



**HAL**  
open science

# La fiscalité carbone aux frontières et ses effets redistributifs : Étude des effets redistributifs sur les revenus des ménages français d'une taxe carbone aux frontières

Yves Gnanou, Paul Malliet, Ruben Haalebos, Émeric Nicolas

## ► To cite this version:

Yves Gnanou, Paul Malliet, Ruben Haalebos, Émeric Nicolas. La fiscalité carbone aux frontières et ses effets redistributifs : Étude des effets redistributifs sur les revenus des ménages français d'une taxe carbone aux frontières : Étude des effets redistributifs sur les revenus des ménages français d'une taxe carbone aux frontières. [Rapport de recherche] OFCE; Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. 2020, pp.89. hal-03403048

**HAL Id: hal-03403048**

**<https://sciencespo.hal.science/hal-03403048>**

Submitted on 10 Dec 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Jan.  
2020

---

# LA FISCALITÉ CARBONE AUX FRONTIÈRES ET SES EFFETS REDISTRIBUTIFS

---

Étude des effets redistributifs sur les  
revenus des ménages français d'une  
taxe carbone aux frontières

---

RAPPORT

ADEME



Agence de l'Environnement  
et de la Maîtrise de l'Énergie

**ofce**  
SciencesPo

BEYOND  
RATINGS   
standards for positive finance

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les membres du Comité de Pilotage pour le temps et l'attention qu'ils ont porté au projet tout au long de son développement : Manuel Baude et Jean-Louis Pasquier (SDES, CGDD), Ophélie Riesler, Ghislain Ferran, et Frédéric Branger (DGEC), Antoine Gaudin et Laurent Bergadaa (AFD), Philippe Quirion et Quentin Perrier (CIRED), ainsi que Meike Fink (RAC). Nous remercions particulièrement Aurélien Saussay et Xavier Timbeau (OFCE) pour leurs conseils et leur soutien constant, ainsi que Gaël Callonnec (ADEME) pour sa relecture attentive et son implication tout au long du projet

## CITATION DE CE RAPPORT

**ADEME, Paul Malliet, Ruben Haalebos, Emeric Nicolas, 2019.** La fiscalité carbone aux frontières : ses impacts redistributifs sur le revenu des ménages français. Nombre de pages. 89  
Cet ouvrage est disponible en ligne [www.ademe.fr/mediatheque](http://www.ademe.fr/mediatheque)

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

### **Ce document est diffusé par l'ADEME**

20, avenue du Grésillé  
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 1616C0015

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par l'OFCE et Beyond  
Ratings

Coordination technique - ADEME : FOURDRIN Edouard, Ingénieur  
Direction/Service : Service Climat

## SOMMAIRE

<b>Résumé</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Le calcul de l’empreinte carbone des ménages français</b> .....	<b>7</b>
L’empreinte carbone totale de la France .....	8
Décomposition par produits et correspondances statistiques .....	11
Empreinte par produit .....	13
L’empreinte carbone des ménages français .....	14
La base de micro-données Budget des Familles .....	14
<b>2. Estimation des élasticités-prix et des élasticités revenus de la demande</b> .....	<b>20</b>
Présentation des données .....	21
Description de la méthodologie .....	22
Présentation des résultats .....	23
<b>3. Modèle et résultats de simulation de fiscalité carbone aux frontières</b> .....	<b>25</b>
Le modèle de simulation d’une fiscalité carbone aux frontières .....	25
Simulation 1 : Une taxe carbone aux frontières sur les produits de l’industrie lourde .....	26
Simulation 2 : Effets redistributifs de la fiscalité carbone .....	28
<b>4. Conclusion</b> .....	<b>38</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>40</b>
<b>Index des tableaux et figures</b> .....	<b>42</b>
<b>Annexe 1 : décomposition de l’empreinte carbone par type de gaz à effet de serre</b> .....	<b>44</b>
<b>Annexe 2 : Intensités carbone par produit</b> .....	<b>51</b>
<b>Annexe 3 : Comptabilité carbone, un état des lieux</b> .....	<b>61</b>
Les émissions importées : L’angle mort de la lutte contre le réchauffement climatique .....	61
Contexte historique du développement d’une comptabilité carbone .....	61
Division internationale du travail : Fragmentation de la chaîne de production mondiale .....	63
Comptabiliser les émissions importées : L’apport des modèles multirégionales entrées-sorties .....	66
Les modèles MRIO : un état des lieux .....	66
Incertitudes autour de la comptabilisation des émissions importées .....	68
<b>Annexe 4 : Calcul des intensités carbone avec EXIOBASE 3</b> .....	<b>71</b>
Introduction .....	71
Methodology .....	71
Case study : Motor vehicles .....	80
Conclusions .....	82
Appendix I .....	83
Appendix II .....	86
<b>Sigles et acronymes</b> .....	<b>88</b>



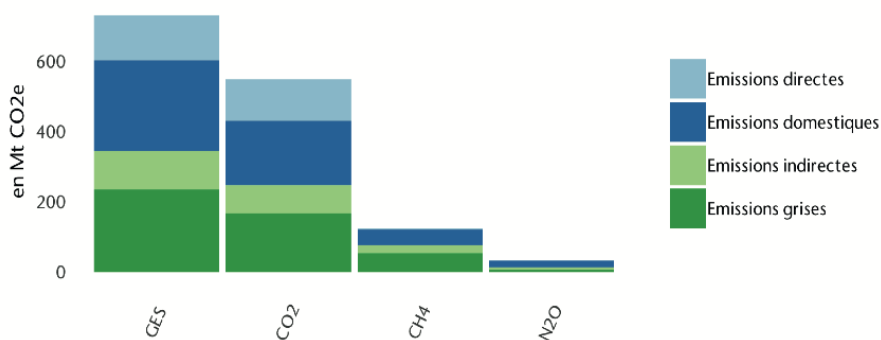
## Résumé

La mesure des émissions carbone est devenue un enjeu essentiel du XXI<sup>e</sup> siècle, dans un contexte où l'humanité doit réduire drastiquement ses émissions de gaz à effet de serre si elle souhaite pouvoir limiter la hausse des températures à un niveau de 2°C. L'essor des échanges commerciaux et la globalisation de la chaîne de valeur rendent par ailleurs de plus en plus difficile la traçabilité des impacts climatiques et environnementaux des biens et des produits que nous consommons en France. Le concept d'empreinte carbone s'inscrit dans une démarche complémentaire à celle des inventaires nationaux de gaz à effet de serre généralement utilisés dans le cadre des négociations internationales autour des enjeux climatiques, en proposant d'imputer l'ensemble des émissions induites par un processus de production d'un bien ou d'un service, à son consommateur final.

### L'empreinte carbone nationale

Celle-ci s'élevait en 2011 à 732 Mt de CO<sub>2</sub>e et se décompose de la façon suivante : 17,5 % sont des émissions directes, 35,3 % sont des émissions domestiques (issues d'activités de production sur le territoire national) et 47,2 % des émissions importées. En décomposant par type de gaz à effet de serre (GES), nous trouvons que le CO<sub>2</sub> est le principal et représente 75 % du total des GES, suivi du CH<sub>4</sub> (17,1 %) et du N<sub>2</sub>O (4,5 %). Les 3, 4 % restants sont la conséquence de gaz fluorés comme les hydrofluocarbures (HFC), perfluorocarbure (PFC) ainsi que l'hexafluorure de soufre ou gaz (SF<sub>6</sub>)

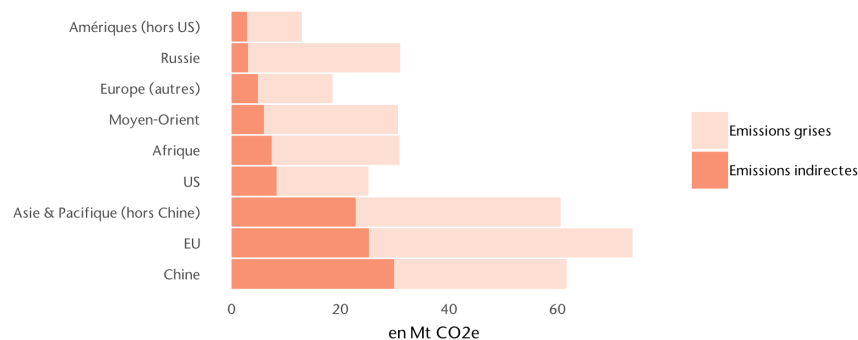
Empreinte carbone de la France décomposée par type de GES



Source : EXIOBASE 3, calcul des auteurs

Nous distinguons deux types d'émissions importées. Celles dites émissions indirectes qui résultent de la production d'un bien final, consommé en France. Et les émissions grises, qui sont induites par la production d'un bien intermédiaire qui intervient dans la production d'un bien final produit en France.

Montant des émissions de GES par origine géographique



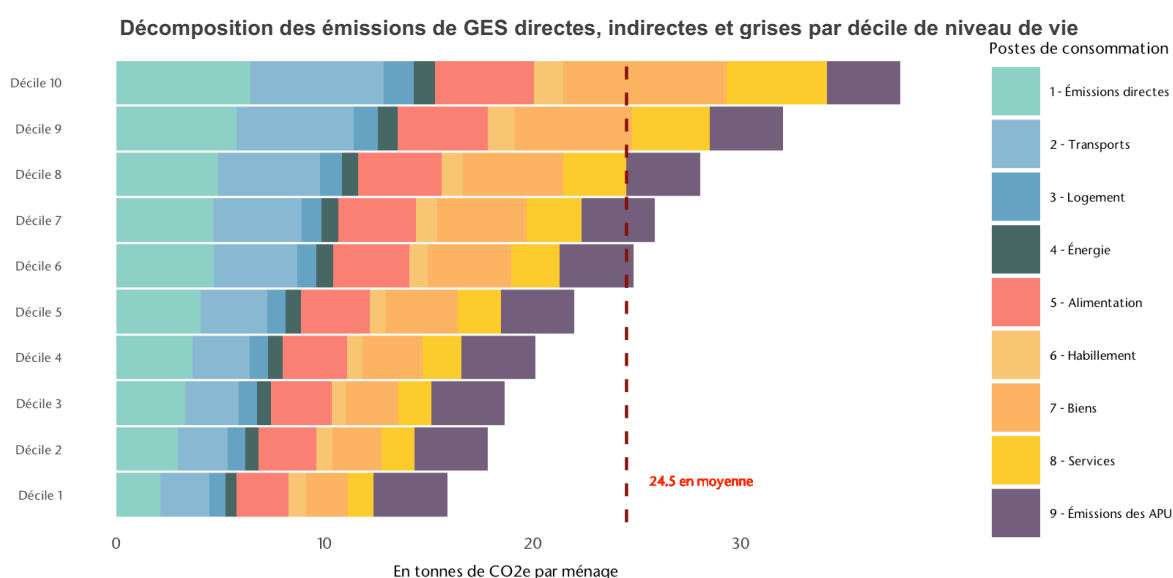
Source : EXIOBASE 3, calcul des auteurs



21,36% des émissions importées proviennent des autres pays de l'Union Européenne (UE), 17,9% de Chine, 17,8% des autres pays d'Asie & du Pacifique, 9% de Russie, 8,9% des pays du Moyen-Orient, 7,9% d'Afrique et 7,3% des États-Unis. Enfin les autres pays européens non-membres de l'UE représentent 5,4% de ces émissions importées, et 3,8% proviennent des autres pays d'Amérique, hors États-Unis.

## L'empreinte carbone des ménages français

L'utilisation de micro-données relatives à la consommation des ménages issues de l'enquête 2011 du Budget des Familles conduites par l'INSEE nous permet d'imputer de manière différenciée l'empreinte carbone moyenne des français en fonction des différences de niveau et de structure de consommation par ménage. Nous fondons notre analyse sur une décomposition par décile de niveau de vie des ménages. Nous observons en moyenne un rapport de 2,11 entre les empreintes carbonées du 9<sup>ème</sup> décile et du premier, presque moitié moindre que celui entre les niveaux de revenu de niveau de vie. Nous trouvons une empreinte carbone moyenne par ménage de 24,5 tonnes de CO<sub>2</sub>e (dont 18 tonnes environ induites par la combustion de CO<sub>2</sub>).



Source : EXIOBASE 3, INSEE BdF 2011, SDES-CGDD, calcul des auteurs

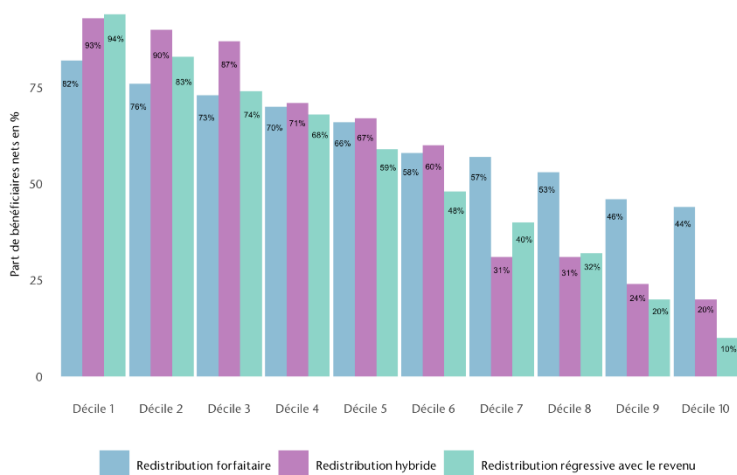
## L'incidence d'une taxe carbone aux frontières

. Dans une perspective opérationnelle et en lien avec la politique actuelle de tarification du carbone au sein de l'UE, nous considérons une fiscalité carbone aux frontières sur les émissions indirectes seulement et pour les secteurs soumis au marché européen de quotas d'émissions (*EU Emission Trade Scheme*) au prix de 25 EUR la tonne de CO<sub>2</sub>. Nous trouvons ainsi, et sous l'hypothèse que seule la France est concernée, un montant total de recettes fiscales s'élevant à 857 millions d'euros, et qui provient quasi-intégralement des secteurs de la métallurgie (pour 75%) et de la cokéfaction et du raffinage (pour 21 %). Dans une dimension plus exploratoire, nous avons comparé les impacts redistributifs d'une taxe carbone identique en termes de tarification (44,6 EUR la tonne de CO<sub>2</sub>) et de couverture (émissions directes liées aux combustibles fossiles) avec une taxe carbone aux frontières valorisée à 25 EUR la tonne de CO<sub>2</sub> sur l'ensemble des émissions importées.

En premier lieu, la tarification carbone aux frontières est relativement moins régressive que celle sur les émissions directes, Le niveau de consommation de l'ensemble des biens et services étant plus corrélé avec le niveau de revenu que les consommations de produits énergétiques. De plus, en prenant en compte les comportements en termes de modification de consommation par la variation des prix est plus forte pour la tarification carbone aux frontières que celle sur les produits énergétiques, les valeurs d'élasticité étant en moyenne plus élevées que celle des produits énergétiques seuls. Cela induit donc qu'elle est plus efficace pour réduire les émissions de GES liées à la consommation des ménages, quand bien même celles-ci ne rentreraient pas dans le bilan des émissions nationales.

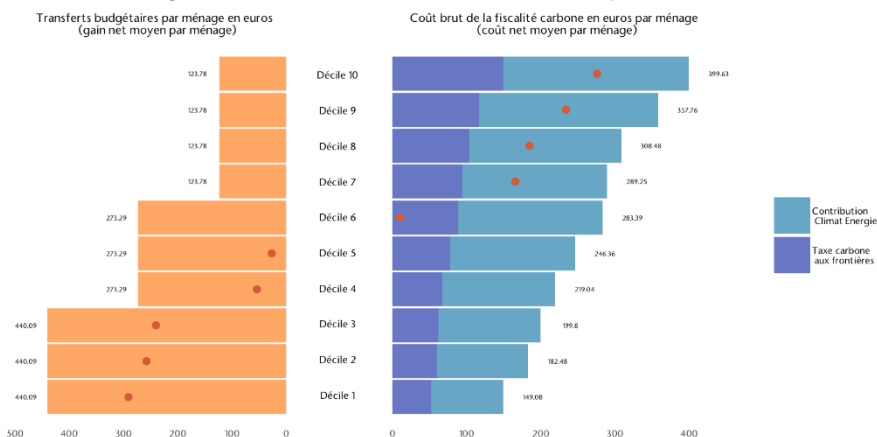
Il est enfin possible d'associer à une fiscalité carbone étendue (i.e. comprenant la fiscalité carbone sur les produits énergétiques, ainsi que les biens importés) des mécanismes de redistribution qui allie justice fiscale et équilibre budgétaire du dispositif. En prenant comme cas extrêmes, une redistribution forfaitaire (tous les ménages bénéficient d'un virement monétaire du même montant) et d'une redistribution régressive avec le revenu (le montant redistribué est fonction inverse du niveau du revenu du ménage), et en proposant un mécanisme combinant ces deux formes. Nous pouvons assurer un gain moyen pour la moitié des ménages des plus pauvres et qu'au moins 90% de ceux appartenant aux trois premiers déciles de niveau de vie (soit les 30% les plus pauvres) soient compensés.

### Part des bénéficiaires nets dans chaque décile de niveau de vie



Source : INSEE BdF 2011, SDES-CGDD, calculs des auteurs

### Transferts budgétaires et montants de la fiscalité carbone par décile de niveau de vie



Source : INSEE BdF 2011, SDES-CGDD, calculs des auteurs

Note : le point rouge indique le gain net (partie de gauche) ou le coût net (partie de droite) de la fiscalité carbone après redistribution des recettes

En conclusion, il apparaît que la fiscalité carbone aux frontières, quand associée à des mécanismes de redistribution ciblés et en complément d'une fiscalité carbone sur les produits énergétiques, est relativement moins régressive que cette dernière pour une partie significative des ménages, notamment parmi les plus exposés. A ce titre, elle permettrait d'augmenter la couverture des émissions de GES par un mécanisme fiscal et en ayant de surcroît un signal-prix plus effectif sur la structure de consommation des ménages que celle sur les produits énergétiques, ces derniers ayant une sensibilité au prix moins forte.

La mesure des émissions carbone est devenue un enjeu essentiel du XXI<sup>e</sup> siècle, face à ce qui est sans doute un des défis les plus importants que l'humanité ait connue jusqu'à ce jour ; réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre afin de limiter la hausse des températures à +2° C d'ici la fin du siècle. Or, à l'ère de l'anthropocène, où les échanges économiques s'effectuent dans un cadre mondialisé, il n'est pas toujours aisé de savoir comment et où ont été produits les biens et services de consommation dont nous disposons. Le concept d'empreinte carbone permet d'y répondre.

## 1. Le calcul de l'empreinte carbone des ménages français

La comptabilité carbone s'est fortement développée ces dernières décennies, notamment dans le sillon du protocole de Kyoto signé en 1997 et avec pour les pays concernés (dits de l'Annexe A) l'obligation de fournir un inventaire national des émissions carbonées dans un cadre réglementaire harmonisé<sup>1</sup>. Cette approche, communément appelée *Producer-based accounting* (PBA) prend comme référence le lieu d'émission des GES et qui sert de métrique à la mesure de l'évolution des émissions dans le temps. L'autre approche existante, que l'on dénomme *Consumer-based accounting* (CBA) quant à elle, va imputer l'ensemble des émissions de GES liées à la production et au transport d'un bien ou d'un service à son consommateur final.

Si cette opposition entre ces approches peut soulever des questionnements d'ordre éthique, notamment relatifs à la définition de la responsabilité de ces émissions, elle pose également un défi comptable dans le sens où la mesure de l'ensemble de ces émissions est beaucoup plus complexe que celle adoptée par l'approche producteur où la mesure s'effectue à la source d'émission (voir Encadré 1).

Une des méthodologies qui s'est le plus développée ces dernières années est celle proposée par la construction de base de données de type entrées-sorties à l'échelle globale, communément appelées *Multi-Regional Input-Output* (MRIO) auxquelles sont associées des comptes environnementaux. Ces comptes environnementaux vont déterminer le volume d'émission de gaz à effet de serre relié à la production de chaque bien. Le ratio entre ces deux valeurs s'interprète comme un facteur d'intensité d'émission et s'exprime en grammes de CO<sub>2</sub>e par euro de production. (Voir l'annexe 3 pour un exposé plus détaillé sur les différentes bases existantes). Ces bases intègrent dans un cadre harmonisé, l'ensemble des opérations en branche d'activité et en produit pour l'ensemble des pays du monde, soit distingués explicitement ou agrégés à des régions plus larges. Elles diffèrent notamment par le choix de segmentation sectoriel retenu, du nombre de pays représentés et de l'année de référence et des comptes environnementaux annexes qui y sont associés, et qui permettent d'identifier les flux de matières et d'émission au sein de l'économie mondiale.

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes appuyés sur la base EXIOBASE (Tukker et al., 2013a) développée par un consortium d'instituts de recherche européens et qui à ce jour, est la plus complète concernant l'identification des gaz à effet de serre associés<sup>2</sup>. Cette base distingue pour 50 pays/régions du monde, 200 produits différents au sein d'une nomenclature d'activités spécifiquement adaptées aux questions énergétiques et climatiques<sup>3</sup>.

### Encadré 1 : Définition des concepts d'émission utilisés

Un des inconvénients de la comptabilisation de l'empreinte carbone par l'approche CBA via les modèles MRIO est qu'elle n'inclut pas les émissions directes, c'est-à-dire celles issues de la combustion de produits fossiles par le consommateur final que ce soit pour des service de chauffage, ou de mobilité. Cette source compte pour 132 Mt de CO<sub>2</sub>e et est aujourd'hui une des sources majeures de GES en France. Nous avons procédé à une estimation séparée des émissions directes en déterminant un facteur d'intensité moyen calculé en

<sup>1</sup> Kyoto Protocol reference manual

<sup>2</sup> Sont ainsi distingués les 6 principaux gaz à effet de serre, à savoir le CO<sub>2</sub>, le CH<sub>4</sub>, le N<sub>2</sub>O, le SF<sub>6</sub>, les HFC et PFC

<sup>3</sup> Afin de faciliter la lecture, les produits sont présentés de manière agrégée, tout comme la décomposition des régions du monde qui se concentrent sur les 8 plus grandes sources d'émissions.

prenant le montant d'émission directes total et la consommation finale des ménages en carburant (pour le transport) et en combustibles liquides (pour le chauffage). Nous les avons ensuite imputés aux ménages en fonction de leurs dépenses en carburants et de combustibles liquides pour le chauffage. Par ailleurs, ces émissions liées à la consommation finale des ménages peuvent également être décomposées en deux métriques dont le volume dépend du périmètre considéré. Nous proposons de distinguer les *émissions indirectes*, celles issues de la fabrication du produit final consommé en France, des *émissions grises*, qui sont celles issues des activités en amont de la chaîne de valeur du produit final importé. Enfin, et ceci afin de prendre un périmètre le plus large de l'empreinte carbone des ménages, nous incluons également celle issue de la consommation finale des administrations publiques, productrices de services et de biens à leurs destinations, et qui compte pour un total de 34 Mt de CO<sub>2</sub>e.

## L'empreinte carbone totale de la France

L'empreinte carbone telle que définie dans ce rapport, est l'ensemble des émissions induites par la consommation d'un ménage pendant une année, et qui peut se décomposer en trois principales composantes. **Les émissions indirectes (EI)**<sup>4</sup> qui sont directement associées au processus de production du bien ou service qui est consommé par un ménage français. **Les émissions grises (EG)**, qui sont les émissions induites par l'ensemble des activités en amont de la chaîne de valeur de la phase de production du bien ou service consommé en France. **Les émissions directes (ED)** sont celles issues de la combustion de produits fossiles et qui fournissent un service énergétique au moment de sa consommation. À ces émissions associées à la consommation directe des ménages, nous y ajoutons celles induites par la consommation finale des Administrations Publiques, **les émissions des Administrations Publiques (EAPU)**, qui produisent des services et des biens non-marchands à destination des consommateurs et qui représentent au final une partie significative de la demande finale. Ces émissions sont considérées dans ce rapport comme équitablement réparties dans la population dans la mesure où il nous est difficile de discriminer les niveaux de consommation de ces biens et services en fonction des caractéristiques des ménages. Au final, **l'empreinte carbone totale (ECT)** s'écrit :

$$ECT = EI + EG + ED + EAPU$$

Afin de les calculer<sup>5</sup> nous définissons tout d'abord trois concepts différenciés d'empreinte carbone des biens importés :

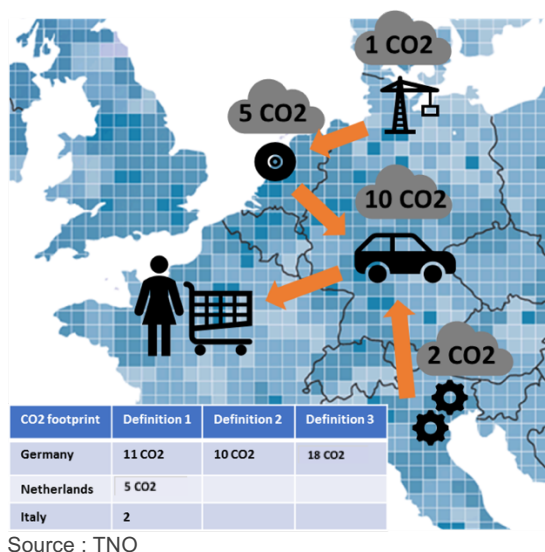
- Définition 1 : Émissions globales (indirectes et grises locales, indirectes et grises importées) par pays de production
- Définition 2 : Émissions indirectes du dernier fournisseur du bien importé
- Définition 3 : Émissions globales (indirectes et grises locales, indirectes et grises importées) du dernier fournisseur du bien importé

---

<sup>4</sup> Celles-ci peuvent être domestiques si le bien ou le service consommé en France y est également produit, dans le cas contraire elles seront importées et nous les dénommerons Émissions indirectes

<sup>5</sup> La méthodologie utilisée pour déterminer les empreintes carbonées par produit et pays et présenté dans l'Annexe 4 : *Carbon Consumption Survey – GHG content of french imports using EXIOBASE V3*

Figure 1: Exemple de l'empreinte carbone d'une voiture importée d'Allemagne



Afin de bien comprendre ces définitions, considérons trois cas simples illustrés par la Figure 1. Un consommateur français importe une voiture d'Allemagne. Pour produire cette voiture, l'entreprise allemande émet directement 10 tonnes de tCO<sub>2</sub> et en importe également des parties ; les roues proviennent de son sous-traitant aux Pays-Bas (avec des émissions associées de l'ordre de 5 tCO<sub>2</sub>) ainsi que d'autres composantes d'Italie (avec 2 tCO<sub>2</sub> associées). Par ailleurs la production des roues au Pays-Bas nécessite des composants produits en Allemagne avec des émissions associées de l'ordre d'1 tCO<sub>2</sub>.

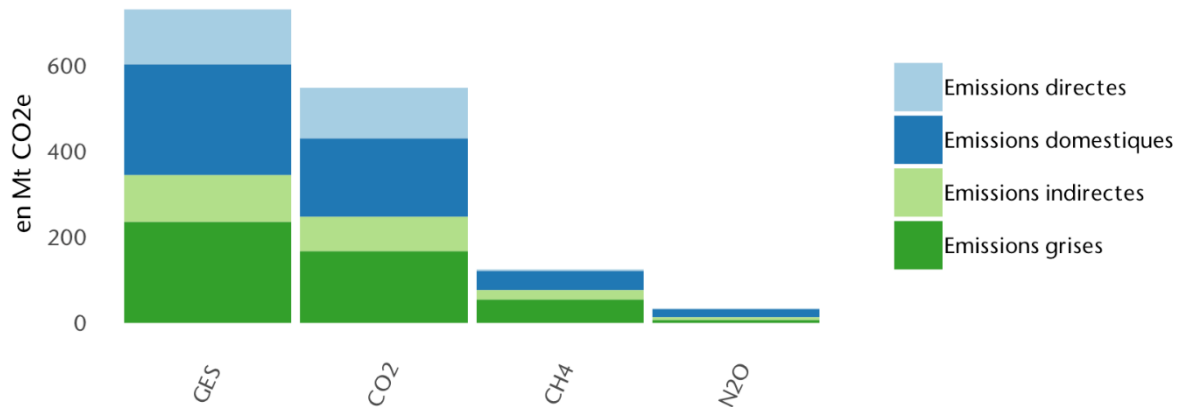
Selon la première définition, les émissions importées sont distinguées ici par le lieu géographique d'émission. En reprenant l'exemple ci-dessus, 11 tCO<sub>2</sub> proviennent d'Allemagne (10 tCO<sub>2</sub> qui proviennent du dernier pays exportateur, et 1 tCO<sub>2</sub> qui est incorporé dans le produit final), 5 tCO<sub>2</sub> émises aux Pays-Bas et 2 tCO<sub>2</sub> en Italie. Selon la seconde définition, nous ne prenons que les émissions directes locales du dernier pays exportateur (ici l'Allemagne) qui sont de 10 tCO<sub>2</sub>. Enfin selon la dernière définition, l'ensemble des émissions est imputé à l'Allemagne dans le produit voiture et compte pour 18 tCO<sub>2</sub>.

Les émissions indirectes des importations correspondent donc à la définition 2, et les émissions grises, que l'on comptabilise par pays, à la différence entre la définition 1 et la définition 2, ou par produit à la différence entre la définition 3 et la définition 2.

Les émissions indirectes sont donc pour la comptabilisation par produit d'une voiture de 10 tCO<sub>2</sub> et les émissions grises de 8 tCO<sub>2</sub>. En distinguant par zone géographique de production, on aurait 10 tCO<sub>2</sub> d'émission indirectes d'Allemagne, et en termes d'émission grises, de 1 tCO<sub>2</sub> d'Allemagne, 5 tCO<sub>2</sub> des Pays-Bas, et 2 tCO<sub>2</sub> d'Italie

Les valeurs agrégées données pour les émissions indirectes sont issues intégralement des calculs effectués à partir de la base EXIOBASE 3 (voir Annexe 4). Un travail de traitement a été fait pour standardiser les résultats sur les nomenclatures d'activité CPA et également de permettre une lecture plus aisée en termes de segmentation sectorielle et d'activités.

Figure 2 : Empreinte carbone de la France décomposée par type de GES

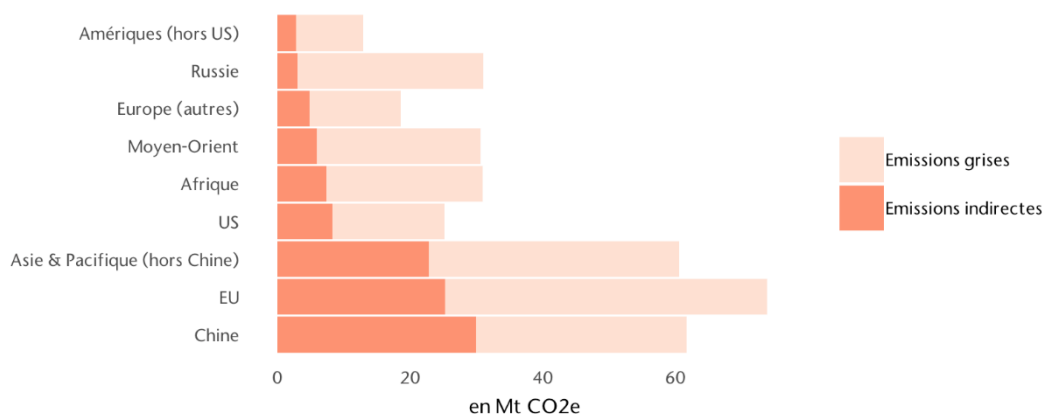


Source : EXIOBASE 3, calcul des auteurs

Les valeurs émissions directes ont été repris directement des comptes d'émission NAMEA<sup>6</sup>. L'empreinte carbone totale de la France s'élève à 732 Mt de CO<sub>2</sub>e, 17,5 % sont des émissions directes, 35,3 % sont des émissions domestiques (issues d'activités de production sur le territoire national) et 47,2 % des émissions importées. Le CO<sub>2</sub> est le principal gaz à effet de serre et représente 75 % du total des GES, suivi du CH<sub>4</sub> (17,1 %) et du N<sub>2</sub>O (4,5 %).

Ces résultats sont comparables à ceux du CGDD (CGDD, 2015) qui trouve une empreinte carbone totale de 690 Mt<sup>7</sup> mais avec toutefois une part importée de 55 % soit une différence de 7,8 points de pourcentage (p.p). La première région d'où proviennent les émissions importées est l'Union Européenne avec 73,7 Mt de CO<sub>2</sub>e soit 21,36 % de leur total. La Chine est quant à elle le premier pays d'où proviennent les émissions importées avec 61,6 Mt de CO<sub>2</sub>e soit 17,9 % de l'ensemble des émissions importées, ce qui est quasiment équivalent à l'ensemble des autres pays d'Asie & du Pacifique desquels représentent 60,5 Mt de CO<sub>2</sub>e d'émission importées. Ensuite ce sont la Russie avec 31 Mt de CO<sub>2</sub>e (9 % du total), les pays du Moyen-Orient avec 30,6 Mt (8,9 %), ceux d'Afrique avec 26,9 Mt (7,9 %) et les États-Unis (7,3 %) qui représentent les principales régions d'où proviennent les émissions induites par nos importations. Enfin les autres pays européens non-membres de l'UE comptent pour 5,4 %, et ceux d'Amérique (hors US) pour 3,8 %

Figure 3: Montant des émissions de GES par origine géographique



Source : EXIOBASE 3, calcul des auteurs

<sup>6</sup> <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/emissions-de-polluants-atmospheriques-et-de-gaz-effet-de-serre-namea-air>

<sup>7</sup> Hors HFC, PFC et SF<sub>6</sub>, nous trouvons une empreinte carbone totale de 704 Mt de CO<sub>2</sub>e.





## Décomposition par produits et correspondances statistiques

Les données initiales issues d'EXIOBASE (Tukker et al., 2013a) sont construites autour d'une décomposition sectorielle unique et propre à la base. Cette décomposition s'appuie en premier lieu sur les *Supply-Use Tables*<sup>8</sup> (SUT) fournies par les instituts statistiques nationaux. Pour les secteurs ayant une forte empreinte écologique (agriculture, énergie, industries extractives), on procède à une décomposition supplémentaire en croisant avec d'autres sources statistiques produits par d'autres instituts tels que l'International Energy Association (IEA), la Food and Agriculture Organization (FAO) ou le Sustainable Europe Research Institute (SERI), ce qui porte le nombre de biens et services distingués dans la base à 200 produits. Cette décomposition en 200 produits peut-elle même être reformatée dans une autre nomenclature à l'aide de tables de correspondances qui permet de mettre en relation des définitions différenciées de périmètre de produit entre deux nomenclatures. La base EXIOBASE étant issue de la nomenclature CPA, il est possible d'identifier des clés de passage entre ces deux nomenclatures de produits (voir Encadré 2).

### Encadré 2 : Les nomenclatures statistiques

Les choix de nomenclatures dépendent de nombreux paramètres. Que ce soit la capacité statistique à structurer l'hétérogénéité des informations économiques, le choix de convention ou encore l'objet étudié. Un processus d'harmonisation statistique mené à plusieurs échelles, notamment par les Nations Unies vise à faire adopter des normes internationales en termes de construction de nomenclature et ceci afin de faciliter les comparaisons entre pays. La nomenclature CPC (*Central Product Classification*) initialement produite en 1991 en est depuis 2015 à la version 2.1. Son pendant européen est la nomenclature CPA (*Classification of Products by Activity*) qui, bien que cohérente statistiquement avec la première, dispose d'un degré de détail supérieur ainsi qu'une structure identique à celle des nomenclatures d'activités NACE (Nomenclature des Activités économiques dans la Communauté Européenne). Concernant la représentation de la consommation des ménages, une nomenclature dédiée est généralement utilisée. Celle-ci est dénommée COICOP (*Classification of Individual Consumption by Purpose*) permet de décomposer la consommation par unité de besoin. Depuis 2016, elle est harmonisée au niveau européen jusqu'au 4<sup>ème</sup> niveau (161 postes de sous-classes).

Ces nomenclatures sont évolutives, à la fois mues par un processus d'harmonisation international, mais également en fonction des tendances de consommation. Par exemple entre les deux dernières versions de la COICOP (1999 et 2016), des fonctions de consommations propres à l'utilisation de nouvelles technologies informatiques et de communications ont conduit les instituts statistiques à revoir leur classification de fonctions de consommation.

Le passage entre une nomenclature CPA à une nomenclature COICOP n'est pas renseigné par les services statistiques et seules des correspondances indicatives (en donnant les équivalences de classification des produits d'une nomenclature à une autre) sont données<sup>9</sup>. Nous avons donc dû formuler des hypothèses pour établir une correspondance fonctionnelle, c'est-à-dire qui prend en considération les poids avec lesquels sont pondérés les coefficients de correspondance d'une nomenclature à une autre (par exemple, nous savons qu'un produit de la nomenclature A est équivalent à 3 produits dans la nomenclature B, mais sans connaître les pondérations avec lesquels il est ventilé entre ces trois produits). A partir des données Eurostat sur la consommation des ménages par fonction

<sup>8</sup> Les tables SUT sont décomposées en produits/activités selon la nomenclature CPA

<sup>9</sup> Les correspondances sont données par Eurostat à la page suivante :

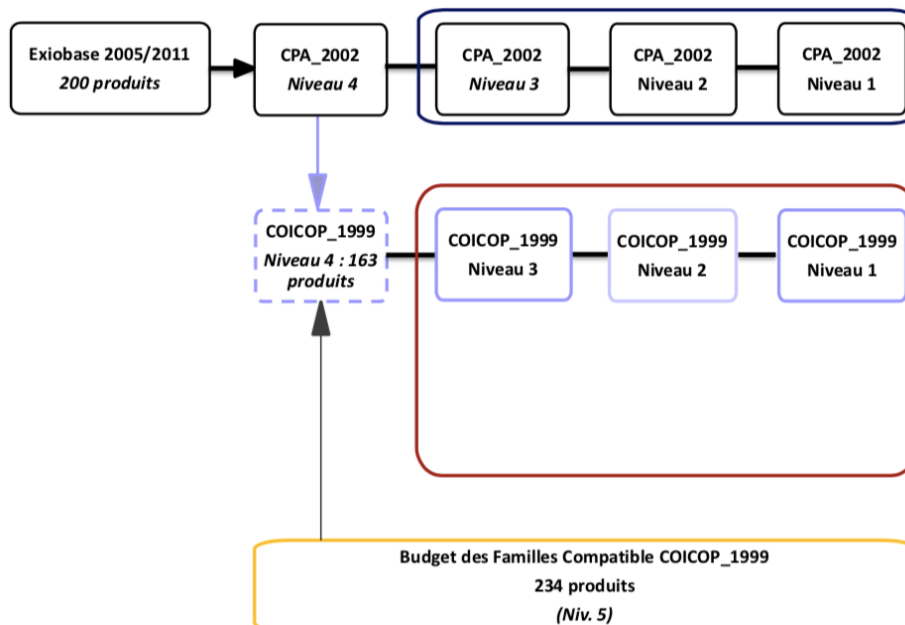
[https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/rerelations/index.cfm?TargetUrl=LST\\_REL&StrLanguageCode=EN&IntCurrentPage=4](https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/rerelations/index.cfm?TargetUrl=LST_REL&StrLanguageCode=EN&IntCurrentPage=4)





de produits (au niveau 4 de la nomenclature COICOP 4 soit 163 produits) nous pouvons calibrer des pondérations sur la base des correspondances notionnelles<sup>10</sup>. Toutefois cette hypothèse est assez forte, dans la mesure où elle suppose une stricte proportionnalité entre la part de valeur ajoutée et celle des émissions associées (que nous ne connaissons pas). Cependant, il est impossible d'identifier ce problème de traitement de façon à reproduire les correspondances réelles sans une documentation statistique adaptée et mise à jour. Néanmoins le choix d'effectuer cette correspondance à un niveau avancé de décomposition des produits permet d'en limiter les biais. En effet par agrégation à des niveaux supérieurs, l'incertitude est réduite tout en gardant l'information statistique la plus précise possible pour établir cette relation. La Figure 4 donne une représentation synthétique du passage entre les différentes nomenclatures.

