0,0240	0,0141
NO _x	8,9816	1,0180	3,2748	3,8788	1,0180
CO ₂	0,7974	11,7406	31,1659	51,2302	11,7406
COVNM	0,1208	1,6976	2,7277	62,7387	1,6976
SO _x	0,0118	0,0040	0,0000	0,0040	0,0040
NH ₃	0,0218	0,2579	0,7022	0,0240	0,2579
PM _{2,5}	0,4031	0,1040	0,2070	0,6592	0,1040
PM ₁₀	0,5402	0,1833	0,3654	0,7647	0,1833

a : les valeurs pour les HFC, PFC et SF6 sont toutes nulles.

a. Pollution directe totale_{p,c} (grammes)

La pollution directe totale occasionnée par chacun des 13 polluants (p) étudiés est calculée sur la base des données du modèle COPERT. Ce modèle européen permet de dresser l'inventaire des émissions liées au transport routier. Les calculs s'appuient sur les données de 2014 de COPERT pour la Belgique, lesquelles ont été transmises en 2019. Elles ont été mises à disposition par Bruxelles Environnement avec le consentement des autres Régions. Le modèle COPERT fait la distinction entre la pollution causée par la consommation de carburant et celle occasionnée par les ventes de carburant⁸. Nous avons utilisé les données relatives à la consommation de carburant. Pour le diesel, l'essence et le GPL, nous avons additionné toute la pollution émise par la classe CPATLD des 'voitures particulières'⁹, à l'exception des émissions de CO₂ de la biomasse qui sont supposées neutres sur ce plan. La pollution générée par l'huile deux temps a été calculée sur la base de la classe CPATLD « cyclomoteurs et motocycles », parmi lesquels seuls les "2 temps < 50 cm³" et les "2 temps > 50 cm³" ont été pris en considération. Les émissions de CO₂ de la biomasse ont de nouveau été exclues.

b. Consommation totale_c (grammes)

La consommation totale de chaque type individuel de carburant c a été calculée en agrégeant les données de COPERT de la même manière que pour la pollution directe totale. La consommation totale est exprimée en termes de consommation de carburant, comme pour la pollution décrite ci-dessus.

c. Volume spécifique_c (litres/gramme)

Le volume spécifique de chaque type de carburant en litres par gramme est tiré du Manuel sur les statistiques de l'énergie de l'Agence internationale de l'énergie¹⁰. Nous avons supposé que 97 % de l'huile pour moteur à deux temps se composent d'essence et que les autres 3 % consistent en de l'huile synthétique pour les moteurs à deux temps à essence.

⁸ L'écart entre la consommation de carburant et les achats de carburant peut s'expliquer par une variation des stocks ou des achats destinés à une consommation à l'étranger.

⁹ Les autres classes concernent les « véhicules utilitaires lourds », les « véhicules utilitaires légers » et les « cyclomoteurs et motocycles ».

¹⁰ Agence internationale de l'énergie (2005). Manuel sur les statistiques de l'énergie, 195.

d. Prix c (euros/litre)

Le prix par litre de l'essence, du diesel et du GPL est basé sur des données désagrégées du BFP utilisées pour calculer l'indice des prix à la consommation (IPC). Les prix correspondent aux prix moyens (TVA et accises incluses) de ces carburants en 2014. Pour l'essence, nous avons construit une moyenne pondérée des qualités 95 et 98 basée sur leurs poids respectifs dans les calculs de l'IPC. Nous avons en outre supposé que le prix au litre de l'huile pour moteur à deux temps était le même que celui de l'essence.

