

# L’empreinte carbone des régions de la Belgique

Janvier 2023

Amélie Géal, [amg@plan.be](mailto:amg@plan.be)

Bernhard Michel, [bm@plan.be](mailto:bm@plan.be)

# Table des matières

<b>Synthèse</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Méthodologie et données</b> .....	<b>6</b>
2.1. Méthodologie	6
2.2. Données	8
2.2.1. Tableaux entrées-sorties	8
2.2.2. Émissions de gaz à effet de serre	10
<b>3. Résultats</b> .....	<b>12</b>
3.1. Émissions liées à la production	12
3.2. Empreinte carbone	13
3.3. Comparaison internationale	16
3.4. Balances en émissions incorporées	18
3.5. Émissions indirectes et mécanisme d'ajustement carbone aux frontières	20
<b>4. Conclusion</b> .....	<b>24</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>26</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>28</b>
A.1. Méthodologie du calcul de l'empreinte carbone	28
A.2. Détails méthodologiques sur la construction des données	30
A.3. Graphiques supplémentaires	34

## Liste des graphiques

Graphique 1	Représentation schématique des différentes composantes de l’empreinte carbone et des émissions liées à la production.....	7
Graphique 2	Flux monétaires entre les trois régions de la Belgique et avec le reste du monde, 2015.....	9
Graphique 3	Structure schématisée du TES multi-pays mondial de FIGARO après intégration des données pour les régions de la Belgique .....	10
Graphique 4	Principales branches émettrices de CO <sub>2</sub> par région .....	12
Graphique 5	Émissions liées à la production et empreinte carbone des trois régions de Belgique .....	14
Graphique 6	Principaux pays et/ou régions sources des émissions incorporées dans la demande finale intérieure des trois régions de Belgique .....	14
Graphique 7	Flux d’émissions incorporées entre émissions liées à la production et empreinte carbone pour les trois régions de la Belgique .....	15
Graphique 8	Empreinte carbone et émissions liées à la production par habitant pour Bruxelles, la Flandre et la Wallonie.....	16
Graphiques 9	Empreinte carbone et émissions liées à la production par habitant par pays et pour les trois régions de la Belgique .....	17
Graphique 10	Composition de la balance en émissions incorporées de chaque région de la Belgique.....	18
Graphique 11	Balances bilatérales en émissions incorporées les plus importantes pour Bruxelles, la Flandre et la Wallonie.....	19
Graphique 12	Combinaisons pays/branches d’activité qui contribuent le plus à l’empreinte carbone de chacune des régions de Belgique .....	22

## Le Bureau fédéral du Plan

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

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

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

<https://www.plan.be>

e-mail : [contact@plan.be](mailto:contact@plan.be)

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

Éditrice responsable : Saskia Weemaes

Dépôt Légal : D/2023/7433/1

**Bureau fédéral du Plan**  
Rue Belliard 14-18, 1040 Bruxelles  
tél. : +32-2-5077311  
e-mail : [contact@plan.be](mailto:contact@plan.be)  
<https://www.plan.be>

# L’empreinte carbone des régions de la Belgique

Janvier 2023

Amélie Géal, [amg@plan.be](mailto:amg@plan.be)

Bernhard Michel, [bm@plan.be](mailto:bm@plan.be)

**Abstract** - Dans les accords internationaux, les pays sont considérés comme responsables des émissions de gaz à effet de serre liées à leur production. En attribuant les émissions au pays où les biens et services sont consommés, l’empreinte carbone constitue une évaluation alternative de cette responsabilité. Cette étude présente les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production et l’empreinte carbone des trois régions de la Belgique pour l’année 2015. Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production proviennent des comptes des émissions atmosphériques régionaux développés dans le cadre de cette étude, tandis que l’empreinte carbone des régions est calculée à partir d’un modèle et des données entrées-sorties qui incluent les émissions de CO<sub>2</sub>. D’après les résultats, l’empreinte carbone dépasse les émissions liées à la production pour les trois régions. Cela implique que leur contribution aux émissions mondiales est plus importante si elle est évaluée selon une perspective de consommation que selon une perspective de production.

**Jel Classification** - C67, F18, Q53, Q54, Q56, R15

**Keywords** - Comptabilité des émissions fondée sur la consommation, Tableaux entrées-sorties multi-pays mondiaux, Tableau entrées-sorties interrégional, Analyse régionale, Emissions atmosphériques, Comptes économiques de l’environnement



## Synthèse

Traditionnellement, la responsabilité pour les gaz à effet de serre émis lors de la production de biens et services est attribuée au pays où a lieu la production. L'empreinte carbone constitue une mesure alternative de la responsabilité pour les émissions qui est de plus en plus mise en avant. Elle attribue l'ensemble des gaz à effet de serre émis tout au long des processus de production au pays où les biens et services sont consommés. Cette étude présente les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production et l'empreinte carbone des trois régions de la Belgique pour l'année 2015. Il est intéressant de déterminer ces deux indicateurs au niveau régional étant donné que la politique environnementale est, dans une large mesure, une compétence régionale en Belgique et que les engagements internationaux de la Belgique en matière de réduction d'émissions de gaz à effet de serre doivent faire l'objet d'un accord entre régions.

Les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production sont présentées dans les comptes des émissions atmosphériques. De tels comptes ont été construits dans le cadre de ce travail pour les trois régions en suivant la même méthodologie que pour les comptes des émissions atmosphériques de la Belgique qui sont publiés annuellement. L'empreinte carbone est, quant à elle, calculée à partir d'un modèle entrées-sorties étendu aux émissions de CO<sub>2</sub>. En s'appuyant sur les structures d'approvisionnement des branches d'activité, ce modèle retrace le CO<sub>2</sub> émis à tous les stades des processus de production de biens et services livrés à la demande finale intérieure. L'empreinte carbone d'une région correspond à l'ensemble des émissions incorporées dans la demande finale de ses résidents. Comparé aux émissions liées à la production, elle inclut les émissions à l'étranger qui sont incorporées dans la demande finale de la région, et exclut les émissions de la région qui sont incorporées dans la demande finale d'autres régions ou pays. Les données utilisées pour le calcul de l'empreinte carbone des régions sont (i) le tableau entrées-sorties interrégional de 2015 pour la Belgique, (ii) le tableau entrées-sorties multi-pays mondial d'Eurostat pour la même année, dans lequel le tableau interrégional a été intégré, et (iii) des données sur les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production au niveau régional et international.

D'après les données des comptes des émissions atmosphériques régionaux, les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production s'élèvent à 10,5 tonnes de CO<sub>2</sub> par habitant en Flandre et 7,9 tonnes de CO<sub>2</sub> par habitant en Wallonie. Ces résultats sont tous les deux plus élevés que la médiane des pays de l'UE. En revanche, à Bruxelles, les émissions liées à la production sont nettement plus faibles, s'élevant à 3,8 tonnes de CO<sub>2</sub> par habitant. Cela s'explique par le caractère urbain de la Région de Bruxelles-Capitale et son économie basée sur des activités de services, peu émettrices en CO<sub>2</sub>.

Si on regarde l'empreinte carbone, l'image de la responsabilité des régions pour les émissions est différente. Par habitant, l'empreinte carbone est de 11,1 tonnes de CO<sub>2</sub> en Flandre, 9,9 tonnes de CO<sub>2</sub> à Bruxelles et 9,4 tonnes de CO<sub>2</sub> en Wallonie, ce qui est supérieur à la médiane des pays de l'UE. En termes de composition, plus de la moitié du CO<sub>2</sub> incorporé dans la demande finale de la Flandre et de la Wallonie est émis hors des frontières régionales. A Bruxelles, cette part s'élève même à près de 80 %. Pour les trois régions, ce sont surtout des émissions des autres régions et des pays voisins, particulièrement de l'Allemagne et des Pays-Bas, qui contribuent à leur empreinte carbone, mais aussi des émissions de la Chine et de la Russie.

L'empreinte carbone dépasse donc les émissions liées à la production pour chacune des trois régions. Autrement dit, la contribution des régions aux émissions mondiales de CO<sub>2</sub> est plus importante si elle est évaluée selon une perspective de consommation que selon une perspective de production. Pour limiter cette contribution, les autorités régionales pourraient envisager des mesures qui favorisent la consommation de produits moins intensifs en émissions ainsi que des mesures qui réduisent les émissions tout au long des processus de production. Cependant, une part substantielle de l'empreinte carbone des régions est constituée d'émissions hors de leurs frontières, et les autorités régionales ont peu de possibilités d'influencer l'intensité en émissions des parties des processus de production situées dans d'autres régions ou pays. Ce constat montre que dans l'économie d'aujourd'hui, caractérisée par des structures de production réparties sur de nombreux pays, une approche coordonnée au niveau belge, européen et mondial est nécessaire pour réduire les émissions tout au long des processus de production.



# 1. Introduction

Il y a 30 ans, les pays signataires de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) s'engageaient à « préserver le système climatique pour les générations présentes et futures ». Cet engagement devait être concrétisé à travers une réduction des émissions de gaz à effet de serre qui constituent la principale source du changement climatique. Force est de constater aujourd'hui que cet engagement n'a pas été respecté (WMO, 2022). Même avec les nouvelles et plus ambitieuses promesses de réduction d'émissions de gaz à effet de serre dans le cadre de l'accord de Paris, il n'est pas garanti que l'objectif de limiter le réchauffement climatique à 2°C puisse être atteint.

Dans ce contexte, c'est aussi la façon d'attribuer la responsabilité pour les émissions de gaz à effet de serre qui devrait être remise en question. Cette responsabilité est traditionnellement évaluée sur base des émissions territoriales qui sont publiées annuellement dans des inventaires nationaux par les pays adhérant à la CCNUCC et qui servent à définir leurs objectifs en termes de réductions d'émissions. Pour les gaz à effet de serre émis lors de la production de biens et services, cette pratique revient à tenir responsable le pays dans lequel la production a lieu. Or, de nombreuses études scientifiques proposent attribution alternative de la responsabilité qui imputerait les émissions plutôt au consommateur final de ces biens et services (Wiedmann et Lenzen, 2018). Une telle attribution vise à refléter l'impact climatique des niveaux et choix de consommation. Dans les faits, elle tient également compte des choix de localisation des différentes étapes des processus de production qui ne relèvent en général pas des décisions des consommateurs.

L'attribution des émissions au consommateur final requiert le calcul, pour chaque pays, d'un indicateur de type 'empreinte carbone'. Le concept de cet indicateur provient de la notion d'empreinte écologique qui recense la surface terrestre et maritime nécessaire pour subvenir aux besoins de l'humanité (Wackernagel et Rees, 1996). Dans le même esprit, l'empreinte carbone peut être définie comme une mesure de la quantité totale d'émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), directement et indirectement générée par une activité économique, ou accumulée au cours des étapes de vie d'un produit (Wiedmann et Minx, 2008). L'idée est de tenir le consommateur du produit pour responsable de toutes ces émissions. L'empreinte carbone peut être déterminée à différentes échelles, par exemple au niveau d'un ménage, d'une entreprise ou d'une ville (Peters, 2010). Pour un pays, l'empreinte carbone doit reprendre l'ensemble des gaz à effet de serre émis tout au long du processus de production de biens et services livrés au consommateur final.

Une vaste littérature académique est consacrée aux aspects conceptuels et méthodologiques du calcul de l'empreinte carbone d'un pays (Turner et al., 2007 ; Scrucca et al., 2020). Le calcul repose sur un modèle et des données entrées-sorties étendus aux émissions de gaz à effet de serre liées à la production. Sur base des structures d'approvisionnement des branches d'activité, ce modèle retrace les émissions incorporées dans la demande finale, c'est-à-dire les gaz à effet de serre émis à toutes les étapes des processus de production de biens et services livrés à la demande finale intérieure du pays en question. Avec l'internationalisation des structures d'approvisionnement, les étapes des processus de production se situent de plus en plus souvent dans différents pays à travers le monde. Il est donc nécessaire de disposer de données à l'échelle mondiale pour identifier toutes les émissions incorporées dans ces biens

et services livrés à la demande finale. Le modèle permet également d'établir la balance en émissions incorporées d'un pays qui montre dans quelle mesure la demande finale d'un pays dépend d'émissions à l'étranger et dans quelle mesure les émissions du pays sont incorporées dans la demande finale d'autres pays.

En tant qu'indicateur dans le domaine du changement climatique, l'empreinte carbone attire de plus en plus d'attention. Des organisations internationales telles que l'OCDE et des consortia d'institutions académiques ont commencé à diffuser des résultats d'empreinte carbone pour une sélection de pays (Tukker et al., 2014 ; Yamano et Guilhoto, 2020). En outre, certains pays publient l'indicateur d'empreinte carbone comme une statistique officielle, par exemple le Royaume-Uni.<sup>1</sup> Pour la Belgique, Hambjye et al. (2017) présentent des résultats d'un calcul de l'empreinte carbone qui tient compte des statistiques macroéconomiques et environnementales officielles du pays, à savoir les grands agrégats des comptes nationaux, les tableaux entrées-sorties et les comptes des émissions atmosphériques.

Cette étude est consacrée au calcul et à l'analyse pour l'année 2015 de l'empreinte carbone des trois régions de la Belgique, à savoir la Région de Bruxelles-Capitale, la Région flamande et la Région wallonne. Il est intéressant de déterminer l'empreinte carbone au niveau régional étant donné que la prise de décision en lien avec le domaine de l'environnement constitue depuis 1980 une compétence régionale en Belgique, et que, de ce fait, les engagements internationaux de la Belgique en matière de réduction d'émissions de gaz à effet de serre doivent faire l'objet d'un accord entre régions. Pour la prise de décision, cet indicateur représente un complément par rapport à la collecte de données d'émissions de gaz à effet de serre territoriales pour les régions. Plusieurs études antérieures avaient déjà reconnu l'intérêt du calcul de l'empreinte carbone au niveau régional en Belgique en présentant des résultats portant sur les années 2007 et 2010 (Christis et al., 2017, Zeller, 2017, Vercauteren et al., 2017, et Towa et al., 2022).