Figure 4: Nomenclature de produits et correspondances utilisées



Source : auteurs

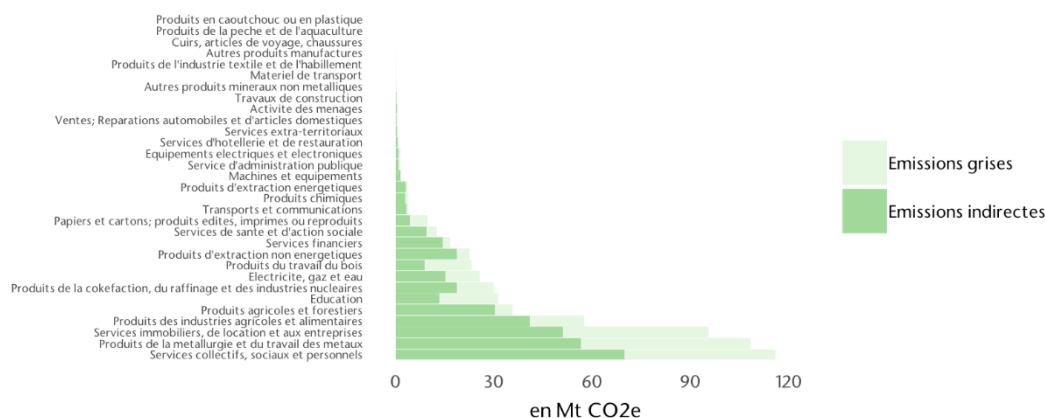
<sup>10</sup> Les tables de correspondance utilisées sont disponibles sur le site web associé au rapport

## Empreinte par produit

Outre la décomposition sectorielle qui peut être différenciée, les émissions grises associée aux produits et services sont calculées de manière différente que celles associées à une segmentation par pays. Nous gardons la même métrique pour identifier les émissions indirectes totales que celui utilisé pour le calcul des empreintes par pays, mais le carbone gris sera ici la différence entre les émissions indirectes, et l'ensemble des émissions en amont, imputées au produit final.

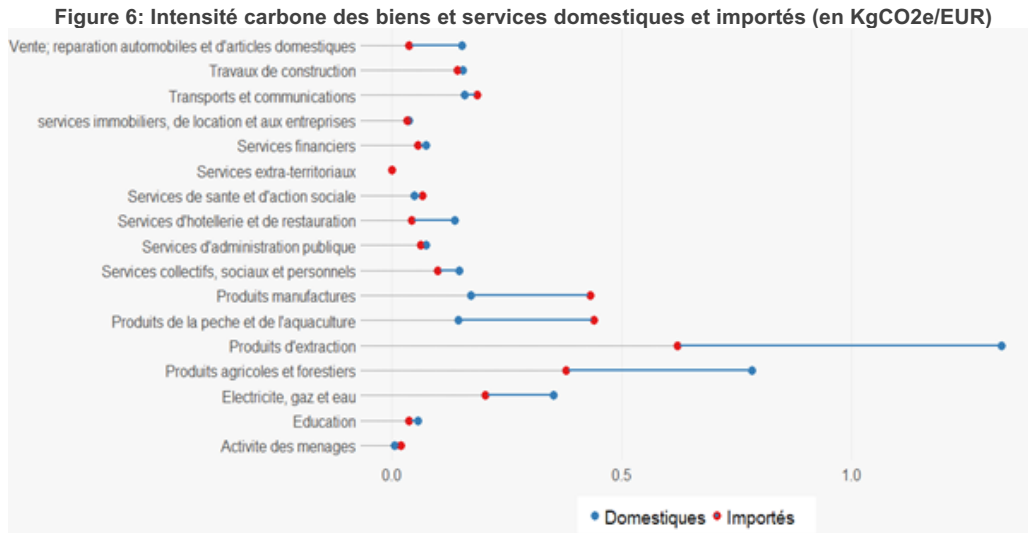
De manière assez surprenante, on observe qu'une partie des services sont ceux qui ont l'empreinte carbone la plus élevée avec les produits de la métallurgie. Cela s'explique selon nous pour deux raisons : en premier lieu, la part élevée dans la valeur ajoutée globale, en second lieu et d'une manière générale, l'empreinte carbone liée à la production des biens finaux est largement supérieure à celle des émissions grises en amont, i.e. celles liées à la production des produits par les autres branches

Figure 5: Empreinte carbone par produit (en nomenclature CPA 2)



Source : EXIOBASE 3, calcul des auteurs

Toutefois, en regardant l'intensité carbone moyenne de l'ensemble des produits importés (Figure 6), la prévalence des produits d'extraction, industriels et agricoles parmi ceux qui ont l'intensité la plus forte est conforme à l'intuition, et les services s'avèrent relativement moins émetteurs. On observe également une différence notable entre l'intensité carbone pour des mêmes produits qu'ils soient produits en France ou dans le reste du monde. Cette différence peut être imputée à des niveaux de technologies différentes et donc à une efficacité énergétique plus grande, mais également à la nature même de l'activité industrielle exercée qui bien que dans le cadre de la production d'un même produit, peut être différenciée sur la chaîne de valeur. Par exemple les émissions associées à l'extraction de produits fossiles est beaucoup plus émetteur que leur raffinage or les émissions de ces deux processus industriels sont l'une et l'autre imputées au même bien final qui est ici du carburant.



## L’empreinte carbone des ménages français

A partir de la base EXIOBASE et des empreintes carbone  $FP_{c,r}$  calculées pour les différentes définitions données dans la partie précédente nous pouvons déterminer l’intensité carbone  $IC$  de chaque produit  $c$  induite par la demande finale des ménages et du gouvernement<sup>11</sup>, en fonction de son origine géographique  $r$ . Formellement, cela s’écrit :

$$IC_c = \sum_r \frac{FP_{c,r}}{Y_{c,r}} \cdot \frac{Y_{c,r}}{Y_c} \cdot \frac{Y_c}{(HD_c + GD_c)}$$

L’intensité carbone du produit  $c$  est égale à la somme des intensités carbone du produit  $c$  pour chaque zone  $r$ ,  $\left(\frac{FP_{c,r}}{Y_{c,r}}\right)$ , pondérée par la part de la zone  $r$ ,  $\frac{Y_{c,r}}{(HD_c + GD_c)}$  dans la demande des ménages et du gouvernement respectivement exprimée par  $HD_c$  et  $GD_c$

Ce facteur d’intensité moyen pour le produit  $c$  est donc à la fois fonction de l’intensité carbone pour chaque zone géographique et de sa part dans la demande finale française. Une modification des technologies de production  $\frac{FP_{c,r}}{Y_{c,r}}$  ou de la structure du commerce international  $\frac{Y_{c,r}}{Y_c}$  peuvent donc influencer sa valeur. Dans le cadre de cette étude, nous prenons ce facteur  $\frac{Y_{c,r}}{Y_c}$  comme constant et la modification de l’empreinte carbone des ménages français ne peut être fonction que de leur structure de consommation.

## La base de micro-données Budget des Familles

Pour différencier l’empreinte carbone entre les ménages, nous utilisons la base Budget des Familles 2011<sup>12</sup>. Cette enquête, réalisée sur un rythme quinquennal par l’Institut National Statistique et des

<sup>11</sup> La demande finale se décompose en plusieurs éléments ; la demande des ménages pour consommation finale (41.69 %), la demande des administrations publiques pour consommation finale (22,94 %), la demande des institutions sans but lucratif au service des ménages (11.65 %), la formation brute de capital fixe (22.09 %) et la variation des stocks (1.63 %)

<sup>12</sup> La dernière version de l’enquête Budget des Familles publiée en Septembre 2018 a été effectuée entre Septembre 2016 et Septembre 2017. Pour autant, les dépenses des ménages sont restées similaires en euros constants entre 2011 et 2017 et se situent en moyenne à 34 000 EUR par ménage et par an. Compte tenu du fait également que les estimations d’intensité carbone

Études Économiques (INSEE), fournit un large éventail de données sur la structure, le mode de vie et la consommation des ménages français. En se fondant sur la table de consommation (CO5), nous pouvons reproduire une nomenclature commune au périmètre des intensités carbonées calculées à partir d'EXIOBASE, et du niveau de consommation des ménages français.

Tout d'abord, nous procédons à une correction des montants agrégés de consommation de produits renseignés dans la BdF en s'appuyant sur le rapport portant sur la fiscalité indirecte dans le modèle de micro-simulation INES (2016). Les auteurs identifient trois sources de biais entre les valeurs renseignées de dépenses de consommation à partir de l'enquête BdF et ceux de la comptabilité nationale ; Les différences de nomenclature (liées au mode de collecte des données); les différences de concept (liées aux différences de définition des postes de consommation) et les différences de champ (les territoires et les types de ménage concernés) . Afin de corriger les niveaux de dépenses par produit, les auteurs procèdent en deux étapes : une première qui vise à corriger les montants fournis par la Comptabilité Nationale et l'enquête BdF pour avoir des champs conceptuels comparables<sup>13</sup>, la seconde consiste en un calage sur marge afin de redresser les niveaux de consommation données par l'enquête BdF sur celui de la comptabilité nationale (qui est jugé comme étant celui faisant référence). En effet, on observe généralement une différence qui peut s'avérer importante selon les produits<sup>14</sup> du fait d'une méthode de collecte différente. En utilisant les données de l'Insee des Comptes de la Nation<sup>15</sup> nous pouvons corriger les consommations de produits au niveau 2 de la COICOP (37 produits), et ensuite appliquer ces facteurs de corrections aux autres niveaux de la nomenclature COICOP<sup>16</sup>.

D'autre part, et pour éviter les observations aberrantes (e.g. des niveaux de consommation élevés bien supérieur au niveau des revenus) nous excluons de notre échantillon les valeurs extrêmes qui compte tenu de ces situations spécifiques, peuvent conduire à des résultats trompeurs et ne pas être représentatifs de la moyenne de la catégorie auxquels ils appartiennent. Ainsi nous tronquons les 5 % des observations extrêmes de la distribution des revenus par UC (2,5 % pour les plus petits, et 2,5 % des plus grands). L'empreinte carbone totale va être la somme de trois types d'émission. La première déterminée dans le cadre de cette étude est celle issue des émissions induites par la production des biens de consommation finaux. La seconde est celle issue de l'empreinte carbone de la consommation des administrations publiques productrice de services à destination des ménages. La dernière correspond à celle issue de la combustion de produits fossiles directement par le ménage pour satisfaire un service énergétique (typiquement mobilité et chauffage). Pour cette dernière, nous utilisons comme données, celles produites par le service de l'observation et des statistiques (SDES) du Commissariat Général au Développement Durable en nomenclature NAMEA<sup>17</sup>.

Par ailleurs pour le poste achat de véhicule nous avons adopté une approche différente pour estimer leur empreinte carbone dans la mesure où celui-ci est considéré comme un investissement. Alors que les données de l'enquête sont collectées sur une année, la durée de vie totale observée d'un véhicule est considérée comme en moyenne égale à 19 ans<sup>18</sup>. Cela pose un problème de synchronisation entre l'amplitude temporelle sur laquelle les données sont récoltées, et celle de l'achat d'un bien d'équipement comme l'automobile qui est beaucoup plus grande. Il serait en effet discutable que seuls les ménages ayant acheté un véhicule lors de l'année de l'enquête aient une empreinte carbone associée à l'automobile et non pas l'ensemble des détenteurs de véhicules. Pour corriger ce biais dans les données de consommation reportées dans l'enquête nous avons utilisé la table AUTO de l'enquête Budget des Familles qui renseigne sur la structure du parc automobile par ménage. En supposant une durée de vie théorique  $\bar{t}$  de 20 ans des véhicules, une élasticité entre le prix des véhicules et les émissions associées

---

n'existent pas pour des années plus récentes que 2011, il nous apparaît être inopérant d'utiliser ces données d'enquêtes sans une mise à jour conjointe des données d'émissions.

<sup>13</sup> Voir Le tableau 1 du rapport *Comparaison de BDF 2011 et de la comptabilité nationale 2011 (CN) avant et après les corrections de champ, concepts et nomenclature (montants en milliards d'euros)* (p 17)

<sup>14</sup> La consommation agrégée est ainsi sous-estimée de 17% avec des biais pouvant aller jusqu'à 88% (concernant l'éducation) pour certaines dépenses de consommation

<sup>15</sup> <https://www.insee.fr/fr/statistiques/3900160?sommaire=3704685&q=consommation+effective>

<sup>16</sup> Pour les nomenclatures COICOP supérieures au niveau 2, le calage est pour chaque bien proportionnel au bien correspondant du niveau 2 auquel il est associé

<sup>17</sup> <https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/namea>

<sup>18</sup> <https://ccfa.fr/wp-content/uploads/2018/06/fiche-parc-automobile-francais.pdf>



à leur production  $\vartheta^{AUTO}$  (que nous supposons unitaire), ainsi qu'une constante inconnue que nous supposons nulle  $\alpha^{AUTO}$  et en calculant à partir de la valeur d'achat de l'enquête budget des familles qui recensent la possession (au lieu de l'achat), l'empreinte carbone annuelle  $CF_v^{AUTO}$  du véhicule  $v$  estimée s'écrit sous la forme :

$$CF_v^{AUTO} = \frac{P_v^{AUT} \cdot \vartheta^{AUTO} \cdot CI^{AUTO}}{\bar{t}} + \alpha^{AUTO}$$

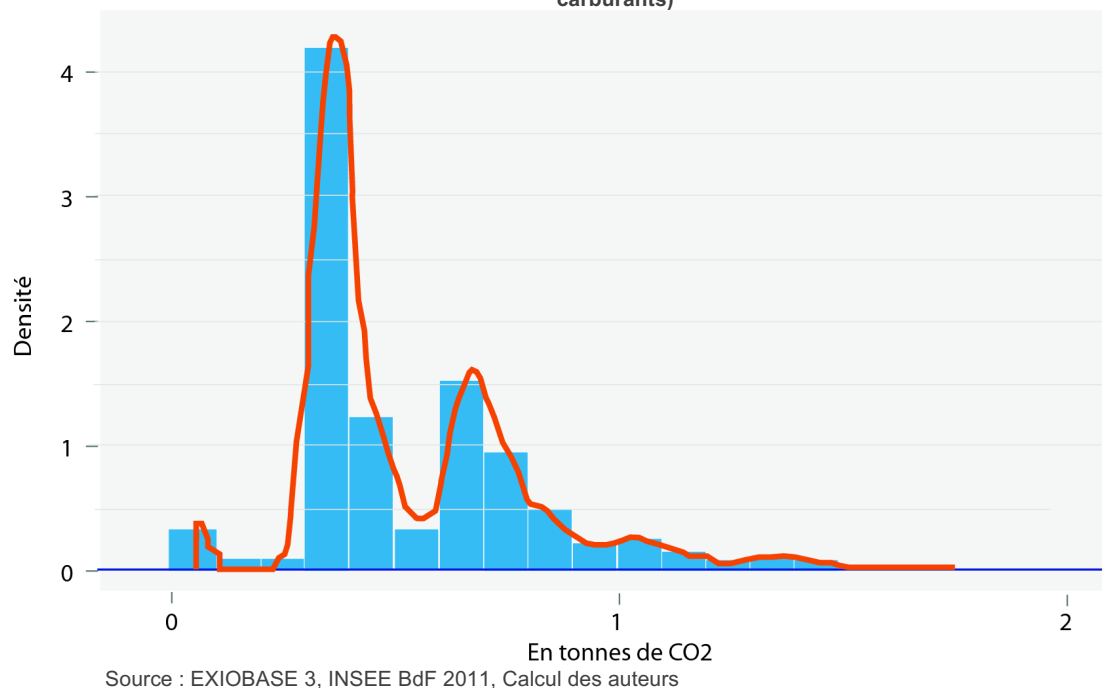
Où  $P_v^{AUT}$  est le prix neuf du véhicule, et  $CF_v^{AUTO}$  l'intensité carbone moyenne donnée par EXIOBASE. Pour les véhicules d'occasion dont la durée de vie restante est inférieure à  $t$ , nous supposons que son prix supposé neuf est décrit par l'équation suivante :

$$P_v^{AUT} = P_v^{OCAS} \cdot (1 + \delta)^t$$

Où  $P_v^{OCAS}$  est le prix d'acquisition du véhicule d'occasion  $v$ ,  $\delta$  est le taux d'actualisation appliqué (que nous supposons à 10%), et  $\bar{t}$  l'âge du véhicule lors de son acquisition.

Nous faisons donc ici l'hypothèse que les émissions associées à la construction des véhicules sont fonction seule du prix de vente. Cette hypothèse peut apparaître réductrice, mais faute de données suffisantes pour affiner ce résultat, et compte tenu des résultats finaux obtenus proches d'estimation faites par des analyses de cycle de vie, il nous semble qu'introduire cette spécification permet de corriger les biais inhérents à la collecte de données dans l'enquête budget des familles. La Figure 7 montre ainsi que la distribution est bimodale. Alors que 81,2 % de la population française dispose d'au moins un véhicule selon l'INSEE, 34,6 % en possèdent au moins deux<sup>19</sup>. On retrouve cette information dans la forme prise par la densité.

Figure 7: fonction de densité des émissions annuelles de CO2 du parc automobile par ménage (hors combustion de carburants)



### La construction des indicateurs

Nous utilisons comme indicateur central dans notre analyse celui du décile de niveau de vie. Le décile de niveau de vie repose sur une segmentation de l'échantillon en catégorie de population égale (ici 10

<sup>19</sup> <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2012694>

%) par ordre croissant du niveau de vie. Le niveau de vie comme indicateur de richesse a l'avantage par rapport au revenu disponible, de le pondérer en fonction des unités de consommation qui composent le ménage. Cela permet de nuancer des indicateurs de niveau de revenu brut par des effets de composition du ménage qui joue un rôle important dans la structure de consommation, et ainsi de relativiser la relation entre le niveau de revenu et cette dernière. L'INSEE utilise une échelle d'équivalence dite OCDE où la première personne du ménage compte pour une unité de consommation (UC), les autres personnes de plus de 14 ans comptent pour 0,5 UC et celles de moins de 14 ans pour 0,3 UC.

Le revenu en niveau de vie par ménage  $h$  s'écrit :

$$\text{Revenu NDV}_h = \frac{\text{Revenu disponible}_h}{\sum_i UC_{h,i}}$$

**Tableau 1: Décomposition de l'empreinte carbone en gaz à effet de serre par décile de niveau de vie**

Decile	Emissions directes (en tCO2e)	Emissions des APU (en tCO2e)	Emissions grises (en tCO2e)	Emissions indirectes (en tCO2e)	Revenu disponible (en k€)	Niveau de vie (en k€)	Total
Decile 1	2.104	3.532	3.431	6.168	7.462	3.942	15.235
Decile 2	2.957	3.532	3.403	7.947	15.915	8.978	17.839
Decile 3	3.317	3.532	3.838	7.969	19.348	11.558	18.656
Decile 4	3.657	3.532	3.756	9.164	22.731	13.706	20.109
Decile 5	4.046	3.532	4.45	9.963	26.522	15.833	21.991
Decile 6	4.673	3.532	5.237	11.388	30.465	18.075	24.83
Decile 7	4.66	3.532	5.718	11.962	34.804	20.869	25.872
Decile 8	4.902	3.532	6.476	13.119	40.338	24.571	28.029
Decile 9	5.777	3.532	7.791	14.924	49.325	30.713	32.024
Decile 10	6.437	3.532	10.596	19.835	82.325	53.44	40.4

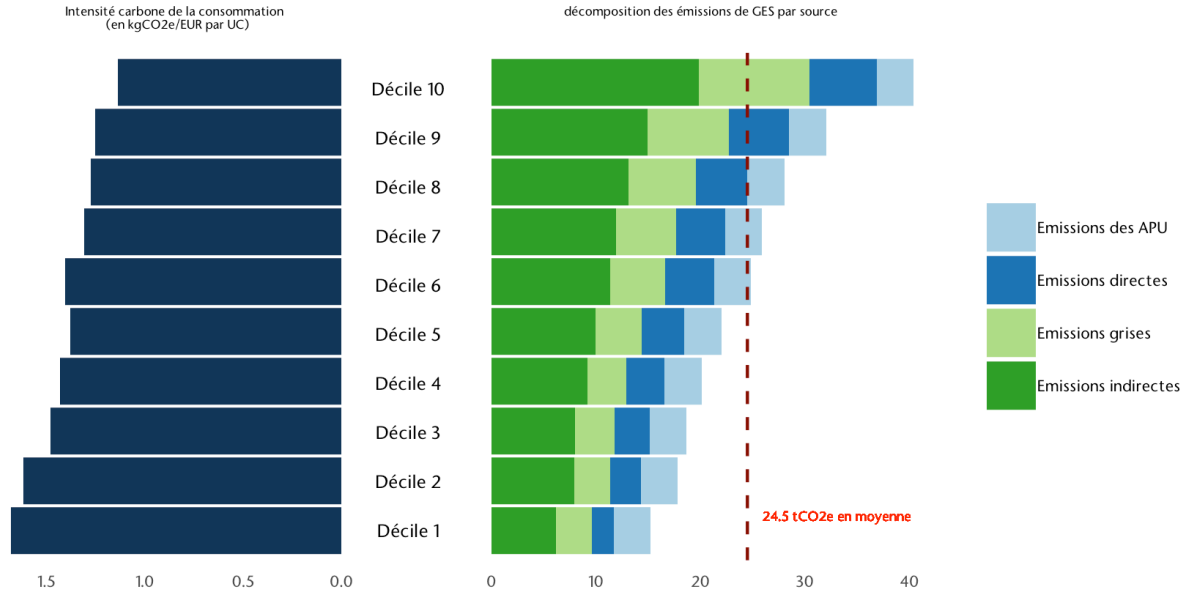
Source : EXIOBASE 3, INSEE BdF 2011, SDES-CGDD, Calcul des auteurs

Le ratio interdécile (d9/d1) d'émission est égal à 2,11 (celui entre les niveaux de vie est de 3,88 en prenant les revenus de seuils d'entrées dans le décile suivants).<sup>20</sup> ce qui se traduirait par une élasticité des émissions de GES par rapport au revenu de l'ordre de 0,54<sup>21</sup>.

<sup>20</sup> L'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE) retient lui un ratio des revenus de l'ordre de 3.4. (Source : Source : <https://data.oecd.org/fr/inequality/inegalite-de-revenu.htm>)

<sup>21</sup> L'élasticité émissions-revenu se calcule comme le ratio des ratios inter décile.

**Figure 8: Décomposition des émissions par source de GES et par décile**



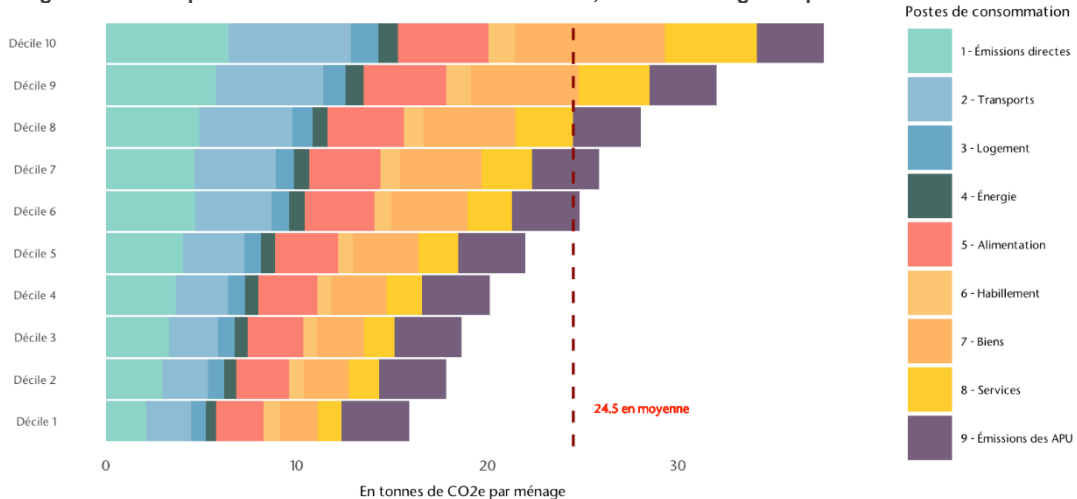
Source : EXIOBASE 3, INSEE Bdf 2011, SDES-CGDD, calcul des auteurs

Note : Le premier décile regroupe les 10 % des ménages les moins riches en termes de revenu par niveau de vie.

On observe par ailleurs que l'intensité carbone moyenne de la consommation par UC (partie gauche du précédent graphique) est légèrement décroissante avec le niveau de vie étant de 1,68 pour le premier décile et de 1,14 pour le dernier (soit une différence de 47 %). Cela peut s'expliquer par la structure de consommation des ménages qui diffère selon les niveaux de revenus. Ainsi, la part des émissions directes évolue peu avec le niveau de revenu contrairement au niveau de consommation de services qui sera, par exemple, plus élevé pour les ménages les plus riches.

Par ailleurs les émissions indirectes de GES se décomposent de la façon suivante entre les principaux postes de consommation. Les émissions associées au transport (directes, indirectes et grises) sont le premier poste, suivi de l'alimentation, du logement (directes, indirectes et grises) des biens de consommation, des services, et ensuite l'énergie (les émissions indirectes associées à leur production) ainsi que l'habillement. Les émissions associées à la consommation finale des APU et imputées à part égales à tous les ménages représentent 3,5 tonnes de CO<sub>2</sub>e, soit près de 14 % de l'empreinte carbone moyenne des ménages français.

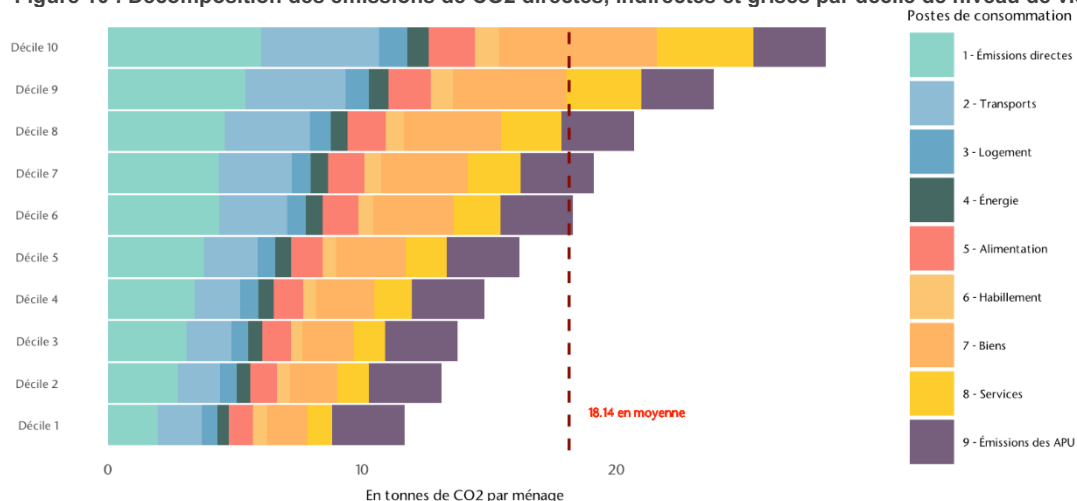
**Figure 9: Décomposition des émissions de GES directes, indirectes et grises par décile de niveau de vie**



Source : EXIOBASE 3, INSEE Bdf 2011, SDES-CGDD, calcul des auteurs



**Figure 10 : Décomposition des émissions de CO2 directes, indirectes et grises par décile de niveau de vie**



Source : EXIOBASE 3, INSEE BdF 2011, SDES-CGDD, calcul des auteurs

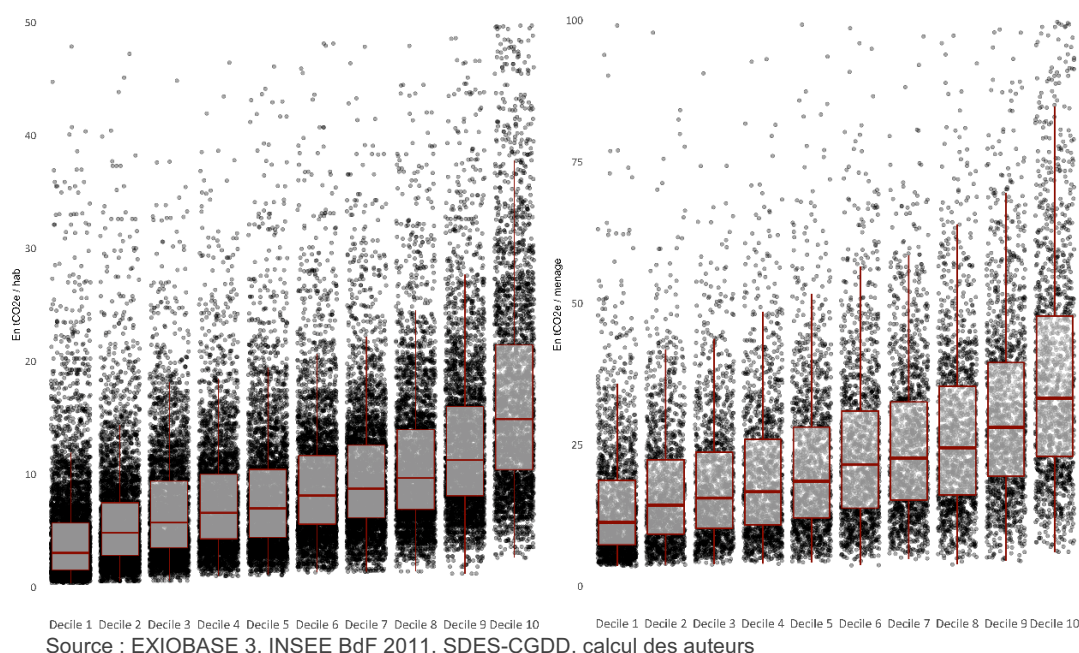
Les estimations d'empreinte carbone que nous donnons sont exprimées par ménage, qui diffère de la métrique *per capita* généralement utilisé. Toutefois, compte tenu de la définition des unités de consommation, elles intègrent de manière plus satisfaisante la structure par ménage. En ce sens, il nous semble être plus pertinent qu'un indicateur *per capita* pour appréhender l'hétérogénéité de profils de consommation. En agrégé, nous retrouvons une empreinte carbone totale de 11,27 t CO<sub>2</sub>e par personne (pour 2011), conforme à l'estimation faite par le CGDD (11,4 t CO<sub>2</sub>e pour 2010)

Les valeurs présentées intègrent l'ensemble des émissions et fournissent donc une représentation complète de ce qui constitue l'empreinte carbone en incluant les émissions qui ne sont pas nécessairement directement liées à la consommation finale des ménages mais également celles des autres postes de la demande finale.

Il est toutefois intéressant de noter que la distribution des émissions par personne (en considérant que l'appartenance au décile de niveau de vie dépend des revenus du ménage auquel il est rattaché) est plus homogène que celles des émissions des ménages (voir Figure 11). Cela s'explique par une structure de composition familiale du ménage qui diffère selon le niveau de vie. En moyenne les ménages des premiers déciles sont plus jeunes, et leur taille est plus importante (le premier décile compte en moyenne 1,89 UC par ménage, contre 1,54 UC pour le dernier)



Figure 11: Distribution des émissions de GES par individu (gauche) et ménage (droite) en fonction de leur décile de niveau de vie



## 2. Estimation des élasticités-prix et des élasticités revenus de la demande

Nous souhaitons déterminer l'impact de la mise en place de différentes fiscalités carbone sur le consommateur français. Pour cela, nous avons déduit, à l'aide des tableaux entrées-sorties *EXIOBASE* ainsi que de l'enquête 2011 *Budget Des Familles (BdF)* de l'INSEE, le contenu carbone de la consommation des ménages français. Ce contenu carbone est ventilé selon le pays et le secteur de provenance. Nous sommes ainsi en mesure de déterminer précisément les émissions directes des ménages, ainsi que l'origine du contenu carbone de leurs émissions indirectes.

La mise en place d'une fiscalité carbone (taxe carbone intérieure, taxe carbone aux frontières) aura un effet sur le comportement des consommateurs. Notre objectif est de pouvoir estimer un modèle permettant de mesurer ce changement de comportement. Pour cela, nous avons recours aux élasticités-prix et aux élasticités-revenus de la demande. Dans la suite de ce document, nous expliciterons la méthodologie utilisée afin d'estimer ces élasticités. Ainsi, dans un premier temps, nous ferons une rapide revue de littérature. Dans un second temps, nous présenterons les données que nous avons utilisées pour l'estimation. Dans un troisième temps, nous reviendrons sur la méthode d'estimation utilisée. Enfin, dans une dernière partie, nous présenterons les résultats obtenus.

De nombreuses études ont estimé les élasticités de la demande en France, en utilisant différentes méthodologies. Ruiz, N. et Trannoy, A. (2008) utilisent une spécification QAIDS (Banks et al., 1997) (*Quadratic Almost Ideal Demand System*) ainsi que la base BdF 2001 et les valeurs mensuelles d'Indice des Prix (IPC) fournit par l'INSEE. Le recours à une modélisation de la demande de type QAIDS ou sa forme simplifiée, AIDS (Deaton and Muellbauer, 1980) est habituel dans ce type d'étude. Nous reprendrons les hypothèses liées à son utilisation dans la troisième partie. Cependant, nous pouvons souligner plusieurs éléments méthodologiques intéressants dans cet article :

- Les auteurs utilisent les indices de prix mensuels afin de prendre en compte la temporalité des différentes vagues de l'enquête BdF ;

- L'hétérogénéité des ménages est prise en compte en incluant dans la modélisation différentes caractéristiques sociodémographiques (âge de la personne de référence du ménage, CSP de la personne de référence du ménage, etc.) renseignées dans la base des ménages ;
- Les biais de sélection de l'enquête sont pris en compte à l'aide de la procédure de Heckman. Cela impose des contraintes sur le modèle qui ne permettent pas d'estimer les élasticités-prix croisées.

Clerc, M., Marcus, V. (2009) explorent quant à eux la problématique plus spécifique des élasticités-prix des consommations énergétiques des ménages. Leur objectif est d'identifier les ménages les plus exposés à une hausse des prix des énergies. En effet, la consommation d'énergie (pour le transport ou à usage domestique) est difficilement substituable pour certaines catégories de ménages (par exemple ceux habitant dans une zone rurale). Il s'agit de les identifier afin de construire une fiscalité équitable. Ils obtiennent des élasticités cohérentes sur les catégories de biens étudiés (cf Tableau 1), à l'aide de la base de données BdF 2006.

Enfin Douenne, T. (2018) regarde les effets d'une taxe carbone en France. Il montre notamment que c'est une mesure régressive, c'est-à-dire que les ménages avec un revenu plus faible sont proportionnellement plus concernés par cet impôt. Une redistribution intelligente permettrait néanmoins de rendre la fiscalité carbone progressive. L'auteur utilise les données des trois dernières enquêtes BdF (2000, 2005 et 2011) ce qui permet d'augmenter la variabilité des prix, en faisant l'hypothèse de la stabilité temporelle des élasticités. Il estime ainsi des élasticités, notamment pour le transport et les biens domestiques.

Le tableau suivant présente les résultats principaux des trois études présentées et pourra servir de base de comparaison pour nos estimations.

**Tableau 2: Estimations d'élasticité prix pour les ménages français dans la littérature économique**

Ruiz & Trannoy		Clerc & Marcus		Douenne	
Catégorie	Élasticité-prix	Catégorie	Élasticité-prix	Catégorie	Élasticité-prix
Alimentaire à domicile	-0,810	Alimentation	-0,36	Transport	-0,47
Tabacs et alcools	-0,522	Carburants	-0,98	Domestique (énergie)	-0,21
Habillement	-0,527	Loisirs	-3,12	Autre	-1,03
Logement et énergie	-0,383				
Automobile et transport	-0,549				
Loisirs	-1,309				
Divers	-0,953				
Alimentation à l'extérieur	-0,512				

Note : Les élasticités reportées pour Clerc & Marcus correspondent à celles du modèle réduit présenté dans leur article (Modèle QUAIDS sans prise en compte des effets croisés). Les élasticités reportées pour Douenne correspondent à celle de la première spécification retenue dans son article (Modèle QUAIDS avec un indice des prix de Stone-Lewbel et utilisant le revenu total des ménages comme variables instrumentale pour les dépenses totales des ménages).