6.4.2. Coefficients de pollution directe de l'air : énergie à des fins domestiques

Les coefficients de pollution directe de l'air relatifs à l'énergie consommée à des fins domestiques ont été calculés au moyen de deux formules différentes. La première formule s'applique à tous les types de combustibles à l'exception du « mazout » et des « autres combustibles liquides », pour lesquels la deuxième formule a été retenue.

$$CPDA_{p,c} = \frac{\text{Facteur d'émission}_{p,c} * \text{facteur de conversion énergétique}_c * \frac{PCN}{PCB_c}}{\text{Prix}_{(h),c}}$$

si $c \in \left\{ \begin{array}{l} \text{gaz naturel, gaz naturel seconde résidence,} \\ \text{butane, propane, charbon, bois de chauffage, autres combustibles solides} \end{array} \right\}$ (10)

$$CPDA_{p,c} = \frac{\text{Facteur d'émission}_{p,c} * \text{Facteur de conversion énergétique}_c * \frac{PCN}{PCB_c}}{\text{volume spécifique}_c * \text{Prix}_{(h),c}}$$

si $c \in \{\text{mazout, autres combustibles liquides}\}$

Les valeurs des coefficients de pollution directe de l'air sont reprises dans le tableau ci-dessous. Les sources de données consultées sont précisées ci-après et chaque variable des formules utilisées est définie.

Tableau 19 Valeurs des coefficients de pollution directe de l'air des combustibles utilisés pour le chauffage domestique, pour différents polluants
Pollution en grammes par euro dépensé

Polluant (a)/ COICOP	Gaz naturel (b)	Gaz butane (hors caution)	Gaz propane (hors caution)	Mazout (c)	Autres combustibles liquides (d)	Charbon	Bois de chauffage	Autres combustibles (e)
	04521A 04521B	04522A	04522B	04530A	04530B	04541A	04549A	04549B
CO ₂	2932,87	1299,72	1330,17	3564,10	3464,46	6109,26	9915,98	6862,76
CH ₄	0,2614	0,1158	0,1185	0,4743	0,4610	19,3739	26,5607	18,3824
N ₂ O	0,0052	0,0023	0,0024	0,0281	0,0273	0,0969	0,3541	0,2451
NO _x	1,3155	1,0404	1,0648	1,8982	1,8451	6,4580	4,4268	4,9020
CO ₂	1,2224	0,5396	0,5523	0,7584	0,7372	129,1598	354,1420	18,3824
COVNM	0,0959	0,0424	0,0434	0,0138	0,0134	19,3740	53,1213	0,6127
SO _x	0,0000	0,0000	0,0000	2,3223	2,2574	38,7479	0,9739	0,6740
PM _{2,5}	0,0285	0,0121	0,0124	0,0764	0,0742	29,0609	65,5163	3,6765
PM ₁₀	0,0285	0,0121	0,0124	0,0764	0,0742	29,0609	67,2870	3,6765
NH ₃	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0194	6,1975	0,7353

(a): Les valeurs pour les HFC, PFC et SF₆ sont toutes nulles.

(b): Le prix est fonction de la quantité achetée par chaque ménage. Le CPDA présenté ici est celui d'un ménage consommant 23 260 KWh par an.

(c): Le prix est fonction de la quantité achetée par chaque ménage. Le CPDA présenté ici est celui d'un ménage consommant plus de 2 000 litres par an.

(d): par ex. kérosène

(e): charbon de bois, granulés de bois

a. Facteurs d'émission des CO₂, CH₄ et N₂O (g/J)

Pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O, les données utilisées sont extraites de l'inventaire national des émissions de gaz à effet de serre de la Belgique¹¹. Le tableau 20 liste les facteurs d'émission tirés de l'inventaire national qui ont été associés à chaque code de la COICOP.

Tableau 20 Aperçu des liens entre les catégories COICOP et les catégories de facteur d'émission

	COICOP	Intitulé COICOP	Inventaire national des combustibles
1.	04521A	Gaz naturel	Combustibles gazeux
2.	04521B	Gaz naturel, 2e résidence	Combustibles gazeux
3.	04522A	Butane	Combustibles gazeux
4.	04522B	Propane	Combustibles gazeux
5.	04530A	Mazout	Combustibles liquides
6.	04530B	Autres combustibles liquides	Combustibles liquides
7.	04541A	Charbon	Combustibles solides
8.	04549A	Bois de chauffage	Biomasse
9.	04549B	Autres combustibles solides, par ex. les granulés	Combustibles solides