Pour le calcul de l'empreinte carbone des régions de la Belgique selon la méthodologie mise en avant dans la littérature, il est nécessaire de disposer de données sur les flux de biens et services intrarégionaux, interrégionaux et internationaux. Le tableau entrées-sorties interrégional de 2015 pour la Belgique (iRIO) contient le détail des flux intrarégionaux et interrégionaux. Il a été construit par le Bureau fédéral du Plan (BFP) dans le cadre d'une convention avec les autorités statistiques régionales (Avonds et al., 2021). Contrairement à la plupart des études consacrées au calcul de l'empreinte carbone pour des entités régionales ou locales d'autres pays d'Europe (Froemelt et al., 2021 ; Osei-Owusu Kwame et al., 2020 ; Ivanova et al., 2017 ; Minx et al., 2013), nos calculs prennent en compte les spécificités technologiques des branches d'activité dans chaque région grâce à l'utilisation de ce tableau interrégional. Pour tenir compte des flux internationaux, il y a lieu de l'intégrer dans un tableau entrées-sorties (TES) multi-pays mondial pour la même année. Parmi les TES multi-pays mondiaux disponibles, notre choix s'est porté sur celui produit par Eurostat (projet FIGARO). Deux aspects de cette intégration distinguent notre travail des études précédentes pour les régions de la Belgique : (i) les échanges des régions avec les partenaires commerciaux internationaux sont déterminés à partir de données du commerce de biens et de services par entreprise, catégorie de produits et pays partenaire, et (ii) notre résultat, c'est-à-dire le TES multi-pays mondial qui inclut les régions de la Belgique, respecte entièrement les données

---

<sup>1</sup> Voir <https://www.gov.uk/government/statistics/uks-carbon-footprint/carbon-footprint-for-the-uk-and-england-to-2019>

régionales, y compris le détail sur leurs échanges internationaux. Cette dernière caractéristique de notre travail est inspirée de l'approche de Edens et al. (2015) et Hambÿe et al. (2017).

En outre, le calcul de l'empreinte carbone des régions requiert des données régionales et internationales sur les émissions de gaz à effet de serre liées à la production qui sont compatibles avec les données entrées-sorties du point de vue méthodologique. De telles données n'étaient pas disponibles au niveau des régions. C'est pourquoi nous avons construit, dans le cadre de ce travail, des comptes des émissions atmosphériques (*Air Emissions Accounts*, AEA) régionaux selon les mêmes principes que ceux que les États membres de l'Union européenne doivent fournir annuellement à Eurostat. Les données d'émissions par branche d'activité dans les régions contenues dans ces comptes servent non seulement pour le calcul de l'empreinte carbone, mais constituent aussi un produit statistique à part entière qui permet d'analyser les émissions liées à la production des régions et de les comparer à leur empreinte carbone. Enfin, pour les autres pays, les données d'émissions proviennent de la World Input-Output Database (WIOD). Comme ces données ne couvrent pas d'autres gaz à effet de serre que le CO<sub>2</sub>, nos calculs d'empreinte carbone sont limités à ce dernier.

Cette étude comporte quatre sections. La méthodologie et les données utilisées sont présentés dans la section 2 qui suit cette introduction. La section 3 est consacrée aux résultats en commençant par un aperçu des émissions liées à la production pour les trois régions. Ensuite, l'empreinte carbone des régions est présentée et analysée. Cela comprend une décomposition selon le pays ou la région où est émis le CO<sub>2</sub> incorporé dans la demande finale régionale, ainsi qu'une comparaison internationale des résultats d'empreinte carbone par habitant pour situer les régions. Les balances en émissions incorporées sont également examinées en détail dans la section 3. Enfin, la section 4 présente des conclusions et des pistes pour des recherches complémentaires.

## 2. Méthodologie et données

### 2.1. Méthodologie

Au niveau macro-économique, l’empreinte carbone d’un pays mesure les émissions de gaz à effet de serre associées à la consommation de ses résidents. L’idée sous-jacente est d’attribuer au consommateur final l’ensemble des émissions tout au long du processus de production des biens ou services consommés, indépendamment de leur lieu de production. Le calcul de l’empreinte prend donc en compte non seulement les gaz à effet de serre émis lors de la production du bien ou service livré au consommateur final, mais également ceux émis pour produire les inputs intermédiaires consommés lors des différentes étapes du processus de production. Par conséquent, l’empreinte d’un pays inclut aussi bien des émissions dans le pays en question que des émissions dans d’autres pays, et diffère des émissions liées à la production du pays.

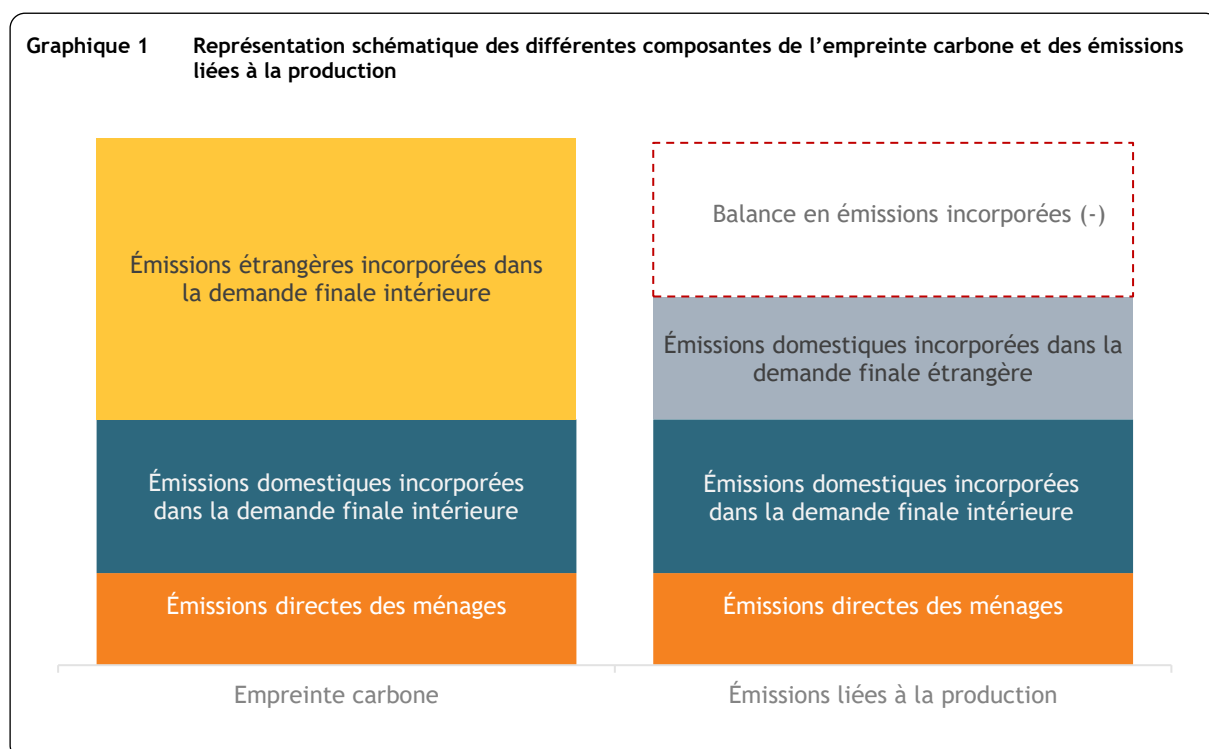
Les principes sous-jacents au calcul de l’empreinte carbone peuvent être illustrés à l’aide d’un exemple pour un produit. Prenons comme exemple une boîte de pralines vendue à un consommateur en Belgique. Pour l’empreinte carbone, il convient de comptabiliser l’ensemble des émissions tout au long du processus de production de cette boîte de pralines, de la récolte des fèves de cacao à la confection des pralines et au conditionnement dans la boîte, et d’attribuer toutes ces émissions au consommateur en Belgique. L’empreinte de cette boîte de pralines comprend des émissions en Belgique, par exemple pour la confection des pralines et le conditionnement, ainsi que des émissions dans d’autres pays pour des parties du processus de production situées à l’étranger, par exemple la récolte des fèves de cacao en Colombie. En termes d’émissions liées à la production, ces émissions lors de la récolte des fèves de cacao font partie des émissions de la Colombie car elles sont dues à une production dans ce pays.

L’empreinte carbone d’un pays est traditionnellement dérivée d’un modèle entrées-sorties. Dans ce type de modèle, l’empreinte carbone est le résultat d’un calcul qui identifie l’ensemble des gaz à effet de serre émis pour satisfaire la demande finale intérieure du pays. On parle généralement d’émissions incorporées dans la demande finale. Au niveau d’un pays, la demande finale intérieure comprend tous les achats par des résidents de biens et services qui ne servent pas comme inputs intermédiaires. Elle inclut la consommation finale des ménages comme poste principal, mais aussi les investissements (formation brute de capital fixe), la consommation finale des administrations publiques, celle des institutions sans but lucratif au service des ménages et la variation des stocks. Pour les besoins de cette étude, le modèle entrées-sorties doit être adapté à l’objectif de déterminer l’empreinte carbone de chacune des trois régions de la Belgique. L’annexe méthodologique détaille comment leur empreinte carbone peut être dérivée d’un modèle entrées-sorties multi-pays qui intègre les trois régions.

En somme, l’empreinte carbone d’un pays comprend les éléments suivants :

- (i) les *émissions directes des ménages*, soit principalement des émissions pour leur transport et le chauffage de leurs habitations ;
- (ii) les *émissions domestiques incorporées dans la demande finale intérieure*, soit les gaz à effet de serre émis par les entreprises résidentes dans les processus de production de biens et services livrés à la demande finale des résidents du pays ;
- (iii) les *émissions à l’étranger incorporées dans la demande finale intérieure*, soit les gaz à effet de serre émis par des entreprises non-résidentes dans les processus de production de biens et services livrés à la demande finale des résidents du pays.

Le graphique 1 montre de façon schématique les éléments qui composent l’empreinte, ainsi que les éléments qui entrent en compte pour les émissions liées à la production. Les émissions directes des ménages et les émissions domestiques incorporées dans la demande finale intérieure font partie des deux. Contrairement aux émissions liées à la production, l’empreinte exclut les *émissions domestiques incorporées dans la demande finale d’autres pays* (les gaz à effet de serre émis par les entreprises résidentes dans les processus de production de biens et services livrés à la demande finale de non-résidents, c’est-à-dire d’autres pays). Mais l’empreinte inclut les émissions à l’étranger incorporées dans la demande finale intérieure. La différence entre les émissions domestiques incorporées dans la demande finale étrangère et les émissions à l’étranger incorporées dans la demande finale intérieure est appelée *balance en émissions incorporées*. Comme le montre le graphique 1, cette différence correspond également à la différence entre les émissions de gaz à effet de serre liées à la production d’un pays et son empreinte carbone. Le graphique 1 présente le cas d’un pays pour lequel cette balance en émissions incorporées est déficitaire, mais il existe des pays pour lesquels cette balance est en surplus.



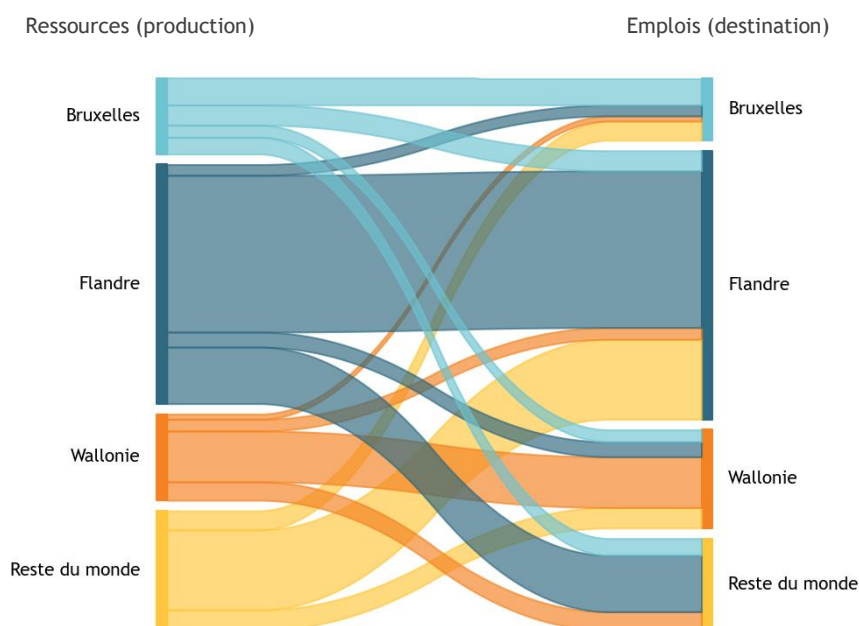
## 2.2. Données

Dans la pratique, le calcul de l’empreinte carbone repose sur un tableau entrées-sorties (TES) couplé à des données d’émissions de gaz à effet de serre. Les TES mettent en évidence les structures de coûts des branches d’activité ainsi que la destination de leur production. Ils permettent donc de retracer les différentes étapes des processus de production avant que les biens et services soient livrés à la demande finale, et ce à un niveau plus ou moins fin à travers les livraisons d’inputs intermédiaires. Le recours à des TES multi-pays mondiaux, couplés à des données d’émissions avec la même couverture géographique, assure en outre la prise en compte des structures d’approvisionnement et des émissions à l’échelle mondiale. Etant donné que les processus de production sont de plus en plus morcelés à travers de nombreux pays, cela permet de mesurer correctement toutes les émissions incorporées dans la demande finale intérieure.

Pour déterminer l’empreinte carbone des régions, il est donc nécessaire de disposer de TES et de données d’émissions de gaz à effet de serre, aussi bien pour les régions de la Belgique que pour le reste du monde. Les sources et les caractéristiques des données utilisées dans notre travail sont brièvement présentées ci-dessous et plus en détail dans l’annexe sur les données.

### 2.2.1. Tableaux entrées-sorties

Les données entrées-sorties pour les régions de la Belgique proviennent du TES interrégional 2015 pour la Belgique (iRIO), construit par le BFP en 2021 (Avonds et al., 2021). Ce tableau est dit interrégional parce qu’il couvre non seulement les flux (achats et livraisons) de biens et services au sein de chaque région – flux *intrarégionaux* – mais aussi les flux de biens et services entre régions – flux *interrégionaux* – dans le même détail. Une estimation précise des flux interrégionaux est primordiale pour le calcul de l’empreinte carbone des régions étant donné leur importance par rapport à la taille de l’économie de chaque région. Le graphique 2, basé sur le iRIO, indique où est livrée la production de chaque région et illustre ainsi l’importance des flux interrégionaux.