## Présentation des données

Pour l'estimation des élasticités, nous utilisons les données de l'enquête *Budget Des Familles 2011*. Cette enquête comptabilise les dépenses de plus de 15 000 ménages français. Toutes les dépenses journalières sont collectées et renseignées dans un carnet, selon une ventilation de plus de 900 postes budgétaires, regroupés ensuite dans un cadre cohérent avec la comptabilité nationale. Cette étude est réalisée tous les 5 ans. Les dépenses renseignées

peuvent aussi bien être des dépenses de consommation de biens et services que des dépenses « administratives » : impôts et taxes, primes d'assurance, etc. L'étude est réalisée selon 6 vagues successives, ce qui permet de corriger la saisonnalité de l'enquête. Les données sont ensuite redressées à l'aide d'un calage avec les données agrégées de la comptabilité nationale, ce qui permet de corriger certains biais restants, notamment de sous déclaration de consommation de certains biens et services.

Une des limites de cette source de données est le biais de renseignement : certains postes budgétaires peuvent présenter une consommation nulle. Plusieurs cas sont alors envisageables :

- Soit le consommateur a fait un choix de ne pas acheter ce bien, la consommation est donc nulle ;
- L'intervalle d'observation du ménage n'a pas permis d'observer la consommation de ce bien.

Néanmoins, la taille de la base de données (plus de 15 000 observations) permet de réduire ce risque.

Afin de modéliser les prix des biens consommés, nous utilisons les indices de prix mensuels publiés par l'INSEE. Ces derniers sont renseignés selon la nomenclature COICOP. Nous construisons des données de pseudo-panel : chaque catégorie de bien est une variable, pour laquelle nous observons la consommation effective par ménages. Le prix de chaque catégorie de bien est variable selon les ménages, car il est construit comme la moyenne pondérée des consommations des prix de chaque bien de cette catégorie. Afin d'améliorer la variabilité des prix des catégories de bien par ménages, nous avons suivi la méthode de Ruiz & Trannoy, en utilisant la vague de l'enquête. L'appariement entre les biens et leurs prix respectifs se fait en utilisant la date d'interview des ménages. C'est pour cela que nous utilisons un indice de prix mensuel.

### Description de la méthodologie

Différentes formes fonctionnelles permettant de décrire les systèmes de demandes existent. Le modèle le plus couramment utilisé est le modèle AIDS, que l'on peut compléter en ajoutant un terme quadratique pour donner le modèle QAIDS. Ce modèle fournit une forme compatible avec des données d'enquête de consommation telle que l'enquête BdF. De plus, il assure la cohérence des comportements microéconomiques des agents avec les agrégats macroéconomiques.

Le modèle a la spécification suivante :

$$w_{h,k} = \alpha_{h,k} + \sum_{j=1}^K \gamma_{k,j} \log(p_{h,j}) + \beta_k \log\left(\frac{X_h}{P^*}\right) + \lambda_k \left[\log\left(\frac{X_h}{P^*}\right)\right]^2 + u_{h,k}$$

$$w_{h,k} = \alpha_{h,k} + \sum_{j=1}^K \gamma_{k,j} \log(p_{h,j}) + \beta_k \log\left(\frac{X_h}{P^*}\right) + \lambda_k \left[\log\left(\frac{X_h}{P^*}\right)\right]^2 + u_{h,k}$$

Avec :

- $w_{h,k} = \frac{x_{h,k}}{X_h}$  le rapport entre la dépense de consommation du ménage  $h$  pour le bien  $k$  et ses dépenses de consommations totales ;
- $\alpha_{h,k}$  des indicatrices représentant un ensemble de variables sociodémographiques pour le ménage  $h$  ;
- $p_{h,j}$  les prix spécifiques des biens  $j$  en fonction des ménages  $h$  ;
- $P^*$  l'indice de prix de Stone qui représente une approximation du niveau général des prix théoriques. Il est défini de la manière suivante :  $\log(P^*) \log(P^*) = \sum_{j=1}^K \bar{w}_j \log(p_j)$   
 $\log(P^*) = \sum_{j=1}^K \bar{w}_j \log(p_j)$ .

A ce stade, nous pouvons estimer les élasticités-prix compensées, non-compensées et de revenu. Nous avons les définitions suivantes :

- L'élasticité-prix non compensée est l'élasticité qui prend en compte à la fois l'effet de substitution et l'effet revenu. En effet, à la suite à une hausse des prix, le consommateur peut ajuster sa consommation à la hausse sur un autre bien dont le prix relatif baisse (effet de substitution). Néanmoins, la hausse des prix diminue son pouvoir d'achat global ce qui peut entraîner une modification globale de sa consommation ;
- L'élasticité-prix compensée est l'élasticité qui reflète uniquement l'effet de substitution en corrigeant l'effet de revenu ;
- L'élasticité revenu est la variation de la consommation relative à une variation de revenu.

Les élasticités-prix compensées sont alors déduites des coefficients estimés dans l'équation précédente, à l'aide de la formule suivante :  $e_{h,k}^{pc} = -1 + \frac{\gamma_k}{w_{h,k}}$ .

Les variables sociodémographiques que nous incluons dans notre modèle sont les suivantes :

- L'âge de la personne de référence du ménage
- La catégorie socio-professionnelle
- La taille du ménage

La localisation du ménage (rural ou urbain) ne ressort pas significativement des estimations. La prise en compte de la censure<sup>22</sup> à l'aide de la méthode d'estimation en deux étapes de Heckman a également été essayée. Néanmoins, cela ne modifie pas significativement les résultats et nous avons décidé d'utiliser les méthodes d'estimations classiques. Nous avons estimé des élasticités pour un modèle AIDS et QAIDS afin de voir si l'ajout d'un terme quadratique modifie les estimations.

La spécification précédente permet en théorie d'estimer les élasticités croisées. Cependant, du fait de la qualité des données et notamment les problèmes de renseignement sur certaines catégories de bien, nous présentons les résultats pour l'estimation avec une forme réduite. Dans la pratique, la forme réduite possède la forme fonctionnelle suivante (en prenant en compte l'indice des prix de Stone) :

$$w_{h,k} = \alpha_{h,k} + \gamma_{k,k} \log\left(\frac{p_{h,k}}{p^*}\right) + \beta_k \log\left(\frac{X_h}{p^*}\right) + \lambda_k \left[\log\left(\frac{X_h}{p^*}\right)\right]^2 + u_{h,k}$$

## Présentation des résultats

Les résultats obtenus à l'aide de la méthodologie décrite précédemment sont présentés dans le tableau suivant. Les élasticités affichées sont celles correspondant au ménage moyen. Les résultats sont relativement conformes à l'intuition, avec néanmoins des élasticités élevées pour certains bien de consommation, comme par exemple l'alimentation ou le transport. Un regroupement de certaines catégories pourrait permettre d'améliorer la qualité des résultats en augmentant la variabilité sur les prix observés sur certaines catégories. Nous trouvons des élasticités positives sur les catégories « Boissons alcoolisées et tabac » ainsi que « Autres biens et services ». Cela peut être dû aux structures particulières de consommation sur ces biens.

---

<sup>22</sup> Nous travaillons sur des données d'enquêtes, ainsi une consommation nulle sur certains postes peut donc refléter non pas un choix de non-consommation mais une absence de consommation sur l'intervalle de temps de l'enquête. La consommation nulle peut ainsi résulter d'un problème d'échantillonnage qui peut être corrigé avec l'aide de techniques économétrique prenant en compte la censure.

Tableau 3: Élasticités de prix-consommation selon les estimateurs retenus

	Élasticité prix compensée (pour le ménage moyen, modèle AIDS réduit)	Élasticité prix compensée (pour le ménage moyen, modèle AIDS complet)	Élasticité prix compensée (pour le ménage moyen, modèle QAIDS réduit)
Produits alimentaires et boissons non alcoolisées	-1,14	-0,63	-1,14
Boissons alcoolisées et tabac	1,32	1,30	1,32
Habillement et chaussures	-0,76	-0,84	-0,75
Logement, eau, gaz, électricité et autres combustibles	-1,50	-1,30	-1,50
Ameublement, équipement ménager et entretien courant de la maison	-0,50	-0,58	-0,50
Santé	-1,01	-1,15	-1,01
Transport	-1,89	-1,50	-1,80
Communications	-0,30	-0,47	-0,28
Loisirs et culture	-1,09	-0,92	-1,09
Éducation		-1,06	
Hôtellerie, cafés, restauration	-0,85	-0,93	-0,85
Autres biens et services	2,79	1,50	2,77

Source : INSEE BdF 2011, calcul des auteurs

Pour rappel, nous considérons les modèles suivants :

- Modèle AIDS réduit :
  - $w_{h,k} = \alpha_{h,k} + \gamma_{k,k} \log(p_{h,k}) + \beta_k \log\left(\frac{X_h}{P^*}\right) + u_{h,k}$
- Modèle AIDS complet :
  - $w_{h,k} = \alpha_{h,k} + \sum_{j=1}^K \gamma_{k,j} \log(p_{h,j}) + \beta_k \log\left(\frac{X_h}{P^*}\right) + u_{h,k}$
- Modèle QAIDS réduit :
  - $w_{h,k} = \alpha_{h,k} + \gamma_{k,k} \log(p_{h,k}) + \beta_k \log\left(\frac{X_h}{P^*}\right) + \lambda_k \left[\log\left(\frac{X_h}{P^*}\right)\right]^2 + u_{h,k}$

Afin de compléter ce travail, nous avons utilisé la même méthodologie afin d'estimer des élasticités pour différentes classes de revenus des ménages. Afin de garder un nombre suffisant d'observations, nous avons choisi de les estimer pour des quintiles de ménages. Le tableau suivant présente les résultats obtenus, pour la catégorie *Produits alimentaires et boissons non alcoolisées* :

Tableau 4: Estimation des élasticités par quintile de niveau de vie pour les produits alimentaires et boissons non alcoolisées

	Élasticité prix compensée (pour le ménage moyen, modèle AIDS réduit)	
	Estimation	p-valeur
Quintile 1	-1,97	0,04
Quintile 2	-1,04	0,92
Quintile 3	-1,85	0,04
Quintile 4	-1,04	0,93
Quintile 5	-0,46	0,00

Source : INSEE BdF 2011, calcul des auteurs

Pour les quintiles 2 et 4, les résultats ne sont pas statistiquement significatifs. Il est intéressant de remarquer l'écart entre les ménages les plus aisés (quintile 5) et les ménages moins aisés (quintile 1). Sur la base de nos observations, les ménages ayant un revenu plus élevé semblent moins sensibles à une hausse des prix que les ménages au revenu plus faible. Les résultats par quintile pour les autres catégories seront disponibles dans le fichier regroupant les résultats.

L'objectif de notre travail est de pouvoir quantifier l'effet sur les ménages de la mise en place de différentes stratégies de taxation carbone. Afin de modéliser le comportement des consommateurs nous avons ainsi estimé les élasticités-prix et les élasticités-revenus de la demande à l'aide des données de l'enquête Budget des Familles et en construisant un modèle QAIDS ajusté. Les résultats obtenus seront ensuite utilisés dans le modèle permettant de simuler l'impact sur les ménages de différentes fiscalités

carbone. Des élasticités issues de la littérature pourront aussi être utilisées afin de comparer nos résultats.

### 3. Modèle et résultats de simulation de fiscalité carbone aux frontières

#### Le modèle de simulation d'une fiscalité carbone aux frontières

Le modèle fiscal que nous développons pour étudier la fiscalité carbone repose sur deux éléments :

- Il s'agit d'une taxe *ad valorem*, calibrée sur l'intensité carbone du produit ciblé.
- La taxe est associée à des mécanismes de redistribution, nous supposons une séquentialité entre les effets de la taxe sur les niveau de consommation et les montants reversés aux consommateurs, de sorte que l'effet-prix soit celui de la taxe seulement (dit autrement, le revenu supplémentaire n'est pas anticipé par les ménages dans le choix de leur niveau de consommation)

La détermination de la demande internationale repose intégralement sur la base de données EXIOBASE. Une mise en relation entre les nomenclatures CPA sur lesquelles se fonde EXIOBASE et COICOP niveau 2 est également à réaliser pour permettre de faire le lien entre les prix internationaux<sup>23</sup>  $PX_{c,r}$  et l'impact sur la consommation des ménages. Le facteur d'intensité carbone  $IC_{c,r}$  du produit  $c$  du pays  $r$  mesure le montant d'émission  $EMS_{c,r}$  (en Kg) induit par la demande d'un euro courant du produit  $c$  de la zone géographique  $r$  ( $X_{c,r}$ ) :

$$IC_{c,r} = \frac{EMS_{c,r}}{X_{c,r}}$$

Le taux  $t_{c,r}$  de la taxe  $t$  du produit  $c$  adressée au pays  $r$  en unité monétaire exprime ici la part de la valeur du produit qui serait taxée selon un taux fixe de taxe carbone  $\bar{t}_r$  (qui peut cependant être différencié selon les pays) et de l'intensité  $\vartheta_{c,r}$  des produits  $X_{c,r}$ :

$$t_{c,r} = \bar{t}_r * IC_{c,r}$$

Le montant total de taxe récoltée s'écrit dès lors :

$$TAX^{TOT}_{c,r} = t_{c,r} * X_{c,r}$$

Et la part de chaque zone géographique  $r$  dans la consommation totale en France du produit  $r$  s'exprime (en valeur) :

$$\beta_{c,r}^X = \frac{X_{c,r}}{\sum_r X_{c,r}} \text{ avec } \beta_c^X = \sum \beta_{c,r}^X = 1$$

Enfin, le taux moyen de taxe carbone par produit est la moyenne pondérée des taux de taxe par pays multipliée par la part de marché de chaque pays dans la consommation totale française :

$$t_c^{TC} = \sum_r t_{c,r} \beta_{c,r}^X$$

Le choix de ces trois simulations répond ici à notre volonté de couvrir le spectre large qu'une fiscalité carbone aux frontières impose. En effet, nous pouvons décomposer deux thématiques majeures qui se dégagent sur un tel sujet. La première porte sur la restructuration de la chaîne de valeur globale dans les différents pays du monde suite à la modification des prix relatifs induite par la fiscalité climat. Les analyses du risque de fuite carbone (*carbon leakage*) et des effets de substitution entre les facteurs de

<sup>23</sup> Les prix sont calibrés pour l'année considérée à 1



production s'y attachent et s'inscrivent plus généralement dans l'étude de la structure d'offre de la production mondiale. Toutefois l'angle pris dans cette étude, à savoir la dimension redistributive, ne nous permet pas d'intégrer ces effets mais donne une représentation statique de ce que la fiscalité carbone aux frontières signifie en termes de structure des importations. La seconde thématique porte ici sur l'incidence que la fiscalité carbone a sur la structure des prix, et sur les modifications qu'elle induit en termes de demande finale, et dans le cadre de cette étude de la consommation finale des ménages en y incluant la dimension redistributive de cette fiscalité sur le revenu des ménages. Les deux dernières simulations associées au scénario 2 s'attachent à exposer ces effets en présence ou en l'absence des mesures de redistribution associées.

**Tableau 5: Synthèse des scénarios simulés**

	<b>Scénario 1: Taxe carbone aux frontières sur produits industrie</b>	<b>Scénario 2a : Taxe carbone domestique</b>	<b>Scénario 2b : Taxe carbone aux frontières sur ensemble des produits</b>	<b>Scénario 2c : Fiscalité carbone complète</b>
<b>Scope des émissions</b>	Emissions indirectes	Emissions directes liées à la combustion de produits fossiles	Emissions indirectes et grises	Scénario 2a + Scénario 2b
<b>Scope géographique</b>	Production hors UE	France	Production hors UE	Scénario 2a + Scénario 2b
<b>Prix de fiscalité carbone</b>	25 Euros la tonne de CO2 (prix actuel sur le marché EU ETS)	44.6 Euros la tonne de CO2 (prix actuel de la CCE)	25 Euros la tonne de CO2 (prix actuel sur le marché EU ETS)	Scénario 2a + Scénario 2b
<b>Intsruments de redistribution</b>	Aucun	Redistribution sous forme forfaitaire et dégressive avec le revenu	Redistribution sous forme forfaitaire et dégressive avec le revenu	Redistribution sous forme forfaitaire, et différent pour les 3 premiers déciles

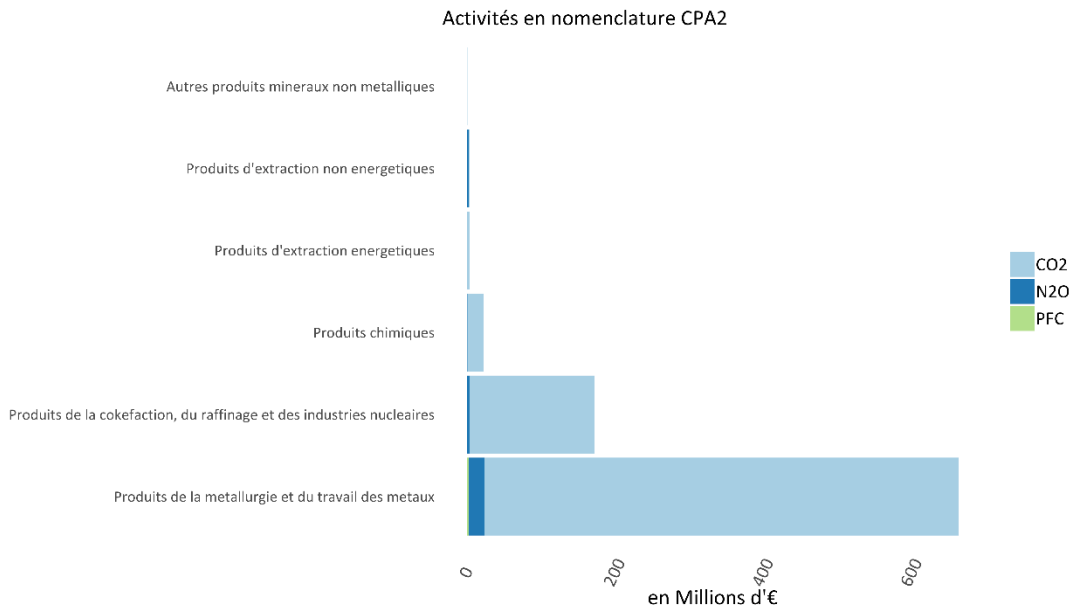
### **Simulation 1 : Une taxe carbone aux frontières sur les produits de l'industrie lourde**

Au prix de 25 EUR la tonne de CO<sub>2</sub>, et en supposant une couverture sectorielle des émissions indirectes (hors émissions grises), comparable au système de quotas d'émission de l'EU ETS ; la taxe s'applique sur les importations des produits suivants de la nomenclature CPA Niv. 2 :

- Les produits d'extraction énergétique
- Les produits d'extraction non-énergétiques
- Le papier et cartons, produits édités, imprimés ou reproduits
- Les produits de la cokéfaction, du raffinage et des industries nucléaires
- Les produits chimiques
- Les produits en caoutchouc ou en plastique, \*
- Les autres produits non minéraux non métalliques
- Les produits de la métallurgie et du travail des métaux ; les machines et équipements

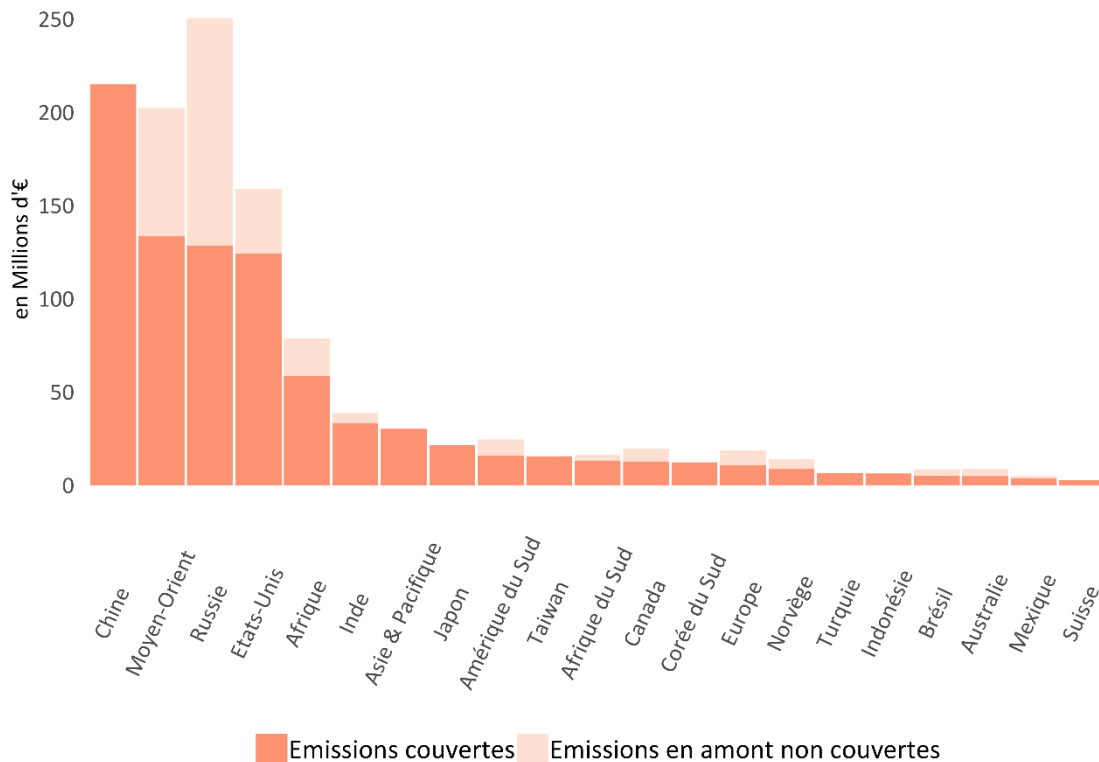
Une taxe carbone aux frontières de l'UE représenterait 857 millions d'euros de recettes annuelles en prenant en compte l'ensemble de la demande finale. Les produits de la métallurgie comptent pour 75 % du total des recettes, ceux de la cokéfaction et du raffinage pour 21 %, et les produits chimiques pour 2 %. La contribution des autres produits reste marginale.

**Figure 12: Impact fiscal d'une taxe carbone aux frontières à 25 euros la tonne de CO2e pour les activités soumises à l'ETS**



Source : EXIOBASE 3, Calcul des auteurs

**Figure 13 : Une taxe carbone aux frontières sur les produits de l'industrie lourde**



Source : EXIOBASE 3, Calcul des auteurs

Note : les émissions couvertes correspondent aux émissions indirectes hors-UE et les émissions en amont non couvertes aux émissions grises hors-UE

Les recettes de la Taxe Carbone aux Frontières (TCF) seraient issues principalement des 5 pays/régions suivantes : Chine (18,6 %), Moyen-Orient (11,6 %), Russie (11,1 %), États-Unis (10,8 %) Les autres pays représentent chacun une part inférieure à 5 % et pris ensemble, compte pour 47 %.



Pour des raisons d'opérationnalité, un tel instrument pourrait se concentrer sur les importations de ces principaux pays et pour les trois produits identifiés ci-dessus.

## Simulation 2 : Effets redistributifs de la fiscalité carbone

La question de l'acceptabilité sociale de la contribution climat énergie a été largement documentée ces derniers mois. Plusieurs propositions<sup>24</sup> ont émergé d'instituts de recherche pour rendre la Contribution Climat-Energie (CCE) acceptable et ainsi pouvoir poursuivre une trajectoire de prix croissante en phase avec les objectifs de réduction des émissions.

Nous proposons une exploration de cette dimension à travers le prisme des émissions importées et leur imposition via une taxe carbone aux frontières, ainsi qu'une comparaison avec une taxe carbone sur les émissions directes.

Nous associons également deux variantes de redistribution du produit de la taxe récoltée (où nous supposons une redistribution intégrale) selon des modalités différentes. Dans le premier cas, nous procédons à une redistribution forfaitaire à chaque ménage, i.e. chaque ménage reçoit le même montant. Dans le second cas, nous procédons à une redistribution régressive avec le revenu, i.e. le montant touché par le ménage est inversement proportionnel à son écart au revenu moyen. Cette redistribution est donc dégressive avec le niveau de revenu. On suppose que le surcroît de revenu distribué n'affecte pas la variation des niveaux de consommation. Ainsi, il n'y a pas de prise en compte d'un effet rebond de ce mécanisme de redistribution, qui nous renseigne simplement sur le caractère redistributif de cette fiscalité<sup>25</sup>.

Dans une dernière partie nous comparons les résultats obtenus entre une fiscalité carbone aux frontières et une fiscalité sur les émissions directes domestiques avant de les associer dans le cadre d'une simulation supplémentaire à une structure de redistribution particulière.

### Simulation 2a : Une taxe carbone sur les émissions directes

Dans cette partie, nous simulons une taxe carbone qui repose intégralement sur les émissions directes des ménages, de leur poste de consommation *utilisation du véhicule* et des *combustibles liquides*. Nous calibrons le montant de la taxe carbone à 44,6 EUR/tCO<sub>2</sub> afin de correspondre à sa dernière valeur connue pour l'année 2018<sup>26</sup>

Si les débats actuels portent quasi-exclusivement sur la construction de mesures redistributives qui devraient être associées à la CCE pour permettre de poursuivre une trajectoire de prix du carbone compatible avec les engagements pris par la France en termes de réduction des GES, prendre comme point de comparaison une fiscalité carbone dont l'assiette est l'empreinte carbone liée à la consommation finale des ménages nous semble être pertinente à plusieurs égards.

En premier lieu, et au fur et à mesure que les différentiels de taxation du carbone s'agrandiront, la question du traitement des *fuites de carbone*, c'est-à-dire de pays ayant choisi de ne pas adopter une fiscalité carbone, sera incontournable. La mise en place d'une fiscalité aux frontières permettrait théoriquement d'éviter ces fuites de carbone en taxant les émissions en fonction de leur lieu de consommation (dans notre cas, la France).

Ensuite, au-delà de la problématique de l'architecture de la fiscalité carbone à l'échelle internationale, taxer les émissions importées (et plus généralement celles incluses dans les biens de consommations hors énergie) permet d'élargir l'assiette fiscale et donc *in fine* d'étendre des outils de fiscalité carbone à des produits dont la consommation induit des émissions de GES quand bien même ils ne seraient pas des produits fossiles.

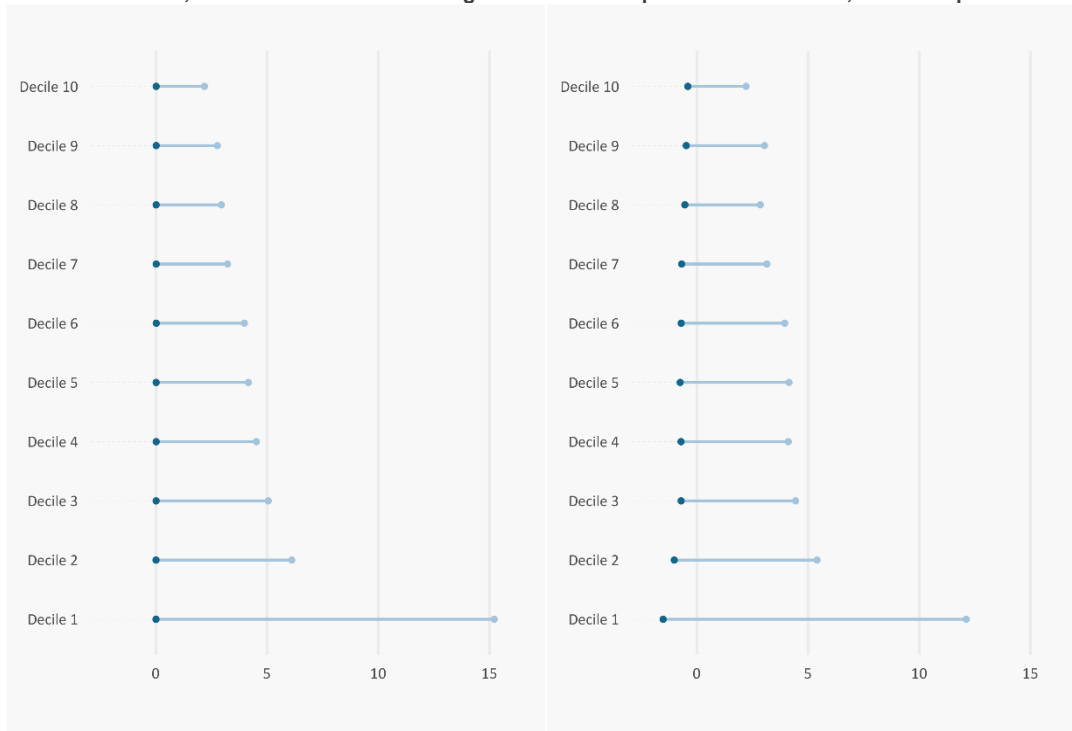
---

<sup>24</sup> Pour plus de détails, voir les contributions suivantes : [Terra Nova/I4CE \(Guillou and Perrier, 2019\)](#), [Conseil d'analyse Economique \(Bureau et al., 2019\)](#), [ADEME \(Callonnec et al., 2019\)](#), [OFCE \(Berry and Laurent, 2019\)](#) et [\(Malliet, 2019\)](#)

<sup>25</sup> La variation totale de la consommation pour les différents ménages n'est pas ici prise en compte mais ceux induit par les effets de substitution directes. L'effet total supposé devrait également intégrer les effets de revenu, en partie induits par les transferts de redistribution selon les mais également ceux relatifs à la modification de l'offre (en intégrant l'impact des changements de la demande sur la structure d'offre en fonction des différents prix relatifs) et donc des salaires et des revenus du capital des ménages. Pour autant, nous pouvons considérer que ces effets de revenu bien que importants dans le cadre d'une analyse extensive des effets économiques, se révèlent être de second ordre par rapport aux effets-prix

<sup>26</sup> Suite au gel de la trajectoire du prix carbone en Décembre 2018, sa valeur pour l'année 2019 est également de 44,6EUR

**Figure 14: Écart inter décile pour chaque décile de niveau de vie d'une fiscalité carbone sur les émissions directes à 44,6 EUR la tonne de CO<sub>2</sub> – à gauche sans comportement – à droite, avec comportement**



Source : INSEE BdF 2011, SDES-CGDD, Calcul des auteurs

Note : Le point bleu foncé représente le coût budgétaire moyen en % du revenu de niveau de vie des ménages des 10 % les moins touchés du décile par la fiscalité carbone, le point bleu clair représente le coût budgétaire en % du revenu de niveau de vie pour les 10 % du décile les plus touchés

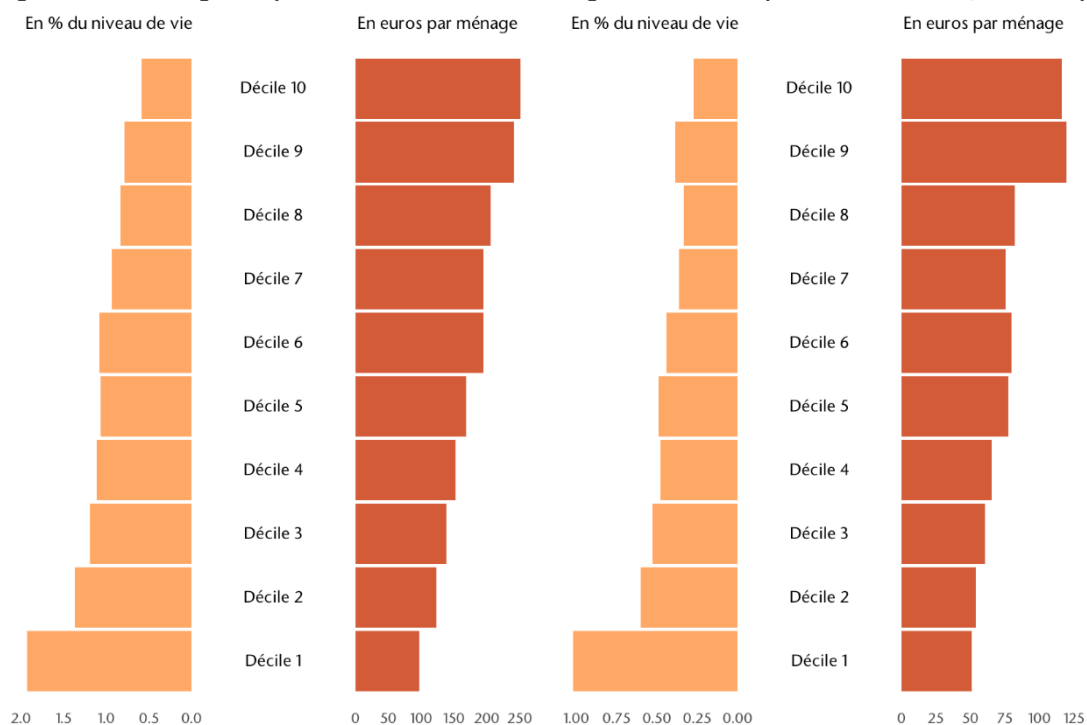
La Figure 14 montre que l'impact budgétaire de la taxe carbone (sans comportement) peut s'élever jusqu'à 15 % du revenu pour les 10 % des ménages les plus touchés du premier décile. Pour les 10 % des ménages les plus touchés du deuxième décile, ce montant est quasiment divisé par 3 et représente 6 % du revenu. Pour les autres catégories de revenu, cet impact est inférieur à 5 % du revenu de niveau de vie, et au moins pour le dernier décile égal à 2 % du revenu de niveau de vie. On voit donc ici que l'impact fiscal va être très important pour les 10 % les plus touchés parmi la moitié des ménages les moins riches, et tout particulièrement pour ceux du premier décile.

A la lecture du graphique, on observe qu'au moins 10 % de la population de chaque décile n'est pas touché par cette fiscalité carbone sur les émissions directes. Ce résultat montre bien l'hétérogénéité verticale au sein de chaque catégorie de revenu, qui s'explique plus par des déterminants socio-économiques comme le lieu d'habitation ou le mode de chauffage

Si l'intégration du comportement modère l'amplitude de l'impact fiscal pour l'ensemble des déciles de niveau de vie, celui-ci reste encore très significatif, notamment pour les premiers déciles (les 10 % des ménages les plus touchés y consacrent une part supérieure à 2 % de leur revenu de niveau de vie). Cela s'explique par le caractère relativement inélastique de la consommation des carburants et des combustibles.



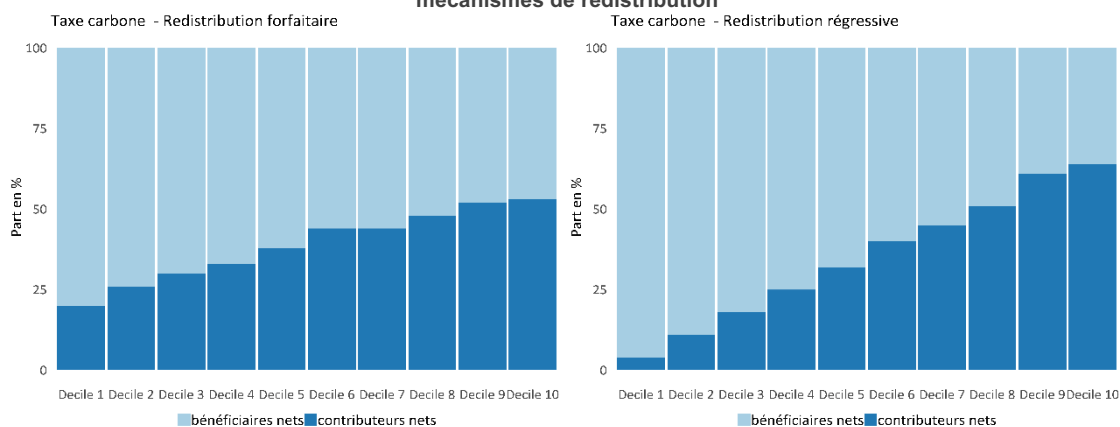
**Figure 15: Coût budgétaire par décile de niveau de vie – à gauche sans comportement – à droite, avec comportement**



Source : INSEE BdF 2011, SDES-CGDD, calcul des auteurs

L'intégration de mesures de redistribution à destination des ménages modifient sensiblement l'effet final sur le revenu des ménages. Avec une redistribution dégressive avec le niveau de revenu, plus de 95 % des ménages appartenant au premier décile ne font pas l'expérience d'un coût fiscal net. Toutefois, à partir du 9<sup>ème</sup> décile, plus de la moitié des ménages contribuent plus à la fiscalité carbone que ce qu'ils reçoivent de transferts budgétaires. Dans le cadre d'une redistribution forfaitaire la part des contributeurs nets est assez homogène selon les catégories de revenu et va de 21 % pour le premier décile jusqu'à 42 % pour le dernier.

