



Les émissions de CO₂ dans le commerce international

L'article présente un portrait du commerce international établi à partir des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) liées à la production et à la commercialisation des biens et services échangés. Il s'agit de tenir compte non seulement du CO₂ émis sur le territoire national d'un pays, issu de la production locale, mais aussi de celui exporté ou en provenance des importations. Ainsi, alors que la Chine exporte des émissions de CO₂, les États-Unis en importent. Plus généralement, les pays avancés consomment plus de CO₂ qu'ils n'en émettent, contrairement aux pays émergents ou producteurs de matières premières. Ces écarts s'expliquent notamment par la composition sectorielle des échanges. D'autres facteurs comme l'échelle (taille économique ou population), l'efficacité des systèmes productifs en matière d'émission ou encore l'insertion dans les chaînes de valeur mondiales influent également sur les niveaux d'émission.

Rafael CEZAR et Tancrède POLGE

Direction de la Balance des paiements

Service des Synthèses

Codes JEL

F15, F18,

F64

25%

la part des émissions de CO₂ liées à la production et à la commercialisation des biens et services échangés (8 milliards de tonnes) dans les émissions globales (32 milliards) en 2015

24%

le poids de la Chine dans la production (exportations) de ces émissions

15%

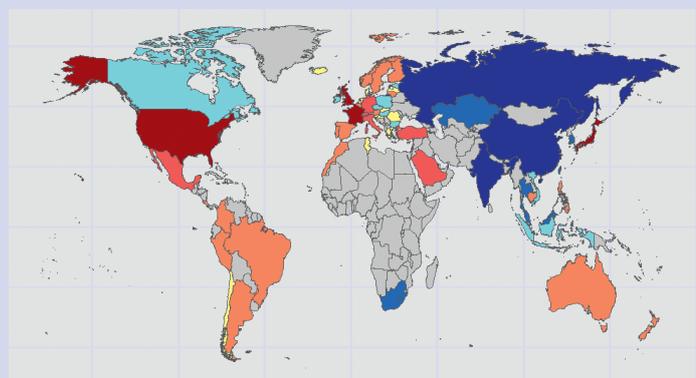
le poids des États-Unis dans la consommation (importations) de ces émissions

32%

le poids du secteur « énergie-déchets » dans le commerce international mesuré en CO₂

Solde commercial en CO₂ en 2015

(en millions de tonnes)



Note de lecture : Le solde commercial en CO₂ de la France est déficitaire de plus de 100 millions de tonnes, c'est-à-dire que la France importe 100 millions de tonnes de CO₂ de plus qu'elle n'en exporte. Source : OCDE, bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂); calculs des auteurs.



Cet article envisage le commerce international à travers le contenu en dioxyde de carbone (CO₂) émis dans la production et la commercialisation des biens et services échangés, à la place de l'analyse traditionnelle basée sur leur valeur monétaire. L'objectif est de quantifier le CO₂ émis tout au long de la chaîne de production et de commercialisation des exportations et importations.

Les émissions de CO₂ sont devenues la principale cible dans les accords environnementaux pour lutter contre le réchauffement climatique. Par exemple, l'accord de Paris¹ a comme objectif de limiter la hausse de température à deux degrés à la fin du siècle. Pour ce faire, il envisage un plafonnement suivi d'une réduction des émissions de gaz à effet de serre des différents pays.

Dans ces accords, la principale mesure prise en compte est celle des émissions au sein d'un pays liées, entre autres, à la production de biens et services sur son territoire². Cette mesure diffère de l'empreinte effective du pays induite par la demande, c'est-à-dire causée par le niveau de vie. Plus précisément, les émissions d'un pays comptabilisent celles issues de la production des exportations, qui sont pourtant consommées à l'étranger, mais ne prennent pas en compte les émissions à l'étranger des importations, pourtant consommées dans le pays. Les émissions nationales ne correspondent donc pas toujours à l'empreinte puisqu'une part de l'offre d'un pays est exportée tandis que sa demande est satisfaite en partie par les importations³ (Davis et Caldeira, 2010).

En effet, les émissions liées aux échanges (environ 8 milliards de tonnes en 2015) représentent un quart des émissions mondiales totales (à peu près 32 milliards). Ainsi les émissions totales de la Chine (9,1 milliards de tonnes en 2015) diffèrent de son empreinte (8 milliards) à hauteur de sa balance commerciale excédentaire en CO₂ (+ 1,1 milliard). Cette différence traduit le fait qu'une part significative du CO₂ émis en Chine vise à répondre à une demande étrangère. À l'inverse, le déficit

commercial en CO₂ des États-Unis (-0,7 milliard de tonnes) vient s'ajouter à ses émissions totales (5,1 milliards) pour déterminer son empreinte globale (5,8 milliards). Plus généralement les pays avancés sont des importateurs nets, contrairement aux pays émergents ou producteurs de matières premières.

La composition sectorielle des flux d'échanges influe sur ces écarts observés. Les quatre secteurs les plus pollués génèrent plus de trois quarts des émissions mondiales contenues dans les échanges internationaux. Les pays spécialisés dans ces secteurs ou les utilisant intensivement comme intrants dans leur production émettent donc relativement plus de CO₂.