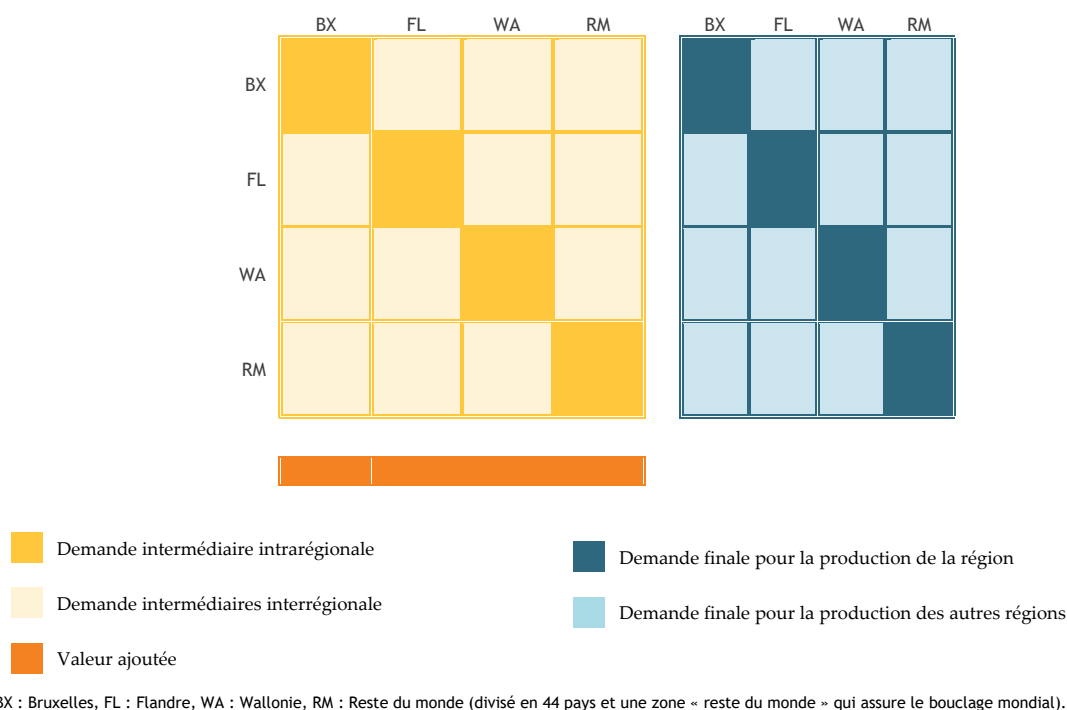
**Graphique 2 Flux monétaires entre les trois régions de la Belgique et avec le reste du monde, 2015**

Du côté des ressources, les flux du reste du monde représentent les importations internationales des trois régions ; du côté des emplois, les flux du Reste du monde représentent les exportations internationales des trois régions de la Belgique.

Pour le calcul de l’empreinte carbone des régions de la Belgique selon la méthodologie exposée en annexe, il convient également de disposer de données entrées-sorties pour leurs partenaires commerciaux étrangers. En termes de sources pour ces données, notre choix s’est porté sur les TES multi-pays mondiaux de FIGARO (Full International and Global Accounts for Research in Input-Output Analysis) élaborés par Eurostat et le Joint Research Centre (JRC) de la Commission européenne (Rémond-Tiédrez et Rueda-Cantuche, 2019). Ces TES reprennent 45 pays (les 27 Etats membres de l’UE (dont la Belgique) et 18 pays hors UE<sup>2</sup>) ainsi qu’une zone « reste du monde » qui assure le bouclage au niveau mondial. Pour les calculs de l’empreinte, nous avons intégré le iRIO 2015 dans le TES multi-pays mondial de FIGARO pour la même année. Cette intégration consiste à remplacer les données pour la Belgique dans le TES de FIGARO par les données du iRIO. Les principaux aspects méthodologiques de cette intégration sont décrits dans l’annexe, et le résultat est illustré de façon schématisée dans le graphique 3.

<sup>2</sup> Le Royaume-Uni, les Etats-Unis, l’Argentine, l’Australie, le Brésil, le Canada, la Suisse, la Chine, l’Indonésie, l’Inde, le Japon, la Corée du Sud, le Mexique, la Norvège, la Russie, l’Arabie Saoudite, la Turquie et l’Afrique du Sud.

**Graphique 3** Structure schématisée du TES multi-pays mondial de FIGARO après intégration des données pour les régions de la Belgique



### 2.2.2. Émissions de gaz à effet de serre

Le calcul de l'empreinte carbone requiert des données sur les émissions de gaz à effet de serre, aussi bien pour les régions de la Belgique que pour les pays repris dans le TES multi-pays mondial, qui soient compatibles avec les données entrées-sorties du point de vue méthodologique et au niveau de la désagrégation par branche d'activité.

Pour la Belgique, les comptes des émissions atmosphériques (*Air Emissions Accounts, AEA*), publiés par le BFP dans le cadre de l'Institut des comptes nationaux, présentent les émissions de CO<sub>2</sub> et de plusieurs autres gaz à effet de serre par les résidents. Ces données sont ventilées par branche d'activité avec un détail de 64 branches de la nomenclature NACE Rév.2. En tant que comptes satellites des comptes nationaux, les AEA sont compatibles avec les données économiques des comptes nationaux dont font partie les TES. La méthodologie de construction des AEA s'appuie sur les données des inventaires d'émissions qui répertorient les émissions sur le territoire du pays. Pour les gaz à effet de serre, il s'agit principalement des inventaires établis pour la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC). Le passage aux émissions des résidents tel que présentées dans les AEA nécessite un ajustement qui revient à inclure les émissions des résidents belges à l'étranger et à exclure les émissions des non-résidents sur le territoire de la Belgique. Dans la pratique, cette correction pour le principe de résidence s'applique surtout aux émissions liées au transport.

Pour les régions, il n'existait jusqu'ici pas de données d'émissions de type AEA, c'est-à-dire compatibles avec les comptes économiques des régions et le iRIO, en dépit du fait que les inventaires soient établis au niveau régional. Dès lors, nous avons construit des AEA pour les régions en suivant la même méthodologie qu'au niveau national et en veillant à la cohérence des résultats avec les données des AEA



pour la Belgique. Concrètement, nous sommes partis des inventaires de chacune des régions auxquels nous avons appliqué la correction pour le principe de résidence. Cela a nécessité d'estimer, pour chaque région, les éléments suivants : (i) les émissions des non-résidents belges sur le territoire de la région, (ii) les émissions des résidents des autres régions sur le territoire de la région, (iii) les émissions des résidents de la région hors de la Belgique, et (iv) les émissions des résidents de la région sur le territoire des autres régions. Les deux premiers éléments sont à déduire des émissions territoriales de la région, et les deux derniers doivent y être ajoutés. Les AEA régionaux qui résultent de ce travail mesurent les émissions liées à la production des régions et constituent la base pour le calcul de l'empreinte carbone des régions.

Les données d'émissions pour les autres pays proviennent des comptes satellites du projet WIOD ('World Input-Output Database')<sup>3</sup> car Eurostat n'a pas encore publié de données d'émissions compatibles avec les TES de FIGARO. Comme les comptes satellites de WIOD ne couvrent pas les autres gaz à effet de serre, nos calculs sont limités aux émissions de CO<sub>2</sub>.

---

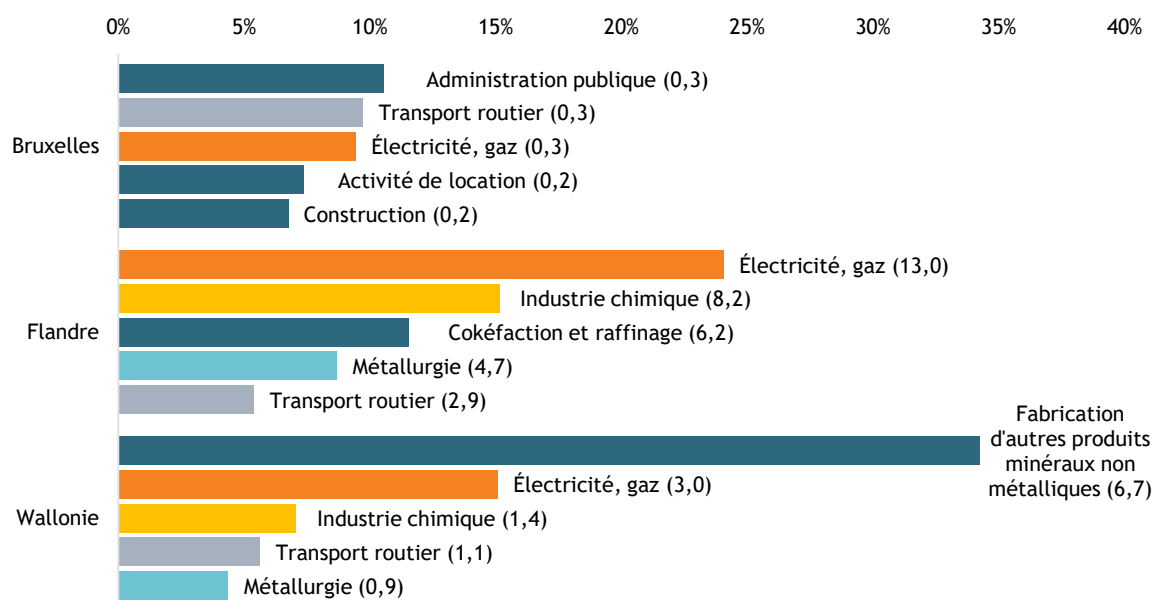
<sup>3</sup> La méthodologie de construction de ces données est décrite dans Corsatea et al. (2019).

## 3. Résultats

### 3.1. Émissions liées à la production

Les AEA régionaux établis dans le cadre de ce travail présentent les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production pour chacune des trois régions de la Belgique. Pour l'année 2015, ces émissions s'élèvent, hors émissions directes des ménages, à 2,7 Mt<sup>4</sup> pour Bruxelles, 54,3 Mt pour la Flandre et 19,7 Mt pour la Wallonie. La Flandre totalise donc 71 % des émissions liées à la production en Belgique, la Wallonie 26 % et Bruxelles 4 %. Cette répartition régionale des émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production est sensiblement différente de la répartition régionale de la valeur ajoutée. En effet, les parts des régions dans la valeur ajoutée sont respectivement de 58 %, 23 % et 19 % pour la Flandre, la Wallonie et Bruxelles. En d'autres termes, l'intensité en émissions de l'activité économique, mesurée par la quantité de CO<sub>2</sub> émise par euro de valeur ajoutée, est nettement plus faible à Bruxelles (0,04 kg/€) qu'en Flandre (0,25 kg/€) et qu'en Wallonie (0,23 kg/€). En tant que zone urbaine, la région bruxelloise est caractérisée par une activité économique largement dominée par les services, moins émetteurs de CO<sub>2</sub>. L'importance des activités de services à Bruxelles est due non seulement au plus grand poids des branches de services mais aussi aux choix de localisation des différentes activités au sein des branches, voire des entreprises : les activités de type services (siège, ressources humaines...), peu émettrices de CO<sub>2</sub>, sont plus souvent implantées à Bruxelles, tandis que les activités de production qui génèrent plus d'émissions se trouvent plus souvent en Flandre et en Wallonie.

**Graphique 4 Principales branches émettrices de CO<sub>2</sub> par région**  
*Classement en fonction du pourcentage dans le total des émissions liées à la production*  
*Emissions par branche en Mt de CO<sub>2</sub> entre parenthèses*



<sup>4</sup> Dans cette étude, les émissions de CO<sub>2</sub> sont évaluées, selon les besoins, en mégatonnes (Mt), kilotonnes (kt), en tonnes (t) ou en kilogrammes (kg).

Par ailleurs, les AEA régionaux comportent le détail des émissions de CO<sub>2</sub> pour 64 branches d'activité, ce qui permet d'identifier les principales branches émettrices de CO<sub>2</sub> dans chaque région (graphique 4). Dans les trois régions, la production et distribution d'électricité et de gaz et le transport routier comptent parmi les cinq branches qui émettent le plus de CO<sub>2</sub>. L'administration publique est la branche émettant le plus de CO<sub>2</sub> à Bruxelles, tandis que la production et distribution d'électricité et de gaz occupe cette place en Flandre. En Wallonie, c'est la branche fabrication d'autres produits minéraux non-métalliques (ciment, chaux...) qui est le plus grand émetteur. Enfin, notons également que l'industrie chimique et la métallurgie font partie des principaux émetteurs de CO<sub>2</sub> aussi bien en Flandre qu'en Wallonie.