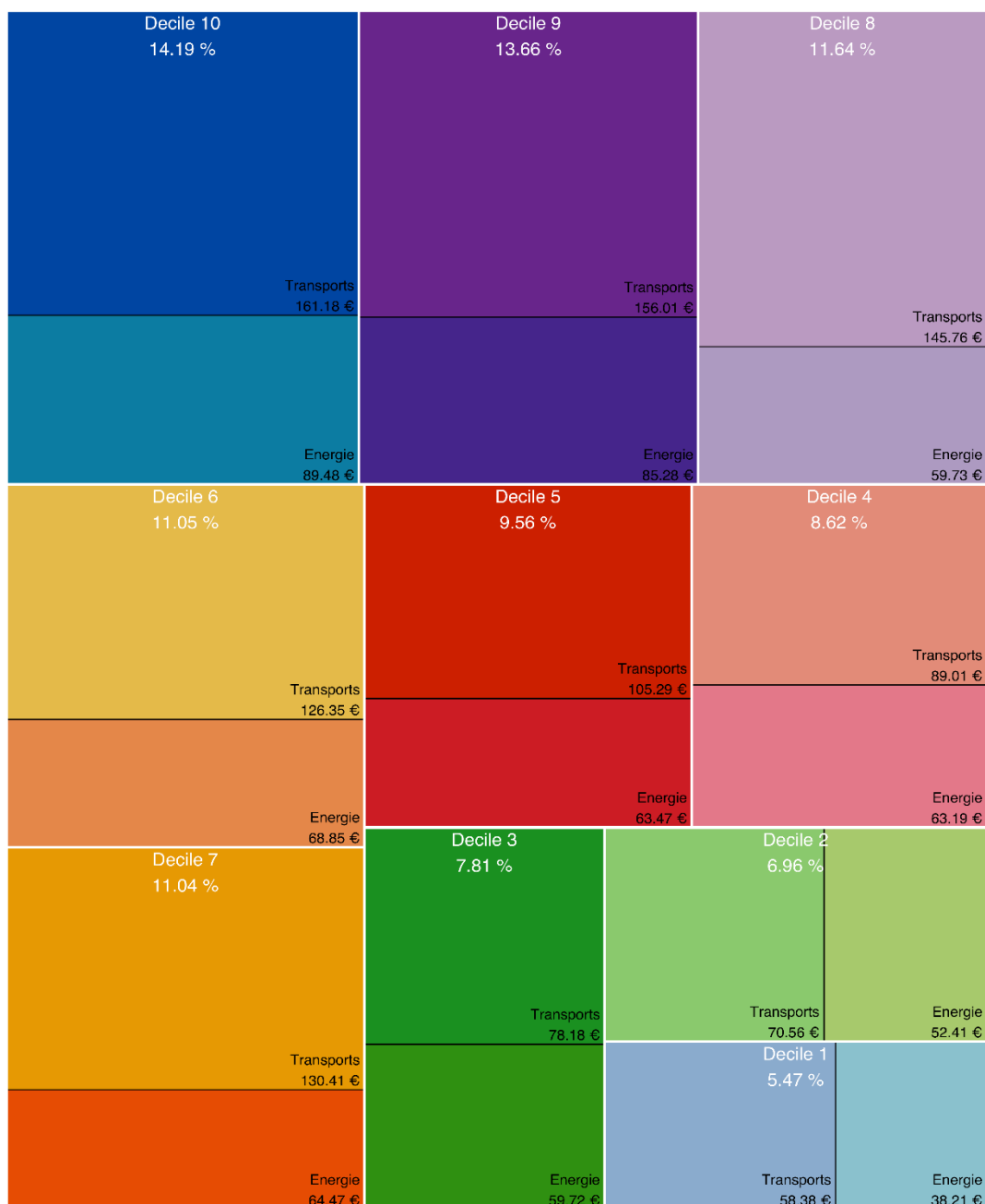
**Figure 16: Répartition de la population entre bénéficiaires et contributeurs nets par décile de niveau de vie selon les mécanismes de redistribution**



Source : INSEE BdF 2011, SDES-CGDD, calcul des auteurs

Enfin, si les impacts relatifs au revenu sont plus importants pour les premiers déciles, il n'en reste pas moins que le financement de cette taxe repose plus largement sur les déciles les plus fortunés (près de 40 % des recettes proviennent des 30 % ménages les plus riches, soit une contribution deux fois plus importante que les 30 % des ménages les moins riches).

Figure 17 : Répartition des recettes fiscales par décile de niveau de vie et en montant par produit



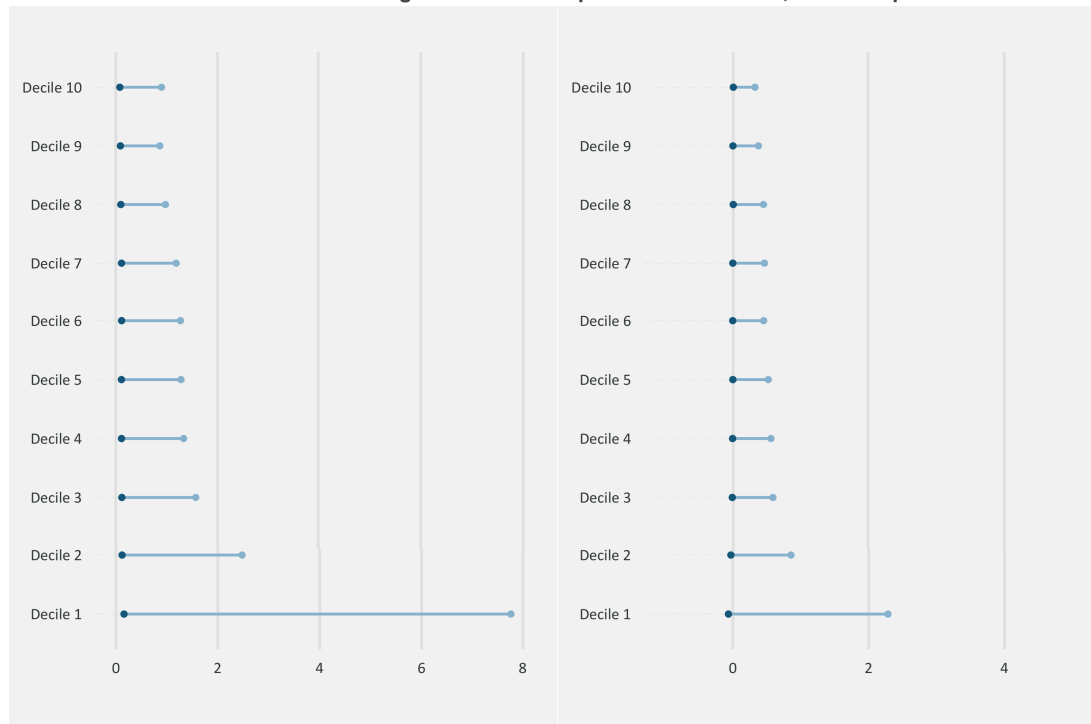
Source : INSEE Bdf 2011, SDES-CGDD, calcul des auteurs

### Simulation 2b : Une taxe carbone aux frontières sur l'ensemble des produits

La question de l'acceptabilité sociale d'une fiscalité carbone aux frontières n'a, à notre connaissance, pas encore fait l'objet d'une étude approfondie. Pourtant, et même si l'enjeu des discussions actuelles portent principalement sur l'architecture institutionnelle et de son impact sur le commerce international, la dimension redistributive est en elle-même un des aspects critiques de l'opportunité d'instaurer un tel instrument. Nous considérons donc dans cette simulation un scénario où la France unilatéralement décide de la mise en œuvre d'une taxation des importations hors de l'Union Européenne. Le taux de la taxe est ici fonction de l'intensité en CO<sub>2</sub> du produit importé (les autres gaz à effet de serre n'y sont pas soumis) et nous considérons un taux unique de taxe carbone aux frontières à 25 EUR la tonne de CO<sub>2</sub> qui correspond au niveau du prix moyen observé sur le marché des quotas d'émission européens en 2019. Ce choix de montant, ainsi que de périmètre géographique retenu vise à conférer un caractère « réaliste » à cette simulation en annulant le différentiel de taxation sur les émissions qui existe

actuellement entre les entreprises européennes et celles du reste du monde. L'ensemble des biens et services est concerné, et ceci afin d'offrir une représentation extensive des émissions importées. Par ailleurs, nous considérons que le dernier pays exportateur pour la France est soumis sur l'ensemble des émissions, qu'elles aient eu lieu dans ce pays, ou dans l'ensemble des pays en amont sur la chaîne de valeur. Cela permet d'inclure la totalité de l'empreinte carbone dans l'assiette de taxation

**Figure 18: Écart inter décile pour chaque décile de niveau de vie d'une fiscalité carbone sur les émissions importées hors-UE à 25 EUR la tonne de CO2 – à gauche sans comportement – à droite, avec comportement**

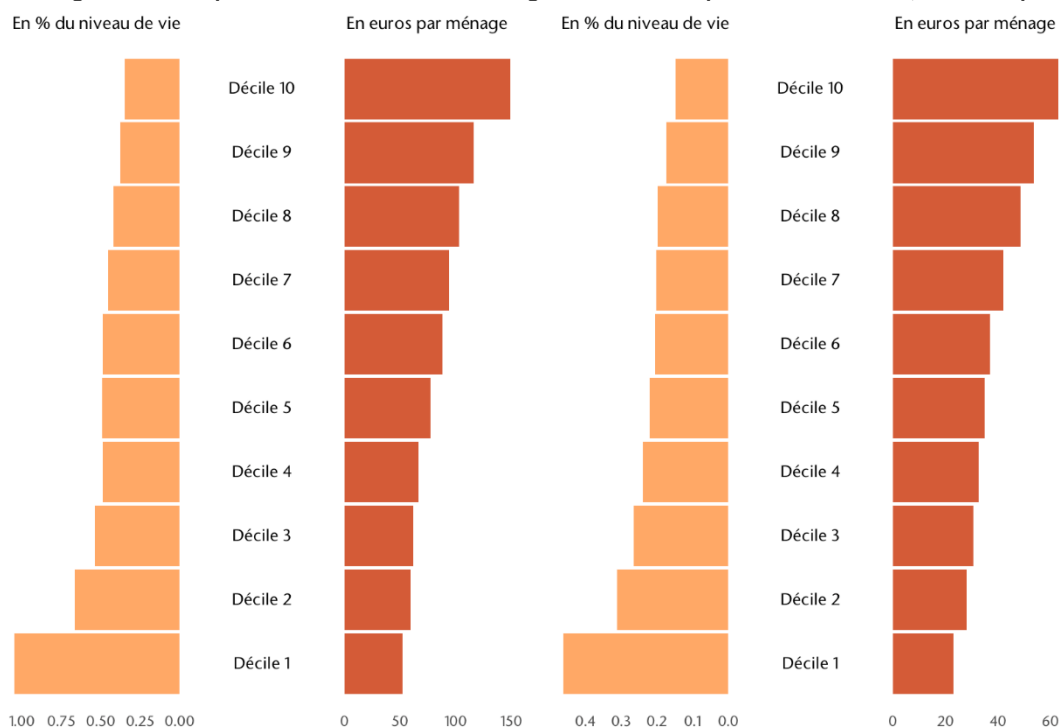


Source : EXIOBASE 3, INSEE BdF 2011, Calcul des auteurs

Note : Le point bleu foncé représente le coût budgétaire moyen en % du revenu de niveau de vie des ménages des 10 % les moins touchés du décile par la fiscalité carbone, le point bleu clair représente le coût budgétaire en % du revenu de niveau de vie pour les 10 % du décile les plus touchés

Les impacts par sous-catégories de revenu au sein des déciles met en évidence un résultat différent de celui de la fiscalité carbone sur les émissions directes. Si le coût budgétaire pour les 10 % les plus touchés dans le premier décile est supérieur à celui de la fiscalité sur les émissions directes (7,8 % du revenu de niveau de vie contre 6 %) et se révèle donc être encore plus régressif, la prise en compte du comportement des ménages modère largement ce propos. En effet, cet impact budgétaire est divisé par près d'un facteur 3 pour s'établir à 2,3 % du revenu de niveau de vie du ménage. Cela s'explique par le fait que cette fiscalité porte sur un ensemble plus large de biens et services (l'intégralité dans les simulations conduites) et que pour une partie d'entre eux, l'élasticité-prix estimée pour les ménages est élevée (plus en tout cas que celles associées au biens énergétiques comme le carburant et les combustibles de chauffage). Cette caractéristique de la fiscalité carbone aux frontières est suffisamment notable pour être considérée dans une politique de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Internaliser le coût du carbone, pour des biens de consommations qui ont une élasticité-prix élevée semble être le moyen le plus efficace pour réduire les émissions. A noter toutefois, que nous n'intégrons pas dans notre analyse la question des préférences des ménages et que si le coût économique peut-être mesuré, celui de la perte associée de bien être devrait néanmoins faire l'objet d'une analyse propre.

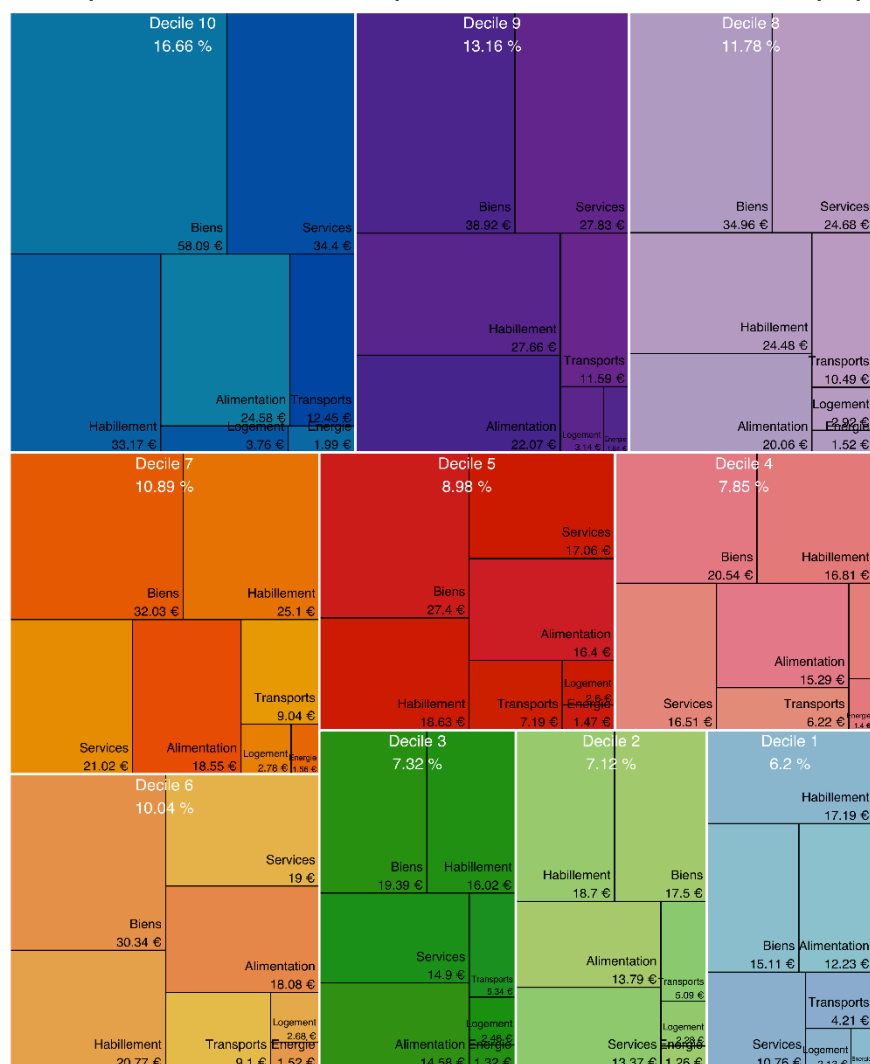
**Figure 19: Coût par décile de niveau de vie – à gauche sans comportement – à droite, avec comportement**



Source : EXIOBASE 3, INSEE BdF 2011, Calcul des auteurs

Cette figure, en écho à la précédente fait état de cette élasticité moyenne sur l'ensemble des produits de consommation plus importante que dans le cas de la taxe carbone en place en France en 2019. Alors que l'impact budgétaire est relativement proche de celui de la taxe carbone dans le cas où l'on ne prend pas en compte la capacité de réaction des ménages, il diffère sensiblement quand elle est intégrée, l'impact fiscal étant divisé globalement par un facteur 2. Toutefois l'intégration des comportements ne modifie pas la dimension régressive de la fiscalité du carbone aux frontières. La Figure 20 renseigne sur la répartition des recettes associées à cette fiscalité entre les différents déciles de niveau de vie. Comme pour le cas d'une taxe carbone, les montants en valeur absolue sont proportionnels au revenu, et les 4 derniers déciles représentent plus de la moitié des recettes fiscales tandis que les 3 premiers en financent 20,6 %.

Figure 20: Répartition des recettes fiscales par décile de niveau de vie et en montant par produit



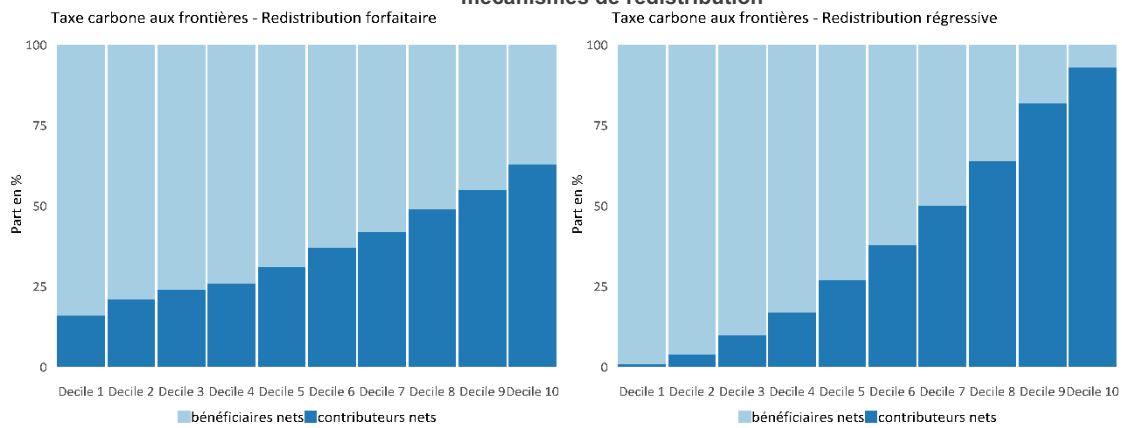
Source : EXIOBASE 3, INSEE BdF 2011, Calcul des auteurs

Note : le premier décile correspond aux ménages les plus pauvres, et le dixième décile aux ménages les plus riches

Comme dans le cadre d'une taxe carbone, une redistribution dégressive avec le revenu profite plus largement aux premiers déciles. A noter qu'il reste moins de 1 % de ménages dans le 1<sup>er</sup> décile qui après redistribution connaissent un coût net positif de l'introduction d'une fiscalité carbone quand elle est associée à ce type de redistribution. Dans le cas d'une redistribution forfaitaire, un peu moins d'un ménage sur cinq ont toutefois un coût net. Concernant les 10 % des ménages les plus fortunés, c'est-à-dire ceux du dernier décile, la hiérarchie entre les mesures de redistribution est inversée puisque 95 % ont un coût net dans le premier cas, contre 45 % dans le cas d'une redistribution forfaitaire.



**Figure 21: Répartition de la population entre bénéficiaires et contributeurs nets par décile de niveau de vie selon les mécanismes de redistribution**



Source : EXIOBASE 3, INSEE BdF 2011, Calcul des auteurs

Si la comparaison des mesures de redistribution permet de voir quel mécanisme cible le mieux les différentes catégories de revenu, seule une comparaison de même mécanisme pour une fiscalité différenciée permettrait de tirer des éléments d'analyse plus pertinents quant à la structure de consommation des ménages.

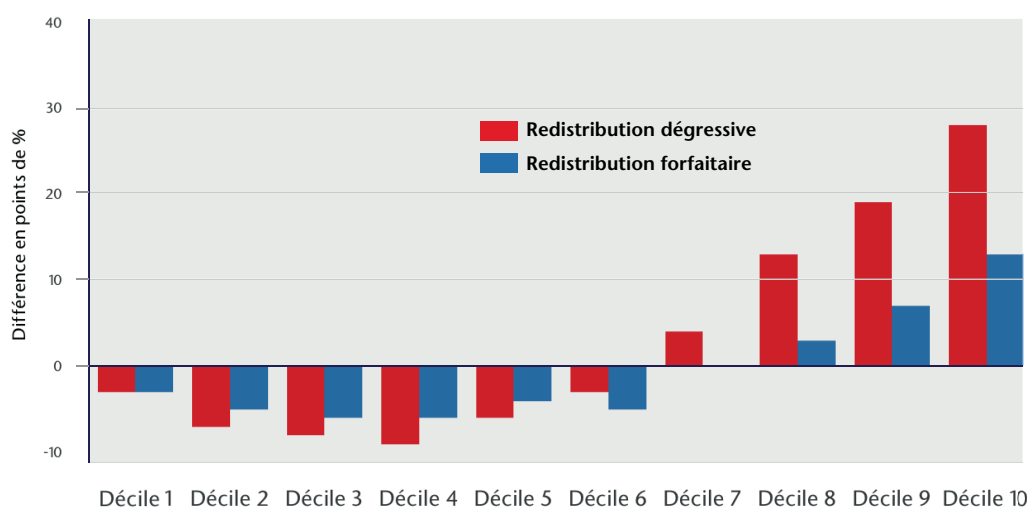


## Simulations 2c : Analyse et scénario complet de fiscalité carbone

Les paragraphes précédents portaient sur les impacts des diverses modalités de redistribution du produit de la taxe, dégressive avec le revenu ou forfaitaire. Nous proposons dans cette partie de comparer les impacts redistributifs entre une taxe carbone sur les émissions directes, et un ajustement carbone aux frontières sur les émissions indirectes hors UE. Nous comparons ici pour chaque modalité de redistribution la différence entre la part de bénéficiaires entre chacun des mécanismes de fiscalité carbone.

Environ la moitié des ménages, ceux les moins fortunés, verraient ainsi la proportion de ménages qui bénéficieraient d'une fiscalité carbone avec redistribution augmenter quel que soit le choix des modalités de redistribution<sup>27</sup> (voir Figure 22). Toutefois, pour les 5 derniers déciles, la taxe carbone sur les émissions directes leur est préférable en termes d'impact budgétaire à une taxe carbone aux frontières, puisque la part de bénéficiaires diminuerait et dans des proportions bien plus grandes que les variations de cette même part, observées pour les 5 premiers déciles.

Figure 22: Différence en points de % de la part des bénéficiaires nets entre une taxe carbone et un ajustement carbone aux frontières



Source : EXIOBASE 3, INSEE BdF 2011, Calcul des auteurs

Note : Le graphique se lit de la façon suivante : Une fiscalité carbone aux frontières associée à une redistribution dégressive avec le revenu (respectivement une redistribution forfaitaire) conduirait à une augmentation de la part des ménages bénéficiaires du 4<sup>ème</sup> Décile de 8 points de % (resp. 5 points de%) par rapport à une fiscalité carbone sur les produits fossiles

Ces résultats nous conduisent à fournir deux éléments principaux d'analyse concernant l'impact redistributif d'une fiscalité carbone aux frontières. En premier lieu, une fiscalité carbone qui porte sur les émissions indirectes est moins régressive qu'une taxe carbone sur les émissions directes. Cela s'explique par une élasticité plus importante des émissions indirectes avec le revenu que celle des émissions directes. Par ailleurs, cette élasticité de substitution étant plus forte pour les autres biens de consommation que ceux relatifs aux combustibles énergétiques, une modification des comportements en serait plus importante et donc la réduction associée des émissions de CO<sub>2</sub> en serait d'autant plus forte. Deuxièmement, la part budgétaire consacrée aux dépenses de carburants et de combustibles pour le chauffage ou la mobilité privée est supérieure dans les déciles les plus modestes, une fiscalité carbone qui ne porte que sur ces biens conduit nécessairement à introduire de la régressivité. Afin de dépasser le problème de justice sociale que pose la taxe carbone, une fiscalité carbone aux frontières pourrait y être associée afin d'en augmenter en premier lieu la base fiscale, tout en étant combiné à des mécanismes de redistribution régressifs avec le revenu.

Pour cette dernière simulation, nous allons combiner les deux formes de fiscalité carbone des deux précédentes simulations, et y associer une nouvelle forme de redistribution « hybride » entre les deux modalités de redistribution des recettes fiscales. Hybride car elle différencie le montant du transfert pour différentes catégories de population. Par ailleurs, nous considérons ici que les ménages ne modifient

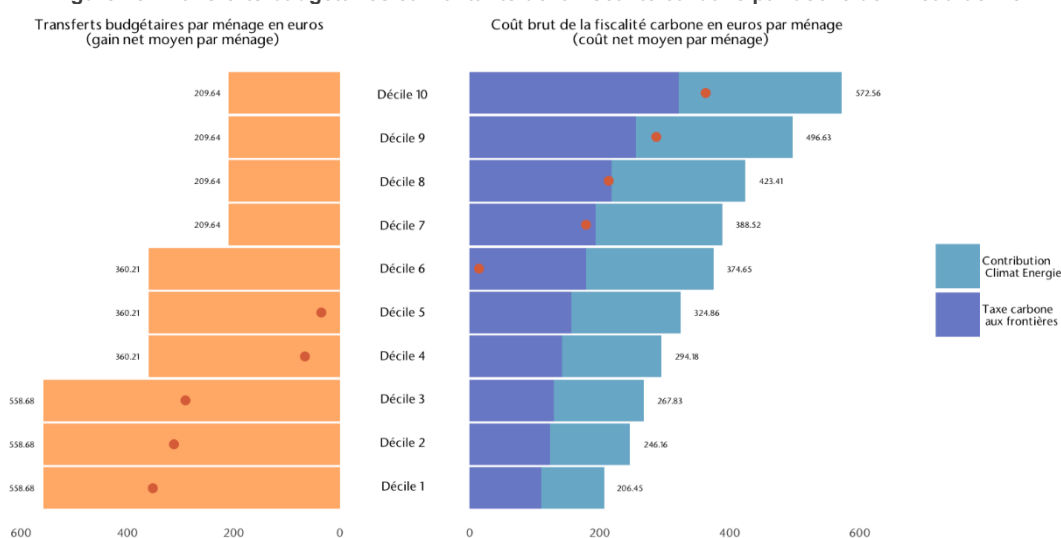
<sup>27</sup> Dans le cadre d'une redistribution dégressive, les 5 premiers déciles voient la part de bénéficiaires augmenter, tandis que dans le cas d'une redistribution forfaitaire, seuls les 4 premiers déciles connaissent le même phénomène.

pas leur niveau de consommation (sans comportement de leur part). Les recettes fiscales totales s'élèvent à 7,51 Mds d'EUR (5,03 Mds d'EUR provenant de la taxe carbone sur les émissions directes et 2,48 Mds d'EUR de la taxe carbone aux frontières).

A un transfert forfaitaire général, les ménages appartenant aux six premiers déciles sont également gratifiés d'un transfert forfaitaire supplémentaire dont l'objet est de limiter la proportion de contributeurs nets à la fiscalité carbone en-deçà d'un certain seuil<sup>28</sup>. Le choix de ce seuil détermine dans notre approche les montants du transfert forfaitaire et ceux du transfert complémentaire. Nous prévoyons une redistribution orientée vers les six premiers déciles. En calibrant les transferts monétaires de telle sorte que 90% des ménages des trois premiers déciles (D1, D2 et D3) et 66% des trois suivants (D4, D5 et D6) soient au moins intégralement compensés<sup>29</sup>.

La Figure 23 illustre les montants redistribués (partie de gauche) et les coûts directs (partie de droite) d'un tel mécanisme de fiscalité carbone. Nous pouvons voir qu'en moyenne, les ménages des cinq premiers déciles ont un gain net de la fiscalité carbone, et que les contributions nettes des ménages sont significatives qu'à partir du 7<sup>ème</sup> décile. Quant aux ménages appartenant aux déciles intermédiaires (D4, D5 et D6), le coût ou gain moyen reste relativement modeste puisqu'il représente en valeur absolue moins de 22,2 % du coût direct la fiscalité carbone.

**Figure 23: Transferts budgétaires et montants de la fiscalité carbone par décile de niveau de vie**



Source : INSEE BdF 2011, SDES-CGDD, calcul des auteurs

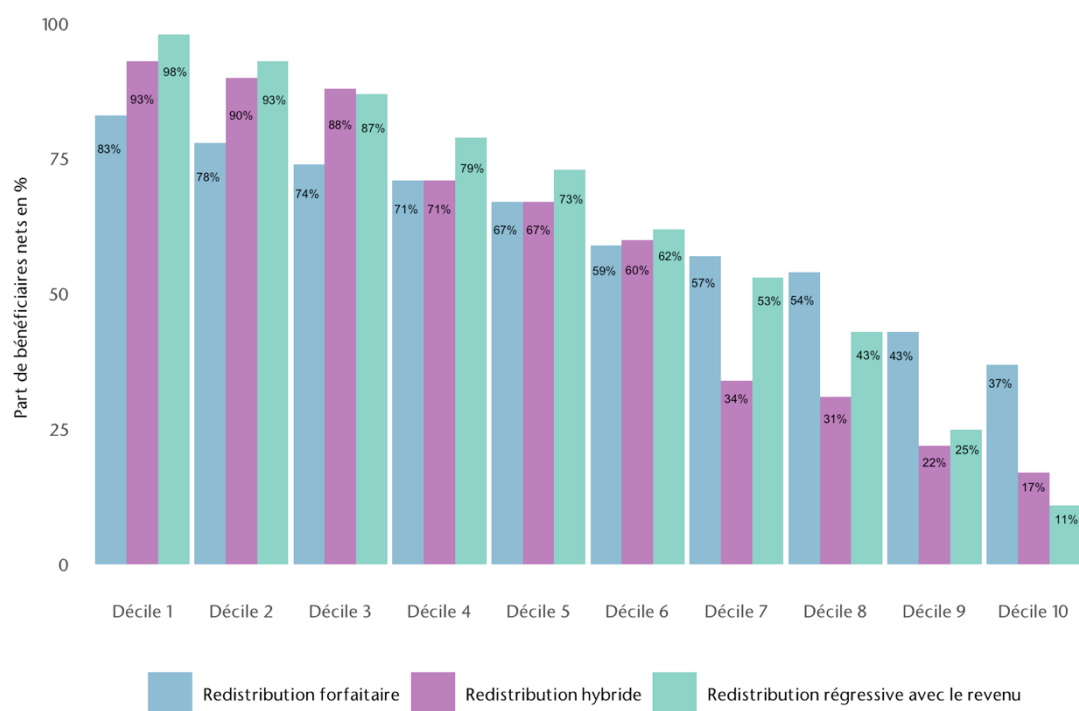
Note : le point rouge indique le gain net (partie de gauche) ou le coût net (partie de droite) de la fiscalité carbone après redistribution des recettes

Toutefois, le poids du transfert complémentaire est relativement important puisque 41,7% des recettes totales y sont affectées (soit 29,1% des recettes totales destinées au trois premiers déciles et 12,6% pour les trois suivants). L'hétérogénéité verticale entre les différents profils de consommation au sein d'un même décile de niveau de vie explique ce résultat justifie l'ampleur des transferts vers ces ménages. D'autres travaux sur les impacts redistributifs proposent ainsi des modalités de redistribution qui explorent d'autres formes de redistribution, bien que tous se rejoignent sur l'impératif de compenser les ménages les moins fortunés. Néanmoins, il nous apparaît que la calibration retenue dans cette simulation permet de garantir une redistribution suffisamment progressive à l'égard des trois premiers déciles tout en garantissant un coût/gain de la fiscalité carbone pour les trois déciles suivants acceptable. Les ménages des quatre déciles supérieurs connaissent un surcoût relativement plus important que dans le cadre d'une redistribution forfaitaire. En atteignant une proportion de ménages bénéficiaires nets supérieure (ou quasi-équivalente pour le premier décile) à ceux qu'atteint la fiscalité purement régressive avec le revenu (voir Figure 24 ci-dessous).

<sup>28</sup> Le choix du seuil détermine à la fois le montant complémentaire mais également le montant moyen du transfert forfaitaire (car nous supposons la redistribution financée exclusivement par les recettes fiscales)

<sup>29</sup> Sans mécanisme complémentaire au transfert forfaitaire, 85% des ménages des trois premiers déciles sont compensés.

Figure 24: Part des bénéficiaires nets dans chaque décile de niveau de vie



Source : INSEE BdF 2011, SDES-CGDD, calcul des auteurs

## 4. Conclusion

Plusieurs éléments peuvent être tirés des simulations conduites dans cette dernière partie. Tout d'abord, la taxation des émissions hors-UE de CO<sub>2</sub> importés indirectes au prix actuel observé sur le marché de L'ETS représente un montant de 5,21 Mds d'EUR, ce qui en comparaison avec le montant total récolté en 2018 de 8,9 Mds d'EUR par la CCE (dont 5,2 Mds d'EUR provenant des ménages) est d'un ordre de grandeur relativement équivalent en termes d'impact macroéconomique.

Ensuite, l'élargissement de l'assiette fiscale à d'autres biens et services que les produits énergétiques permet également de réduire l'aspect régressif de la taxe car la corrélation avec le niveau de revenu est plus forte pour l'empreinte carbone que pour les émissions directes. Ceci est d'autant plus vrai quand on intègre les comportements des ménages, la consommation des autres biens non-énergétiques et des services étant plus élastique à leur prix que les produits énergétiques, qui sont actuellement ceux soumis à une fiscalité carbone.

Enfin, il est possible d'avoir un mécanisme de redistribution qui tout en gardant la forme forfaitaire de transferts, puisse permettre par le biais d'un critère de discrimination supplémentaire d'assurer que la majeure partie des ménages parmi les plus exposés ne soient pas pénalisée financièrement par la fiscalité carbone, et ce, à des niveaux de couverture très proches de ceux d'une redistribution purement régressive avec le revenu.

S'il est indéniable que le gel de la trajectoire de prix de la CCE est un signal inquiétant quant à la capacité de la France à pouvoir suivre une dynamique de prix du carbone telle que la préconise le rapport Quinet, la forte hétérogénéité verticale en termes d'émission de CO<sub>2</sub> entre les ménages appelle à préciser les modalités de redistribution du produit de la taxe, et à mieux cibler les ménages les plus exposés. L'élargissement d'une fiscalité carbone aux émissions importées peut :

- Permettre d'augmenter la base fiscale et donc le revenu total à redistribuer, rendant possible le financement de mécanismes complémentaires et ciblés
- Rendre la fiscalité carbone relativement moins régressive avec le niveau de revenu qu'elle ne l'est déjà via la CCE en intégrant les émissions de CO<sub>2</sub> pour un panier de biens plus large
- Conduire à une effectivité du signal prix dans la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> qui soit plus grande que pour une fiscalité carbone circonscrite aux produits énergétiques (dont la consommation est moins élastique que pour les autres biens)



L'urgence climatique appelle à ne pas réduire nos efforts dans l'établissement d'une fiscalité carbone véritablement incitative, qui puisse accompagner la modification de nos structures de production et de consommation vers une économie décarbonnée. L'élargissement de la fiscalité verte à la fois dans une dimension spatiale par l'imposition des émissions importées, et dans une dimension matérielle par l'inclusion d'autres biens de consommation mérite selon nous d'être considérée comme une voie à explorer pour dépasser les blocages actuels qui entourent la fiscalité carbone en France.

## Références bibliographiques

- André, M., Biotteau, A.-L., and Duval, J., 2016, Module de taxation indirecte du modèle Ines.
- Banks, J., Blundell, R., and Lewbel, A., 1997, Quadratic Engel Curves and Consumer Demand. *The Review of Economics and Statistics* 79(2): 527–539.
- Berry, A., and Laurent, É., 2019, Taxe carbone, le retour, à quelles conditions ?, Sciences Po OFCE Working Paper n°06/2019.
- Bureau, D., Henriot, F., and Schubert, K., 2019, Pour le climat: une taxe juste, pas juste une taxe, Note du CAE N°50.
- Callonnec, G., Gouédard, H., and Jolivet, P., 2019, La Contribution Climat Solidarité: Une taxe carbone pour la transition écologique et pour plus de solidarité fiscale, Avis de l'ADEME
- Commissariat Général au Développement Durable, 2015, L'empreinte carbone. Les émissions 'cachées' de notre consommation
- Clerc, M., and Marcus, V., 2009, Élasticités-prix des consommations énergétiques des ménages., Document de travail N° 8 de la Direction des Etudes et des Synthèses Economiques, INSEE
- Deaton, A., and Muellbauer, J., 1980, An almost ideal demand system. *The American economic review* 70(3): 312–326.
- Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R., Timmer, M., and Vries, G. D. E., 2013, The Construction of World Input-Output tables in the WIOD project. *Economic Systems Research* 25(1): 71–98.
- Douenne, T., 2018, The vertical and horizontal distributive effects of energy taxes : A micro-simulation study of a French policy, FAERE Working Paper WP 2018.10
- Guillou, A., and Perrier, Q., 2019, Climat et Fiscalité: Trois scénarios pour sortir de l'impasse climatique, Note Terra Nova
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., and Geschke, A., 2013, Building EORA: A Global Multi-Region Input-Output Database at High Country and Sector Resolution. *Economic Systems Research* 25(1): 20–49.
- Mueller, M., and Pérez Domínguez, I., 2008, *Compilation of Social Accounting Matrices with a Detailed Representation of the Agricultural Sector (AgroSAM)*. Department of Agricultural Economics, Purdue University, West Lafayette, IN: Global Trade Analysis Project (GTAP).
- Owen, A., Steen-Olsen, K., Barrett, J., Wiedmann, T., and Lenzen, M., 2014, A structural decomposition approach to comparing MRIO databases. *Economic Systems Research* 26(3): 262–283.
- Peters, G. P., Andrew, R., and Lennox, J., 2011, Constructing an Environmentally-Extended Multi-Regional Input-Output Table Using the GTAP Database. *Economic Systems Research* 23(2): 131–152.
- Peters, J. C., 2016, The GTAP-Power Data Base: Disaggregating the Electricity Sector in the GTAP Data Base. *Journal of Global Economic Analysis* 1(1): 209–250.



- Ruiz, N., and Trannoy, A., 2008, Le caractère régressif des taxes indirectes : les enseignements d'un modèle de microsimulation. *Economie et statistique* 413(1): 21–46.
- Steininger, K., Lininger, C., Droege, S., Roser, D., Tomlinson, L., and Meyer, L., 2014, Justice and cost effectiveness of consumption-based versus production-based approaches in the case of unilateral climate policies. *Global Environmental Change* 24(1): 75–87.
- Temurshoev, U., and Timmer, M. P., 2010, Joint estimation of supply and use tables \*. *Papers in Regional Science* 90(4).
- Tukker, A., Koning, A. D. E., Wood, R., Hawkins, T., Lutter, S., Acosta, J., Rueda, J. M., Bouwmeester, M., Oosterhaven, J. A. N., Drosdowski, T., and Kuenen, J., 2013b, Exiopol-Development and illustrative analyses of a detailed global MR EE SUT/IOT. *Economic Systems Research* 25(1): 50–70.