b. Facteurs d'émission des NO_x, SO_x, NH₃, COVNM, CO, PM_{2,5}, PM₁₀

Les facteurs d'émission des NO_x, SO_x, NH₃, COVNM, CO, PM_{2,5} et PM₁₀ sont calculés à partir de données fournies par les Régions flamande et wallonne. Dans une version précédente du modèle PEACH2AIR¹², les calculs étaient basés sur des données du EMEP/ EEA Air pollutant emission inventory guidebook de 2016. Les nouvelles données de la Flandre se fondent sur une méthodologie dite de niveau 2 qui, pour un combustible donné, distingue différents types de chaudières/chauffe-eau. Les facteurs d'émission moyens pondérés sont obtenus en divisant la pollution totale émise par chaque type de combustible par la consommation totale d'énergie de chaque type de combustible. Nous avons spécifiquement choisi les données de la Flandre étant donné que la méthodologie de niveau 2, plus précise que d'autres méthodologies actuellement mises en œuvre, n'est pas encore appliquée dans toutes les Régions. La seule exception concerne le bois et les granulés, qui sont agrégés dans les données de la Flandre, et pour lesquels nous avons exploité les données plus détaillées et désagrégées de la Wallonie. Le tableau 21 donne un aperçu des catégories de facteurs d'émission dans la source régionale qui ont été associées à un code COICOP.

¹¹ Tableau 1.A (a) feuille 4

¹² Frère, J.-M., Vandille, G., & Wolff, S. (2018). The PEACH2AIR database of air pollution associated with household consumption in Belgium in 2014 (Working Paper No. 3–18).

Tableau 21 Aperçu des liens entre les catégories COICOP et les catégories de facteur d'émission

	COICOP	Intitulé COICOP	Région	Intitulé de la catégorie de facteur d'émission dans la source régionale
1.	04521A	Gaz naturel	Flandre	Gaz naturel
2.	04521B	Gaz naturel, 2e résidence	Flandre	Gaz naturel
3.	04522A	Butane	Flandre	Propane-butane-GPL
4.	04522B	Propane	Flandre	propane-butane-GPL
5.	04530A	Mazout	Flandre	Mazout
6.	04530B	Autres combustibles liquides	Flandre	Mazout
7.	04541A	Charbon	Flandre	Charbon
8.	04549A	Bois de chauffage	Wallonie	Poêle bois
9.	04549B	Autres combustibles solides, ex les granulés	Wallonie	granulés

c. Facteurs de conversion énergétique ($\frac{J}{KWH}$, $\frac{J}{g}$) et volume spécifique ($\frac{l}{g}$)

Le facteur de conversion énergétique pour convertir les joules en kWh est par définition de 3,6 millions J/KWh. Il est utilisé pour calculer le CPDA du gaz naturel, du bois de chauffage et d'autres combustibles solides. Les autres facteurs de conversion en J/gramme peuvent être consultés dans le manuel sur les statistiques de l'énergie de l'Agence internationale de l'énergie¹³. Dans la deuxième formule, utilisée pour calculer le CPDA du mazout et d'autres combustibles liquides, un volume spécifique est appliqué pour convertir les grammes en litres. Cette étape est nécessaire puisque ces combustibles sont achetés et exprimés par litre et non par gramme. Le volume spécifique est également tiré du manuel sur les statistiques de l'énergie.

d. Part du pouvoir calorifique net dans le pouvoir calorifique brut ($\frac{PCN}{PCB}$)

Les facteurs d'émission décrits ci-avant sont exprimés et achetés en termes de pouvoir calorifique net. Les prix du gaz naturel par exemple sont exprimés en pouvoir calorifique brut. Il est nécessaire de procéder à une correction pour aligner les deux concepts. Les valeurs de ces parts (0,9 pour les gaz, 0,95 pour tous les autres combustibles) sont tirées des « Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre ».