### 3.2. Empreinte carbone

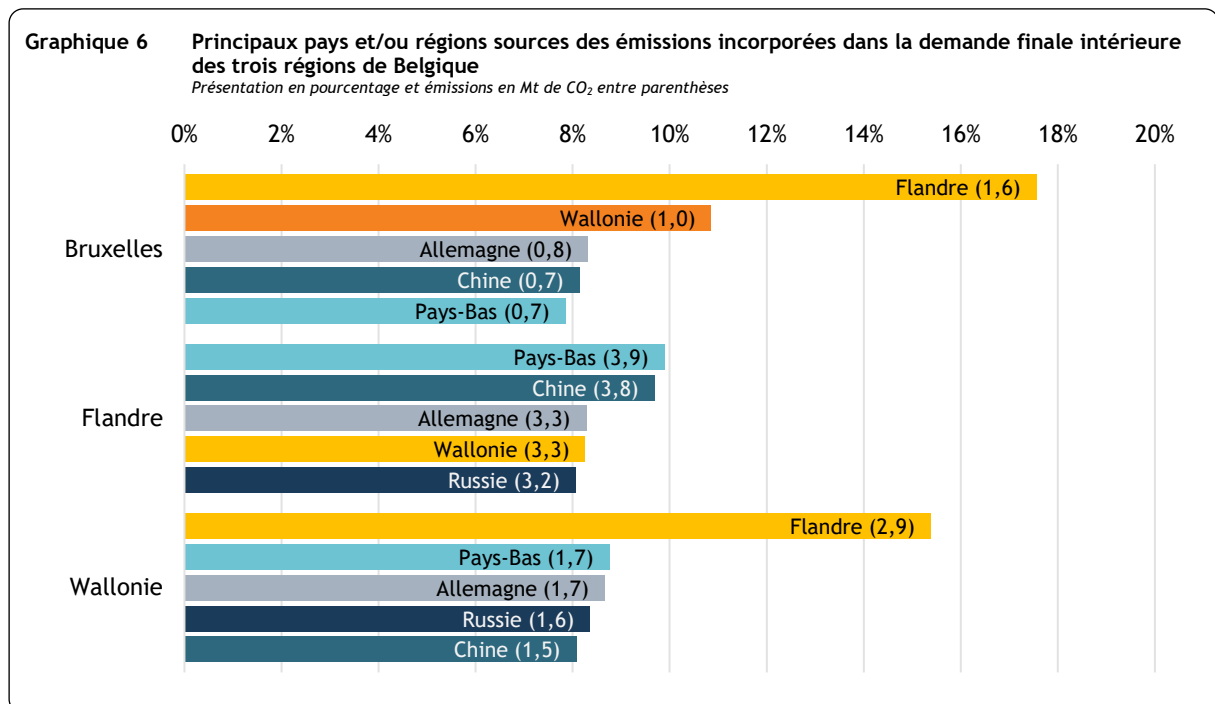
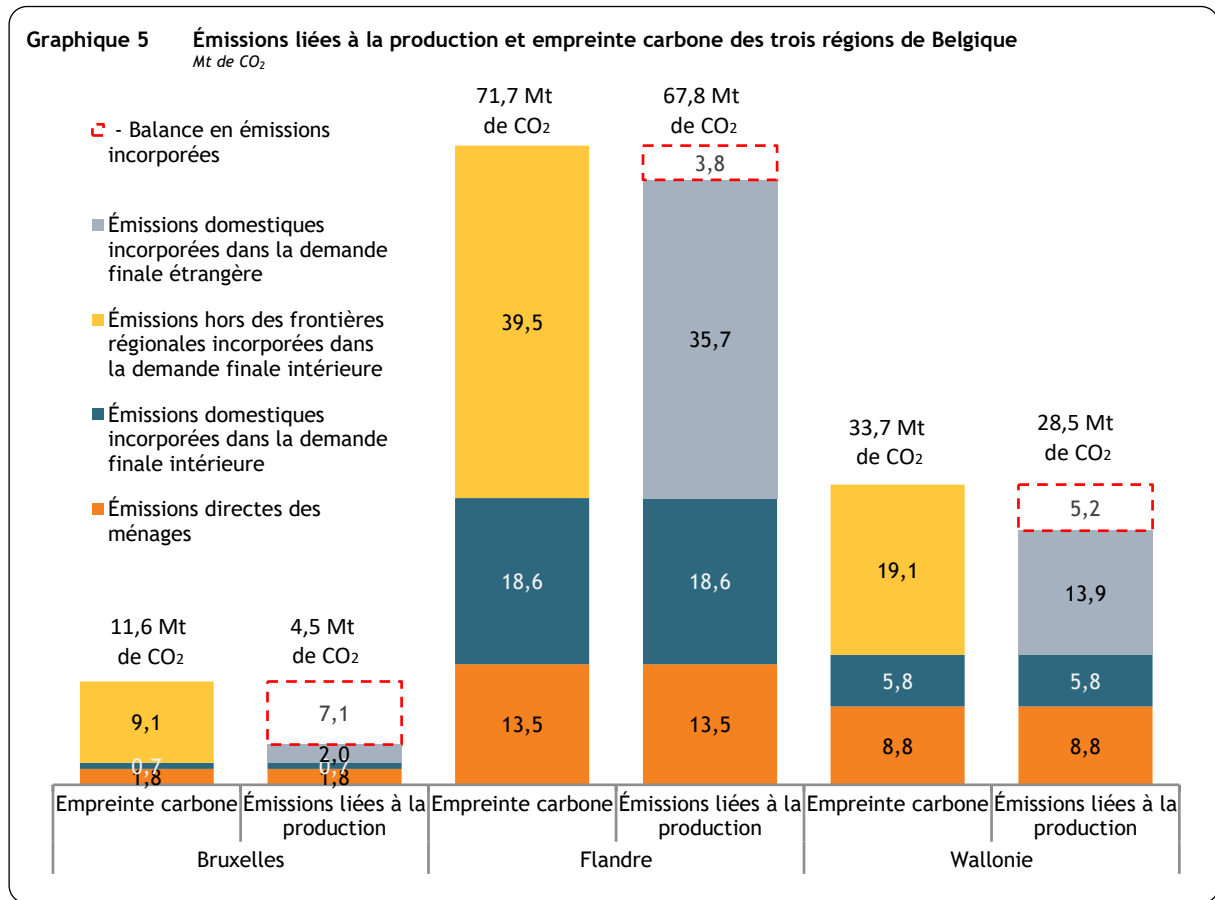
D'après nos calculs, l'empreinte carbone incluant les émissions directes des ménages est de 11,6 Mt de CO<sub>2</sub> pour Bruxelles, 71,7 Mt de CO<sub>2</sub> pour la Flandre et 33,7 Mt de CO<sub>2</sub> pour la Wallonie. Pour rappel, il s'agit, pour chacune des trois régions, de l'ensemble des émissions de CO<sub>2</sub> rejetées tout au long du processus de production des biens et services livrés à la demande finale intérieure, ainsi que des émissions directes des ménages.<sup>5</sup> Le graphique 5 montre que l'empreinte de chaque région est supérieure à ses émissions liées à la production. Cela signifie que Bruxelles, la Flandre et la Wallonie ont toutes les trois une balance en émissions incorporées déficitaire. Cette balance sera examinée plus en détail dans la partie 3.4. Le déficit pour Bruxelles est particulièrement important (7,1 Mt de CO<sub>2</sub>) et est plus élevé que pour la Wallonie (5,2 Mt de CO<sub>2</sub>) et la Flandre (3,8 Mt de CO<sub>2</sub>).

Pour les trois régions de la Belgique, le CO<sub>2</sub> inclut dans l'empreinte carbone provient principalement hors des frontières régionales. Il représente respectivement 55 % et 57 % de l'empreinte en Flandre et en Wallonie, et près de 80 % à Bruxelles. Autrement dit, plus de la moitié du CO<sub>2</sub> émis pour satisfaire la demande finale des résidents de chacune des régions est émis à l'étranger ou dans les autres régions de la Belgique. Les émissions domestiques incorporées dans la demande finale intérieure représentent un peu plus d'un quart de l'empreinte en Flandre et 17 % en Wallonie, pour seulement 6 % à Bruxelles. Enfin, la part des émissions directes des ménages dans l'empreinte s'élève à 16 % à Bruxelles, 19 % en Flandre et 26 % en Wallonie.

Les émissions hors des frontières régionales qui sont incorporées dans la demande finale intérieure d'une région (la partie en jaune sur le graphique 5) peuvent être scindées en : (i) émissions des autres régions de la Belgique et (ii) émissions d'autres pays. Pour la Flandre, la part des émissions d'autres pays dans le total des émissions hors des frontières régionales est de 90 % contre une part de 10 % pour les émissions des autres régions. Pour la Wallonie et Bruxelles, ces parts sont respectivement de 82 % et 18 %, et 72 % et 28 %. Ce sont donc les émissions hors de la Belgique qui dominent, mais, prises individuellement, les parts des émissions des autres régions sont importantes, en particulier pour Bruxelles. C'est ce qui ressort du graphique 6 qui montre que la Flandre et/ou la Wallonie sont systématiquement parmi les plus importants pays ou régions sources d'émissions incorporées dans la demande finale intérieure des trois régions. Au niveau international, les principaux pays sources d'émissions sont, pour

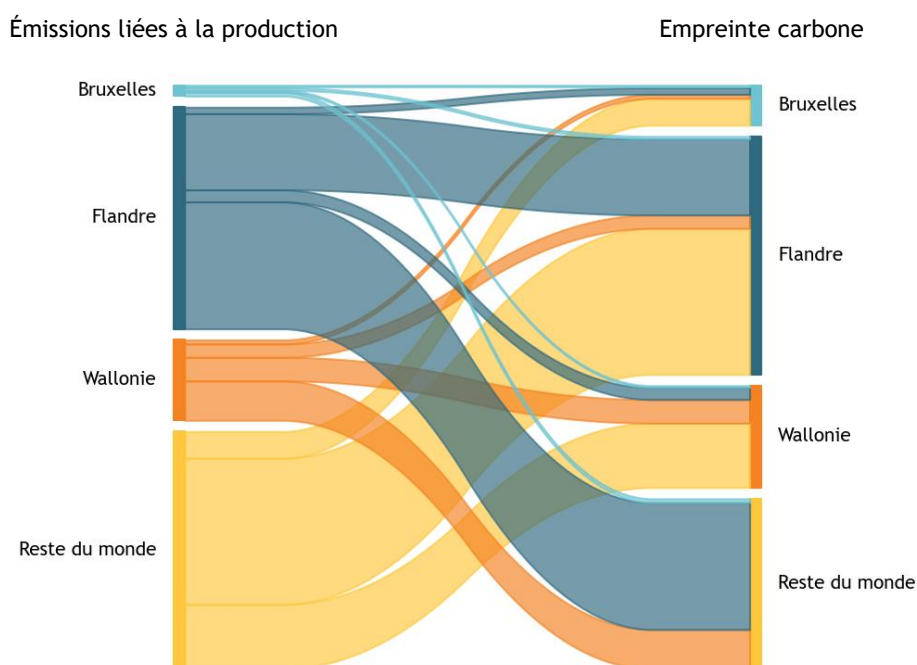
<sup>5</sup> Comme mentionné dans la partie méthodologique, la demande finale d'un pays ou d'une région est composée de plusieurs catégories. Le graphique A.1 en annexe montre que c'est toujours la consommation finale des ménages (y compris les émissions directes des ménages) qui domine largement en termes de contribution à l'empreinte, devant la formation brute de capital fixe et la consommation finale des administrations publiques.

les trois régions, les pays voisins, plus particulièrement l'Allemagne et les Pays-Bas, ainsi que la Chine et la Russie.



Le graphique 7 résume les principaux constats posés jusqu'ici. Il donne tout d'abord, pour les trois régions, les émissions liées à la production dans la partie de gauche et l'empreinte carbone dans la partie de droite. Il permet d'observer que, pour chacune des trois régions, les émissions liées à la production sont plus faibles que l'empreinte carbone, ce qui implique qu'elles ont toutes les trois une balance en émissions incorporées déficitaire. La partie centrale du graphique montre, sous forme de flux, le CO<sub>2</sub> émis dans une région qui est incorporée dans la demande finale de la région de consommation. Le reste du monde est inclus pour montrer les émissions à l'étranger incorporées dans la demande finale de chaque région de Belgique. Il ressort de cette représentation graphique (i) que les émissions du reste du monde représentent une part substantielle de l'empreinte des trois régions et (ii) l'importance de certains flux de CO<sub>2</sub> incorporé entre régions, notamment entre la Flandre et Bruxelles et entre la Flandre et la Wallonie.

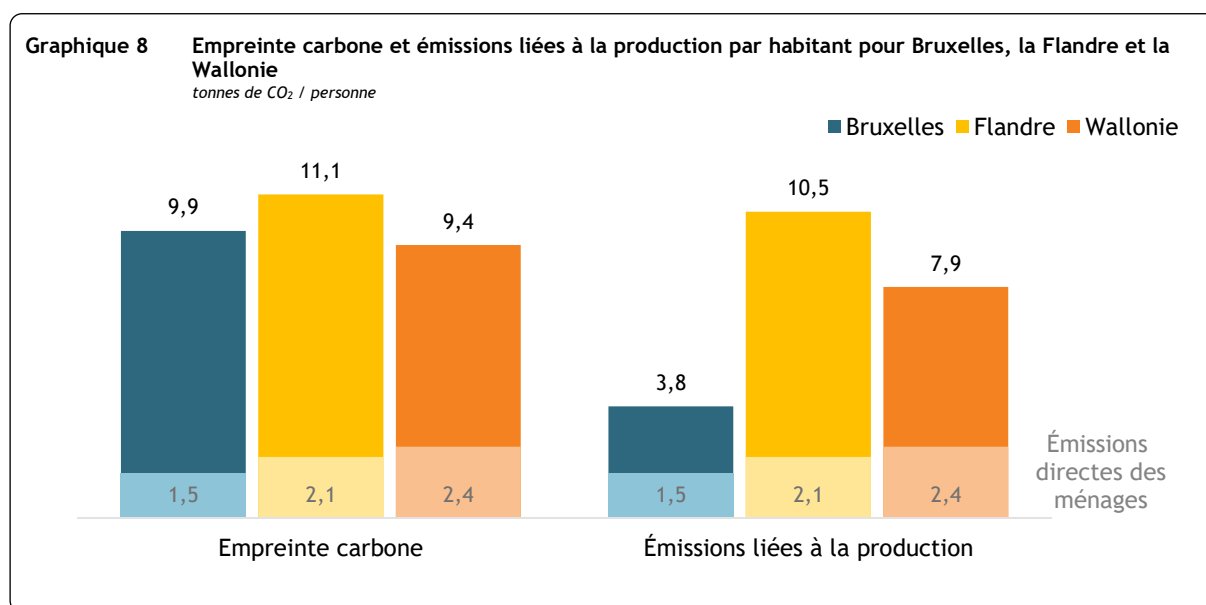
**Graphique 7** Flux d'émissions incorporées entre émissions liées à la production et empreinte carbone pour les trois régions de la Belgique



Note : La partie de gauche du graphique présente les émissions liées à la production pour les trois régions de la Belgique et la partie de droite présente leur empreinte carbone. Le reste du monde fait partie de ce graphique pour indiquer (axe de gauche) les émissions à l'étranger incorporées dans la demande finale des trois régions et (axe de droite) les émissions des trois régions incorporées dans la demande finale d'autres pays. Les flux d'émissions entre les pays qui composent le reste du monde ne sont pas repris sur ce graphique. Les émissions directes des ménages ne sont pas reprises dans ce graphique.

### 3.3. Comparaison internationale

Les résultats doivent être exprimées par habitant pour une comparaison régionale ou internationale.<sup>6</sup> Le graphique 8 montre que l’empreinte carbone par habitant s’élève à 11,1 tonnes de CO<sub>2</sub> en Flandre et que Bruxelles et la Wallonie affichent des empreintes carbone par habitant plus faibles, respectivement 9,9 et 9,4 tonnes de CO<sub>2</sub>. En comparaison internationale<sup>7</sup> (graphiques 9), l’empreinte carbone par habitant de chacune des trois régions est plus élevée que la médiane des pays de l’UE (8,0 t de CO<sub>2</sub>) mais reste nettement plus faible que celle de pays comme l’Australie, les Etats-Unis ou le Canada. L’empreinte par habitant de Bruxelles et de la Wallonie est proche de celle de l’Autriche et du Royaume-Uni (respectivement 10,2 et 10,0 t de CO<sub>2</sub>), et l’empreinte par habitant de la Flandre est comparable à celle des Pays-Bas (10,9 t de CO<sub>2</sub>). Parmi les autres pays limitrophes, le Luxembourg (16,7 t de CO<sub>2</sub>) et l’Allemagne (11,6 t de CO<sub>2</sub>) affichent une empreinte carbone par habitant plus élevée que les régions de la Belgique, tandis que celle de la France est plus faible (7,6 t de CO<sub>2</sub>). Enfin, exprimées par habitant, les empreintes carbone sont sensiblement plus basses dans des pays émergents comme l’Inde, l’Indonésie ou le Brésil, ce qui traduit des différences en termes de niveau et de composition de la consommation.



Les graphiques 8 et 9 permettent aussi une comparaison régionale et internationale des émissions liées à la production par habitant des trois régions. Elles s’élèvent à 3,8 tonnes de CO<sub>2</sub> pour Bruxelles 10,5 tonnes de CO<sub>2</sub> pour la Flandre et 7,9 tonnes de CO<sub>2</sub> pour la Wallonie. Le niveau de ces émissions pour Bruxelles est plus faible que pour tout pays de l’UE. Pour la Wallonie et la Flandre, les émissions liées à la production par habitant sont supérieures à la médiane des pays de l’UE.