# Index des tableaux et figures

## Tableaux <sup>(i)</sup>

Tableau 1: Décomposition de l'empreinte carbone en gaz à effet de serre par décile de niveau de vie .....	17
Tableau 2: Estimations d'élasticité prix pour les ménages français dans la littérature économique.....	21
Tableau 3: Élasticités de prix-consommation selon les estimateurs retenus .....	24
Tableau 4: Estimation des élasticités par quintile de niveau de vie pour les produits alimentaires et boissons non alcoolisées .....	24
Tableau 5: Synthèse des scénarios simulés .....	26

## Figures <sup>(i)</sup>

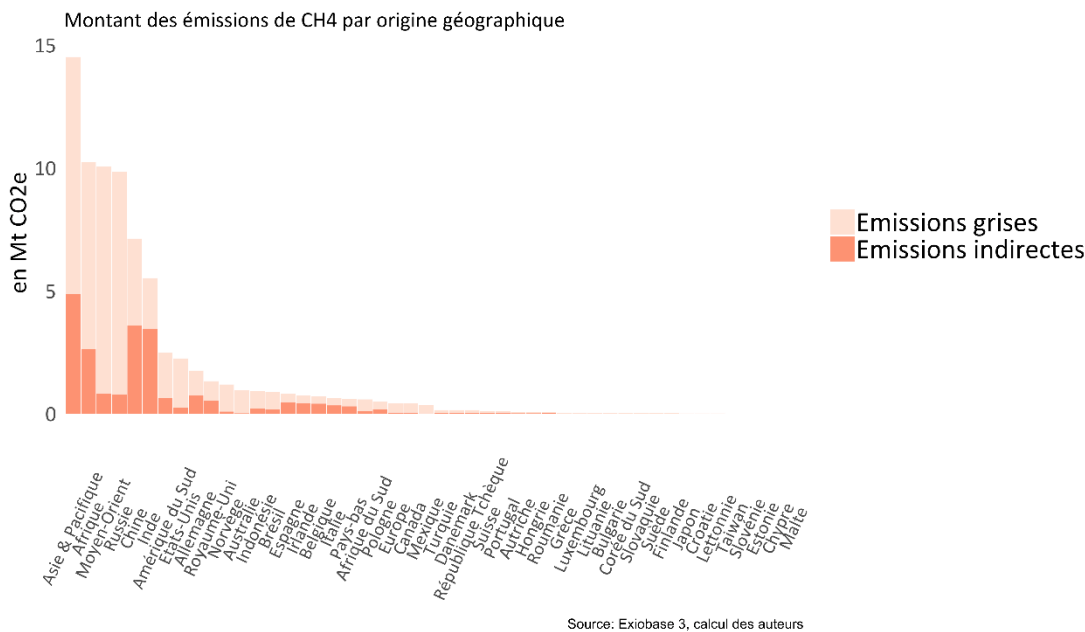
Figure 1: Exemple de l'empreinte carbone d'une voiture importée d'Allemagne .....	9
Figure 2 : Empreinte carbone de la France décomposée par type de GES .....	10
Figure 3: Montant des émissions de GES par origine géographique.....	10
Figure 4: Nomenclature de produits et correspondances utilisées .....	12
Figure 5: Empreinte carbone par produit (en nomenclature CPA 2).....	13
Figure 6: Intensité carbone des biens et services domestiques et importés (en KgCO <sub>2</sub> e/EUR).....	14
Figure 7: fonction de densité des émissions annuelles de CO <sub>2</sub> du parc automobile par ménage (hors combustion de carburants).....	16
Figure 8: Décomposition des émissions par source de GES et par décile .....	18
Figure 9: Décomposition des émissions de GES directes, indirectes et grises par décile de niveau de vie.....	18
Figure 10 : Décomposition des émissions de CO <sub>2</sub> directes, indirectes et grises par décile de niveau de vie.....	19
Figure 11: Distribution des émissions de GES par individu (gauche) et ménage (droite) en fonction de leur décile de niveau de vie.....	20
Figure 12: Impact fiscal d'une taxe carbone aux frontières à 25 euros la tonne de CO <sub>2</sub> e pour les activités soumises à l'ETS.....	27
Figure 13 : Une taxe carbone aux frontières sur les produits de l'industrie lourde .....	27
Figure 14: Écart inter décile pour chaque décile de niveau de vie d'une fiscalité carbone sur les émissions directes à 44,6 EUR la tonne de CO <sub>2</sub> – à gauche sans comportement – à droite, avec comportement .....	29
Figure 15: Coût budgétaire par décile de niveau de vie – à gauche sans comportement – à droite, avec comportement.....	30
Figure 16: Répartition de la population entre bénéficiaires et contributeurs nets par décile de niveau de vie selon les mécanismes de redistribution.....	30
Figure 17 : Répartition des recettes fiscales par décile de niveau de vie et en montant par produit .....	31
Figure 18: Écart inter décile pour chaque décile de niveau de vie d'une fiscalité carbone sur les émissions importées hors-UE à 25 EUR la tonne de CO <sub>2</sub> – à gauche sans comportement – à droite, avec comportement.....	32
Figure 19: Coût par décile de niveau de vie – à gauche sans comportement – à droite, avec comportement .....	33
Figure 20: Répartition des recettes fiscales par décile de niveau de vie et en montant par produit .....	34
Figure 21: Répartition de la population entre bénéficiaires et contributeurs nets par décile de niveau de vie selon les mécanismes de redistribution.....	35
Figure 22: Différence en points de % de la part des bénéficiaires nets entre une taxe carbone et un ajustement carbone aux frontières.....	36
Figure 23: Transferts budgétaires et montants de la fiscalité carbone par décile de niveau de vie.....	37
Figure 24: Part des bénéficiaires nets dans chaque décile de niveau de vie .....	38
Figure 25: Décomposition des émissions indirectes par zone géographique d'origine.....	44
Figure 26: Empreinte carbone par produit pour les différents gaz à effet de serre.....	47
Figure 27: Comparaison internationale de l'empreinte carbone (CO <sub>2</sub> ) par habitant.....	63

Figure 28: Evolution de la composante CO2 de l'empreinte carbone et des émissions de CO2 sur le territoire métropolitain.....	64
Figure 29: Décomposition des Émissions de GES de la France en 2012 .....	64
Figure 30: Emissions nationales de GES par français selon différents modèles MRIO .....	69
Figure 31: Empreinte carbone des GES par français selon différents modèles MRIO .....	69

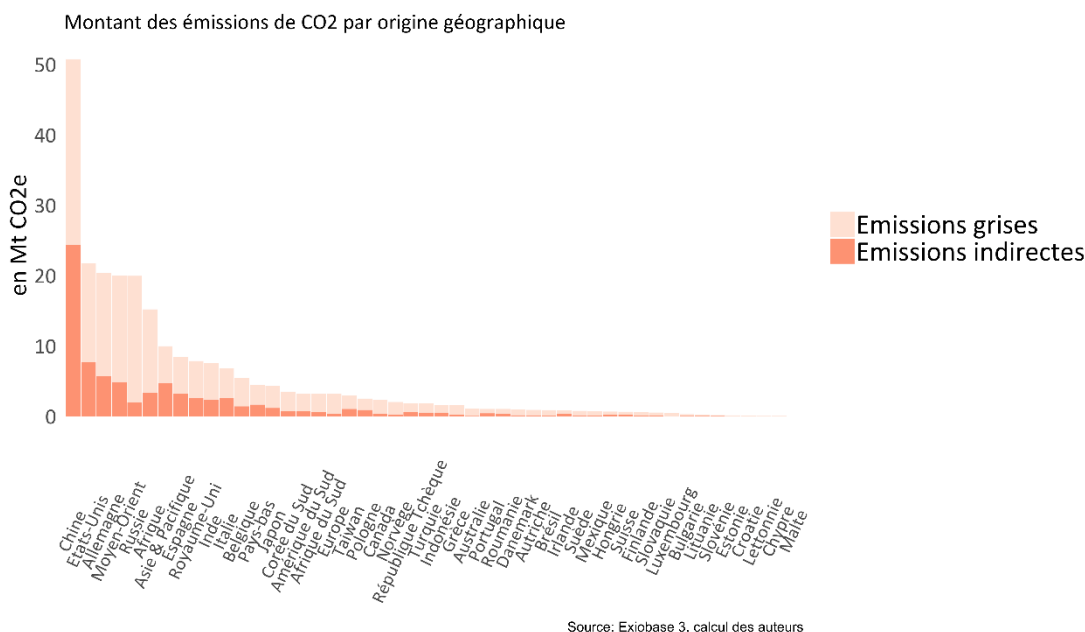


# Annexe 1 : décomposition de l’empreinte carbone par type de gaz à effet de serre

Figure 25: Décomposition des émissions indirectes par zone géographique d'origine



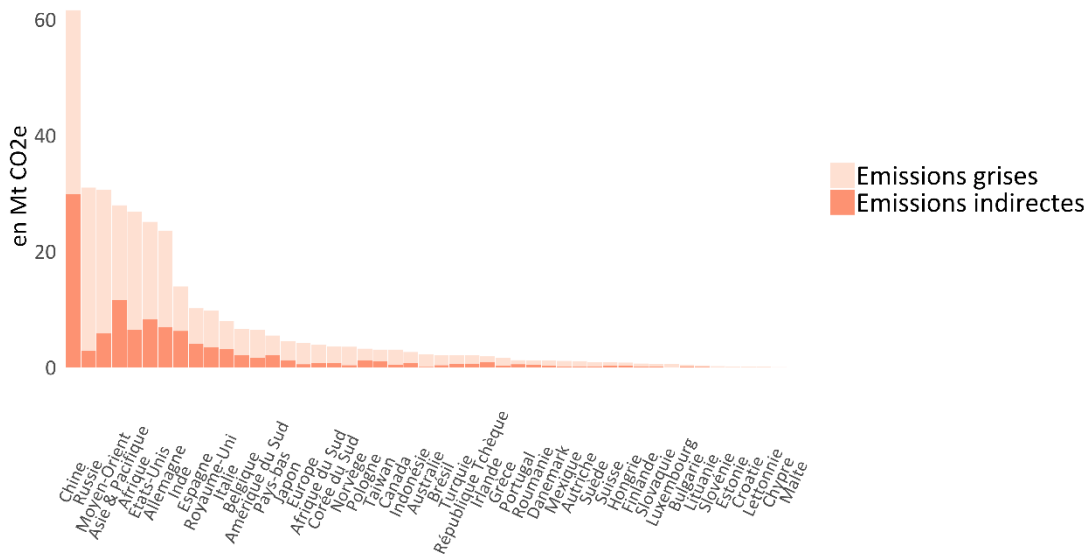
Source: Exiobase 3, calcul des auteurs



Source: Exiobase 3, calcul des auteurs

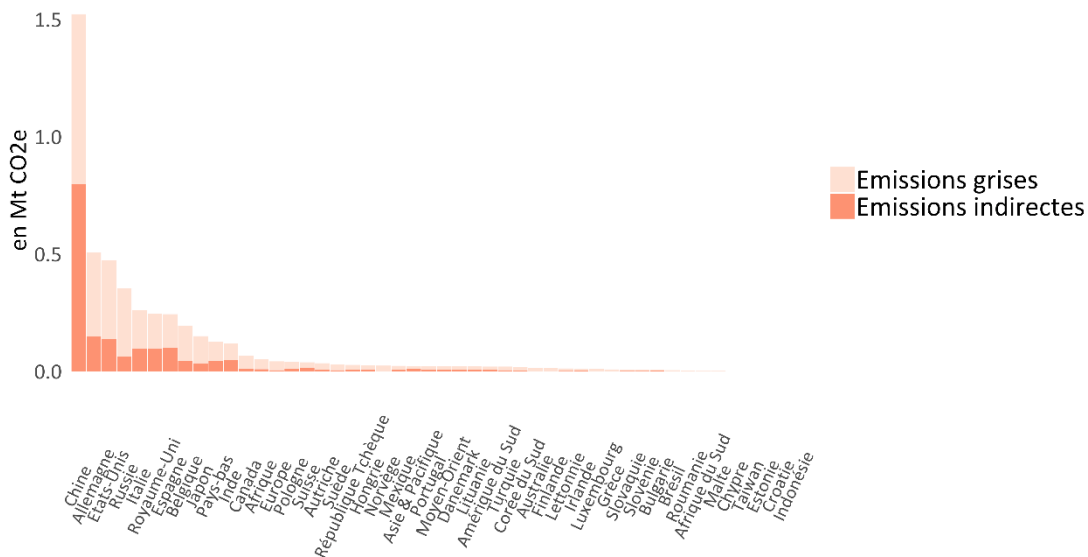


Montant des émissions de GES par origine géographique



Source: Eciobase 3, calcul des auteurs

Montant des émissions de HFC par origine géographique



Source: Eciobase 3, calcul des auteurs



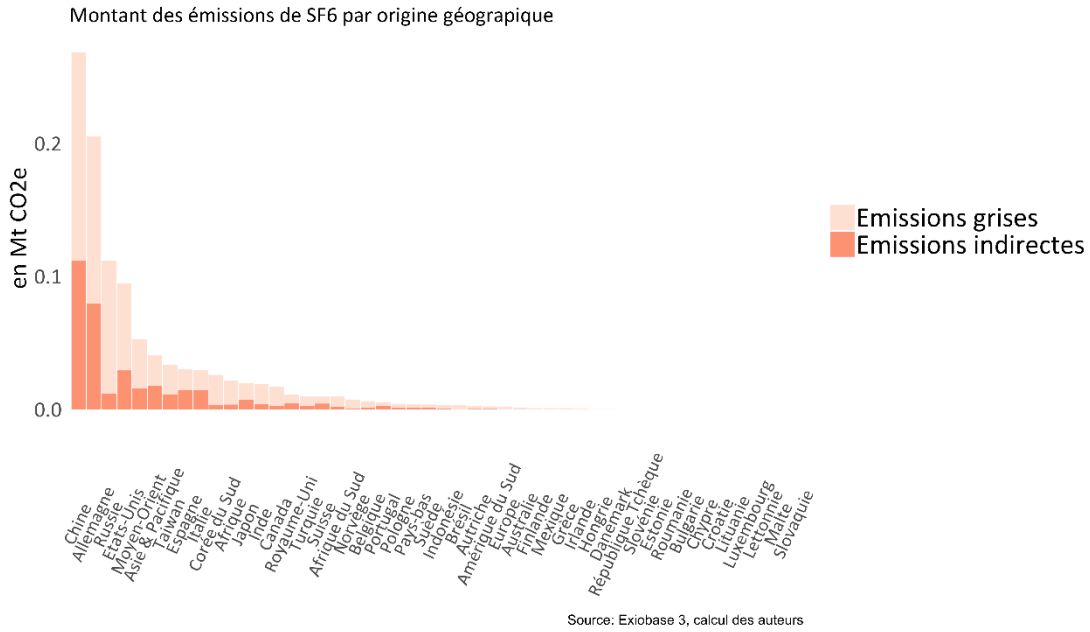
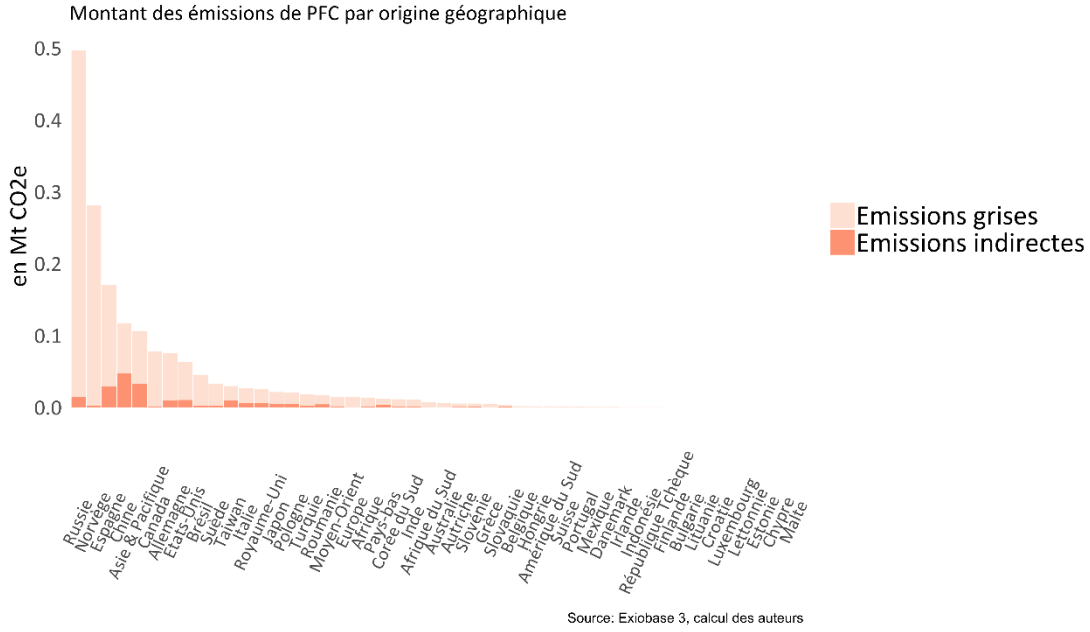
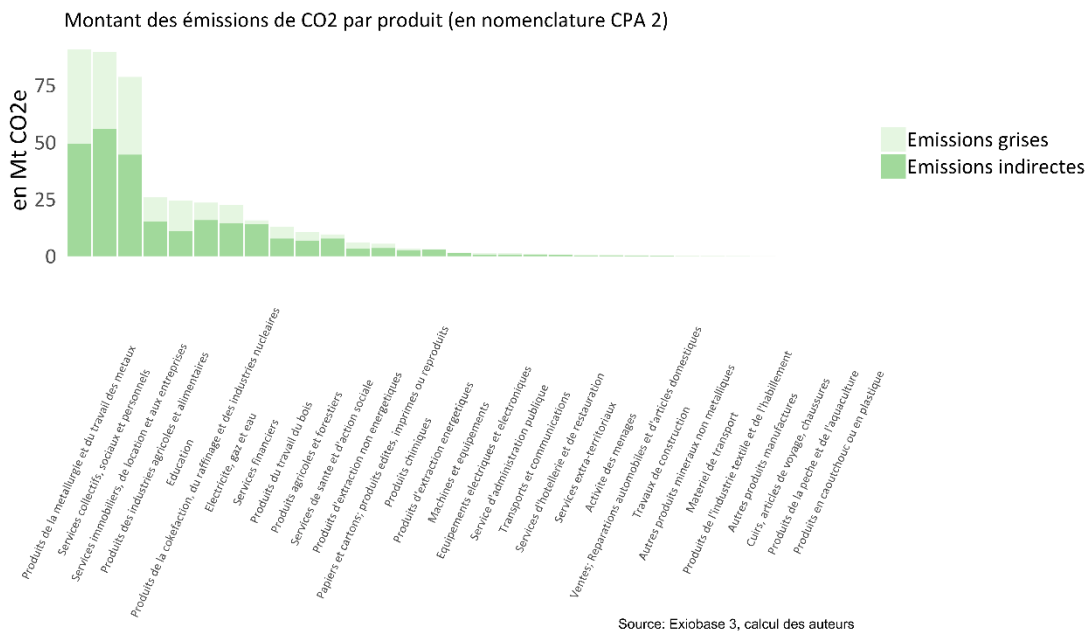
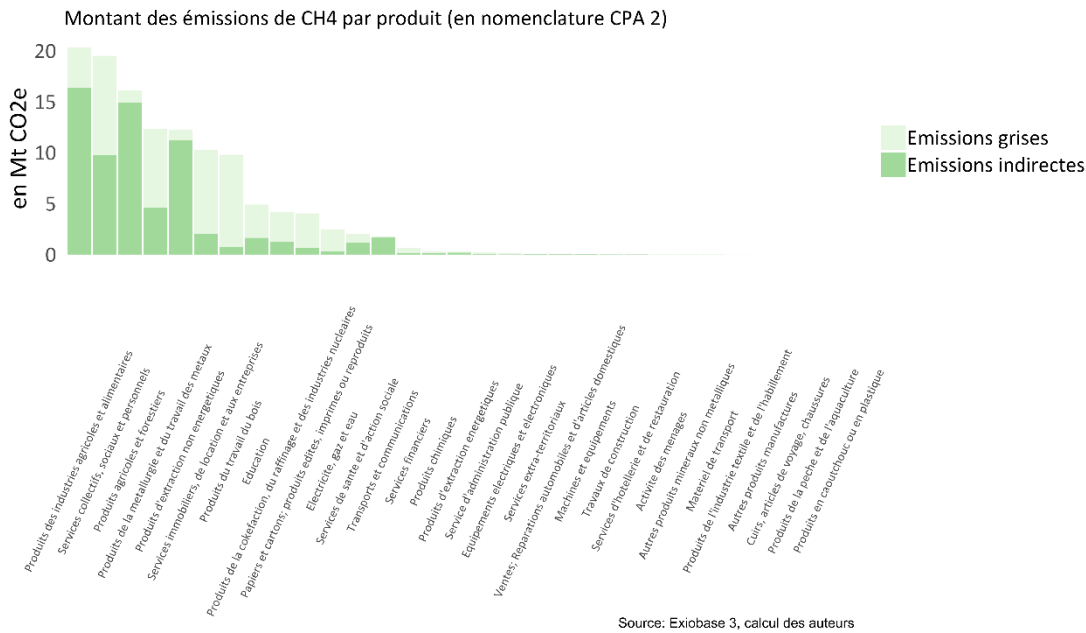
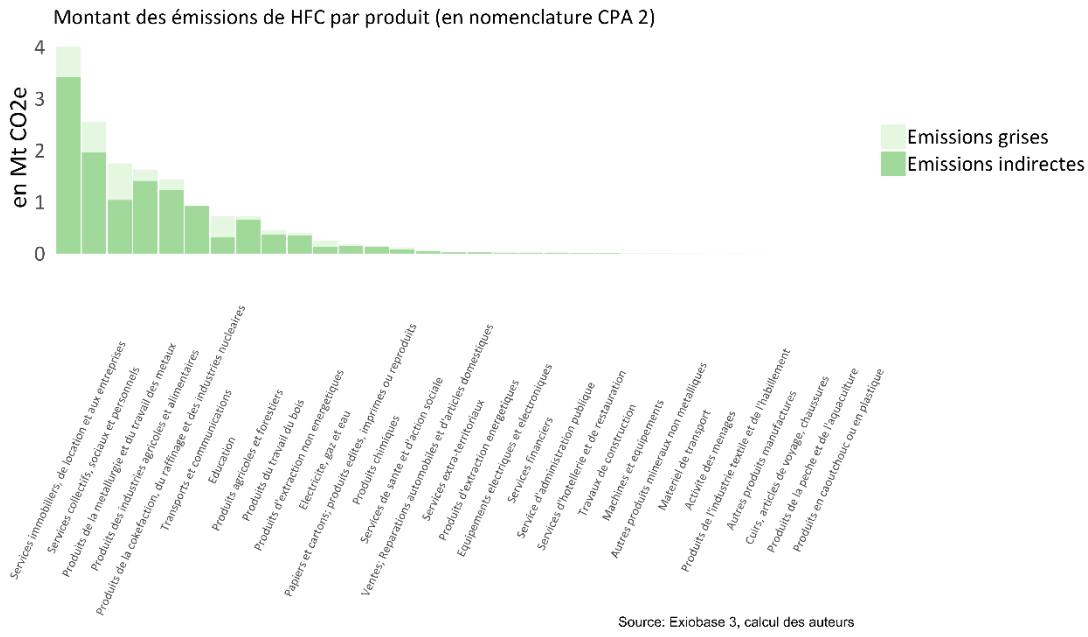
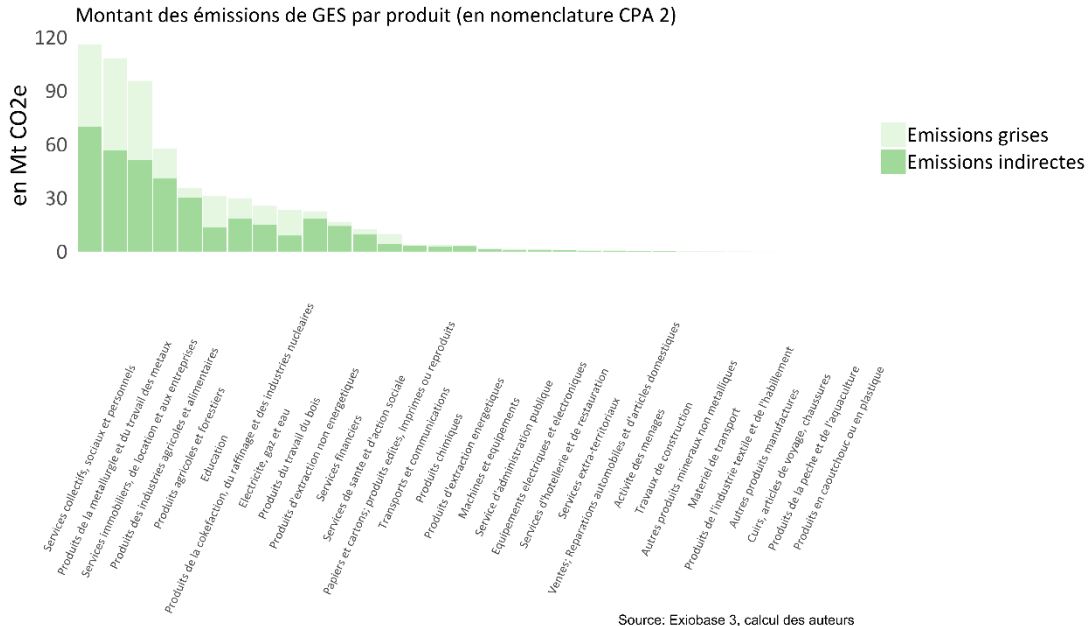
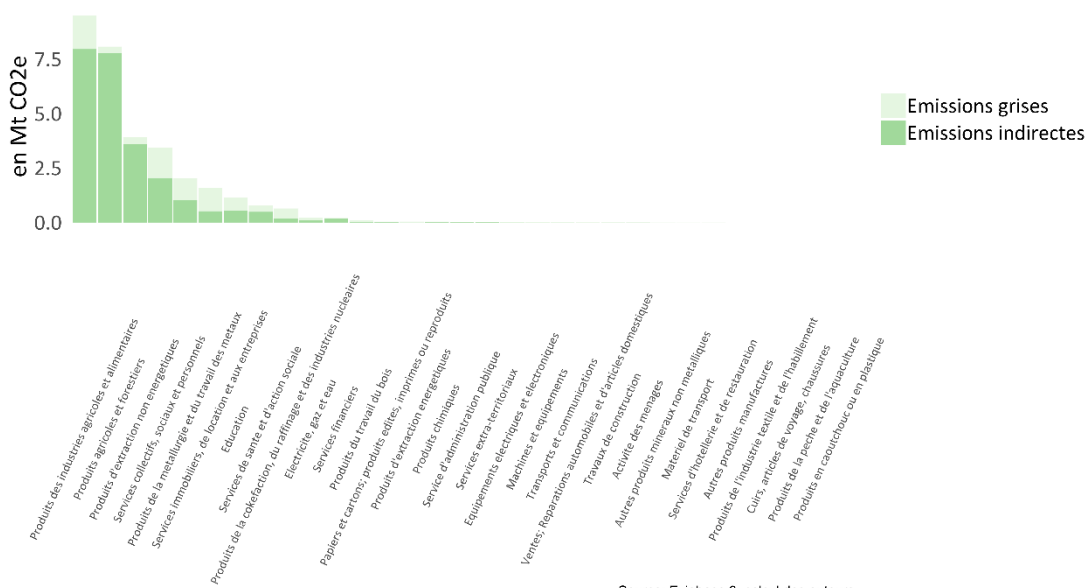


Figure 26: Empreinte carbone par produit pour les différents gaz à effet de serre





Montant des émissions de N2O par produit (en nomenclature CPA 2)



Source: Eriobase 3, calcul des auteurs

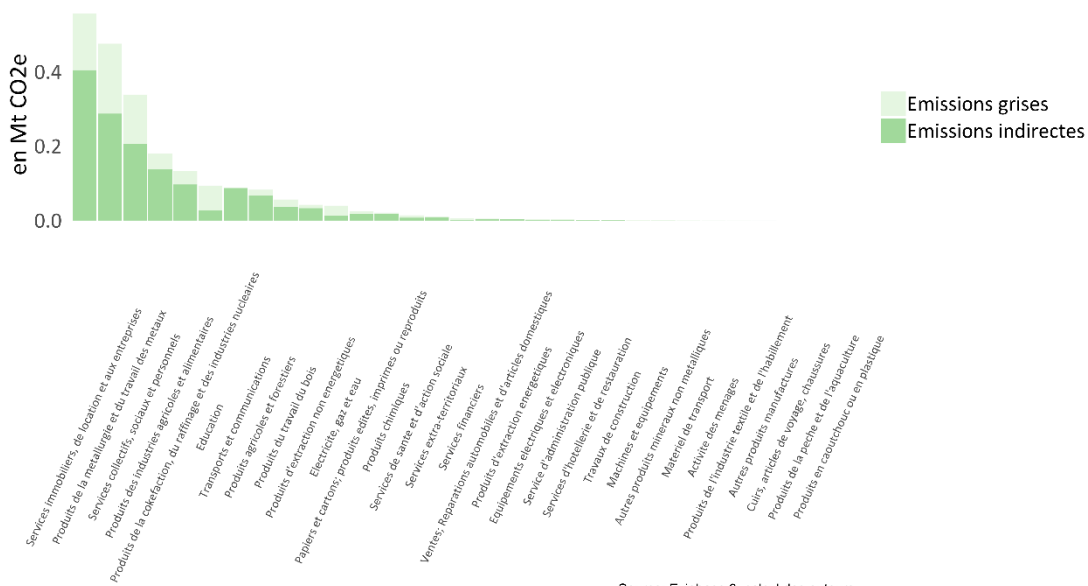
Montant des émissions de PFC par produit (en nomenclature CPA 2)



Source: Eriobase 3, calcul des auteurs



Montant des émissions de SF6 par produit (en nomenclature CPA 2)



Source: Exiobase 3, calcul des auteurs



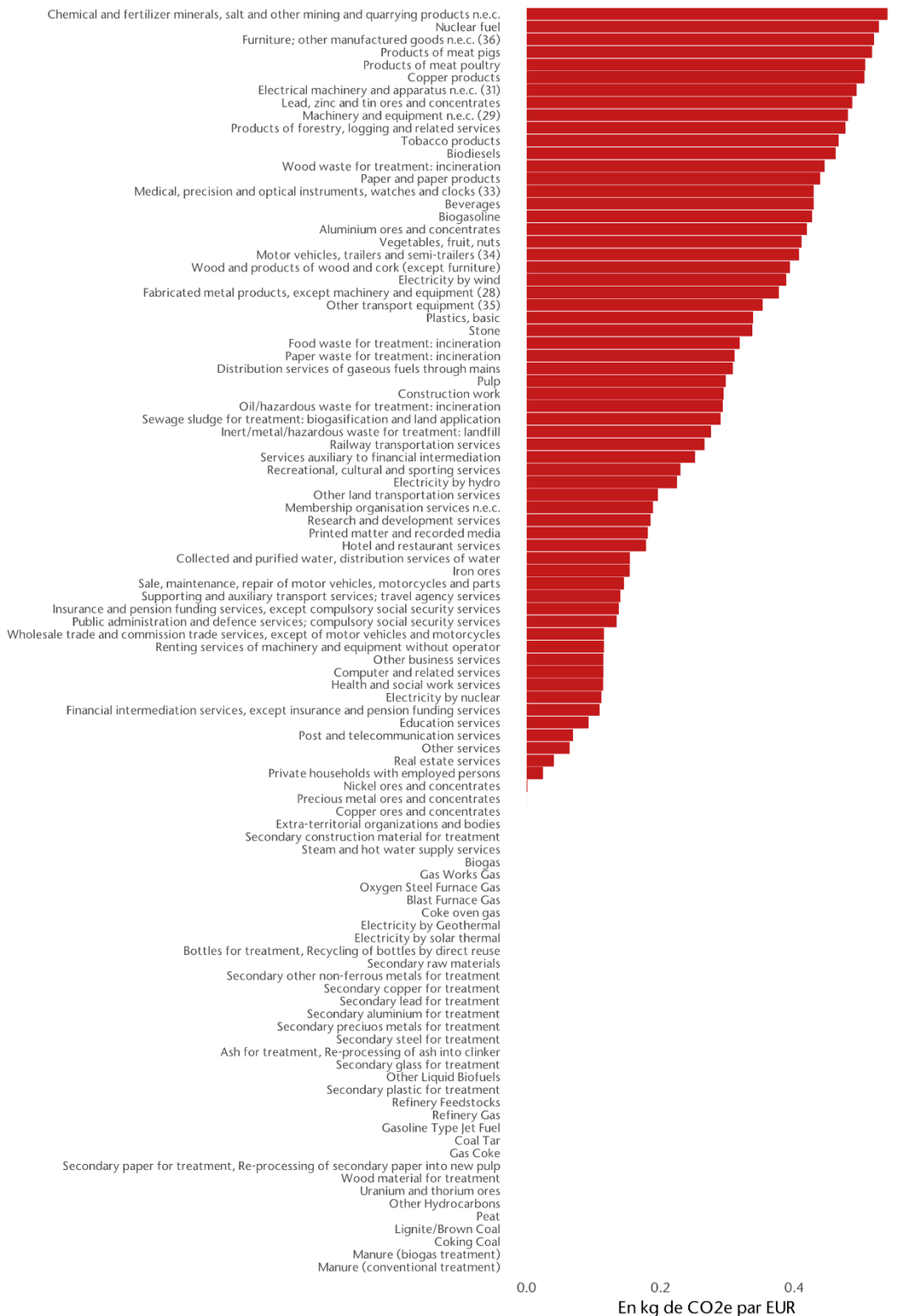
## Annexe 2 : Intensités carbone par produit

Cette partie regroupe les valeurs d'intensité carbone déterminées pour les différentes nomenclatures de produit retenues et pour l'ensemble des GES considérés. Les données par type de gaz à effet de serre sont fournies sur le site internet associé à ce rapport.