e. Prix_{(h),c} ($\frac{EUR}{KWH}$) du gaz naturel

Le prix moyen du gaz naturel dépend de la consommation du ménage. Les données désagrégées de l'indice des prix à la consommation calculé par le BFP qui englobent des prix moyens pour le gaz naturel distinguent quatre types de consommateurs¹⁴. Chaque type se caractérise par son propre prix moyen pour une consommation donnée de kWh (ex. 23 260 kWh). Le prix moyen englobe les coûts de distribution et les taxes. Tous les profils partent d'un prix fixe par kWh de gaz, à l'exclusion des coûts de distribution et des taxes. Les prix moyens se réfèrent à l'année 2014. Sur la base du « tableau de bord »¹⁵ de la Commission de régulation de l'électricité et du gaz (CREG) pour la Belgique, nous avons observé

¹³ Agence internationale de l'énergie (2005). Manuel sur les statistiques de l'énergie, 195.

¹⁴ Les profils D1 (2326 kWh), D2 (4652 kWh), D3 (23260 kWh) et D3b (34 890 kWh) sont distingués.

¹⁵ Creg (2014). Tableau de bord mensuel électricité et gaz naturel Source : <http://www.creg.info/Tarifs/Boordtabel-Tableaudebord/Francais/>

que les données de l'IPC du BFP sous-estiment d'environ 3,5 % le coût moyen par kWh pour le profil D3 (23 260 kWh). En conséquence, le prix moyen par kWh a été ajusté de 3,5 % pour les quatre profils.

Compte tenu du volume de kWh et du prix moyen, nous avons calculé les dépenses totales de chaque profil dans les données de l'indice. Pour chaque ménage, les dépenses de gaz naturel dans l'EBM sont agrégées au niveau de la catégorie COICOP du gaz naturel (COICOP 04521A et 04521B). Nous avons comparé ci-après les dépenses totales de chaque ménage avec le prix total des 4 profils dans les données de l'IPC et interpolé le prix moyen des deux profils qui sont supérieur et inférieur aux dépenses totales d'un ménage. Ainsi, (pratiquement) chaque ménage a son propre prix moyen unique par kWh. Il est indiqué par (h) dans la formule ci-dessus. Pour les profils en dessous de 2 326 kWh et au-dessus de 34 890 kWh, l'interpolation n'est pas possible. Par conséquent, nous avons supposé que le prix moyen est respectivement égal au prix moyen des profils D1 et D3b.

f. Prix_{(h),c} du mazout, du butane, du propane, d'autres combustibles liquides et du charbon

Le prix du butane, du propane, d'autres combustibles liquides et du charbon est basé sur les données désagrégées de l'IPC qui ont servi à calculer le prix moyen en 2014. En ce qui concerne les « autres combustibles liquides » (catégorie COICOP 04530B), nous sommes partis de l'hypothèse que leur prix est égal à celui du mazout pour les commandes de moins de 2000 litres.

Le prix du mazout est fonction du volume de la commande. Partant du montant total des dépenses en mazout et en supposant un comportement rationnel, nous avons appliqué un prix moyen par litre moins élevé pour les commandes supérieures à 2000 litres. Les deux prix proviennent des données désagrégées de l'IPC.

g. Prix_{(h),c} du bois et d'autres combustibles solides (granulés)

S'agissant du bois, nous nous sommes basés sur le prix moyen de 2014, publié par APERE, une association sans but lucratif belge. Le prix des « autres combustibles solides » comme les granulés et le charbon de bois correspond aux prix APERE pour les granulés de bois. Ces prix résultent d'une étude de marché menée par l'ASBL Valbiom. Ces prix, qui sont exprimés en stères, map ou kg, sont convertis en kWh par APERE sur la base des hypothèses suivantes ¹⁶:

Tableau 22 Conversion en kWh du bois et des granulés

Type de produit	Hypothèse de conversion
1. Bûches	1800 kWh/stère
2. Chutes de bois	800 kWh/map
3. Granulés de bois	5 kWh/kg

Map: mètre cube apparent de plaquettes, une unité pour mesurer les m³ de chutes de bois.