Par ailleurs, les émissions directes des ménages par habitant varient entre les trois régions de la Belgique. Elles sont plus importantes en Wallonie (2,4 tonnes de CO<sub>2</sub>/habitant) et en Flandre (2,1 tonnes de CO<sub>2</sub>/habitant) qu’à Bruxelles (1,5 tonnes de CO<sub>2</sub>/habitant). Cette différence s’explique par la taille et le caractère urbain de la région bruxelloise qui ont un impact sur les deux principales sources d’émissions

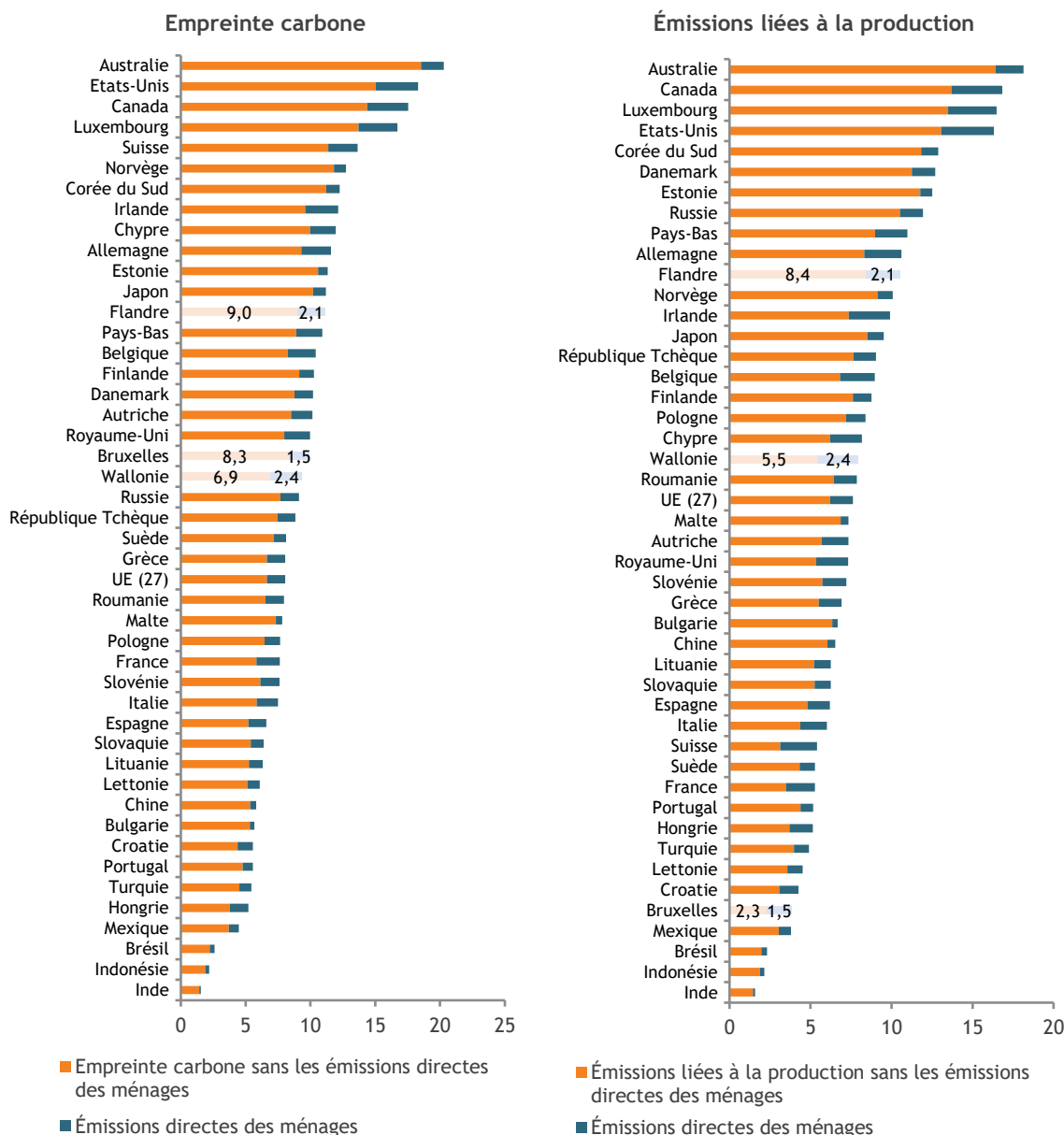
<sup>6</sup> Les données pour le nombre d’habitants à Bruxelles, en Flandre et en Wallonie proviennent de Statbel, celles pour le nombre d’habitants des autres pays sont issues des bases de données d’Eurostat et de la Banque mondiale.

<sup>7</sup> Pour cette comparaison internationale, nous avons calculé l’empreinte carbone pour tous les pays repris dans notre base de données selon la méthodologie exposée en annexe.

directes des ménages, à savoir le transport et le chauffage des habitations. Comparés à la Wallonie et à la Flandre, les distances parcourues à Bruxelles sont en effet moindres et l'habitat y est plus dense. En comparaison internationale, les émissions directes des ménages par habitant en Wallonie, en Flandre et à Bruxelles dépassent la médiane de l'UE qui s'élève à 1,4 tonnes de CO<sub>2</sub>. Parmi les pays repris dans la base de données, seuls les États-Unis, le Canada, le Luxembourg et l'Irlande ont des émissions directes des ménages par habitant plus élevées que la Wallonie.

**Graphiques 9 Empreinte carbone et émissions liées à la production par habitant par pays et pour les trois régions de la Belgique**

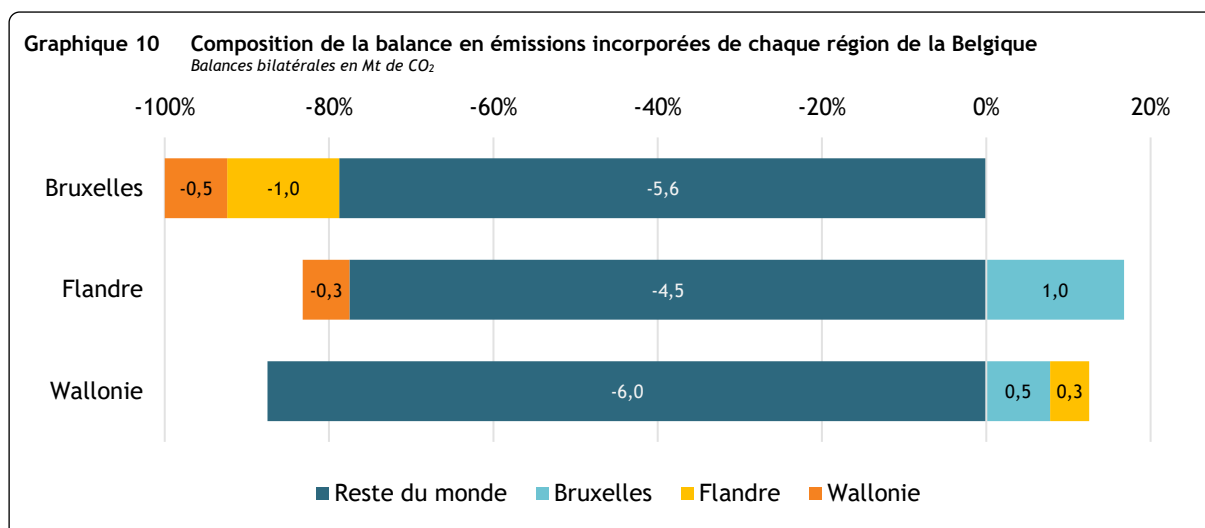
Tonnes de CO<sub>2</sub>/personne



### 3.4. Balances en émissions incorporées

La balance en émissions incorporées est déficitaire pour chacune des trois régions de la Belgique. Cela signifie que, pour chaque région, les émissions hors des frontières régionales incorporées dans la demande finale régionale excèdent les émissions de la région incorporées dans la demande finale d'autres pays ou régions, ou encore que leur empreinte carbone est supérieure à leurs émissions liées à la production.

La comparaison avec les pays/régions repris dans notre base de données (voir graphique A.2 en annexe) montre que, par habitant, le déficit de la balance en émissions incorporées de Bruxelles est plus élevé que pour tous les autres pays de l'UE, en ce compris les deux autres régions belges. Seule la Suisse affiche un déficit par habitant plus élevé que Bruxelles. Cette comparaison indique également que seule une petite dizaine de pays parmi les pays dans notre base de données présente un excédent de la balance en émissions incorporées. Ce groupe inclut la Russie, le Danemark, la Chine, et quelques pays d'Europe de l'Est.

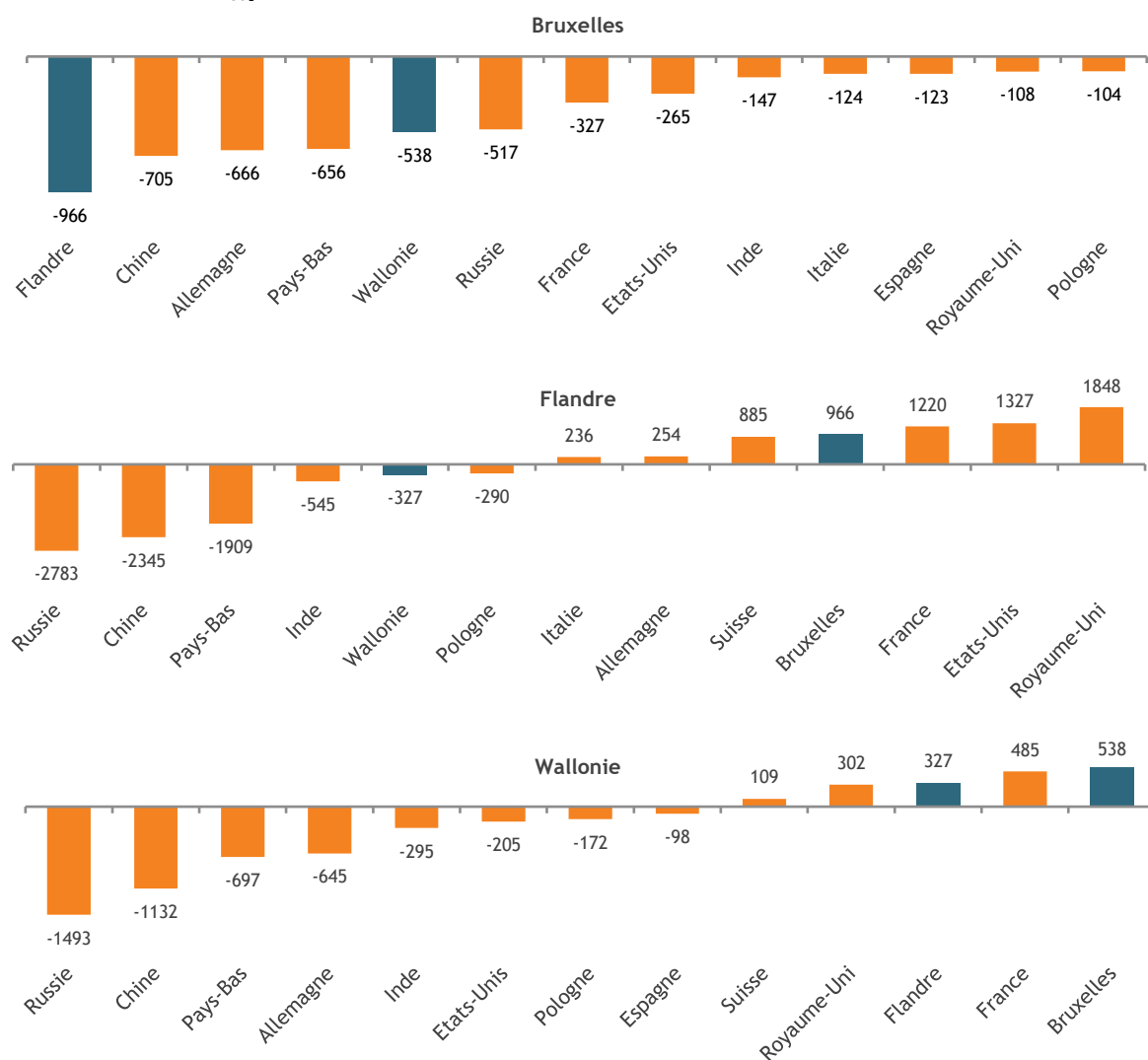


Le graphique 10 montre, pour chacune des trois régions, une décomposition de sa balance en émissions incorporées en balances bilatérales avec les deux autres régions de la Belgique et une balance internationale avec l'ensemble des autres pays. Cette dernière représente la part la plus importante du déficit de la balance en émissions incorporées de chaque région. Néanmoins, les balances bilatérales avec les autres régions représentent des quantités d'émissions significatives. Ainsi, la Flandre affiche un excédent vis-à-vis de Bruxelles (1,0 Mt de CO<sub>2</sub>) qui provient principalement des émissions de la branche « production et distribution d'électricité et de gaz » en Flandre qui sont incorporées dans la demande finale à Bruxelles. De plus, les émissions bruxelloises incorporées dans la demande finale en Flandre sont faibles étant donné que Bruxelles produit surtout des services. De la même manière, la Wallonie présente un excédent de 0,5 Mt de CO<sub>2</sub> vis-à-vis de Bruxelles. Dans ce cas, la principale contribution vient des émissions de la branche « Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques » en Wallonie qui sont incorporées dans la demande finale à Bruxelles. Cette branche est dominée, en Wallonie, par des entreprises spécialisées dans la production de ciment, une activité qui émet des quantités importantes de CO<sub>2</sub>. Les émissions de cette branche en Wallonie expliquent aussi en grande partie l'excédent de la balance bilatérale de la Wallonie avec la Flandre (0,3 Mt de CO<sub>2</sub>).



Afin de dégager une image plus détaillée des balances bilatérales, le graphique 11 montre les principales balances bilatérales en émissions incorporées par partenaire pour chacune des trois régions. Les balances bilatérales de Bruxelles sont toutes négatives, à l'exception de celles avec la Finlande et la Suisse. Autrement dit, les émissions incorporées dans la demande finale de Bruxelles dépassent, pour quasiment tous ses partenaires, les émissions à Bruxelles incorporées dans la demande finale de ces pays ou régions. Ce constat s'explique dans une large mesure par l'importance des activités de services, peu émettrices de CO<sub>2</sub>, à Bruxelles. La situation est sensiblement différente pour la Flandre et la Wallonie. Leurs principales balances bilatérales déficitaires sont avec la Russie, la Chine et les Pays-Bas. Deux éléments permettent d'expliquer ces résultats pour la Russie et la Chine : (i) l'importance des contributions de ces deux pays dans les processus de production de biens et services livrés à la demande finale en Flandre et en Wallonie, et (ii) les facteurs d'émission moyens nettement plus élevés dans ces pays. Les principales balances bilatérales excédentaires de la Flandre sont vis-à-vis du Royaume-Uni, des États-Unis et de la France, tandis que celles de la Wallonie sont vis-à-vis de la France et des deux autres régions de la Belgique.