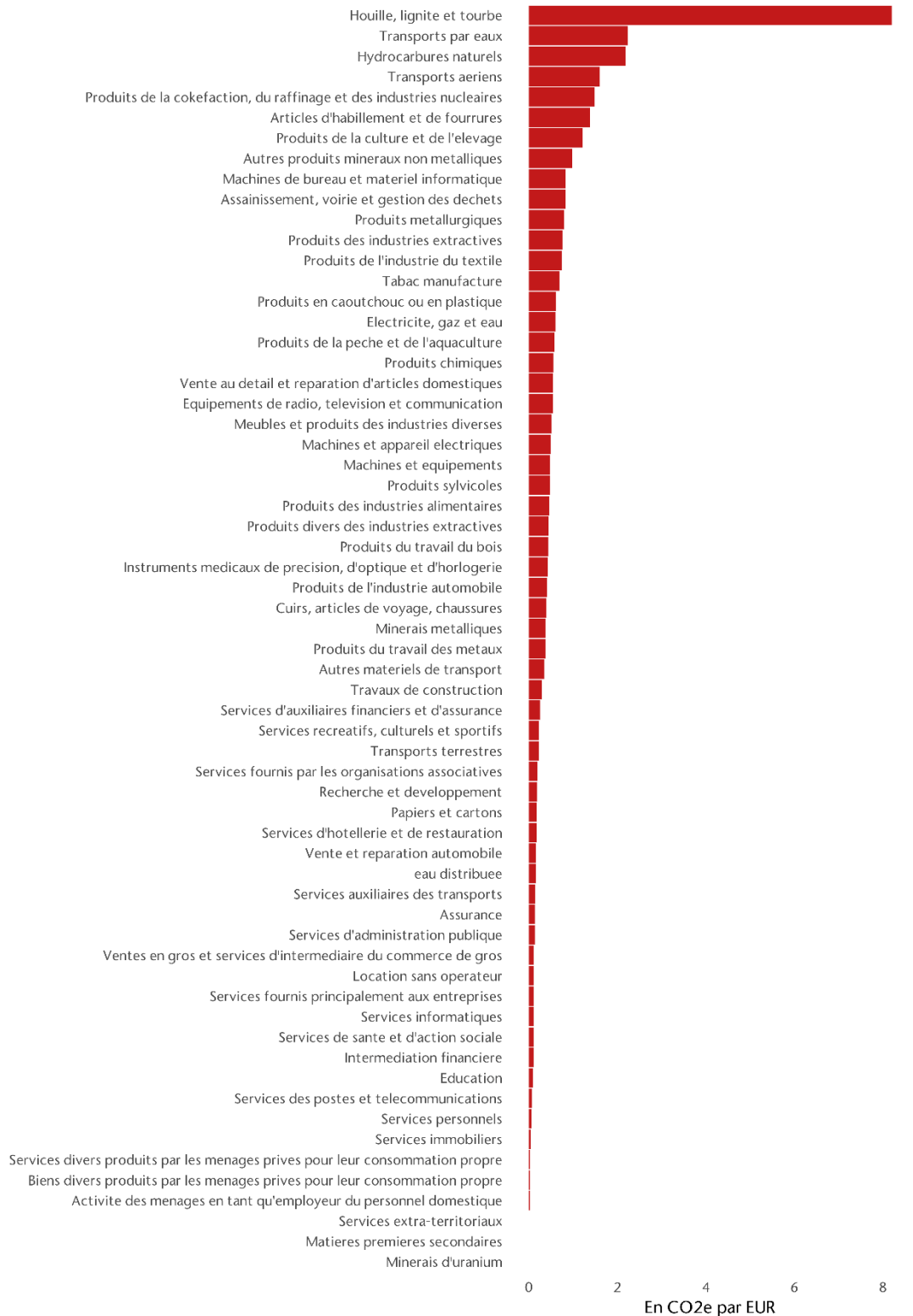
## Intensité carbone en GES par produit Nomenclature Exiobase - Partie II



Source: Exiobase 3, Calcul des auteurs



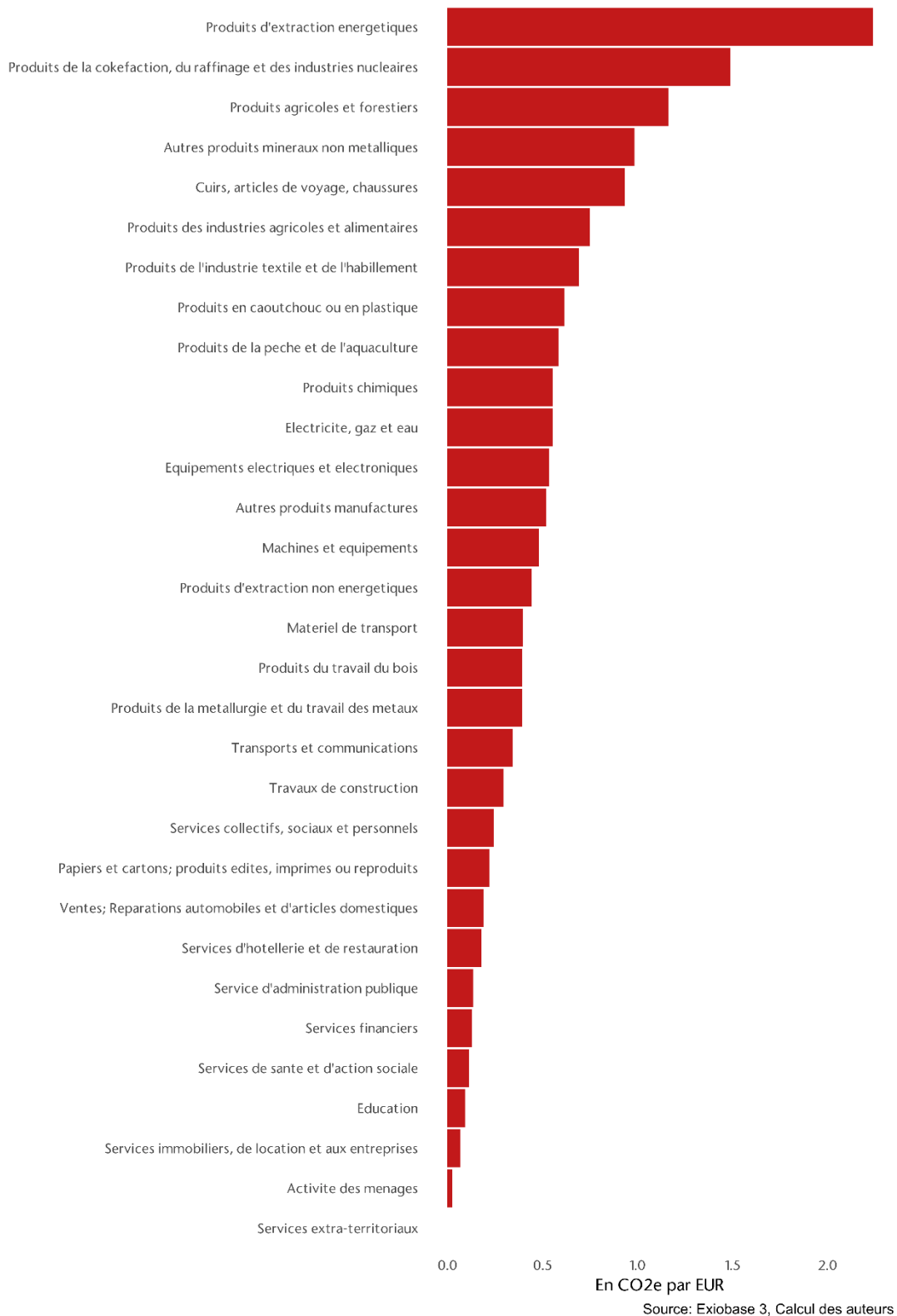
## Intensité carbone en GES par produit Nomenclature CPA3



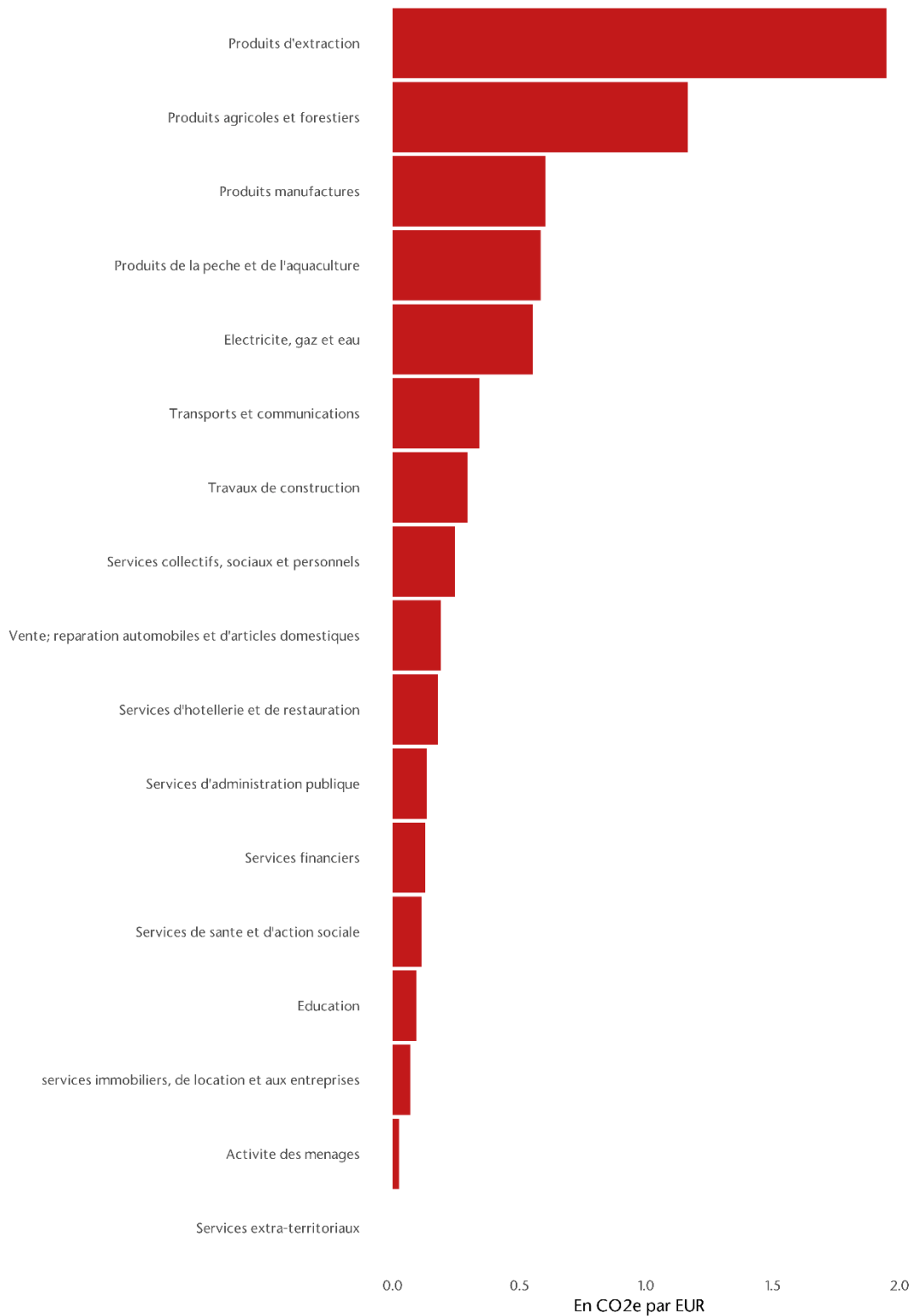
En CO2e par EUR  
Source: Exiobase 3, Calcul des auteurs



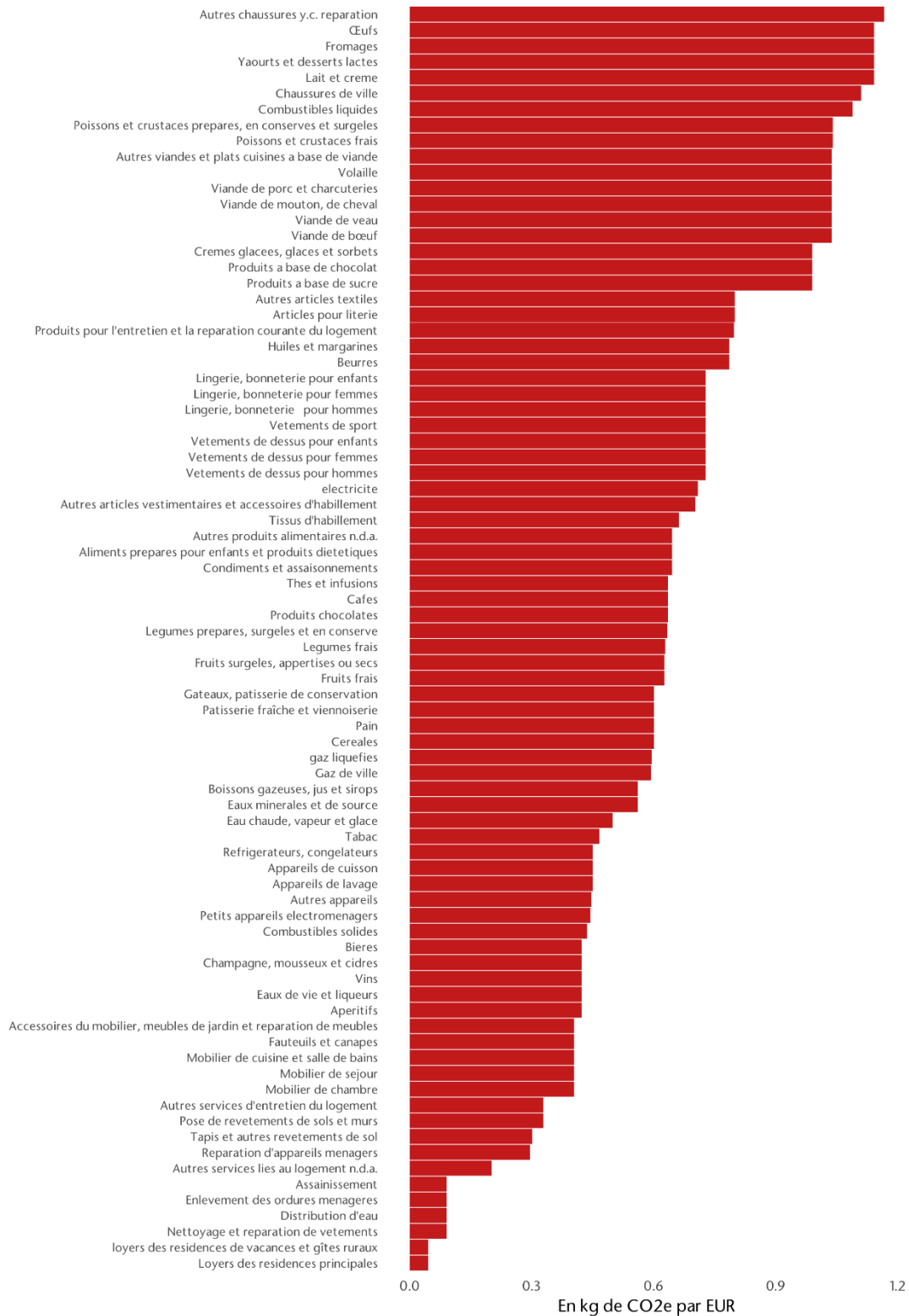
## Intensité carbone en GES par produit Nomenclature CPA2



### Intensité carbone en GES par produit Nomenclature CPA1



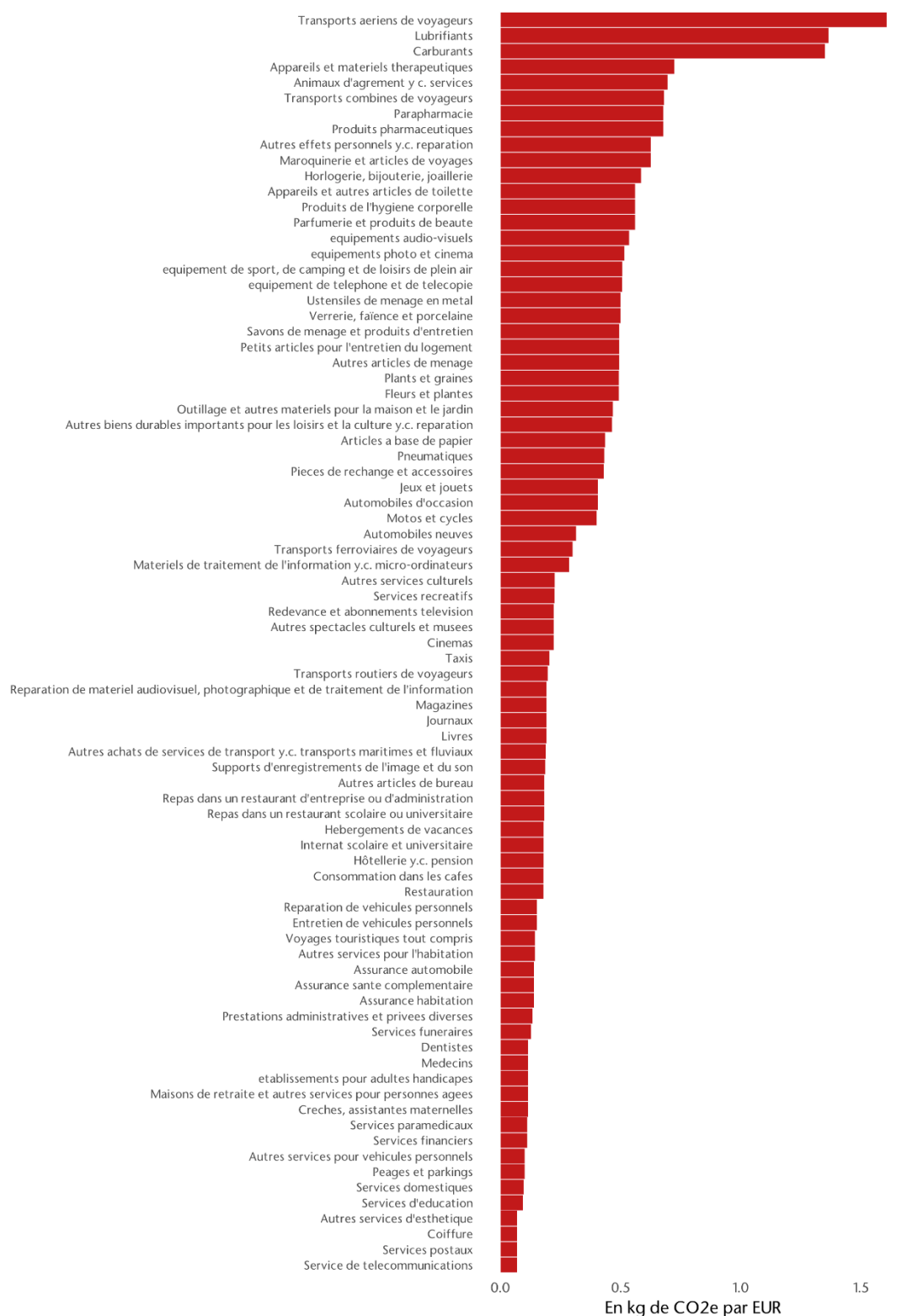
## Intensité carbone en GES par produit Nomenclature COICOP Niv.4 - Partie I



Source: Exiobase 3, Calcul des auteurs



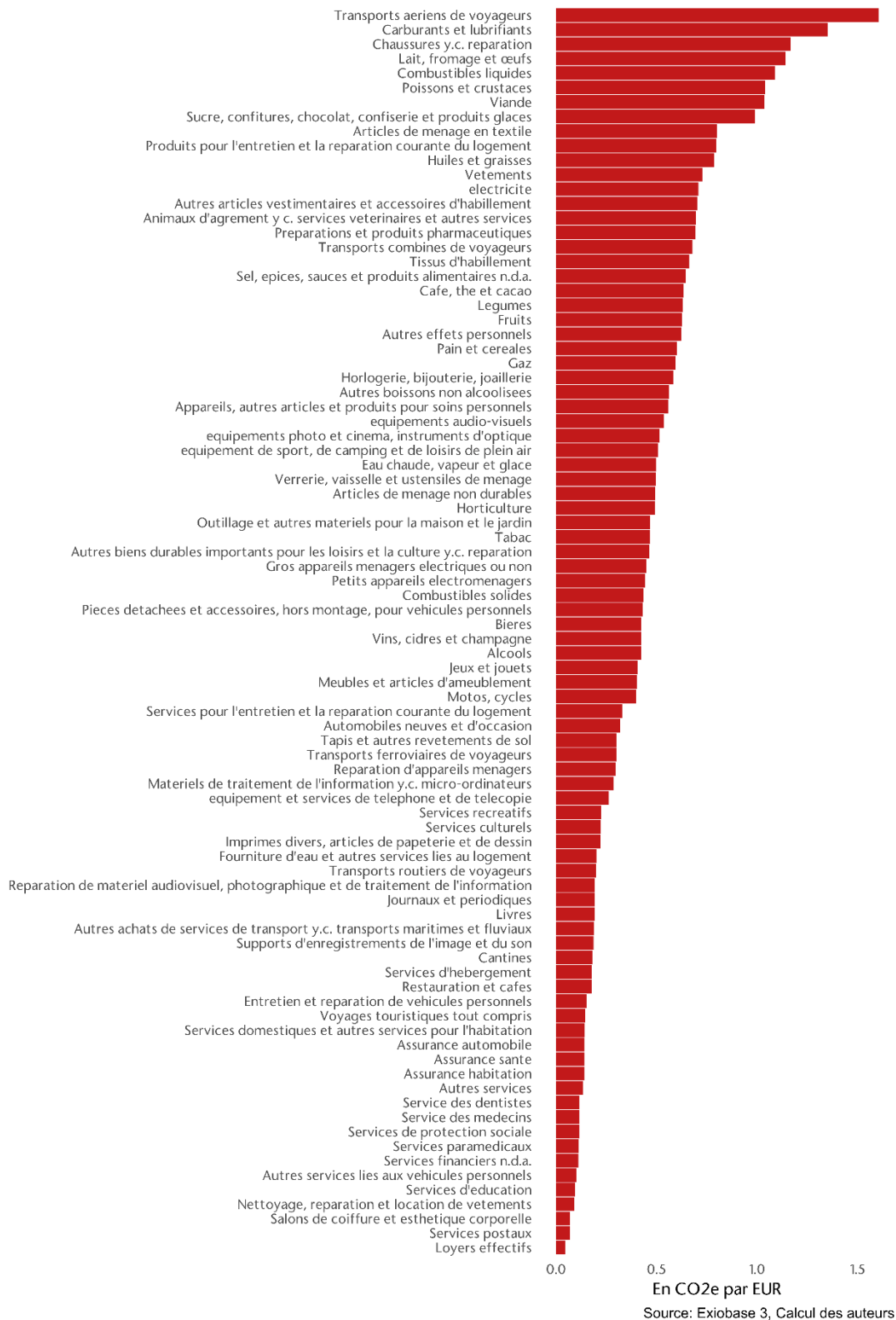
## Intensité carbone en GES par produit Nomenclature COICOP Niv.4 - Partie II



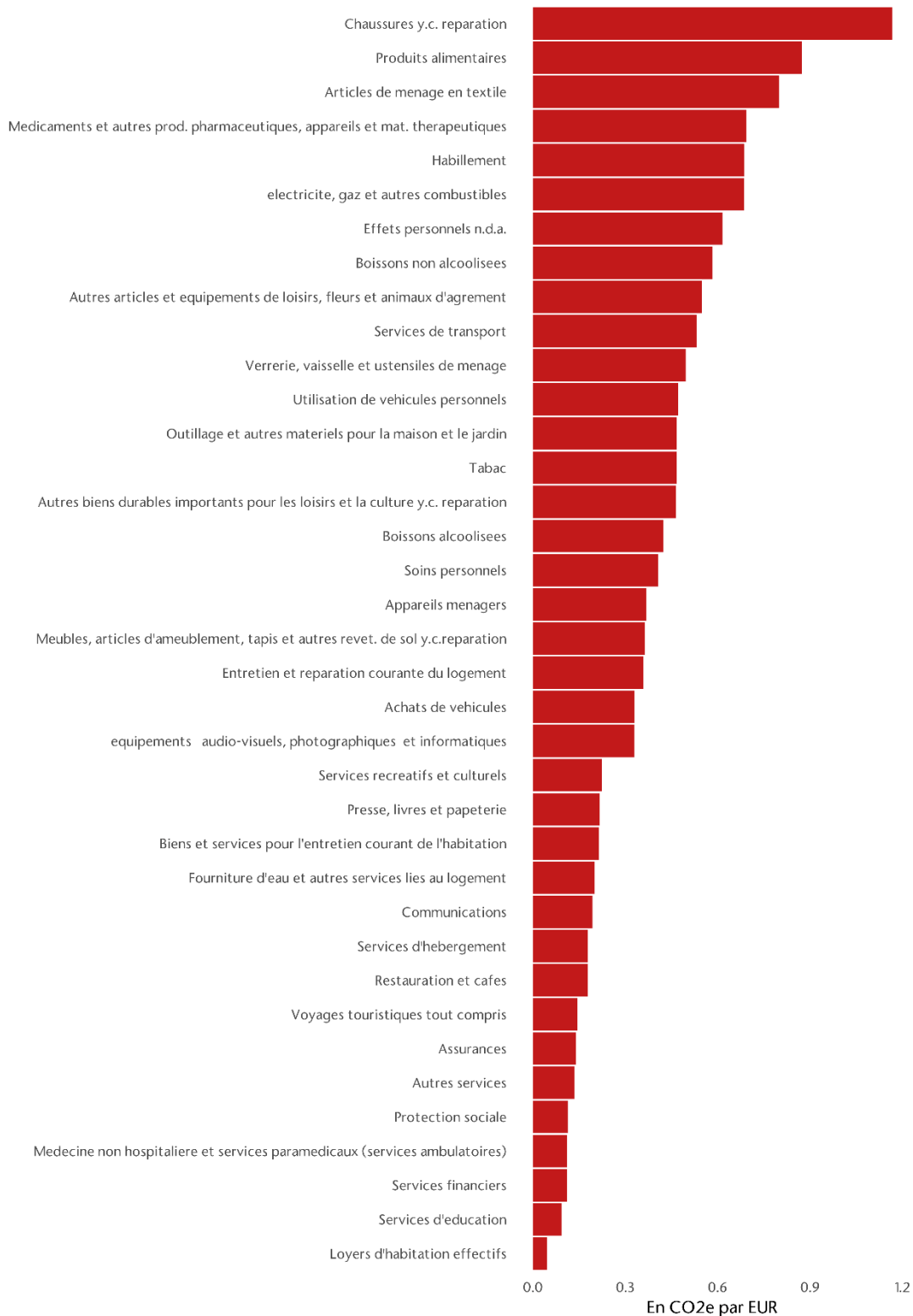
Source: Exiobase 3, Calcul des auteurs



Intensité carbone en GES par produit  
Nomenclature COICOP3



### Intensité carbone en GES par produit Nomenclature COICOP2



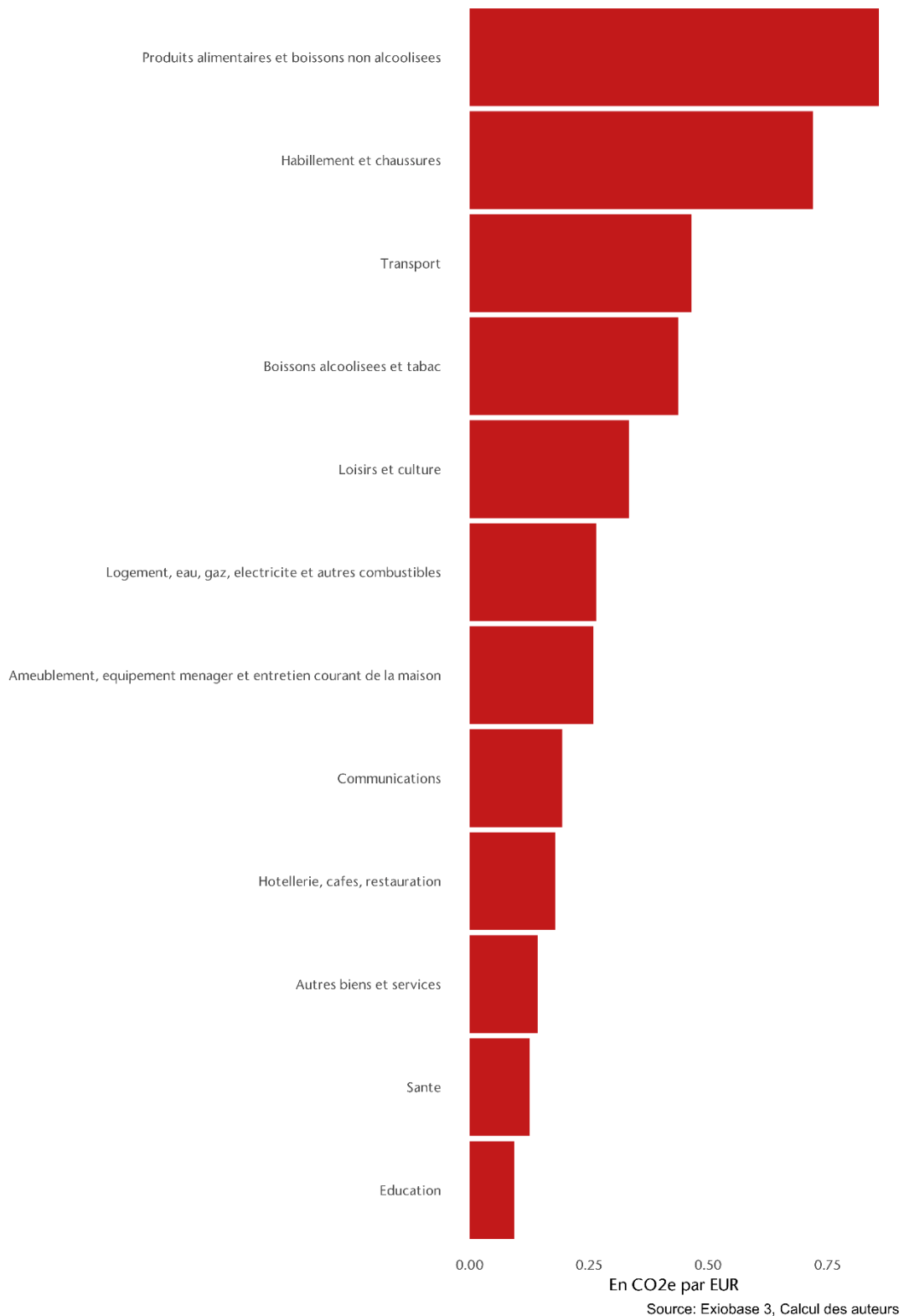
En CO2e par EUR

Source: Exiobase 3, Calcul des auteurs





### Intensité carbone en GES par produit Nomenclature COICOP1



## Annexe 3 : Comptabilité carbone, un état des lieux

Si la question de l'impact des émissions de gaz à effet de serre sur la stabilité du système climatique s'est confirmé depuis plusieurs décennies déjà, la mise en œuvre d'une action politique, concertée, globale et pertinente à l'échelle du globe s'est révélée un processus beaucoup plus long, et laborieux. La pierre angulaire d'une telle action, qui s'est concrétisé par la signature de l'Accord de Paris en décembre 2015 repose sur la reconnaissance d'une responsabilité *commune, mais différenciée* de l'ensemble des pays signataires. Or, il ne peut s'exprimer une telle reconnaissance de cette responsabilité sans un système d'information fiable sur la réalité de nos émissions. Là est l'objet de la comptabilité carbone ; pouvoir estimer le plus finement possible, le volume des émissions des différents gaz à effet de serre. Toutefois, aussi précise et complète que pourrait être cette comptabilité, la question de l'imputation finale de ces émissions n'en reste pas moins sujette à débat. A qui reviendrait la responsabilité morale de ces émissions ? Le producteur, souverain dans le choix de technologie de production ou le consommateur, qui par l'expression de ses préférences détermine une production, tributaire finalement de cette demande ? Si cette question s'apparente plus à une question éthique qu'économique, les conséquences n'en sont pas moins structurantes dans la mesure de ces émissions. Et ceci d'autant plus dans un contexte de dynamique d'intégration du système de production à l'échelle du globe, associée à une polarisation de la division du travail internationale entre activités fortement émettrices (comme l'industrie lourde) vers les pays émergents et celles qui le sont moins (les activités de service) restant majoritairement dans les pays développés. Bien qu'historiquement, la comptabilité carbone s'est cantonnée à l'échelle d'un territoire donné, pour des raisons évidentes de souveraineté politique dans le contrôle des émissions, le découplage croissant observé dans la grande majorité des pays développés entre les émissions nationales, et celles induites par la consommation des habitants de ces mêmes pays nous amènent à devoir considérer « ces émissions importées » comme partie intégrante d'une stratégie de décarbonation de nos économies, qui ne soit pas simplement basée sur un transfert géographique d'activités polluantes, appelé communément « fuite de carbone » (*carbon leakage*).

### Les émissions importées : L'angle mort de la lutte contre le réchauffement climatique

La comptabilité carbone est un champ qui s'est considérablement développé sous l'effet d'une prise de conscience des menaces que font peser le réchauffement climatique sur les activités humaines, lui-même directement liés à la hausse croissante des émissions de gaz à effet de serre.

### Contexte historique du développement d'une comptabilité carbone

La Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), adoptée au cours du Sommet de la Terre à Rio en 1992 a conduit à la mise en place des inventaires nationaux de Gaz à Effet de Serre (GES) au sein des territoires des pays signataires, étape nécessaire pour déterminer les responsabilités et les efforts de chacun dans la mise en œuvre de politique de réduction des GES. Cette comptabilité s'est révélée être un élément de suivi des politiques de réduction des émissions de GHG initiées par certains pays développés, (dits de l'Annexe I) à la suite de la ratification du protocole de Kyoto en 1997. L'enjeu de la comptabilité carbone est de renseigner à l'aide d'une méthodologie comptable commune le volume total des émissions de GES pour ensuite identifier les actions visant à leur réduction. L'approche privilégiée de la comptabilité carbone par le prisme de la production est la conséquence selon nous de plusieurs facteurs :

- Dans la mesure où seuls les pays développés étaient à cette époque soumis à un accord contraignant et de facto responsables de presque 67% des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> en 1990<sup>30</sup>
- L'approche producteur s'avère être plus aisée à mettre en œuvre dans la mesure où elle se fonde sur les principes de la comptabilité nationale.

<sup>30</sup> A noter que cette part est passée à 40,5% en 2013 avec une baisse de 6,2% entre 1990 et 2013 des émissions de CO<sub>2</sub> issus des pays de l'Annexe I (Source : *Key Figures on the environment 2015 edition*, SOeS)



- L'approche producteur permet la mise en œuvre de politique de décarbonation qui ne soient pas nécessairement coordonnées avec celles d'autres pays

L'adoption en décembre 2015 lors de la 21<sup>ème</sup> conférence des parties à Paris (COP21) d'un accord global, sans distinction entre pays développés et en développement, fondé sur le principe de contributions volontaires nationales (*Intended Nationally Determined Contributions* - INDC) marque une rupture avec le protocole de Kyoto qui était le seul accord contraignant en vigueur jusqu'à présent. En effet l'implication de l'ensemble des pays dans un processus de décarbonation s'est effectuée de manière autonome et décentralisée. Si l'on peut saluer la signature de l'Accord de Paris, il est toutefois nécessaire de rester prudent quant à son ambition, qui reste jusqu'à présent bien en-deçà de ce qu'il serait nécessaire pour rester dans la limite d'une hausse des températures de 2°C. Or, à l'heure actuelle, l'ensemble des engagements des différentes contributions volontaires nationales conduiraient à une hausse probable des températures de l'ordre de 2,8<sup>31</sup>°C.

### **Encadré 3 : Périmètres retenus dans la comptabilité carbone**

**Bien que dans une approche globale, l'origine géographique des émissions de GES est neutre dans son effet sur le changement climatique, il n'en est pas moins nécessaire d'un point de vue comptable de distinguer plusieurs périmètres. En effet, dans une logique de responsabilisation comme celle d'une aide à la décision, pouvoir classer les émissions reste centrale, notamment pour permettre une identification des leviers d'actions pertinents à leurs réductions. La méthodologie considérée généralement repose sur les normes internationales ISO-14064-1 ainsi que le GHG Protocole et distingue trois catégories (ou scope) :**

**Scope 1 : Émissions issues directement par l'activité conduite par l'organisation**

**Scope 2 : Émissions issues indirectement par l'usage d'énergie, que ce soit la consommation d'électricité, de vapeur ou de chaleur**

**Scope 3 : Émissions issues indirectement par les activités annexes, en amont et en aval d'une organisation.**

Concernant la France, la conduite d'une comptabilité carbone est devenue obligatoire pour les organisations de grande taille<sup>32</sup> en France depuis 2010 avec l'introduction de la Loi portant Engagement National pour l'Environnement<sup>33</sup>. Sont concernés par cette loi, les émissions directes des organisations (Scope 1), ainsi que celles indirectes liées à l'énergie (Scope 2), la comptabilisation des émissions indirectes (Scope 3) restant seulement recommandée. Cette réglementation a toutefois été complétée en 2016 par l'article 225 du code de commerce qui oblige les entreprises de plus de 500 employés et plus de 100 M d'EUR de Chiffre d'Affaires à notifier comme information extra-financière les postes significatifs des émissions directes et indirectes (Scope 3 inclus donc). Toutefois le périmètre concerné par l'ensemble Scope 3 conduit à une double comptabilité des émissions d'un point de vu global puisque celui-ci concerne à la fois celles en amont d'une activité, ainsi que celles en aval. Or d'un point de vue macroéconomique et sur l'ensemble de la chaîne de valeur, l'amont d'entreprises constituent par ailleurs également l'aval d'autres entreprises. Aussi pertinente que soit cette catégorisation à l'échelle d'une organisation (au niveau microéconomique) elle ne peut être mobilisée dans le cadre d'une analyse sur l'ensemble de la chaîne de valeur (non additive au niveau macroéconomique). Par extension Le concept d'empreinte carbone vise ainsi à estimer le volume total de gaz à effet de serre émis lors d'une activité humaine, cette dernière pouvant être rattachée au processus de production d'un produit, rassemblée autour d'une organisation, ou circonscrite à celle d'un individu.

<sup>31</sup> <http://www.climateactiontracker.org/>

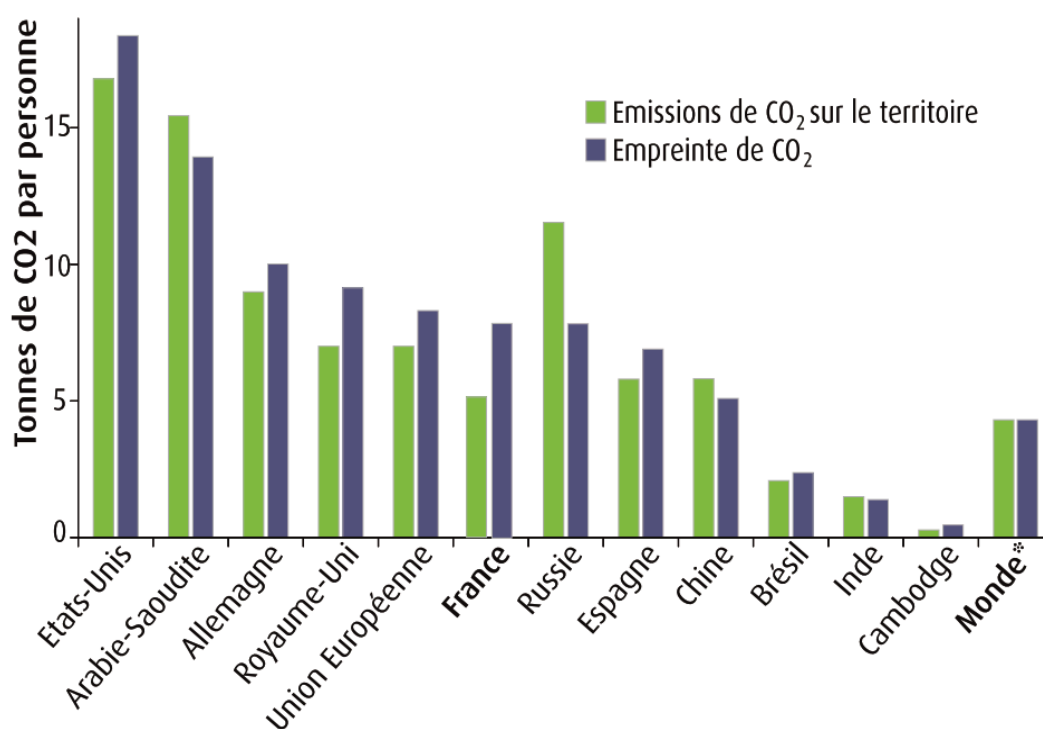
<sup>32</sup> Entreprises de plus de 500 salariés et collectivités de plus de 50 000 habitants

<sup>33</sup> Loi n° 2010-788 du 12 Juillet 2010

## Division internationale du travail : Fragmentation de la chaîne de production mondiale

Si le principe de Responsabilité Commune mais Différenciée, reste la pierre angulaire sur laquelle s'est construite un accord climat international, il n'en reste pas moins que la structure actuelle de la division internationale du travail soulève plusieurs questions quant à la définition même de cette responsabilité. Plusieurs auteurs se sont intéressés à cette question de justice sociale (Steininger et al., 2014). Selon eux, l'approche basée sur le consommateur est vue comme plus juste concernant les pays en développement qu'une comptabilité-producteur dans la mesure où elle inciterait plus fortement les consommateurs des pays développés à changer leurs habitudes de consommation (Zhou et al. 2010). La divergence croissante entre les montants estimés entre ces deux approches s'est aggravée avec le développement des industries manufacturières exportatrices dans les PVD, Chine en tête<sup>34</sup> mais également ceux exportateurs de ressources fossiles, comme l'Arabie Saoudite et la Russie (voir Figure 27). Le cas de la Chine est révélateur de ce nouveau processus de division internationale de la production puisque que 55% de la croissance des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> entre 1990 et 2008 proviennent de la Chine et dont 30% d'entre elles sont dues aux exports.