¹⁶ Apere (2018, Mars 6). Hypothèses et méthodologie Source : http://www.apere.org/sites/default/files/OBS_Hypoth%C3%A8ses_Methodologie_0.pdf

6.5. Statistiques synthétiques des variables des modèles de régression

Tableau 23 Statistiques synthétiques des variables continues des modèles de régression

Variable	Nbre d'obs.	Moyenne	Ecart-type	Min	Max
Revenu du ménage	6135	40422,82	25050,42	0,00	514080,00
Nbre d'adultes	6136	2,06	0,88	1,00	4,00
Nbre d'enfants	6136	0,53	0,90	0,00	4,00
Age de la personne de référence	6135	49,59	14,14	16,65	93,94
Nbre de pièces	6128	4,32	1,24	1,00	6,00
Total des GES*	6136	20,65	11,32	0,00	182,66
GES produits alimentaires*	6135	3,94	2,21	0,01	18,44
GES énergie et logement*	6135	6,87	4,36	0,05	74,14
GES transport*	6135	3,71	2,95	0,01	21,42
GES biens*	6135	2,58	1,73	0,25	34,82
GES services*	6135	3,57	6,31	0,03	157,69

* Émissions de GES des ménages liées à la consommation de cette catégorie

Tableau 24 Statistiques synthétiques du statut professionnel

Statut professionnel de la personne de référence	Fréq.	Pour cent	Cum.
Travailleur	3894	63,47	63,47
Chômeur	437	7,12	70,59
Étudiant	42	0,68	71,28
Au foyer	49	0,80	72,08
Incapacité	327	5,33	77,41
Pension	1386	22,59	100,00
Total	6135	100,00	

Tableau 25 Statistiques synthétiques du niveau de formation le plus élevé dans le ménage

Niveau de formation le plus élevé dans le ménage	Fréq.	Pour cent	Cum.
Primaire ou inférieur	297	4,84	4,84
Secondaire inférieur	593	9,67	14,51
Secondaire supérieur	2106	34,33	48,83
Supérieur	3139	51,17	100,00
Total	6135	100,00	

Tableau 26 Statistiques synthétiques de la Région

Région	Fréq.	Pour cent	Cum.
Région de Bruxelles-Capitale	633	10,32	10,32
Flandre	2893	47,16	57,47
Wallonie	2609	42,53	100,00
Total	6135	100,00	

Tableau 27 Statistiques synthétiques du type de logement

Type de logement	Fréq.	Pour cent	Cum.
Maison individuelle	2269	36,99	36,99
Maison semi-mitoyenne	2465	40,19	77,18
Appartement	1368	22,30	99,48
Autres	32	0,52	100,00
Total	6134	100,00	

Tableau 28 Statistiques synthétiques du statut d'occupation

Statut d'occupation	Fréq.	Pour cent	Cum.
Propriétaire	4424	72,11	72,11
Locataire	1711	27,89	100,00
Total	6135	100,00	