**Graphique 11** Balances bilatérales en émissions incorporées les plus importantes pour Bruxelles, la Flandre et la Wallonie  
En Kt de CO<sub>2</sub>



### 3.5. Émissions indirectes et mécanisme d'ajustement carbone aux frontières

La mise en place d'un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) pour les importations de certains produits industriels dans l'Union européenne est un élément central du Pacte vert pour l'Europe (European Green Deal). En décembre 2022, le Parlement européen et le Conseil sont parvenus à un accord provisoire sur une réglementation en la matière. L'objectif du MACF, tel que défini dans cet accord, est d'éviter que le prix du carbone imposé par le système d'échange de quotas d'émissions de l'Union européenne (SEQE-UE) ne donne lieu à des « fuites de carbone », c'est-à-dire que la production de certains biens dans l'UE soit remplacée par des importations en provenance de pays hors-UE où le prix du carbone est plus faible voire nul. Le MACF imposera donc un prix du carbone équivalent à celui du SEQE-UE aux importations dans l'UE des produits visés. L'encadré ci-dessous fournit des

#### Encadré SEQE-UE & MACF

Le **système d'échange de quotas d'émissions de l'Union européenne** (SEQE-UE ou EU-ETS en anglais) a été mis en place progressivement à partir de 2005. Au départ, il devait permettre aux pays de l'UE d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> dans le cadre du protocole de Kyoto. Dans les grandes lignes, le système fonctionne de la façon suivante : l'UE alloue un nombre fixe de certificats d'émission de CO<sub>2</sub> par an pour les secteurs couverts par le système. L'allocation se fait gratuitement ou par vente aux enchères et le nombre de certificats diminue au fil des années. Les certificats sont échangeables, c'est-à-dire que les entreprises (installations) participantes peuvent les acheter ou les vendre sur le marché du carbone européen créé à cet effet. L'offre et la demande de certificats sur ce marché donnent lieu à la formation d'un prix du carbone qui doit permettre une allocation efficace des certificats. Ce prix a fortement augmenté au cours des dernières années. Le SEQE-UE couvre les pays de l'Espace économique européen (soit les pays de l'UE, la Norvège, le Liechtenstein et l'Islande).

Le **Mécanisme d'Ajustement Carbone aux Frontières** (MACF ou CBAM en anglais) de l'UE doit entrer en vigueur à partir du 1<sup>er</sup> octobre 2023. Il constitue un complément par rapport au SEQE-UE étant donné qu'il prévoit l'obligation d'acheter des certificats carbone pour des importations dans l'UE, au prix qui aurait dû être payé si les marchandises avaient été produites dans l'UE. En effet, pour échapper au coût du carbone dans le cadre du SEQE-UE, des marchandises produites dans l'UE pourraient être remplacées par des importations. Cette substitution est souvent aussi qualifiée de fuite de carbone. En imposant ainsi aux produits importés le même prix du carbone que celui qui résulte du SEQE-UE, le MACF doit garantir que les conditions d'accès au marché européen soient égales pour tous les producteurs. De plus, à travers cette tarification du carbone pour les importations, le MACF vise à inciter les entreprises qui exportent vers l'UE à des efforts de réduction de leurs émissions de CO<sub>2</sub>.

L'introduction du MACF se fera de façon progressive. Dans un premier temps, il sera limité aux produits suivants : le fer et l'acier, le ciment, les engrais, l'aluminium, la production d'électricité et l'hydrogène. Ces produits sont considérés comme présentant un risque élevé de fuites de carbone. Pendant une période de transition jusqu'à la fin de 2026, les importateurs devront uniquement déclarer les émissions de gaz à effet de serre pour les produits qu'ils importent. À partir de 2027, la tarification des émissions déclarées entrera en vigueur. Au cours de la période de transition, les déclarations seront limitées aux émissions directes. Les émissions indirectes devraient être intégrées au mécanisme après la période transitoire. Dans le même temps, la distribution gratuite de certificats dans le cadre du SEQE-UE sera progressivement supprimée pour les produits visés par le MACF afin de garantir des conditions égales d'accès au marché européen.

informations détaillées sur le SEQE-UE et le MACF. Les informations sur le MACF correspondent à la position adoptée par le Parlement européen.

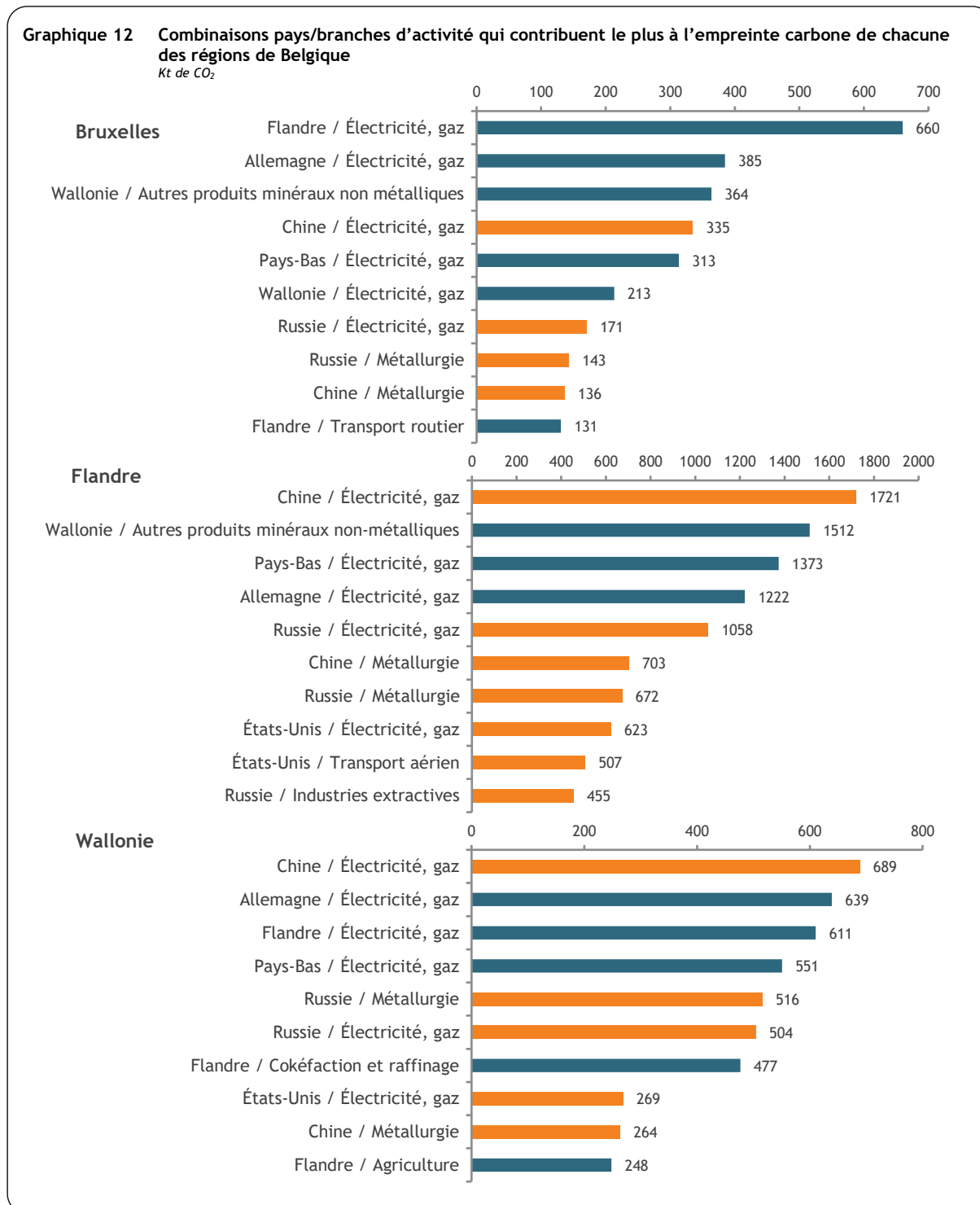
Selon la proposition initiale du Parlement européen, l'application du prix du carbone aux importations dans le MACF devrait prendre en compte aussi bien les émissions directes qu'indirectes, c'est-à-dire les émissions plus en amont dans le processus de production des biens et services importés. Cependant, ni la proposition initiale du Parlement ni l'accord provisoire entre le Conseil et le Parlement n'apporte d'éléments concrets quant à la manière de mesurer les émissions indirectes. Ils se limitent à mandater la Commission européenne pour développer des méthodes de calcul des émissions indirectes et de détermination du prix du carbone pour ces émissions.

La méthodologie de calcul de l'empreinte carbone, appliquée dans cette étude, prend en compte tant les émissions incorporées directes qu'indirectes. Elle est basée sur des données par branche d'activité et mesure les émissions directes et indirectes incorporées dans les biens et services livrés à la demande finale d'une région ou d'un pays. De ce fait, elle se différencie de la méthode de tarification du carbone qui devra être mise en place dans le MACF pour déterminer les émissions directes et indirectes incorporées dans les importations dans l'UE de certains produits spécifiques. Malgré ces différences, les résultats obtenus pour l'empreinte permettent de fournir plusieurs enseignements utiles pour la prise en compte d'émissions indirectes dans le cadre du MACF. A cet effet, le graphique 12 montre les principales contributions de branches d'activité dans d'autres pays ou régions à l'empreinte carbone des trois régions de la Belgique. Les émissions de branches dans des pays hors-UE (en orange) sont signalées par une couleur différente par rapport aux émissions de branches dans d'autres régions de la Belgique ou dans des pays membres de l'UE (en bleu), pour mettre en évidence les émissions hors-UE qui sont visées dans le MACF.

On constate qu'il y a une quantité considérable d'émissions des branches 'Electricité et gaz' et 'Métallurgie' en Chine et en Russie incorporée dans la demande finale de chacune des trois régions. Comme mentionné dans l'encadré, les importations de produits de ces branches seront soumises à une tarification dans le cadre du MACF. Pour la branche 'Electricité et gaz', il s'agit là presque exclusivement d'émissions indirectes, c'est-à-dire d'émissions en amont dans les processus de production de biens et services livrés à la demande finale d'une des trois régions, étant donné que les livraisons directes de ces deux pays à la demande finale des trois régions sont négligeables voire nulles. Ce constat illustre qu'il est important de tenir compte des émissions indirectes dans le cadre du MACF sous peine d'exclure des sources d'émissions majeures de la tarification.

Pour la branche 'Métallurgie', la situation est différente. Comme pour la branche 'Electricité et gaz', les importations en provenance de Chine et de Russie à destination de la demande finale des régions sont très faibles. Par conséquent, les émissions de cette branche dans ces deux pays incorporées dans la demande finale des régions sont essentiellement des émissions qui, dans la perspective d'empreinte carbone, sont considérées comme indirectes. En revanche, la Flandre et la Wallonie importent des volumes conséquents de produits de la 'Métallurgie' de Chine et de Russie pour consommation intermédiaire. Les émissions incorporées dans ces importations devront faire l'objet d'une tarification dans le cadre du MACF. Cependant, elles ne sont que partiellement incorporées dans la demande finale des régions. En effet, une grande partie des importations de produits de la 'Métallurgie' de Chine et de Russie est

utilisée comme inputs intermédiaires dans des processus de production de biens et services livrés à la demande finale d'autres pays. Cet exemple montre que l'imposition du prix du carbone à des importations peut avoir une incidence sur le coût des inputs intermédiaires de la production de biens et services qui sont finalement destinés à l'exportation.



Enfin, la tarification des émissions indirectes incorporées dans le cadre du MACF devrait aussi tenir compte de ce qui est communément appelé 'feedback loop' dans la littérature sur le calcul des empreintes carbone (Moran et al., 2018). Le problème de ces 'feedback loops' peut être illustré par un

exemple. Le CO<sub>2</sub> émis dans la production d'un bien en Flandre qui est exporté vers un autre pays hors de l'UE peut en fin de compte être incorporé comme émissions indirectes dans des importations de la Flandre si ce bien est utilisé comme input intermédiaire dans la production de biens ou services importés par la Flandre. La méthode de calcul de l'empreinte prend en compte cette possibilité grâce au recours à un TES multi-pays mondial. Si les biens ou services importés par la Flandre sont destinés à sa demande finale, cette méthode comptabilise les émissions pour la production initiale exportée comme des émissions en Flandre incorporées dans la demande finale de la Flandre. Dans le cadre du MACF, les émissions qui proviennent initialement d'un pays de l'Union et qui sont indirectement incorporées dans les importations dans l'UE devraient logiquement être exempts de tarification carbone.

## 4. Conclusion

Cette étude présente les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production et l’empreinte carbone des trois régions de la Belgique pour l’année 2015. Ces deux indicateurs constituent des mesures alternatives de la contribution des régions au changement climatique. Le premier attribue les émissions de CO<sub>2</sub> à la région où a lieu la production, tandis que le deuxième attribue les émissions à la région où les biens et services sont consommés. Il est intéressant de présenter ces deux indicateurs au niveau des régions étant donné que la politique environnementale est, dans une large mesure, une compétence régionale en Belgique.

Dans le cadre de ce travail, nous avons dès lors construit des comptes des émissions atmosphériques pour les trois régions en suivant la même méthodologie que pour les comptes des émissions atmosphériques de la Belgique. Ces comptes contiennent les émissions régionales de CO<sub>2</sub> liées à la production. Pour le calcul de l’empreinte carbone des régions, nous avons eu recours à un modèle entrées-sorties et aux données suivantes : (i) le tableau entrées-sorties interrégional de 2015 pour la Belgique, (ii) le tableau entrées-sorties multi-pays mondial d’Eurostat et du Centre commun de recherche de la Commission européenne pour la même année, dans lequel nous avons intégré le tableau interrégional, et (iii) des données sur les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production au niveau régional et international.

Plusieurs constats peuvent être posés à partir de nos résultats. Tout d’abord, pour les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production, ils mettent en évidence les différences entre la Région de Bruxelles-Capitale et les deux autres régions. Par habitant, les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production sont plus élevées en Flandre et en Wallonie que la médiane des pays de l’UE, tandis qu’à Bruxelles elles sont plus faibles que pour tous les pays de l’Union européenne. Cela s’explique par le caractère urbain de la région bruxelloise et son économie basée sur des activités de services, peu émettrices en CO<sub>2</sub>.

Ensuite, la situation est très différente pour l’empreinte carbone. Par habitant, elle est un peu plus élevée à Bruxelles qu’en Wallonie mais plus faible qu’en Flandre. Pour les trois régions, l’empreinte par habitant est supérieure à la médiane des pays de l’UE. En termes de composition, la plupart du CO<sub>2</sub> inclus dans l’empreinte des trois régions est émis hors des frontières régionales. Ce sont surtout des émissions des autres régions et des pays voisins, particulièrement de l’Allemagne et des Pays-Bas, qui contribuent à l’empreinte des régions, mais aussi des émissions de la Chine et de la Russie.