Figure 27: Comparaison internationale de l'empreinte carbone (CO<sub>2</sub>) par habitant



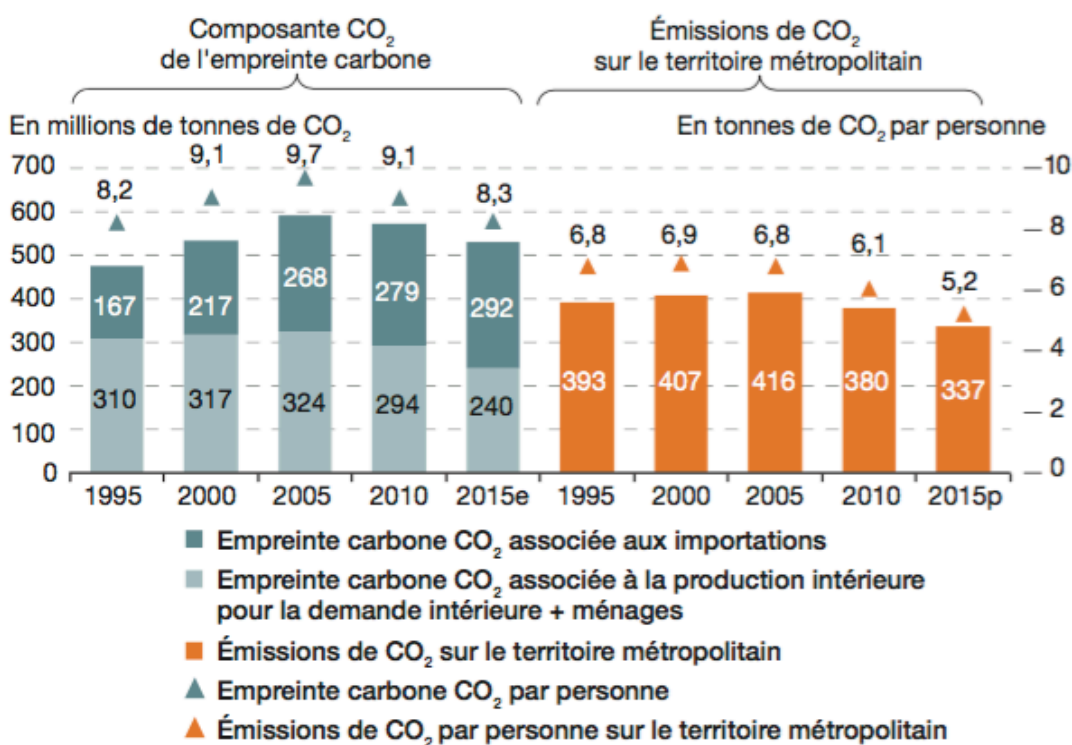
Source : SDES « L'empreinte carbone : les émissions « cachées de notre consommation » 2015

Ces transferts d'émission croissent à un rythme moyen annuel de 17%, bien supérieur à celui de la réduction domestique de leurs émissions. Dit autrement, l'empreinte carbone des pays développés n'a cessé d'augmenter.

Dans le cas de la France, représentatif de la grande majorité des pays développés, la diminution constatée des émissions liées à la production nationale depuis plus de 15 ans, s'est accompagnée par une hausse continue de celles provenant des importations. L'empreinte carbone des français en 2015 serait ainsi équivalente à celle de 1995. Par ailleurs, à noter que désormais, les émissions importées sont supérieures à celles issues de la production intérieure destinés à la consommation domestique (voir figure 25)

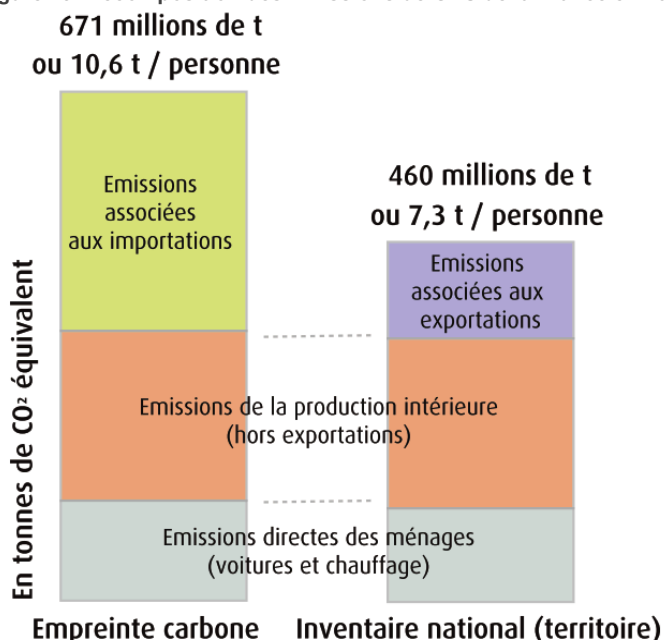
<sup>34</sup> A titre d'exemple, 30% des émissions mondiales issues du commerce international proviennent de la Chine

Figure 28: Evolution de la composante CO<sub>2</sub> de l'empreinte carbone et des émissions de CO<sub>2</sub> sur le territoire métropolitain



Source : SDES « L'empreinte carbone : les émissions « cachées de notre consommation » 2015 (données AIE, Citepa, Douanes ; Eurostat ; Insee)

Figure 29: Décomposition des Émissions de GES de la France en 2012



Source : SDES « L'empreinte carbone : les émissions « cachées de notre consommation » 2015

Les difficultés méthodologiques liées à l'identification des émissions associées aux importations résident principalement dans la décomposition tout le long de la chaîne des différentes activités intermédiaires, source d'émission, qui peuvent se trouver dans différentes régions géographiques et de fait être imputés à différents systèmes de comptabilité carbone. En effet, les émissions importées ne se cantonnent pas seulement à celles issues des partenaires commerciaux directs, mais également aux relations commerciales que ces derniers entretiennent avec d'autres pays, et ainsi de suite.

Afin de pouvoir comptabiliser ces émissions importées, il faut dès lors connaître l'ensemble de la chaîne de valeur, qu'elle se constitue au sein d'un même territoire, mais également issus d'échanges commerciaux multilatéraux.

## Comptabiliser les émissions importées : L'apport des modèles multirégionales entrées-sorties

Dans la mesure où ce qui différencie l'approche producteur de l'approche consommateur dans la comptabilité carbone sont les émissions nettes importées, il apparaît nécessaire de pouvoir les identifier finement afin de déterminer leur volume réel.

De vastes programmes de recherche ont émergé dans les années 90 pour identifier les flux de commerce international entre différentes régions du monde et par produit. Ces modèles, dits MRIO, visent à coupler les données Input-Output nationales avec la matrice de commerce international et ceci, afin de caractériser les flux monétaires, à la fois par type de produit, mais également par origine et destination géographique. A ces modèles de flux de biens et services, ont été également ajoutés des modules environnementaux permettant de coupler des flux de substances physiques (CO<sub>2</sub>, méthane, matières premières, eau, etc.). La présente partie vise à fournir un panorama des différents modèles existants en s'attachant à rendre explicite les différences qui existent entre eux.

### Les modèles MRIO : un état des lieux

#### EXIOBASE

Le projet EXIOPOL (Tukker et al., 2013b) s'inscrit dans une volonté de fournir de manière détaillée, et ce pour l'ensemble de pays européens des matrices de flux de matières premières et d'indicateurs environnementaux. Ce projet, financé par la commission européenne sous le programme FP7<sup>35</sup> et incluant un réseau large d'universités et de centres de recherche européens a conduit à la construction d'une base MRIO<sup>36</sup>. Particulièrement détaillée dans sa décomposition sectorielle par rapport aux autres modèles, relativement moins quant à sa couverture régionale, EXIOBASE est un outil d'analyse pertinent pour identifier les externalités environnementales du processus de production globalisé et *in fine* pour évaluer les politiques de l'Union européenne visant à les corriger. Cet outil, désormais en libre accès se différencie par rapport aux autres MRIO par sa précision sectorielle, uniforme selon les pays considérés puisqu'il se base sur les Tables d'offre-demande (*Supply-Use Tables* ou SUT) des pays européens. En s'appuyant notamment sur le travail d'Eurostat dans ce domaine, respectant des standards communs<sup>37</sup>, notamment ceux du système de comptabilité nationale *System of National Accounts* (SNA), EXIOBASE est un ensemble homogène, détaillé, et transparent de données.

Le choix d'une segmentation en 129 secteurs<sup>38</sup> n'est pas sans difficulté et doit nécessiter un travail supplémentaire de désagrégation pour certains secteurs, notamment ceux ayant un impact environnemental fort (Agriculture et agroalimentaire, Extraction de ressources naturelles, production énergétique, électricité et transport...). La mobilisation de bases de données annexes, spécifiques à certaines activités économiques permet de contrôler le processus de désagrégation sectorielle. Parmi celles-ci, nous pouvons citer AgroSAM (Mueller and Pérez Domínguez, 2008) concernant les activités agricoles ou les Bilans Energétiques de L'Agence Internationale de l'Energie (AIE) quant à celles liées à la production d'énergie.

Cette décomposition sectorielle fine, fruit d'un travail complémentaire d'appariement avec des données sectorielles annexes est également le résultat d'un arbitrage avec le choix de segmentation géographique. En effet, EXIOBASE considère « seulement » 43 pays et le reste du monde. Si cela peut paraître insuffisant par rapport à certains autres MRIO, ces 43 pays représente 95% de l'économie mondiale, et plus de 80% du commerce international extra-communautaire avec les pays européens

---

<sup>35</sup> *Seventh Framework Programme* ou Programme-cadre pour la recherche et le développement technologique de l'Union Européenne

<sup>36</sup> Les auteurs définissent EXIOBASE comme étant *Environmentally Extended Supply and Use / Input Output database (MR EE SUT/IOT)*

<sup>37</sup> Les SUT sont utilisés selon le format ESA95 d'Eurostat

<sup>38</sup> Suit la classification NACE 1.1 des industries



rendant dès lors cette « faiblesse » secondaire. Par ailleurs en couvrant, à l'aide de comptes satellites, 40 substances chimiques de types émissions et 80 types de ressources, EXIOBASE peut fournir une batterie large d'indicateurs environnementaux.

## EORA

Le projet EORA (Lenzen et al., 2013) a été initié par le Conseil National de la Recherche Australien et constitue un des modèles MRIO majeurs existants actuellement. Il combine une représentation du monde en 187 pays, le reste du monde étant assigné à recevoir les résidus qui serviraient à équilibrer la table mondiale. La segmentation sectorielle repose sur la capacité des services statistiques nationaux à désagréger leurs économies nationales en plusieurs activités. Or, celle-ci n'est pas homogène selon les pays et cette segmentation est au minimum de 26 secteurs et va jusqu'à 511 secteurs (dans le cas du Royaume-Uni). La France, à l'instar des autres pays de la zone euro est segmentée en 61 secteurs. Plusieurs sources de données ont été utilisées et sont exposées ci-dessous dans l'ordre décroissant de qualité statistique :

- Tables entrées-sorties des différents pays fournis par les services statistiques nationaux (pour certaines régions, des services supranationaux comme Eurostat pour l'Europe, IDE-JETRO pour l'Asie ou l'OCDE pour la plupart des pays développées)
- Les bases des nations unies (*National Accounts Main Aggregates Database & National Accounts Official Data*)
- La base NU de commerce international de biens (COMTRADE)
- La base NU de commerce international de services (SERVICETRADE)

A cette base de données comptabilité nationale, ont été ajoutés en tant que comptes satellites 35 types d'indicateurs environnementaux. Le modèle distingue 4 niveaux de prix entre les prix basiques et ceux à la consommation (marges de transport, commercial et autres, taxes nettes des subventions). Un autre aspect important de la base EORA est également qu'elle propose les séries temporelles entre 1990 et 2009. EORA se distingue par rapport aux autres MRIO par sa capacité à fournir de l'information sur l'incertitude et la fiabilité des bases de données. En effet la forte hétérogénéité observée dans la qualité des sources statistiques, peut conduire à des différences importantes dans les valeurs renseignées entre les pays, par rapport à celles relatives au commerce international<sup>39</sup>. Il est ainsi nécessaire de corriger ces erreurs afin de garantir l'équilibre emploi-ressource global de la base de données par des ajustements de rééquilibrage. En permettant une estimation simultanée de la qualité (*reliability*) des données. L'écart-type associé à chaque donnée est estimé sur la base d'une hiérarchisation de la fiabilité des données sources en fonction de leur origine et de leur fréquence de publication (les tables offre-demande nationales étant considérées comme les plus fiables) (qui sont ensuite croisées à d'autres pour construire la base MRIO). En appliquant un poids différencié pour les sources de données brutes dans le critère de convergence choisi, il est possible de déterminer plusieurs jeux de données finales en fonction du choix de ces paramètres.

## Global Trade Analysis Project: GTAP-MRIO

Le projet GTAP trouve son origine au début des années 90 et s'est construit autour de l'ambition initiale de regrouper les différentes initiatives de construction de modèle d'équilibre général calculable (EGC) au sein d'un même consortium, et ceci afin de corriger l'incohérence des données de commerce bilatéral qui existait dans les tables I-O. Par ailleurs, les années 90 étaient marquées par les questions relatives au commerce international et à sa libéralisation, notamment lors de différents rounds de négociation qui ont conduit à la création de l'Organisation Mondiale du Commerce en 1995.

Contrairement aux autres tables MRIO, les auteurs de GTAP-MRIO (Peters, G. P. et al., 2011) ont adopté une stratégie inverse dans l'harmonisation des données.

Alors que la construction des autres tables se fonde en priorité sur les statistiques nationales (SUT notamment), auxquelles s'ajustent les données de commerce international, GTAP-MRIO privilégie cette dernière source statistique par rapport aux autres.

En effet cette base de données est par essence consacrée au commerce international et n'intègre pas directement l'information donnée par les tables Input-Output nationales.

---

<sup>39</sup> Le montant des exportations d'un pays *a* vers un pays *b* peut ainsi se retrouver différent de celui des importations du pays *b* en provenance du pays



GTAP adopte une nomenclature des prix différentes des autres modèles, en ne considérant que deux niveaux de prix. Le premier est celui des prix d'acquisition (Agent-Price) et le second le prix de marché (Prix des biens et services nettes de taxes). Les estimations des marges de transport et commerciales sont basées sur des hypothèses que les auteurs jugent eux-mêmes héroïques<sup>40</sup> (Dimaranan, 2006). La version 8 du modèle (GTAP8) considère 57 secteurs d'activité et 129 régions différentes du monde. La dernière version<sup>41</sup> conserve la même segmentation sectorielle mais affine celle régionale avec 140 régions. Un des avantages de GTAP est sa relative flexibilité dans le développement de bases modulaires qui peuvent s'apparier à la base multirégionale principale. Dans le cadre d'une analyse des flux carbone, le développement de GTAP-Power Data Base (Peters, J. C., 2016) qui propose une désagrégation fine du secteur électrique par technologie de production permet ainsi d'affiner la couverture sectorielle, et donc la fiabilité des résultats obtenus.

### **World Input-Output Database : WIOD**

La base de données *World Input-Output Database* (WIOD) (2013) a été initialement créée en 2009 pour pouvoir répondre aux questions relatives à la place que prenait le commerce international dans un processus de production globalisé et où les chaînes de valeur sont de plus en plus fragmentées géographiquement. Selon les auteurs, trois dimensions peuvent être déclinées quant à la forme de cette base, à savoir :

- Qu'elle soit globale
- Qu'elle puisse couvrir les changements dans le temps et dans l'espace
- Qu'elle puisse inclure des indicateurs environnementaux et socio-économiques.

Comme les autres MRIO, la méthodologie de la construction détermine grandement les valeurs finales dans la mesure où un processus d'harmonisation et de convergences des données s'effectue. Nous en exposerons brièvement les principes généraux.

Afin de dépasser l'incohérence statistique qui peut exister entre les différentes sources (voir partie supra), plusieurs stratégies d'harmonisation des données existent.

Tout d'abord les auteurs se basent sur les Tables Offre-Demande (*Supply-Use Tables* ou SUT) nationales qui intègrent l'information la plus fiable et complète possible. L'inconvénient est que ces bases sont produites à une fréquence d'environ 5 ans, et de ce fait ne peuvent à elles seules permettre la construction de séries temporelles. A contrario, les Tables Entrées-Sorties (IOT) sont généralement produites tous les ans mais font l'hypothèse, moins réaliste, que chaque branche produit un seul produit et de ce fait apparaissent comme étant moins fiables. En utilisant une méthode d'interpolation appelée SUT-RAS (Temurshoev and Timmer, 2010) sous contrainte partielle, les auteurs peuvent générer des SUT intermédiaires.

Ensuite les tables SUT sont appareillées avec un base de commerce international (COMTRADE et SERVICES TRADE) ainsi que les comptes satellites environnementaux et socio-économiques. La base WIOD couvre 40 pays dans le monde (dont 27 de l'Union Européenne) plus le reste du monde, et se base sur une segmentation en 35 branches d'activités/59 produits.

### **Incertitudes autour de la comptabilisation des émissions importées**

L'identification des flux d'émission de GES est un exercice particulièrement délicat à mener, dans la mesure où il s'agit d'évaluer, sans en faire la mesure directe, son volume total à l'échelle mondiale par le biais d'un indicateur que sont les transferts monétaires. Compte tenu de l'hétérogénéité des données sources mobilisées pour construire une base de données intégrée, du nombre d'hypothèses sur lesquelles sa construction repose, ou encore le choix des critères de résolution sont autant d'éléments qui impactent au final les résultats. Ils ne sont finalement jamais neutres.

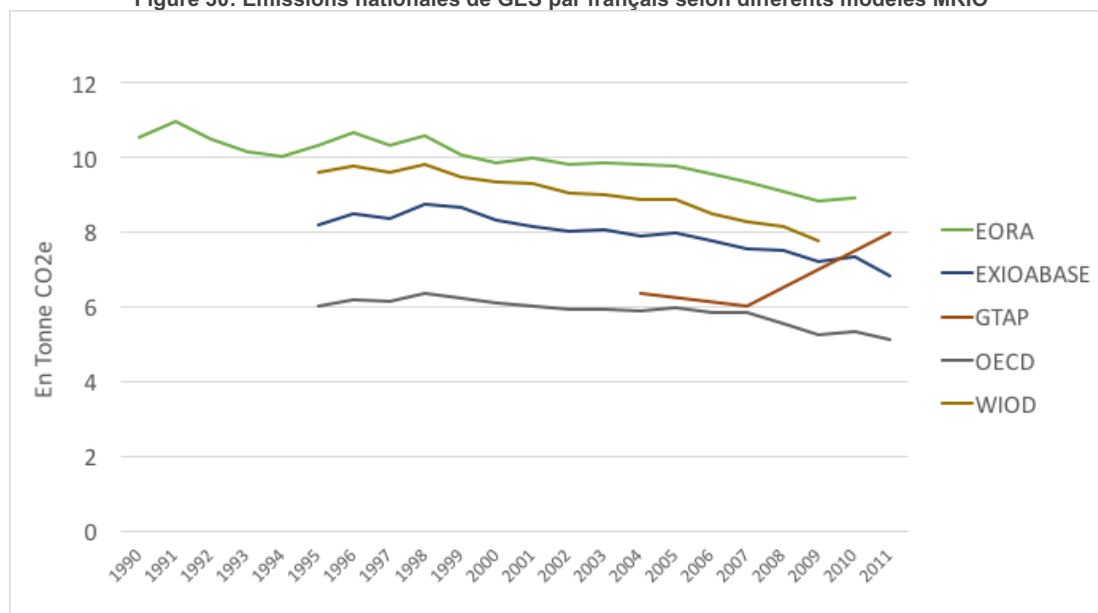
Une comparaison des résultats de l'évaluation des émissions carbone par habitant en France, selon différents modèles MRIO permet d'en attester (voir Figure 30 ci-dessous)

---

<sup>40</sup> En extrapolant les statistiques US sur les marges de transport international à l'ensemble des pays.

<sup>41</sup> GTAP9 a été publiée en 2015

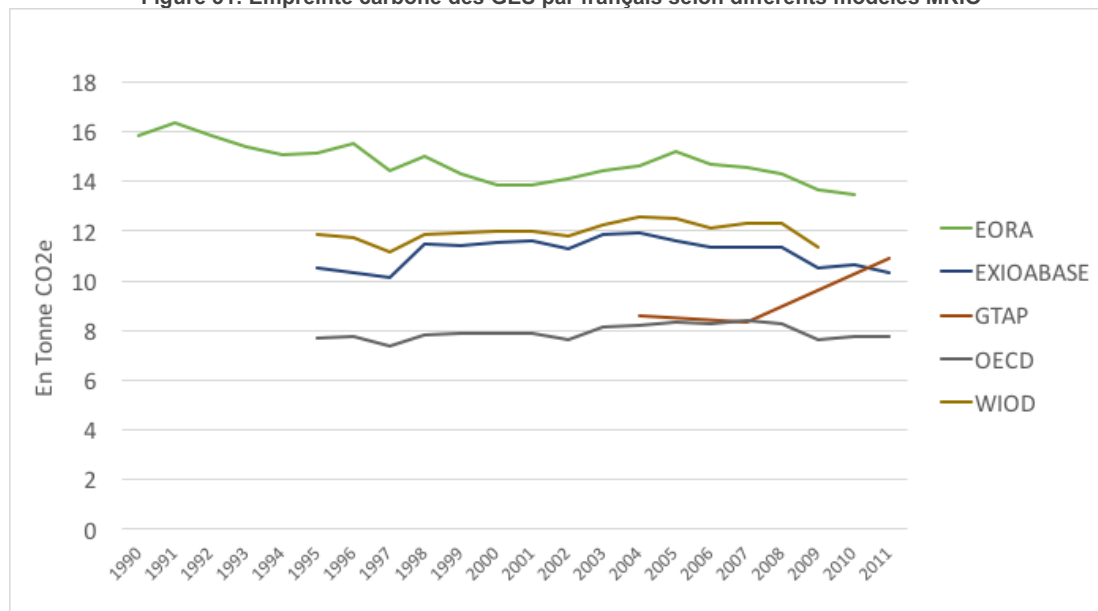
Figure 30: Emissions nationales de GES par français selon différents modèles MRIO



Source : [EnvironmentalFootprint.org](http://EnvironmentalFootprint.org)

Le développement d'une comptabilité carbone basée sur la consommation induit de nombreux obstacles méthodologiques et s'avère être par nature une source d'incertitudes statistiques plus grande qu'une approche « producteur ». En effet comme évoqué ci-dessus, assurer la construction d'une base par l'agrégation de données de source diverses oblige généralement à des ajustements, qui peuvent amplifier les erreurs déjà présentes. Or l'approche consommateur vise justement à corriger l'approche producteur, en réallouant les émissions importées nettes au consommateur, ce qui par nature, crée une source d'incertitude supplémentaire.

Figure 31: Empreinte carbone des GES par français selon différents modèles MRIO



Source : [EnvironmentalFootprint.org](http://EnvironmentalFootprint.org)

Steen-Olsen et al. (2014) compare les différents modèles MRIO en les agréant sur une segmentation sectorielle commune en 17 secteurs afin d'isoler les effets de structure sur les résultats. Les auteurs trouvent ainsi que plus la base de données est détaillée, plus cela améliore la fiabilité des résultats. En effet l'intensité carbone associée à certains secteurs est beaucoup plus dépendante de *process* de production que du choix de couverture sectorielle. Dès lors adopter une base détaillée qui puisse explicitement dissocier ces différentes activités permettrait d'accroître la fiabilité des résultats. Dans une autre étude Owen et al. (2014) proposent une décomposition structurelle des émissions de

CO2 pour déterminer si les variations observées dépendent de la source de données elle-même, ou résultent de processus d'agrégation sectorielles différenciées. Ils trouvent que celles-ci sont principalement dues à des différences dans le volume total d'émission considérées, dans les coefficients techniques associés à la matrice de Leontieff ou encore provenant de la demande finale.

En conclusion, il apparaît qu'il n'est pas possible à l'heure actuelle de préjuger de manière objective de la qualité supérieure d'une base par rapport à une autre dans la mesure où chacune d'entre elles est la combinaison 1/ de données sources ; 2/ de méthodes de résolution différenciées ; 3/ d'un choix de segmentation sectorielle et géographique. Ces trois aspects sont évidemment sujet à discussion. La recherche et l'identification des sources d'incertitude dans les résultats semblent être un chemin privilégié par la communauté plutôt que celui de la détermination d'une table de données MRIO étant encore plus développé.

Dans le cadre du projet **Carbon Consumption Survey**, il est évident que certaines dimensions sont à privilégier par rapport à d'autres car plus à même de répondre à notre objectif d'identification des flux d'émission selon différentes catégories de consommateurs, à savoir :

- Une segmentation sectorielle riche
- Une décomposition régionale avancée pour les pays partenaires de la France
- L'utilisation d'une segmentation sectorielle sous la norme NACE
- L'utilisation de SUT plutôt que de tables IO



## Annexe 4 : Calcul des intensités carbone avec EXIOBASE 3

Cette annexe présente la méthodologie d'estimation des empreintes carbone à partir de la base de données EXIOBASE 3. Elle a été réalisée par TNO dans le cadre d'une sous-traitance au projet CCS et de ce fait, est rédigée en anglais.

### Introduction

This report describes the GHG content of French imports which are estimated within the Carbon Consumption Survey project. The results show products with the largest emission content. For each product it is shown where emissions are emitted but also where products are imported from. The goal is to provide evidence-based support for implementing a carbon border tax adjustment in France.

The GHG content or GHG footprint of French imports is calculated for each product and for each GHG emission type. The estimations are based on EXIOBASE v3.3 for year 2005 and 2011. The footprint is estimated for 200 different products and six GHG emissions. Emissions are expressed in CO<sub>2</sub>-equivalent kg to enable a comparison.

This report is part of the data deliverable where we provide all GHG multipliers as well as French import shares. Sections 2 and 3 describe the full methodology and data. Section 4 highlights the main results coming from the data estimations. Finally, Section 5 summarizes the main conclusions.

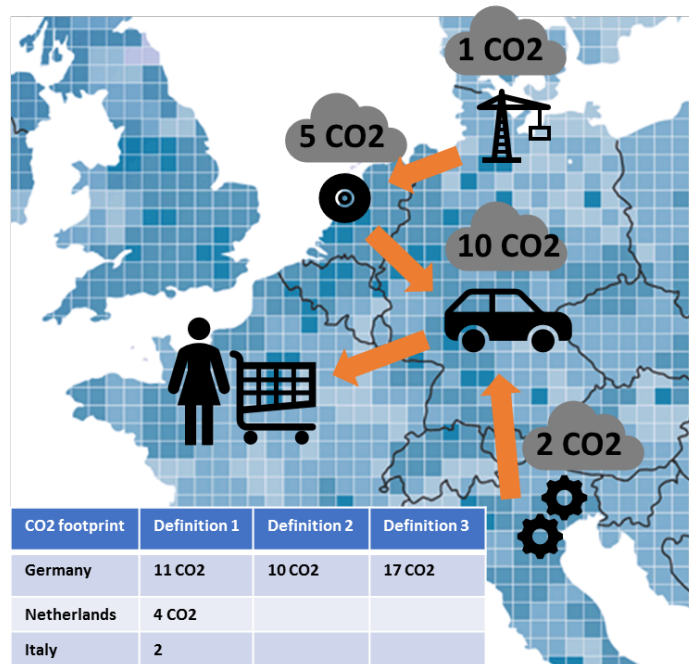
### Methodology

#### Three footprint definitions

- Global GHG imported footprint by region of emission
- Local GHG imported footprint of the last exporting region (emissions from this region)
- Global GHG imported footprint of the last exporting region (emissions from all regions)

**Example of footprint of car imported from Germany using three different definitions**





In order to well understand these definitions let us consider the simple case presented above. France imports cars from Germany. To produce this car, Germany emits directly 10 CO<sub>2</sub> emissions and imports parts (e.g. wheels) and therefore CO<sub>2</sub> emissions from the Netherlands (5) and from Italy (2). The wheels imported from the Netherlands used a component made in Germany which generate an indirect German CO<sub>2</sub> emission of 1.

The first definition provides the imported emission footprint by regions. This means that for each product consumed in France, we quantify the emission footprint split over the regions where the actual emission occurs. In the above example, the footprint of the car consumed in France equals 11 (= 10 directly + 1 indirectly) CO<sub>2</sub> units emitted in Germany, five units emitted in the Netherlands and two units in Italy.

The second definition accounts only for the emissions directly emitted in the last exporting region. This means that for each product consumed in France, we quantify the emissions directly emitted in the last exporting country. In the example above, the direct footprint of German cars consumed in France is equal to 10 CO<sub>2</sub> emissions. It does not include the emissions indirectly produced in Germany, that is the 1 unit imported by the Netherlands to produce the Dutch wheels.

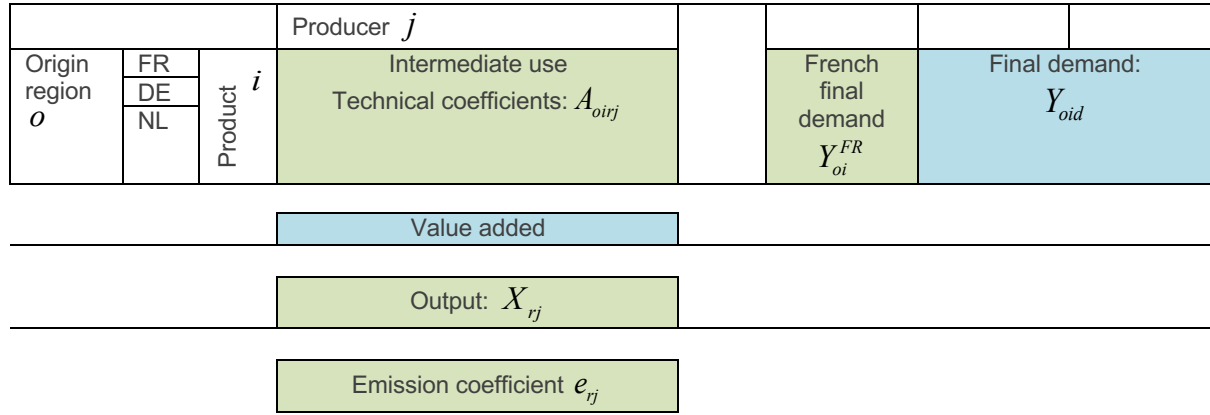
The third definition aggregate all the emissions of the last exporting country (indirect and direct emissions). This means that for each product consumed in France we quantify the total emission footprint of the last exporting region, irrespective of where the emissions occurred. In the example this would that German car imported in France have a total footprint of 17 CO<sub>2</sub> units.

## Model equations

The multi-regional input-output table is the starting point of our analysis. A schematic overview is given below. Region  $r$  is the region where the emissions occur, while the origin region  $o$  is the region that sells the product to the final consumer (last exporting region or last region of exports) and the destination region  $d$  is the region where the final consumption takes place (in this study this is France). For the input output analysis in this study, we need the intermediate use matrix, the output row, the final demand column of France and the emission coefficients, see green marked areas in the figure below

Schematic overview of the multi-regional input-output table

	Region $r$			Destination region $d$		
	FR	DE	NL	FR	DE	NL



The input-output model is as follows:

$$X = (1 - A)^{-1}Y, \quad (1)$$

where element  $X_{rj}$  from output vector  $X$  stands for the output (footprint) in region  $r$  and producer  $j$ .  $(I - A_{oirj})^{-1}$  denotes Leontief inverse, where element  $A_{oirj}$  from coefficient matrix  $A$  denotes the share of input by origin region  $o$  and product  $i$  in total output of producer  $j$  in region  $r$ . Element  $Y_{oid}$  in matrix  $Y$  stands for the final consumption in destination region  $d$  of product  $i$  (imported) from origin region  $o$ . To obtain the emission footprint we multiply the Leontief inverse and final demand with emission coefficients. We assume that destination  $d$  is France in this case:

$$E^{FR} = \text{diag}(e) \cdot L \cdot \text{diag}(Y^{FR}) = \text{diag}(e) \cdot (1 - A)^{-1} \cdot \text{diag}(Y^{FR}), \quad (2)$$

where element  $E_{rjoi}^{FR}$  in emission footprint matrix  $E^{FR}$  stands for the emissions emitted (due to French consumption) in region  $r$  by producer  $j$  and are exported to France by origin region  $o$  of the consumed product  $i$ . Element  $e_{rj}$  in emission coefficient vector  $e$  denotes emissions in kg per euro of output by region  $r$  and producer  $j$ . Finally,  $L_{rjoi}$  stands for the Leontief inverse by region and producer of emission  $rj$  and origin region and product  $oi$ . Note that the dimensions of the Leontief inverse matrix has switched compared to the technical coefficients matrix. The emission footprint matrix is defined as follows in the example of two products (1,2), two producers (1,2) and two regions (A,B):

$$E_{rjoi}^{FR} = \begin{bmatrix} E_{A1A1} & E_{A1A2} & E_{A1B1} & E_{A1B2} \\ E_{A2A1} & E_{A2A2} & E_{A2B1} & E_{A2B2} \\ E_{B1A1} & E_{B1A2} & E_{B1B1} & E_{B1B2} \\ E_{B2A1} & E_{B2A2} & E_{B2B1} & E_{B2B2} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Where  $E_{B2A1}^{FR}$  (see lower left corner) stands for the emission footprint for product 1 consumed in France and produced in country  $A$  of which the emissions are emitted by producer 2 in country  $B$ . To obtain the emission footprints per product consumed in France by region of emission (**definition 1**) we summate  $E_{rjoi}^{FR}$  over the columns for regions and over the rows for products:

$$E_{ri}^{FR1} = \sum_{jo} E_{rjoi}^{FR} \quad (4)$$

Where  $E_{ri}^{FR1}$  stands for the emission footprint of products  $i$  consumed in France in region  $r$  that emitted. To obtain the full emission footprint per product consumed in France by last exporting region (**definition 3**), we summate the matrix over the rows for both products and regions:

$$E_{oi}^{FR3} = \sum_{rj} E_{rjoi}^{FR} \quad (5)$$

Where  $E_{oi}^{FR3}$  stands for the emission footprint of products  $i$  consumed in France and produced in origin country  $o$  (last region of exports). Finally, the direct footprint of only the last exporting country (**definition 2**) can be obtained by keeping only the intra-country values in the technical coefficients block:

$$A_{oirj}^{intra\text{country}} = \begin{bmatrix} a_{A1A1} & a_{A1A2} & 0 & 0 \\ a_{A2A1} & a_{A2A2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{B1B1} & a_{B1B2} \\ 0 & 0 & a_{B2B1} & a_{B2B2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Substitute  $A^{intra\text{country}}$  in equation (2) to obtain emission footprint matrix  $E^{FR,intra\text{country}}$  of only last country of export. The direct footprint of product  $i$  exported from country  $o$  equals,

$$E_{oi}^{FR2} = \sum_{rj} E_{rjoi}^{FR,intra\text{country}} \quad (7)$$

This way we only include the emissions that occur in the last country of export. As a result  $E_{oi}^{FR2}$  stands for the emissions emitted in the origin region (last region of exports)  $o$  that are embodied in the final consumption of product  $i$  in France.

## Data

The data source for the estimations is the EXIOBASE v3.3 ([www.exiobase.eu](http://www.exiobase.eu)) Multi-Regional Supply Use Table (MRSUT). EXIOBASE has global coverage of MRSUTs for 49 individual countries and five Rest of the World (RoW) regions<sup>42</sup>. These supply and use tables are extended with a large number of environmental indicators in physical units, incl. GHG emissions. For the estimation in this study, we use from EXIOBASE the intermediate consumption matrix, output, French final demand incl. imports and GHG emissions. The 2005 and 2011 data is used.

The emissions are converted into CO2-equivalent kg or Global Warming Potential (GWP) in order to be able to compare the different emission footprints. The used conversion rates to CO2-equivalence kg are given in the table below and are estimated by the Fifth Assessment Report by the IPCC. The multipliers and footprints are estimated for each EXIOBASE product. The 200 products are based are listed in the table on the next page.

CO2-equivalence or Global Warming Potential (GWP) per emission type

Formula	Emission	100-year Global Warming Potential (AR5)
CO2	Carbon Dioxide	1

<sup>42</sup> With the addition of Croatia, EXIOBASE 3 has one country more than EXIOBASE 2.