7. Bibliographie

- Abdallah, S., Gough, I., Johnson, V., Ryan-Collins, J., & Smith, C. (2011). *The distribution of total greenhouse gas emissions by households in the UK , and some implications for social policy* (CASE No. 152). CASE, Centre for Analysis of Social Exclusion. Londres. Extrait de <http://sticerd.lse.ac.uk/dps/case/cp/CASEpaper152.pdf>
- Agence internationale de l'énergie (2005). *Manuel sur les statistiques de l'énergie*, 181
- Ala-Mantila, S., Heinonen, J., & Junnila, S. (2014). Relationship between urbanization, direct and indirect greenhouse gas emissions, and expenditures: A multivariate analysis. *Ecological Economics*, 104, 129–139. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.04.019>
- Amendola, N., & Vecchi, G. (2014). *Durable Goods and Poverty Measurement* (Policy Research Working Paper Series No. 7105)
- Apere (2018, Mars 6). *Hypothèses et Méthodologie*. Extrait de: http://www.apere.org/sites/default/files/OBS_Hypoth%C3%A8ses_Methodologie_0.pdf
- Beznoska, M., & Ochmann, R. (2013). The interest elasticity of household savings: a structural approach with German micro data. *Empirical Economics*, 45(1), 371–399. <https://doi.org/10.1007/s00181-012-0626-9>
- Büchs, M., & Schnepf, S. V. (2013). Who emits most? Associations between socio-economic factors and UK households' home energy, transport, indirect and total CO₂ emissions. *Ecological Economics*, 90, 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.03.007>
- Bullard, C. W., & Herendeen, R. A. (1975). Energy Impact of Consumption Decisions. *Proceedings of the IEEE*, 63(3), 484–493. <https://doi.org/10.1109/PROC.1975.9775>
- Chancel, L. (2014). Analysis Are younger generations higher carbon emitters than their elders? Inequalities, generations and CO₂ emissions in France and in the USA. *Ecological Economics*, 100, 195–207. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.02.009>
- Christis, M., Breemersch, K., Vercalsteren, A., & Dils, E. (2019). A detailed household carbon footprint analysis using expenditure accounts—case of Flanders (Belgium). *Journal of Cleaner Production*, 228, 1167–1175.
- Creg (2014). *Tableau de bord mensuel électricité et gaz naturel*. Extrait de <http://www.creg.info/Tarifs/Boordtabel-Tableaubord/Francais/>
- Deaton, A., & Zaidi, S. (2002). *Guidelines for Constructing Consumption Aggregates For Welfare Analysis* (Living Standards Measurement Study No. 135). Washington, DC. Extrait de https://www.princeton.edu/rpds/papers/pdfs/deaton_zaidi_consumption.pdf
- Duarte, R., Mainar, A., & Sánchez-Chóliz, J. (2012). Social groups and CO₂ emissions in Spanish households. *Energy Policy*, 44, 441–450. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.020>
- Denys, T., Beckx, C., & Vanhulsel, M. (2016). Analysis of the Belgian Car Fleet 2016. VITO report. Retrieved from: http://ecoscore.be/files/Analysis_CarFleet2016.pdf on 22/02/2019

- Fan, J., Guo, X., Marinova, D., Wu, Y., & Zhao, D. (2012). Embedded carbon footprint of Chinese urban households: structure and changes. *Journal of Cleaner Production*, 33, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.018>
- Frère, J.-M., Vandille, G., & Wolff, S. (2018). *The PEACH2AIR database of air pollution associated with household consumption in Belgium in 2014*, Working Paper No. 3–18
- Geng, Y., Chen, W., Liu, Z., Chiu, A. S. F., Han, W., Liu, Z., ... Cui, X. (2017). A bibliometric review: Energy consumption and greenhouse gas emissions in the residential sector. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.091>
- Girod, B., & de Haan, P. (2010). More or better? A model for changes in household greenhouse gas emissions due to higher income. *Journal of Industrial Ecology*, 14(1), 31–49. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2009.00202.x>
- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (2001). *Recommandations du GIEC en matière de bonnes pratiques et de gestion des incertitudes pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Institute for Global Environmental Strategies for the IPCC
- Hertwich, E. G. (2005). Life Cycle Approaches to Sustainable Consumption: A Critical Review. *Environmental Science & Technology*, 39(13), 4673–4684. <https://doi.org/10.1021/es0497375>
- Isaksen, E. T., & Narbel, P. A. (2017). A carbon footprint proportional to expenditure - A case for Norway? *Ecological Economics*, 131, 152–165. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.08.027>
- Ivanova, D., Stadler, K., Steen-Olsen, K., Wood, R., Vita, G., Tukker, A., & Hertwich, E. G. (2016). Environmental Impact Assessment of Household Consumption. *Journal of Industrial Ecology*, 20(3), 526–536. <https://doi.org/10.1111/jiec.12371>
- Kerkhof, A. C., Benders, R. M. J., & Moll, H. C. (2009). Determinants of variation in household CO₂ emissions between and within countries. *Energy Policy*, 37(4), 1509–1517. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.12.013>
- Kerkhof, A. C., Nonhebel, S., & Moll, H. C. (2009). Relating the environmental impact of consumption to household expenditures: An input–output analysis. *Ecological Economics*, 68, 1160–1170. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.08.004>
- Laine, B., & Van Steenberghe, A. (2016). *The fiscal treatment of company cars in Belgium: Effects on car demand, travel behaviour and external costs*, Working paper No. 3-16
- Lenzen, M., Wier, M., Cohen, C., Hayami, H., Pachauri, S., & Schaeffer, R. (2006). A comparative multivariate analysis of household energy requirements in Australia, Brazil, Denmark, India and Japan. *Energy*, 31(2–3), 181–207. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2005.01.009>
- Lenzen, M. (1998). Energy and greenhouse gas cost of living for Australia during 1993/94. *Energy*, 23(6), 497–516. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(98\)00020-6](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(98)00020-6)
- Leontief, W. (1970). Environmental Repercussions and the Economic Structure: An Input-Output Approach. *The Review of Economics and Statistics*, 52(3), 262–271. Retrieved from http://paper.blog.bbiq.jp/Leontief_1970.pdf
- May, X. (2017). The debate regarding the number of company cars in Belgium. *Brussels Studies* [Online], Fact Sheets, no 113, URL : <http://brussels.revues.org/1540>