Enfin, l’empreinte carbone dépasse les émissions liées à la production pour chacune des trois régions. De ce fait, leur balance en émissions incorporées est déficitaire. Autrement dit, elles sont des importateurs nets d’émission de CO<sub>2</sub>. Par conséquent, la contribution des régions au changement climatique est plus importante si elle est évaluée selon une perspective de consommation que selon une perspective de production. Pour limiter cette contribution, les autorités régionales pourraient envisager, d’une part, des mesures qui favorisent la consommation de produits moins intensifs en émissions et, d’autre part, des mesures qui réduisent les émissions tout au long des processus de production. Cependant, nos résultats indiquent qu’une part substantielle de l’empreinte carbone des régions est constituée d’émissions hors de leurs frontières, et les autorités régionales ont peu de possibilités d’influencer l’intensité en émissions des parties des processus de production situées dans d’autres régions ou pays. Dès lors, dans l’économie d’aujourd’hui qui est caractérisée par des structures de production réparties sur de

nombreux pays, une approche coordonnée au niveaux belge, européen et mondial est nécessaire pour réduire les émissions tout au long des processus de production.

Des travaux futurs devraient explorer plusieurs pistes pour confirmer et étendre les résultats obtenus dans cette étude. En premier lieu, il serait utile de déterminer les émissions liées à la production et l’empreinte carbone des régions pour d’autres années, plus récentes, afin de pouvoir comparer l’évolution de ces deux indicateurs dans le temps. Pour cela, il faut poursuivre la construction des comptes des émissions atmosphériques pour les régions et celle de tableaux entrées-sorties interrégionaux. En outre, il serait particulièrement intéressant de voir l’impact de la crise sanitaire de 2020 et 2021 sur ces deux indicateurs. Ensuite, une extension à d’autres gaz à effet de serre que le CO<sub>2</sub> devrait être envisagée. Cependant, une telle extension dépend de la disponibilité de données sur les émissions de ces gaz au niveau international. Enfin, une ventilation de la consommation finale des ménages par niveau de revenu et par type de produit permettrait de mettre en évidence les contributions des différentes catégories de revenu à l’empreinte carbone et de les relier à leurs niveaux et profils de consommation respectifs.

## Bibliographie

- Avonds, L., Hertveldt, B. & Van den Cruyce, B. (2021). *Élaboration du tableau entrées-sorties interrégional pour l'année 2015 : sources de données et méthodologie* (Working Paper 7-21). Bureau fédéral du Plan. [https://www.plan.be/publications/publication-2140-fr-elaboration\\_du\\_tableau\\_entrees\\_sorties\\_in-terregional\\_pour\\_l\\_annee\\_2015\\_sources\\_de\\_donnees\\_et\\_methodologie](https://www.plan.be/publications/publication-2140-fr-elaboration_du_tableau_entrees_sorties_in-terregional_pour_l_annee_2015_sources_de_donnees_et_methodologie)
- Christis, M., Geerken, T., Vercalsteren, A., & Vrancken, K. C. (2017). Improving footprint calculations of small open economies: combining local with multi-regional input-output tables. *Economic Systems Research*, 29(1), 25-47. <https://doi.org/10.1080/09535314.2016.1245653>
- European Commission, Joint Research Centre, Román, M., Corsatea, T., Amores, A. (2019). *World input-output database environmental accounts : update 2000-2016*, Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/024036>
- Edens, B., Hoekstra, R., Zult, D., Lemmers, O., Wilting, H., & Wu, R. (2015). A method to create carbon footprint estimates consistent with national accounts. *Economic Systems Research*, 27(4), 440–457. <https://doi.org/10.1080/09535314.2015.1048428> et al 2015
- Froemelt, A., Geschke, A., & Wiedmann, T. (2021). Quantifying carbon flows in Switzerland: top-down meets bottom-up modelling. *Environmental Research Letters*, 16(1). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abcdd5>
- Hambjæ, C., Hertveldt, B., & Michel, B. (2017). *Belgium's Carbon Footprint - Calculations based on a national accounts consistent global multi-regional input-output table* (Working Paper 10-17). Bureau fédéral du Plan. [https://www.plan.be/publications/publication-1712-fr-belgium\\_s\\_carbon\\_footprint\\_calculations\\_based\\_on\\_a\\_national\\_accounts\\_consistent\\_global\\_multi\\_regional\\_input\\_output\\_table](https://www.plan.be/publications/publication-1712-fr-belgium_s_carbon_footprint_calculations_based_on_a_national_accounts_consistent_global_multi_regional_input_output_table)
- Ivanova, D., Vita, G., Steen-Olsen, K., Stadler, K., Melo, P. C., Wood, R., & Hertwich, E. G. (2017). Mapping the carbon footprint of EU regions. *Environmental Research Letters*, 12(5), 54013–. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa6da9>
- Minx, J., Baiocchi, G., Wiedmann, T., Barrett, J., Creutzig, F., Feng, K., Förster, M., Pichler, P.-P., Weisz, H., & Hubacek, K. (2013). Carbon footprints of cities and other human settlements in the UK. *Environmental Research Letters*, 8(3), 35039–. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/3/035039>
- Moran, D., Wood, R., & Rodrigues, J. F. D. (2018). A Note on the Magnitude of the Feedback Effect in Environmentally Extended Multi-Region Input-Output Tables. *Journal of Industrial Ecology*, 22(3), 532–539. <https://doi.org/10.1111/jiec.12658>
- Osei-Owusu Kwame, A., Thomsen, M., Lindhal, J., Javakhishvili Larsen, N., & Caro, D. (2020). Tracking the carbon emissions of Denmark's five regions from a producer and consumer perspective. *Ecological Economics*, 177, 106778–. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106778>
- Peters, G. P. (2010). Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(4), 245–250. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.05.004>
- European Commission & Eurostat (2019). *EU inter-country supply, use and input-output tables : full international and global accounts for research in input-output analysis (FIGARO) : 2019 edition*, Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2785/385561>



- Scrucca, F., Barberio, G., Fantin, V., Porta, P. L., & Barbanera, M. (2020). Carbon Footprint: Concept, Methodology and Calculation. In *Carbon Footprint Case Studies* (pp. 1-31). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-9577-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9577-6_1)
- Towa, E., Zeller, V., Merciai, S., Schmidt, J. & Achten, WM. (2022). Toward the development of subnational hybrid input-output tables in a multiregional framework. *Journal of Industrial Ecology*, 26(1), 88–106. <https://doi.org/10.1111/jiec.13085>
- Tukker, A. & Dietzenbacher, E. (2013). Global multiregional input-output frameworks: an introduction and outlook. *Economic Systems Research*, 25(1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/09535314.2012.761179>
- Tukker, A., Bulavskaya, T., Giljum, S., de Koning, A., Lutter, S., Simas, M., Stadler, K. & Wood, R. (2014). The Global Resource Footprint of Nations. Carbon, water, land and materials embodied in trade and final consumption calculated with EXIOBASE 2.1 (TNO).
- Turner, K., Lenzen, M., Wiedmann, T., & Barrett, J. (2007). Examining the global environmental impact of regional consumption activities — Part 1: A technical note on combining input–output and ecological footprint analysis. *Ecological Economics*, 62(1), 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.12.002>
- Vercalsteren A., Boonen K., Christis M., Dams Y., Dils E., Geerken T. & Van der Linden A. (VITO), Vander Putten E. (VMM) (2017), *Koolstofvoetafdruk van de Vlaamse consumptie*, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2017/03, VITO, VITO/2017/SMAT/R.
- Wackernagel, M. & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island: New Society Publishers.
- Wiedmann, T. & Minx, J. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, *Ecological Economics Research Trends* (pp. 1-11), Hauppauge NY, USA: Nova Science Publishers. Retrieved from [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=5999](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5999)
- Wiedmann, T. & Lenzen, M. (2018). Environmental and social footprints of international trade. *Nature Geoscience*, 11(5), 314–321. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0113-9>
- World Meteorological Organization (2022). *United in Science 2022*. [https://public.wmo.int/en/resources/united\\_in\\_science](https://public.wmo.int/en/resources/united_in_science)
- Yamano, N. & Guilhoto, J. (2020). CO<sub>2</sub> emissions embodied in international trade and domestic final demand: Methodology and results using the OECD Inter-Country Input-Output Database. *IDEAS Working Paper Series from RePEc*, 2020(11), 1-57. <https://doi.org/10.1787/8f2963b8-en>
- Zeller, V. (2017). *Evaluating Environmental Impacts from Production and Consumption at Regional Level with Input-Output Life Cycle Assessment* (PhD thesis). Université Libre de Bruxelles, Belgium.

## Annexes

### A.1. Méthodologie du calcul de l’empreinte carbone

Cette annexe décrit plus en détail la méthodologie du calcul de l’empreinte carbone. Elle est illustrée sur base d’un modèle entrées-sorties mondial comprenant quatre zones géographiques, à savoir les trois régions de la Belgique (régions  $r = 1, 2$  et  $3$ ) et le reste du monde (région  $r = 4$ ). Dans les faits, le reste du monde est composé de nombreux pays que nous agrégeons dans l’exposé du modèle pour en faciliter la lecture. De même, l’activité de production dans chaque région est subdivisée en  $n$  branches d’activité mais, pour simplifier la notation, nous omettons l’indice des branches dans les formules.

Du modèle entrées-sorties classique de Leontief, nous pouvons dériver l’équation (1). Il s’agit de l’équation centrale qui relie la demande finale – consommation finale des ménages, consommation finale des administrations publiques et investissements – aux émissions, en tenant compte de tous les liens de livraisons de biens et services intermédiaires répertoriés dans le tableau entrées-sorties. Elle permet donc de déterminer l’empreinte carbone pour chacune des trois régions de la Belgique et de faire la comparaison avec les émissions liées à la production. Elle est présentée sous forme matricielle et sous forme de matrices partitionnées pour mettre en évidence les liens entre les quatre zones géographiques.<sup>8</sup>

$$E = \hat{w} * L * Y \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} e^{11} & e^{12} & \dots & e^{14} \\ e^{21} & e^{22} & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ e^{41} & \dots & & e^{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{w}^1 & 0 & \dots & \\ 0 & \hat{w}^2 & & \\ \vdots & & \hat{w}^3 & \\ & & & \hat{w}^4 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} L^{11} & L^{12} & \dots & L^{14} \\ L^{21} & L^{22} & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ L^{41} & \dots & & L^{44} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} y^{11} & y^{12} & \dots & y^{14} \\ y^{21} & y^{22} & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ y^{41} & \dots & & y^{44} \end{bmatrix}$$

Dans cette équation, le vecteur diagonalisé  $\hat{w}$  reprend les intensités en émissions par euro de production pour toutes les branches dans les quatre zones géographiques. Pour la zone  $r$ ,  $\hat{w}^r$  est donc de dimension  $(n \times n)$  avec des valeurs uniquement sur la diagonale. La matrice  $L$  est la matrice inverse de Leontief. L’élément  $l_j^{rs}$  de la matrice  $L^{rs}$  mesure la valeur de la production de la branche  $i$  de la zone  $r$  qui est nécessaire, à travers la chaîne d’approvisionnement en inputs intermédiaires, pour un euro de production de la branche  $j$  de la zone  $s$  destinée à la demande finale. Dès lors, la matrice  $L^{rs}$ , de dimension  $(n \times n)$ , contient toute la production des branches de la zone  $r$  qui est utilisée comme inputs intermédiaires pour la production de branches de la zone  $s$  destinée à la demande finale. Enfin, la matrice  $Y$  représente la demande finale. Elle est composée des vecteurs  $y^{rs}$  de dimension  $(n \times 1)$  qui contiennent les valeurs des livraisons des branches de la zone  $r$  à la demande finale de la zone  $s$ . La première colonne de cette matrice  $Y$  représente donc le vecteur de demande finale de la zone 1 adressée à toutes les branches dans toutes les zones géographiques.

La matrice  $E$  peut s’interpréter en explicitant la multiplication matricielle de la partie droite de l’équation (1).

<sup>8</sup> Dans les formules présentées ici, les lettres majuscules désignent des matrices, les lettres minuscules désignent des vecteurs et les lettres minuscules en italiques désignent des scalaires.

$$\begin{bmatrix} e^{11} & e^{12} & \dots & e^{14} \\ e^{21} & e^{22} & & \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ e^{41} & & \dots & e^{44} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_t \hat{w}^1 L^1 y^{t1} & \sum_t \hat{w}^1 L^1 y^{t2} & \dots & \sum_t \hat{w}^1 L^1 y^{t4} \\ \sum_t \hat{w}^2 L^2 y^{t1} & \sum_t \hat{w}^2 L^2 y^{t2} & \dots & \sum_t \hat{w}^2 L^2 y^{t4} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_t \hat{w}^4 L^4 y^{t1} & \sum_t \hat{w}^4 L^4 y^{t2} & \dots & \sum_t \hat{w}^4 L^4 y^{t4} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Dans sa forme partitionnée, la matrice  $E$  est donc composée de vecteurs  $e^{rs}$  de dimension  $(n \times 1)$ . Un tel vecteur  $e^{rs} = \sum_t \hat{w}^r L^r y^{ts}$  indique le total des gaz à effet de serre émis par la zone  $r$ , branche par branche, pour satisfaire la demande finale émanant de la zone  $s$ . Cela comprend non seulement le CO<sub>2</sub> émis lors de la production dans la zone  $r$  de biens et services livrés directement à la demande finale dans la zone  $s$ , mais aussi les émissions pour la production dans la zone  $r$  d'inputs intermédiaires qui entrent dans les processus de production de biens et services livrés à la demande finale de la zone  $s$ .

A partir de la matrice  $E$ , il est possible de déterminer, pour une zone  $r$ , aussi bien les émissions liées à la production ( $p(r)$ ) que l'empreinte ( $c(r)$ ), c'est-à-dire l'ensemble des émissions nécessaires pour satisfaire la demande finale de la zone.

$$p(r) = i * p^r \text{ avec } p^r = \sum_s e^{rs} \quad (3)$$

$$c(r) = i * c^r \text{ avec } c^r = \sum_s e^{sr} \quad (4)$$

Le vecteur  $p^r$  est de dimension  $(n \times 1)$  et contient les émissions liées à la production des branches de la zone  $r$ . Cela correspond à la somme par ligne de  $E$  pour chaque branche de la zone  $r$ . La somme de  $p^r$  sur les  $n$  branches ( $i * p^r$  où  $i$  correspond à un vecteur ligne de sommation de dimension  $(1 \times n)$ ) donne le total des émissions liées à la production pour cette zone ( $p(r)$ ). Le vecteur  $c^r$  est également de dimension  $(n \times 1)$  et contient les émissions générées dans toutes les zones pour satisfaire la demande finale de la zone  $r$  (pour la production de chaque branche). Il s'agit de la somme des vecteurs  $e^{sr}$  dans la colonne de  $E$  correspondant à la zone  $r$ . Les vecteurs  $e^{sr}$  avec  $s \neq r$  reprennent les émissions d'autres zones qui servent à satisfaire la demande finale de la zone  $r$  et permettent donc de mesurer la part des différentes zones dans l'empreinte de la zone  $r$ . L'empreinte de la zone  $r$  ( $c(r)$ ) est donnée par la somme des éléments de  $c^r$ .