CH4	Methane	28
N2O	Nitrous oxide	265
SF6	Sulfur hexafluoride	23,500
HFC	HFC	1 (already in CO2-eq in EXIOBASE)
PFC	PFC	1 (already in CO2-eq in EXIOBASE)



**Table of products in EXIOBASE**

Sector name	Sector name
1 Paddy rice	101 Cement, lime and plaster
2 Wheat	102 Ash for treatment, Re-processing of ash into clinker
3 Cereal grains nec	103 Other non-metallic mineral products
4 Vegetables, fruit, nuts	104 Basic iron and steel and of ferro-alloys and first products thereof
5 Oil seeds	105 Secondary steel for treatment, Re-processing of secondary steel
6 Sugar cane, sugar beet	106 Precious metals
7 Plant-based fibers	107 Secondary precious metals for treatment, Re-processing of secondary precious metals into new precious metals
8 Crops nec	108 Aluminium and aluminium products
9 Cattle	109 Secondary aluminium for treatment, Re-processing of secondary aluminium into new aluminium
10 Pigs	110 Lead, zinc and tin and products thereof
11 Poultry	111 Secondary lead for treatment, Re-processing of secondary lead
12 Meat animals nec	112 Copper products
13 Animal products nec	113 Secondary copper for treatment, Re-processing of secondary copper into new copper
14 Raw milk	114 Other non-ferrous metal products
15 Wool, silk-worm cocoons	115 Secondary other non-ferrous metals for treatment, Re-processing of secondary other non-ferrous metals
16 Manure (conventional treatment)	116 Foundry work services
17 Manure (biogas treatment)	117 Fabricated metal products, except machinery and equipment
18 Products of forestry, logging and related services	118 Machinery and equipment n.e.c.
19 Fish and other fishing products; services incidental of fishing (05)	119 Office machinery and computers
20 Anthracite	120 Electrical machinery and apparatus n.e.c.
21 Coking Coal	121 Radio, television and communication equipment and apparatus
22 Other Bituminous Coal	122 Medical, precision and optical instruments, watches and clocks
23 Sub-Bituminous Coal	123 Motor vehicles, trailers and semi-trailers
24 Patent Fuel	124 Other transport equipment
25 Lignite/Brown Coal	125 Furniture; other manufactured goods n.e.c.
26 BKB/Peat Briquettes	126 Secondary raw materials
27 Peat	127 Bottles for treatment, Recycling of bottles by direct reuse
28 Crude petroleum and services related to crude oil extraction, excluding surveying	128 Electricity by coal
29 Natural gas and services related to natural gas extraction, excluding surveying	129 Electricity by gas
30 Natural Gas Liquids	130 Electricity by nuclear
31 Other Hydrocarbons	131 Electricity by hydro
32 Uranium and thorium ores (12)	132 Electricity by wind
33 Iron ores	133 Electricity by petroleum and other oil derivatives
34 Copper ores and concentrates	134 Electricity by biomass and waste
35 Nickel ores and concentrates	135 Electricity by solar photovoltaic
36 Aluminium ores and concentrates	136 Electricity by solar thermal
37 Precious metal ores and concentrates	137 Electricity by tide, wave, ocean
38 Lead, zinc and tin ores and concentrates	138 Electricity by Geothermal
39 Other non-ferrous metal ores and concentrates	139 Electricity nec
40 Stone	140 Transmission services of electricity
41 Sand and clay	141 Distribution and trade services of electricity
42 Chemical and fertilizer minerals, salt and other mining and quarrying products n.e.c.	142 Coke oven gas
43 Products of meat cattle	143 Blast Furnace Gas
44 Products of meat pigs	144 Oxygen Steel Furnace Gas
45 Products of meat poultry	145 Gas Works Gas
46 Meat products nec	146 Biogas
47 products of Vegetable oils and fats	147 Distribution services of gaseous fuels through mains
48 Dairy products	148 Steam and hot water supply services
49 Processed rice	149 Collected and purified water, distribution services of water
50 Sugar	150 Construction work
51 Food products nec	151 Secondary construction material for treatment, Re-processing of secondary construction material into aggregates
Sector name	Sector name
52 Beverages	152 Sale, maintenance, repair of motor vehicles, motor vehicles parts, motorcycles, motor cycles parts and accessoires
53 Fish products	153 Retail trade services of motor fuel



54	Tobacco products	154	Wholesale trade and commission trade services, except of motor vehicles and motorcycles
55	Textiles	155	Retail trade services, except of motor vehicles and motorcycles; repair services of personal and household goods
56	Wearing apparel; furs	156	Hotel and restaurant services
57	Leather and leather products	157	Railway transportation services
58	Wood and products of wood and cork (except furniture); articles of straw and plaiting materials	158	Other land transportation services
59	Wood material for treatment, Re-processing of secondary wood	159	Transportation services via pipelines
60	Pulp	160	Sea and coastal water transportation services
61	Secondary paper for treatment, Re-processing of secondary paper	161	Inland water transportation services
62	Paper and paper products	162	Air transport services
63	Printed matter and recorded media	163	Supporting and auxiliary transport services; travel agency services
64	Coke Oven Coke	164	Post and telecommunication services
65	Gas Coke	165	Financial intermediation services, except insurance and pension funding services
66	Coal Tar	166	Insurance and pension funding services, except compulsory social security services
67	Motor Gasoline	167	Services auxiliary to financial intermediation
68	Aviation Gasoline	168	Real estate services
69	Gasoline Type Jet Fuel	169	Renting services of machinery and equipment without operator and of personal and household goods
70	Kerosene Type Jet Fuel	170	Computer and related services
71	Kerosene	171	Research and development services
72	Gas/Diesel Oil	172	Other business services
73	Heavy Fuel Oil	173	Public administration and defence services; compulsory social security services
74	Refinery Gas	174	Education services
75	Liquefied Petroleum Gases (LPG)	175	Health and social work services
76	Refinery Feedstocks	176	Food waste for treatment: incineration
77	Ethane	177	Paper waste for treatment: incineration
78	Naphtha	178	Plastic waste for treatment: incineration
79	White Spirit & SBP	179	Inert/metal waste for treatment: incineration
80	Lubricants	180	Textiles waste for treatment: incineration
81	Bitumen	181	Wood waste for treatment: incineration
82	Paraffin Waxes	182	Oil/hazardous waste for treatment: incineration
83	Petroleum Coke	183	Food waste for treatment: biogasification and land application
84	Non-specified Petroleum Products	184	Paper waste for treatment: biogasification and land application
85	Nuclear fuel	185	Sewage sludge for treatment: biogasification and land application
86	Plastics, basic	186	Food waste for treatment: composting and land application
87	Secondary plastic for treatment, Re-processing of secondary plastic	187	Paper and wood waste for treatment: composting and land application
88	N-fertiliser	188	Food waste for treatment: waste water treatment
89	P- and other fertiliser	189	Other waste for treatment: waste water treatment
90	Chemicals nec	190	Food waste for treatment: landfill
91	Charcoal	191	Paper for treatment: landfill
92	Additives/Blending Components	192	Plastic waste for treatment: landfill
93	Biogasoline	193	Inert/metal/hazardous waste for treatment: landfill
94	Biodiesels	194	Textiles waste for treatment: landfill
95	Other Liquid Biofuels	195	Wood waste for treatment: landfill
96	Rubber and plastic products	196	Membership organisation services n.e.c.
97	Glass and glass products	197	Recreational, cultural and sporting services
98	Secondary glass for treatment, Re-processing of secondary glass	198	Other services
99	Ceramic goods	199	Private households with employed persons
100	Bricks, tiles and construction products, in baked clay	200	Extra-territorial organizations and bodies



## Results

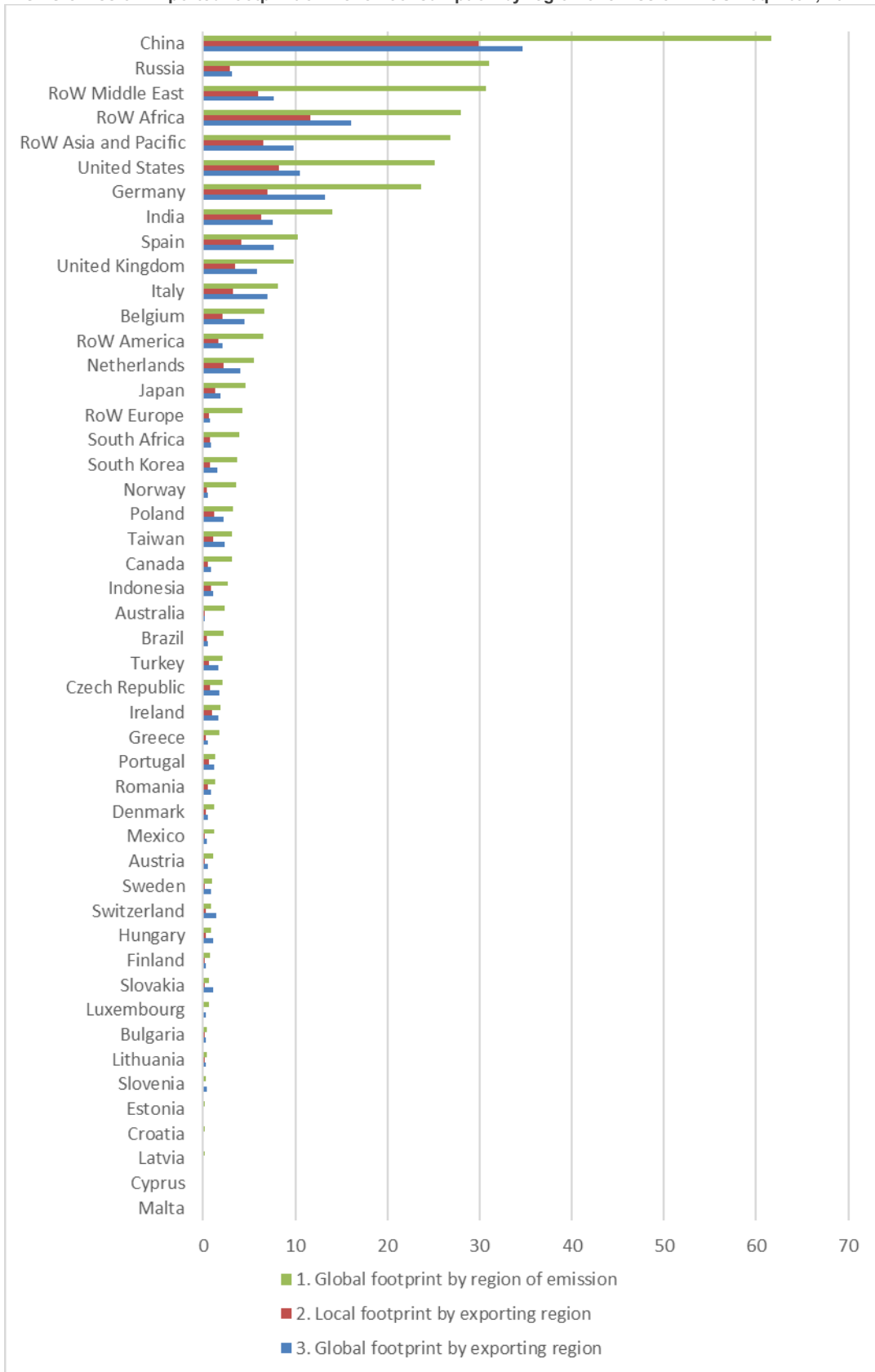
A border tax adjustment should ideally be calculated on the full emission content of an imported product. However, in practice, this may be difficult to implement, because of uncertainty surrounding the estimation of indirect emissions. The estimation of total emission content can be seen as arbitrary. They are based on estimated global multi-regional input-output tables (MRIO) which generally rely on strong hypothesis. The trade linking requires to cross national account data with transport data that are not fully consistent. Very few countries publish official highly disaggregated IO databases. The derived total footprint could easily be contested by national authorities. In the current study we use one of the available MRIOs called EXIOBASE but alternative MRIOs are available as well. The official data sources are available only at the national level. Therefore, the only 'official' footprint that can be estimated is at the national level and not at the global level. One way to go around this difficulty is to only tax the emissions produced in the last exporting country as this information is less subject to controversy. Therefore, we estimate also the local emission footprint of the last exporting region (Definition 2).

The emission footprint of French imports is shown below for the three different footprint definitions. The figure compares the global footprint by region of emission and the local and global footprint by last country of exports of French imports (the detail per type of emission is provided in the Appendix). The difference between the three indicators is summarized as follows:

- Global GHG imported footprint by region of emission
- Local GHG imported footprint of the last exporting region (emissions from this region)
- Global GHG imported footprint of the last exporting region (emissions from all regions)

The results show that China is by far the largest emitter for all three footprint definitions. China emits 62 Mton of GHG emissions due to the French final consumption. When looking at the emission content related to Chinese products that are directly imported from China, the emission footprint is much lower, namely 35 of which 30 is emitted in China itself. Russia emits 31 Mton of GHG emissions but these are mostly unrelated to the Russian exports to France. The emission content of Russian products directly imported by France is only 3 Mton of which most is emitted in Russia itself. In Germany a large difference can be observed between the local and global emission footprint by the last exporting region. This means that the emission footprint is large for products that are directly imported from Germany (13 Mton), but half of these emissions are emitted outside of Germany (6 Mton). This means that Germany indeed exports a lot to France but import a lot of intermediaries from other regions.

GHG emission imported footprint of French consumption by region of emission in CO2-eq Mton, 2011

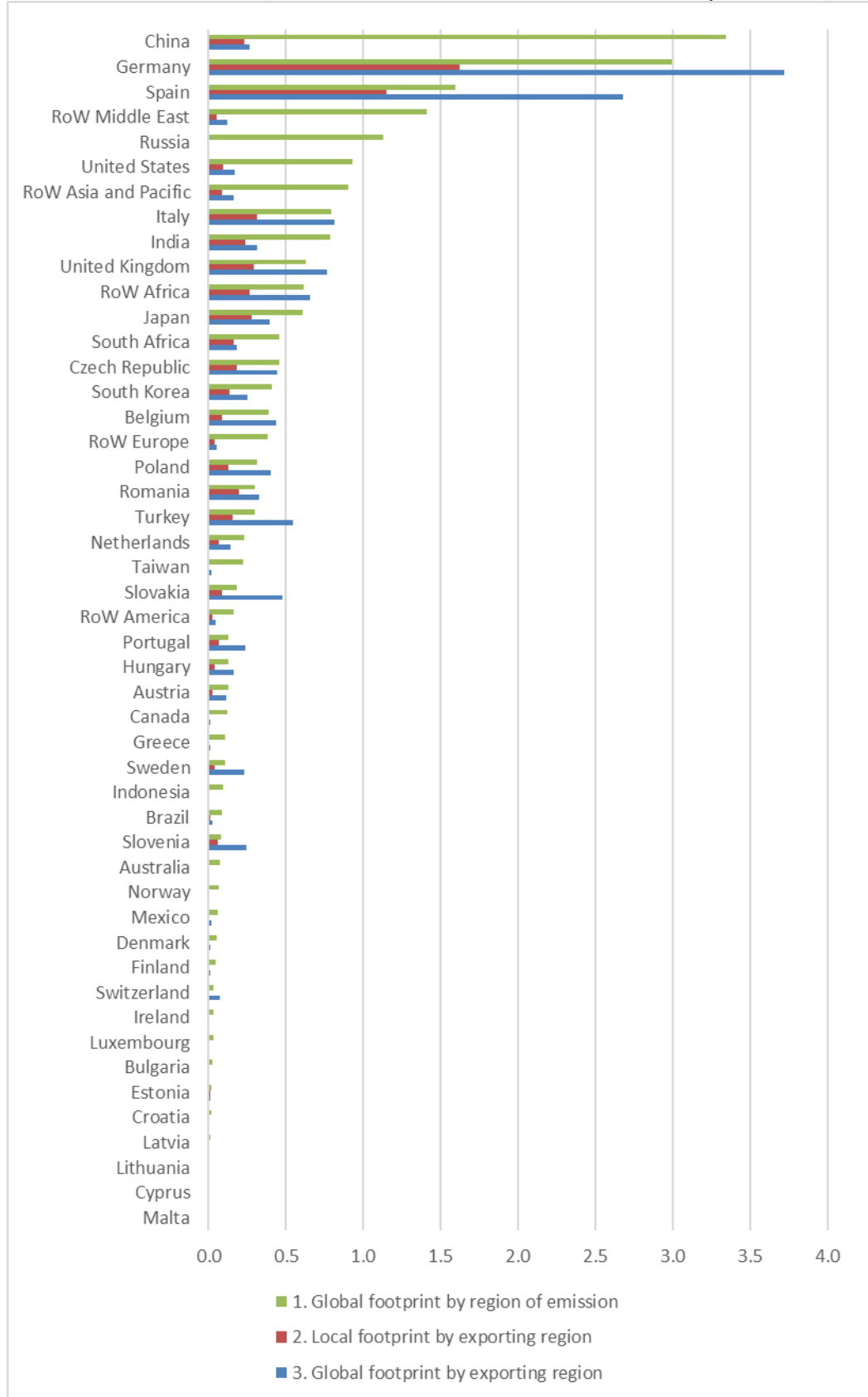


## Case study : Motor vehicles

As an illustration, the three footprints definitions are now compared for a particular product. A similar analysis can be done for any product. The CO<sub>2</sub> footprints are given in the table below for the French imports of 'Motor vehicles, trailers and semi-trailers'. We see that China is the largest emitter (3.3 Mton). However, China does not exports the carbon content directly to France if we look at the total footprint of the last exporting country. Other regions that emit a lot but do not directly export the carbon content to France are Russia, the United States and the RoW regions in the Middle East and Asia and Oceania.

For the local footprint by last exporting region, Germany and Spain have the highest footprint. 'Motor vehicles, trailers and semi-trailers' imported from Germany have the highest CO<sub>2</sub> content (3.7 Mton). Also Spain is a large exporter to France (2.7 Mton). But when we look only at the emissions emitted in Germany and Spain, this number is much lower (1.6 Mton for Germany, 1.1 Mton for Spain). This comes from the fact that the German and Spanish automobile industry import a lot of intermediaries from China, Russia, the United States, the RoW regions in the Middle East (WM) and Asia and Oceania (WA).

CO2 content of 'Motor vehicles, trailers and semi-trailers' in three definitions of footprints in Mton, 2011



## Conclusions

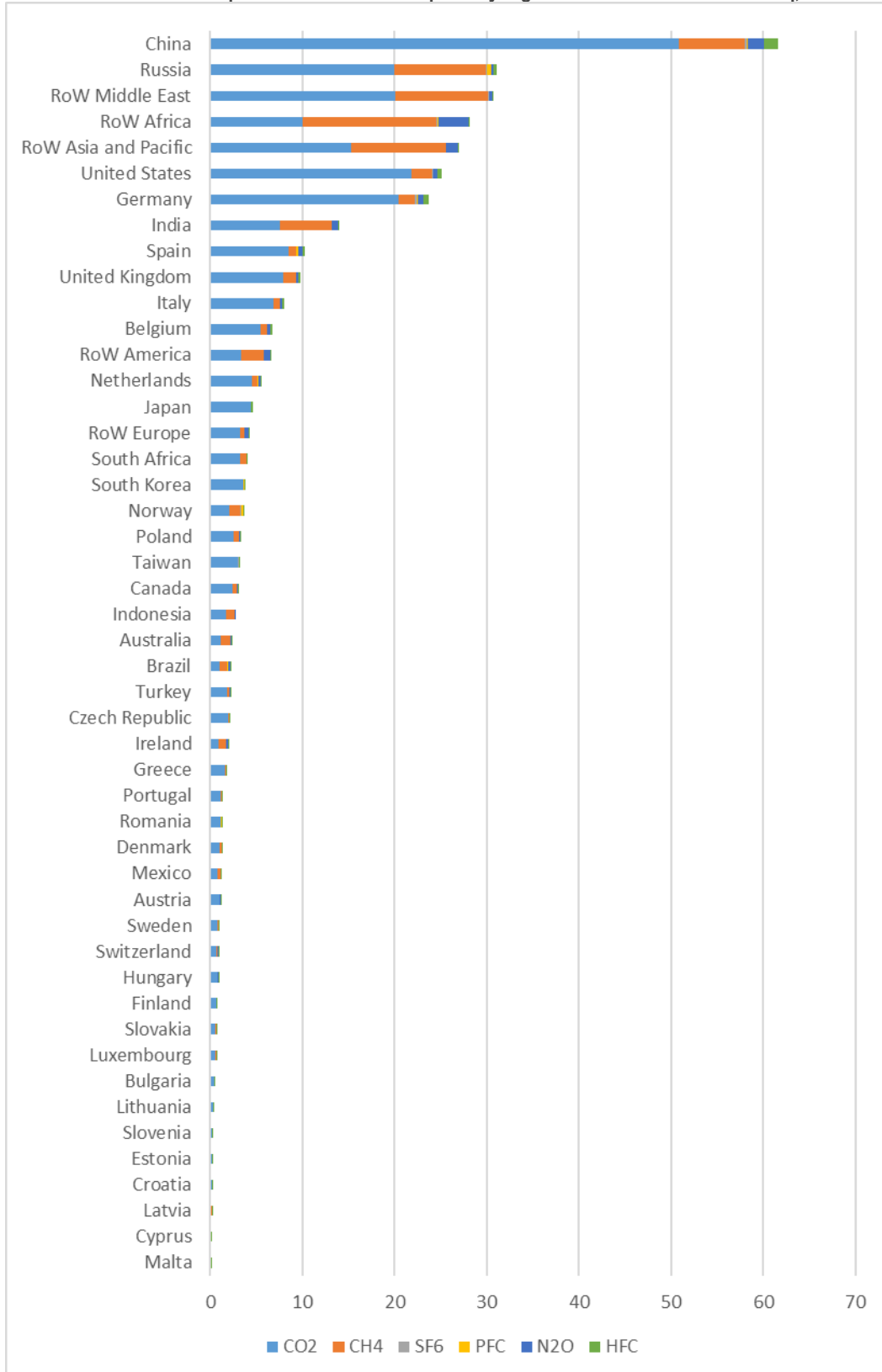
This report presents the methodology used to derive the GHG content of French imports from EXIOBASE V3. Several footprint indicators are calculated:

1. Global GHG imported footprint by region of emission
2. Local GHG imported footprint of the last exporting region (emissions from this region)
3. Global GHG imported footprint of the last exporting region (emissions from all regions)

This distinction is particularly useful for the debate on the opportunity to introduce a border tax adjustment against countries having a lower carbon regulation. It put forward the technical difficulties of implementing such a measure because it strongly relies on the way imported inputs in the all supply chain are accounted for. As an illustration, the aggregate imported GHG emissions and the case motor vehicles is provided. The detail per emission type and products is provided as a separate data document.

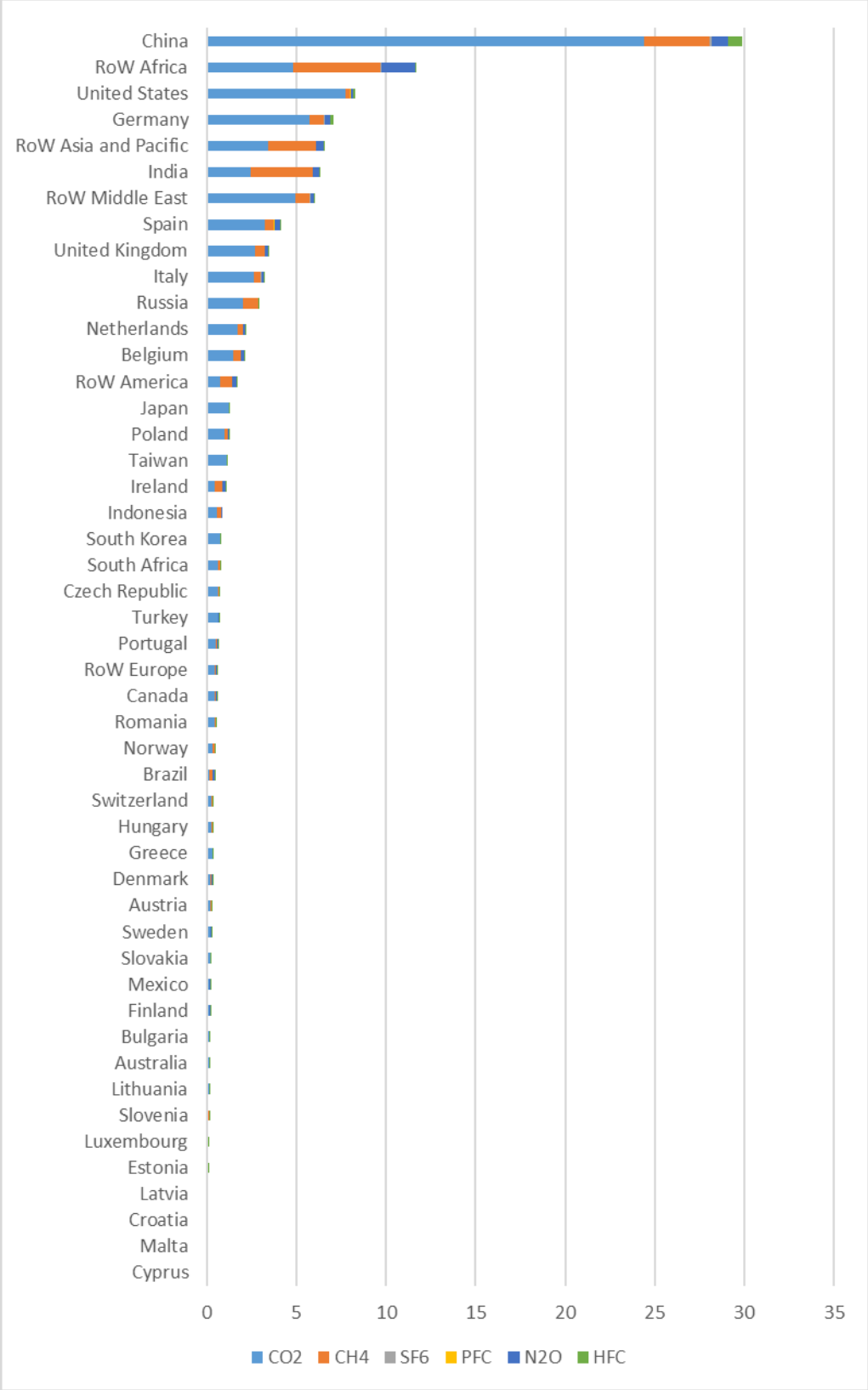
## Appendix I

Global emission footprint of French consumption by region of emission in Mton CO<sub>2</sub>eq, 2011

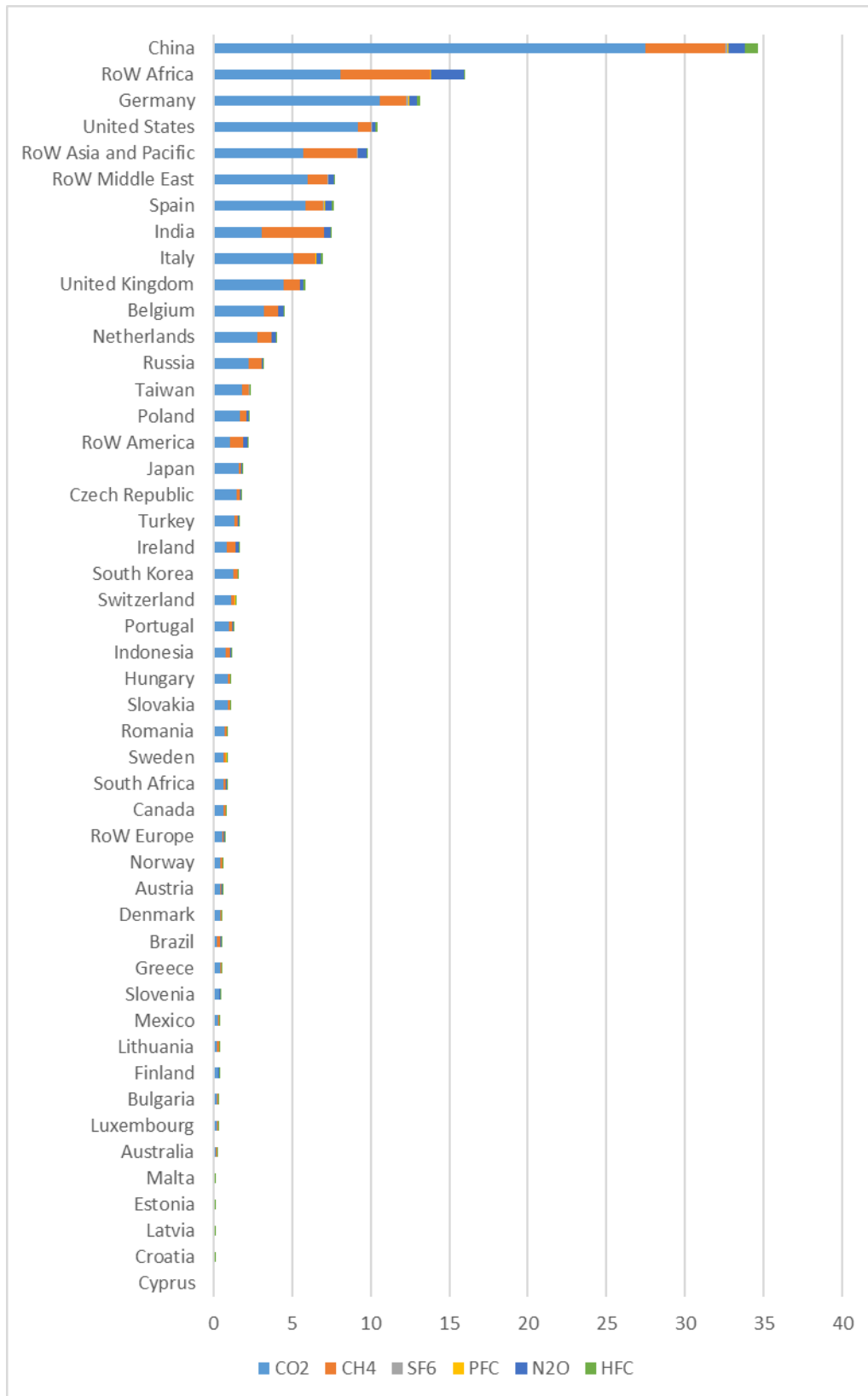




Local emission footprint of French consumption by last exporting region (emission of this region) in Mton CO2eq, 2011



Global emission footprint of French consumption by last exporting regions (emission of all regions) in Mton CO2eq, 2011

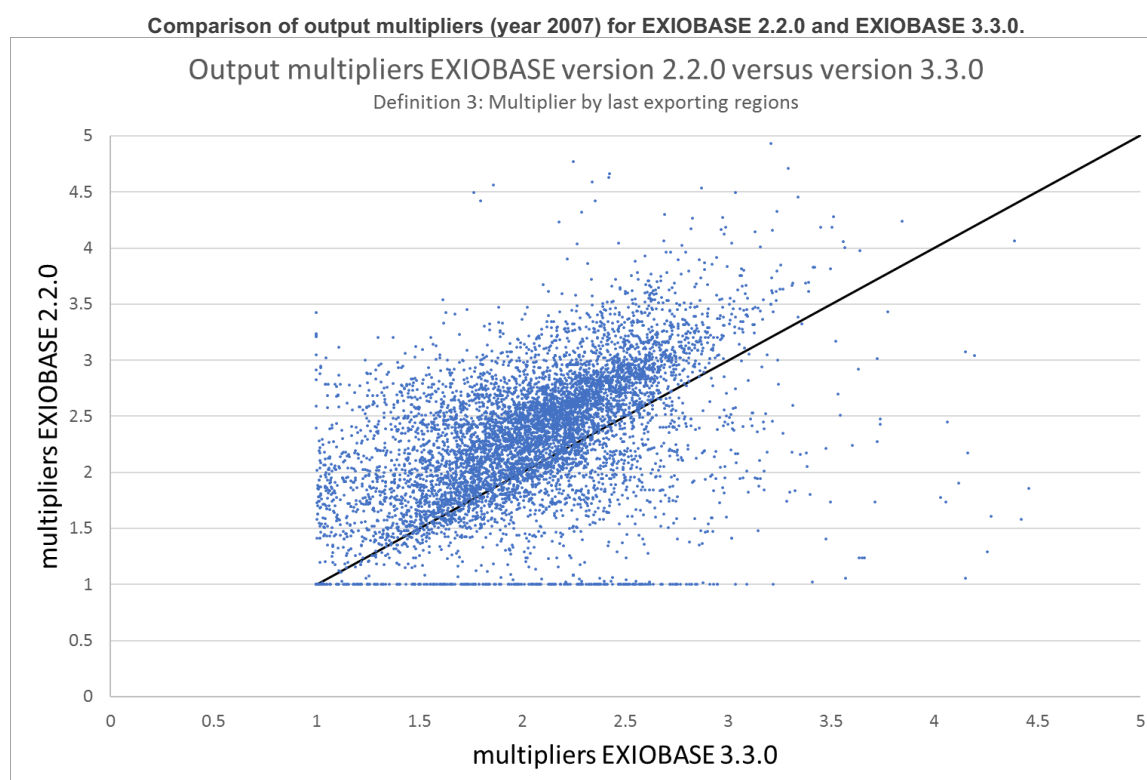


## Appendix II

Over the years, different versions of EXIOBASE have been published. This appendix performs a sensitivity check for the choice of the version of the database. For this, output multipliers have been calculated for EXIOBASE 2.2.0 (year 2007) and EXIOBASE 3.3.0 (year 2007). For the analysis in this report we have used EXIOBASE 3.3.0, year 2005 and year 2011. The reason that multipliers are compared for year 2007 is that EXIOBASE 2.2.0 is only available for 2007. We look at output multipliers, rather than emissions multipliers, because in this exercise we are concerned about the differences in IO-table between the two versions of EXIOBASE.

Each data point in the plot below represents two multipliers, one for EXIOBASE 2.2.0 (Y-axis) and one for EXIOBASE 3.3.0 (X-axis). When the multiplier is precisely 1 for the Y-axis (resp. X-axis), the data point is unavailable for EXIOBASE 2.2.0 (resp. for 3.3.0). The reason is that the final consumption is 0 for one commodity in one of the databases. Both of them are for Definition 3 (output multiplier of the last exporting country). There are 9600 data points, that is, France can consume 200 types of products from 48 regions in the world. The black 45 degree line represents the case where multipliers for both databases are exactly the same.

Instead, we find that output multipliers calculated from EXIOBASE 2.2.0 lie slightly above this 45 degree line, i.e. they are higher than output multipliers calculated from EXIOBASE 3.3.0. That is, the effect of an increase of final demand in France is likely to have a larger economic impact worldwide under the assumption of EXIOBASE 2.2.0.



Also, we have looked at the relative difference between the multipliers. That is, how different are the multipliers from these two versions of EXIOBASE

We found that 45% of the multipliers in EXIOBASE 3.3.0 differ by less than 10% in value from the equivalent multiplier in EXIOBASE 2.2.0. In many cases (21%) both multipliers are equal to one (see plot above).

**Distribution of the difference between the EXIOBASE 2.2.0 and EXIOBASE 3.3.0 multipliers**

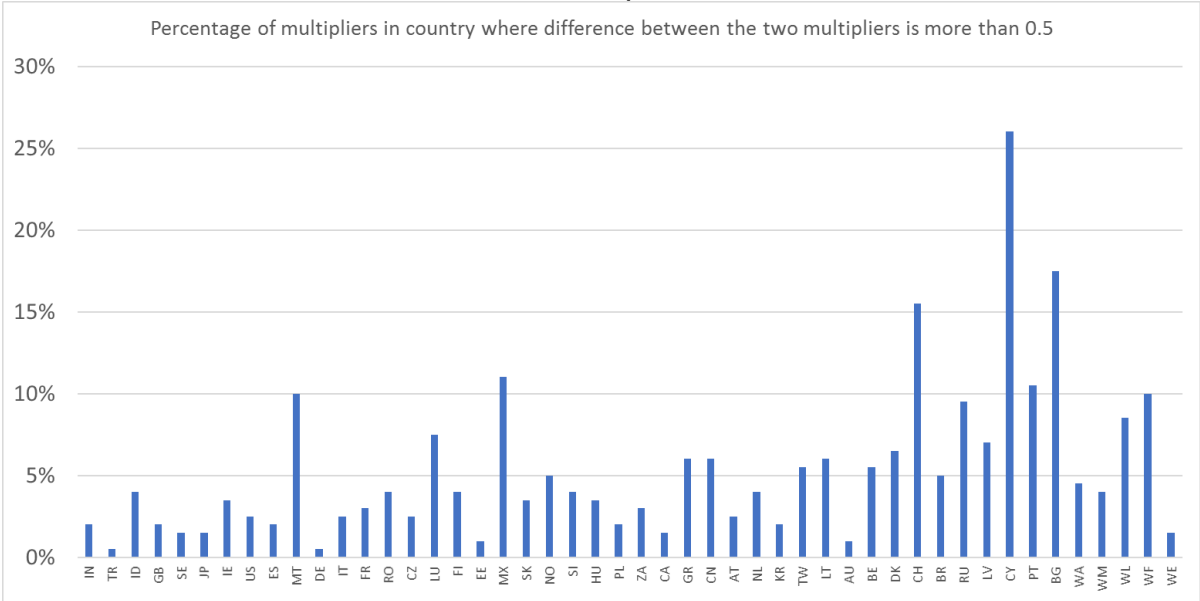
Relative difference between multiplier EXIOBASE 2.2.0 and EXIOBASE 3.3.0	Share of 9600 multipliers
Relative difference <0.1	45% of the multipliers



0.1<relative difference<0.2	25% of the multipliers
0.2<relative difference<0.3	14% of the multipliers
0.3<relative difference<0.4	7% of the multipliers
0.4<relative difference<0.5	4% of the multipliers
Relative difference >0.5	5% of the multipliers

France can consume 200 products from 48 possible regions (including France). Figure below shows where the difference in the two types of multipliers is largest. For example, we find that approximately 26% of products consumed by France that were exported by Cyprus (CY), observed a drastic change in multiplier, when changing from EXIOBASE 2.2.0 to EXIOBASE 3.3.0.

**Percentage of multipliers (share of 200 products) corresponding to country of export to France, where the relative difference between two multipliers is more than 50%.**



## Sigles et acronymes

<b>ADEME</b>	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
<b>AFD</b>	Agence Française du Développement
<b>AFPIA</b>	Association pour la Formation Professionnelle dans les Industries de l'Ameublement
<b>BdF</b>	Budget des Familles
<b>BCA</b>	<i>Border Carbon Adjustment</i> (Ajustement carbone aux frontières)
<b>CCE</b>	Contribution Climat-Énergie
<b>CGDD</b>	Commissariat Général au Développement Durable
<b>CIREN</b>	Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement
<b>DGEC</b>	Direction Générale de l'Énergie et du Climat
<b>MRIO</b>	Multi Regional Input-Output
<b>OFCE</b>	Observatoire Français des Conjonctures Économiques
<b>SUT</b>	Supply-Use Table
<b>SDES</b>	Service de la donnée et des études statistiques
<b>IO</b>	Input-Output
<b>INSEE</b>	Institut National de la Statistique et des Études Économiques
<b>RAC</b>	Réseau Action Climat
<b>TCF</b>	Taxe carbone aux frontières
<b>TNO</b>	<i>Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek</i> (Organisation Néerlandaise pour la recherche appliquée)



## L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, les économies de matières premières, la qualité de l'air, la lutte contre le bruit, la transition vers l'économie circulaire et la lutte contre le gaspillage alimentaire.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition Écologique et Solidaire et du ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

### LES COLLECTIONS DE L'ADEME



#### ILS L'ONT FAIT

*L'ADEME catalyseur* : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



#### EXPERTISES

*L'ADEME expert* : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



#### FAITS ET CHIFFRES

*L'ADEME référent* : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



#### CLÉS POUR AGIR

*L'ADEME facilitateur* : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



#### HORIZONS

*L'ADEME tournée vers l'avenir* : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.





# LA FISCALITÉ CARBONE AUX FRONTIÈRES ET SES EFFETS REDISTRIBUTIFS

**Résumé** Ce document retranscrit l'ensemble des analyses conduites dans le cadre du projet *Carbon Consumption Survey*, consécutif à l'appel à projet de l'ADEME « *Vulnérabilités et opportunités carbone des échanges commerciaux. Quelles compréhensions et quelles politiques publiques pour réduire l'empreinte carbone de la demande finale ?* » Dans une première partie, nous présentons les estimations d'empreinte carbone en fonction de l'origine géographique et pour plusieurs produits de consommation finale, ainsi que sa décomposition entre les différentes catégories de revenus des ménages. En deuxième partie, nous présentons la méthodologie d'estimation des élasticités prix-directes associées à la demande des ménages pour l'ensemble des produits de consommation. Enfin, dans une dernière partie, nous présentons les résultats obtenus à la suite de simulations de fiscalité carbonées, déclinées en plusieurs variantes. Enfin, nous comparons les effets redistributifs associés aux différentes variantes simulées.

L'ensemble des résultats et des données produites dans le cadre de ce projet sont disponibles sur le site dédié <http://carbonconsumptionsurvey.eu/>.

*En 2011, l'empreinte carbone moyenne de la France s'élevait à 11,2 tonnes par français et 24.5 tonnes par ménages. Celle des 10% des ménages les plus pauvres étant de 15,2 tonnes de GES tandis que celle des 10% les plus riches de 40,4 tonnes. Des mesures de redistribution adaptées peuvent permettre de compenser plus de la moitié des ménages tout en ayant des niveaux de fiscalité carbone compatibles avec l'ambition climatique de la France*



[www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