- Nations unies (2016). Global Sustainable Development Report 2016. New York: Department of Economic and Social Affairs.
- Nations unies (2017). Statistical Classifications. Extrait de <https://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regdnld.asp?Lg=1>
- Ntziachristos, L., Gkatzoflias, D., Kouridis, C. and Samaras, Z. (2009). COPERT: a European road transport emission inventory model. *Information technologies in environmental engineering*. Springer, Berlin, Heidelberg. 491-504.
- Pohlmann, J., & Ohlendorf, N. (2014). Equity and emissions. How are household emissions distributed, what are their drivers and what are possible implications for future climate mitigation? In *Degrowth conference Leipzig*. Retrieved from <https://www.degrowth.info/en/catalogue-entry/equity-and-emissions-how-are-household-emissions-distributed-what-are-their-drivers-and-what-are-possible-implications-for-future-climate-mitigation/>
- Poom, A., & Ahas, R. (2016). How does the environmental load of Household consumption depend on residential location? *Sustainability*, 8(799). <https://doi.org/10.3390/su8090799>
- Roca, J., & Serrano, M. (2007). Income growth and atmospheric pollution in Spain: An input–output approach. *Ecological Economics*, 63, 230–242. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.11.012>
- Shigetomi, Y., Nansai, K., Kagawa, S., & Tohno, S. (2014). Changes in the Carbon Footprint of Japanese Households in an Aging Society. *Environmental Science & Technology*, 48, 6069–6080. <https://doi.org/10.1021/es404939d>
- Sommer, M., Kratena, K. (2017). The carbon footprint of European households and income distribution. *Ecological Economics*, 136, 62-72. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.12.008>
- Steen-Olsen, K., Wood, R., & Hertwich, E. G. (2016). The Carbon Footprint of Norwegian Household Consumption 1999-2012. *Journal of Industrial Ecology*, 20(3), 582–592. <https://doi.org/10.1111/jiec.12405>
- van Bavel, B., Curtis, D. R., and Soens, T. (2018). Economic inequality and institutional adaptation in response to flood hazards: a historical analysis. *Ecology and Society*, 23(4):30. <https://doi.org/10.5751/ES-10491-230430>
- Weber, C. L., & Matthews, H. S. (2008). Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint. *Ecological Economics*, 66, 379–391. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.021>
- Wiedmann, T. (2009). A review of recent multi-region input-output models used for consumption-based emission and resource accounting. *Ecological Economics*, 69(2), 211–222. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.026>
- Wier, M., Lenzen, M., Munksgaard, J., & Smed, S. (2001). Effects of Household Consumption Patterns on CO₂ Requirements. *Jesper Munksgaard & Sinne Smed*, 13(3), 259–274. <https://doi.org/10.1080/09537320120070149>
- Zhang, X., Luo, L., & Skitmore, M. (2015). Household carbon emission research: An analytical review of measurement, influencing factors and mitigation prospects. *Journal of Cleaner Production*, 103, 873–883. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.024>