La différence entre les émissions liées à la production et l'empreinte équivaut à la balance en émissions incorporées (Serrano et Dietzenbacher, 2010). Le terme *incorporé* est ajouté pour signaler qu'il s'agit de l'ensemble des émissions dans la chaîne d'approvisionnement pour la production d'un bien livré à la demande finale.

$$beet(r) = eex(r) - eem(r) = p(r) - c(r) \quad (5)$$

Dans cette équation,  $beet(r)$  désigne la balance en émissions incorporées de la zone  $r$  qui correspond à la différence entre les émissions incorporées dans les exportations ( $eex(r)$ ) et les émissions incorporées

dans les importations ( $eem(r)$ ).<sup>9</sup> Si cette balance est positive, la zone  $r$  est un exportateur net d'émissions, et si elle est négative, la zone  $r$  est un importateur net d'émissions. L'équation indique aussi que les exportateurs nets produisent plus d'émissions qu'ils n'en consomment, tandis que les importateurs nets consomment plus d'émissions qu'ils n'en produisent, c'est-à-dire qu'ils dépendent d'autres zones pour la production et les émissions nécessaires pour satisfaire leur demande finale. Par ailleurs, au niveau mondial, la somme des empreintes carbone équivaut à la somme des émissions liées à production.

Enfin, les éléments de la matrice  $E$  partitionnée permettent aussi de déterminer les balances bilatérales en émissions incorporées.

$$bbeet(r, s) = e^{rs} - e^{sr} \quad (6)$$

Pour une zone, la somme des balances bilatérales en émissions correspond à sa balance totale en émissions ( $beet(r) = \sum_s bbeet(r, s)$ ). Ces balances bilatérales présentent un intérêt particulier pour évaluer la contribution des flux interrégionaux à la balance totale en émissions pour les trois régions de la Belgique.

## A.2. Détails méthodologiques sur la construction des données

### *Données entrées-sorties*

Les données entrées-sorties pour les régions de la Belgique proviennent du TES interrégional 2015 pour la Belgique (RIO). Ce tableau a été construit par le BFP en 2021 (Avonds et al., 2021)<sup>10</sup> et est cohérent avec la version de 2019 des comptes nationaux de la Belgique. De type branche x branche, ce tableau présente l'avantage d'être largement basé sur des données individuelles d'entreprises. Dans sa version la plus détaillée (format de travail), ce tableau comporte environ 130 branches d'activité selon une nomenclature dérivée de la NACE Rév.2.

En guise d'illustration, le iRIO 2015 est présenté ci-dessous dans une version très agrégée (tableau A.1). Une lecture en colonne de celui-ci montre les structures de coûts de production des branches d'activité dans chaque région, soit les achats de biens et services intermédiaires par origine et la valeur ajoutée. Les biens et services intermédiaires peuvent provenir de la région-même (intrarégional), des autres régions (interrégional) ou de l'étranger (importations internationales). Une lecture en ligne de ce tableau révèle la destination de la production de chaque branche dans chaque région. Elle peut soit être livrée à la demande intermédiaire ou finale de la même région (cellules en gris) ou d'une autre région, soit être exportée, c'est-à-dire être livrée à l'étranger.

<sup>9</sup> Les noms de variables sont basés sur la terminologie en Anglais : *beet* pour 'balance of emissions embodied in trade', *eex* pour 'emissions embodied in exports', *eem* pour 'emissions embodied in imports' et *bbeet* pour 'bilateral balance of emissions embodied in trade'.

<sup>10</sup> Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une convention avec les autorités statistiques des trois régions, à savoir l'Institut bruxellois de statistique et d'analyse (IBSA), la Vlaamse Statistische Autoriteit (VSA) et l'Institut wallon de l'évaluation, de la prospective et de la statistique (IWEPS).

**Tableau A.1 Tableau entrées-sorties interrégional agrégé pour la Belgique (RIO), 2015**  
En milliards d'euros

		Demande intermédiaire						Demande finale			Exportations	Total
		BX		FL		WA		BX	FL	WA		
		B	S	B	S	B	S					
BX	B	1,8	1,6	4,6	2,1	1,8	1,0	2,9	2,0	1,8	10,3	29,8
	S	2,3	20,4	3,7	12,0	2,0	5,5	23,1	15,4	11,8	27,5	123,5
FL	B	3,3	2,0	47,6	13,1	4,9	1,8	3,0	40,7	6,1	97,5	220,0
	S	1,0	7,7	23,6	64,6	2,6	4,7	4,5	120,3	9,5	60,6	299,3
WA	B	1,6	1,0	5,8	1,7	10,6	3,2	1,5	3,6	12,8	23,7	65,5
	S	0,5	3,4	1,7	3,5	5,9	16,8	2,3	7,0	51,1	16,7	109,1
Importations	B	11,3	2,2	62,8	8,8	12,5	3,1	5,8	28,7	13,2	88,3	
	S	1,5	18,2	10,9	29,3	4,3	6,1	1,5	6,1	5,0	0,2	
Impôts sur produits		0,2	2,3	1,4	5,2	0,3	1,9	3,1	18,1	9,9	0,9	
Valeur ajoutée		6,2	64,6	58,1	158,9	20,6	64,9					
Production totale		29,8	123,5	220,0	299,3	65,5	109,1					

BX : Bruxelles, FL : Flandre, WA : Wallonie

B = Biens (branches d'activité 01 à 43 de la NACE Rév.2), S = Services (branches d'activité 45 à 97 de la NACE Rév.2)

Pour le calcul de l'empreinte carbone des régions, le iRIO doit être intégré dans un TES multi-pays mondial. Il existe plusieurs bases de données de TES multi-pays mondiaux.<sup>11</sup> Parmi celles-ci, nous avons choisi la base de données FIGARO (Full International and Global Accounts for Research in Input-Output Analysis) élaborée par Eurostat et le Joint Research Centre (JRC) de la Commission européenne.<sup>12</sup> Elle contient des TES multi-pays mondiaux branche x branche pour les années 2010 à 2019. Ces TES reprennent 45 pays (les 27 Etats membres de l'UE (dont la Belgique) et 18 pays hors UE<sup>13</sup>) ainsi qu'une zone « reste du monde » qui assure le bouclage au niveau mondial. Les données pour les Etats membres de l'UE, le Royaume Uni et les Etats-Unis sont présentées à un niveau de détail de 64 branches, tandis que pour les autres pays, elles le sont à un détail de 30 branches. Les nomenclatures des branches d'activité sont basées sur la NACE Rév.2.

L'intégration du iRIO 2015 dans le TES multi-pays mondial de FIGARO pour la même année consiste à remplacer les données pour la Belgique dans le TES de FIGARO par les données du iRIO. Le résultat de cette intégration est illustré de façon schématisée dans le graphique 3 dans le texte principal.

Plusieurs aspects de cette intégration du iRIO dans le TES multi-pays mondial de FIGARO méritent d'être mentionnés plus en détail. Premièrement, il est nécessaire de répartir les exportations et les importations internationales des régions dans le iRIO par pays partenaire. Ce travail a été effectué au niveau le plus détaillé de désagrégation par branche du iRIO, sur base de données du commerce extérieur de biens et services par entreprise, catégorie de produits et pays partenaire. Cette méthode de travail permet de prendre en compte les particularités des structures de commerce par pays partenaire pour chaque branche dans chaque région. Deuxièmement, bien que les nomenclatures des branches d'activité

<sup>11</sup> Pour un récapitulatif des TES multi-pays mondiaux, voir Tukker and Dietzenbacher (2013).

<sup>12</sup> Pour une description détaillée de la base de données FIGARO, voir Rémond-Tiédrez, et Rueda-Cantuche (2019).

<sup>13</sup> Le Royaume-Uni, les Etats-Unis, l'Argentine, l'Australie, le Brésil, le Canada, la Suisse, la Chine, l'Indonésie, l'Inde, le Japon, la Corée du Sud, le Mexique, la Norvège, la Russie, l'Arabie Saoudite, la Turquie et l'Afrique du Sud.

du iRIO et du TES multi-pays de FIGARO sont toutes deux basées sur la NACE Rév.2, pour pouvoir être intégrées, les branches du iRIO ont dû être agrégées au niveau des 64 branches qui sont distinguées pour la Belgique dans le TES de FIGARO.

**Tableau A.2 PIB de la Belgique en 2015, selon les trois optiques, calculé sur base du TES interrégional pour la Belgique (RIO) et du TES multi-pays mondial de FIGARO**  
En millions d'euros

Calcul du PIB		RIO	FIGARO	Différence
<b>Optique de la production</b>	Production	847 248,4	847 249,2	0,8
	- Consommation intermédiaire	473 946,6	473 947,6	1
	= Valeur Ajoutée	373 301,9	373 301,6	0,3
	+ Impôts nets des subventions sur les produits	43 399,9	43 129,8	270,1
	= PIB	<b>416 701,8</b>	<b>416 431,4</b>	<b>270,4</b>
<b>Optique du revenu</b>	Rémunération des salariés	208 128,0	208 128,0	0
	+ Excédent brut d'exploitation et revenu mixte brut	168 450,8	168 450,8	0
	+ Autres impôts nets des subventions sur la production	-3 277,2	-3 277,2	0
	= Valeur Ajoutée	373 301,6	373 301,6	0
	+ Impôts nets sur les produits	43 399,9	43 139,8	270,1
= PIB	<b>416 701,5</b>	<b>416 431,4</b>	<b>270,1</b>	
<b>Optique des dépenses</b>	Consommation finale	312 334,5	312 334,5	0
	+ Formation brute de capital fixe	95 689,0	95 689,0	0
	+ Variation des stocks	2 769,2	2 769,1	0,1
	+ Exportations	237 262,4	230 133,7	7 128,7
	-Importations	231 353,6	224 494,9	6 858,7
	= PIB	<b>416 701,5</b>	<b>416 431,4</b>	<b>270,1</b>

Enfin, la construction d'un TES multi-pays mondial consiste à combiner des TES nationaux et des données du commerce international dans un cadre équilibré, ce qui nécessite l'adaptation de certaines données en raison des incohérences entre ces différentes sources. De ce fait, les données dans les TES multi-pays ont tendance à diverger des données des TES nationaux originaux. C'est le cas pour la Belgique dans le TES 2015 de FIGARO. Le remplacement des données pour la Belgique dans le TES multi-pays par des données du iRIO entraîne dès lors des déséquilibres dont l'ampleur dépend de la taille de l'ajustement subi par les données pour la Belgique lors de l'équilibrage du TES multi-pays. Un des éléments qui a motivé notre choix de FIGARO par rapport aux autres TES multi-pays mondiaux est précisément que les données pour la Belgique y restent proches des tableaux nationaux. Le tableau A.2 compare le PIB de la Belgique calculé selon les trois optiques traditionnelles sur base du iRIO, d'une part, et du TES multi-pays de FIGARO, d'autre part. Les écarts pour ces grands agrégats sont petits sauf pour les exportations et les importations où il y a une divergence de plus grande ampleur due à une différence dans l'estimation des réexportations.

Nous avons donc intégré le iRIO (avec une répartition des flux de commerce international par pays partenaire) dans le TES multi-pays mondial de FIGARO (i) en maintenant les données du iRIO constantes, et (ii) en ajustant les données des autres pays par la méthode bi-proportionnelle RAS pour résoudre les déséquilibres occasionnés par le remplacement des données pour la Belgique. Il en résulte un tableau multi-pays mondial qui inclut les trois régions de la Belgique avec un détail de 64 branches d'activité. Au total, ce tableau comporte 47 pays/régions plus le reste du monde.

## *Emissions de CO<sub>2</sub>*

La construction des données sur les émissions de gaz à effet de serre pour les régions de la Belgique est décrite dans le texte principal. Par ailleurs, des données d'émissions pour les pays repris dans le TES multi-pays mondial sont nécessaires pour le calcul de l'empreinte carbone des régions. Malheureusement, Eurostat n'a, pour l'instant, pas encore publié de données d'émissions compatibles avec les TES de FIGARO. C'est pourquoi nous avons eu recours à la base de données environnementale publiée par le JRC dans le cadre du projet WIOD (World Input-Output Database).<sup>14</sup> Cette base de données ne fournit que les émissions de CO<sub>2</sub>, ce qui nous a obligé à nous limiter à ces seules émissions pour le calcul de l'empreinte des régions de la Belgique. Par ailleurs, ces données sont compatibles avec les TES multi-pays mondiaux de WIOD, ce qui implique qu'elles couvrent 43 pays et un reste du monde avec une désagrégation à 56 branches selon la NACE Rév.2. Malgré une large compatibilité, la couverture par pays ne se confond pas entièrement avec celle du TES multi-pays de FIGARO, et il en va de même pour la désagrégation en branches. Nous avons donc été obligés de procéder à plusieurs agrégations afin de pouvoir combiner ces deux bases de données. Concrètement, nous avons : (i) regroupé l'Afrique du Sud, l'Arabie Saoudite et l'Argentine avec le reste du monde dans le TES multi-pays de FIGARO car ces pays ne sont pas repris dans les données d'émissions de WIOD, (ii) ajouté les émissions de Taiwan dans celles du reste du monde pour les données d'émissions de WIOD car Taiwan ne figure pas séparément dans le TES multi-pays de FIGARO, (iii) agrégé les données du TES multi-pays de FIGARO pour les pays de l'UE, le Royaume-Uni et les Etats-Unis de 64 branches aux 56 branches de WIOD, et (iv) agrégé les données d'émissions de WIOD pour les autres pays aux 30 branches du TES multi-pays de FIGARO.

En résumé, la base de données constituée pour nos calculs de l'empreinte des régions de la Belgique comporte donc un TES multi-pays mondial avec 44 pays/régions, plus le reste du monde couplé à des données d'émissions de CO<sub>2</sub> avec la même couverture géographique. Le détail est de 56 branches pour les régions de la Belgique, les pays de l'UE, le Royaume-Uni et les Etats-Unis, et de 30 branches pour les autres pays.

---

<sup>14</sup> La méthodologie de construction de ces données est décrite dans Corsatea et al. (2019).

### A.3. Graphiques supplémentaires