ENCADRÉ 1

Précisions sur les données

Les données utilisées dans cet article couvrent les émissions résultant de l'utilisation de combustibles fossiles liée à la production et à la commercialisation des biens et services échangés (cf. annexe 2 pour la méthodologie). Ces émissions représentent presque l'intégralité des émissions de CO₂ et environ deux tiers des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale (en équivalent CO₂). Elles n'intègrent pas les procédés industriels hors consommation d'énergie (par exemple par la production de ciment) et l'UTCF (utilisation des terres, leur changement et la forêt), ni les émissions d'autres gaz à effet de serre tels que le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O) et les gaz fluorés (hydrofluorocarbures [HFC], perfluorocarbures [PFC] et hexafluorure de soufre [SF₆]).

Les données dans l'article sont construites à partir de trois sources issues de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) : *trade in embodied CO₂* (TECO₂), *trade in value-added* (TiVA) et *inter-country input-output* (ICIO ; Wiebe et Yamano, 2016).

1 Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques – CCNUCC, Nations unies (2015).

2 Il s'y ajoute principalement les émissions directes des ménages. Il s'agit notamment des émissions résidentielles (par exemple, l'utilisation du gaz pour la cuisine) et des émissions directes liées au transport routier privé (consommation de produits pétroliers).

3 L'empreinte carbone représente la quantité de gaz à effet de serre induite par la demande finale intérieure d'un pays (consommation des ménages, administrations publiques, organismes à but non lucratifs, investissements), que ces biens ou services soient produits sur le territoire national ou importés.



Ce phénomène est amplifié par le développement des chaînes de valeurs mondiales qui fractionnent la production et facilitent la délocalisation de certaines activités. Une part du CO₂ exporté par un pays est ainsi émise à l'étranger en amont dans ces chaînes de production.

En outre, les engagements internationaux sur le climat peuvent également y contribuer. Ils intègrent des objectifs d'émission différenciés selon les pays ce qui peut constituer une incitation à la délocalisation des activités les plus émettrices (Peters *et al.*, 2011).

1 La Chine et les États-Unis : principaux acteurs des échanges internationaux mesurés en CO₂

Les émissions de CO₂ contenues dans le commerce international recouvrent le CO₂ émis tout au long du processus de production et de commercialisation des biens et services échangés (cf. annexe 2 pour les détails méthodologiques). Ces émissions s'élèvent à 8 milliards de tonnes en 2015, ce qui correspond à un quart des émissions mondiales totales (32,3 milliards de tonnes ; Agence internationale de l'énergie – AIE, 2015).

Les émissions globales contenues dans ces échanges ont augmenté de 10% depuis 2005, avec toutefois des fluctuations importantes durant la période. Cette évolution est modeste comparée à celle du commerce international en valeur monétaire (+ 60%)⁴.

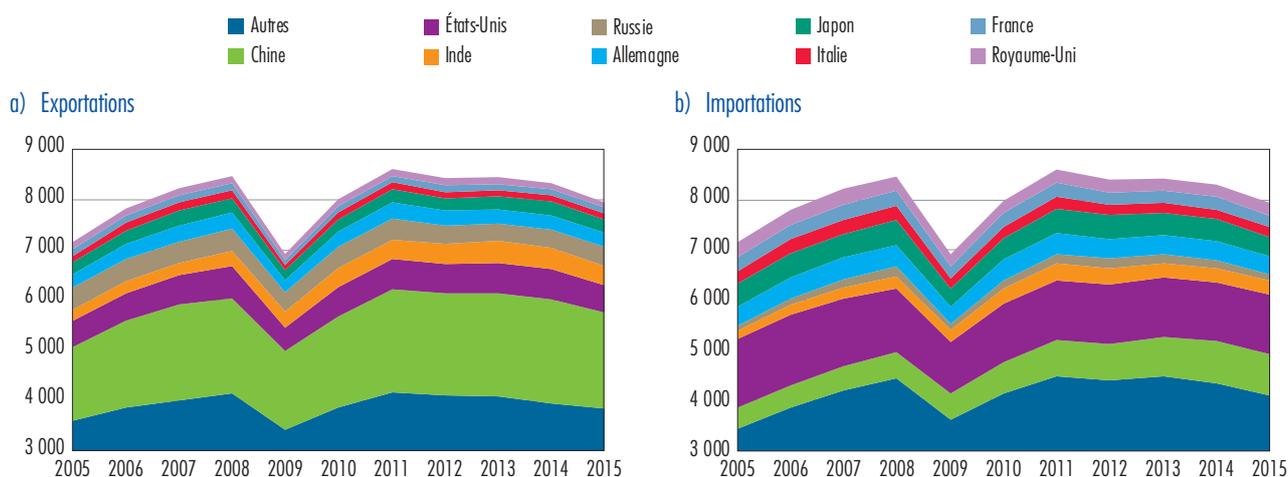
La Chine est incontestablement la plus grande exportatrice de CO₂ et représente à elle seule 24% des émissions contenues dans ces flux en 2015, contre 20% en 2005. Les États-Unis (7%), l'Inde (5%) la Russie (5%) et l'Allemagne (4%) suivent.

De manière analogue, les principaux pays importateurs de CO₂ recouvrent les grandes économies mondiales. Les États-Unis constituent ainsi le premier marché et absorbent 15% des émissions de CO₂ échangées en 2015. La Chine est le deuxième marché et en absorbe 10%. Cette part est en nette augmentation depuis 2005 (+ 76%). Le Japon (5%), l'Allemagne (5%) et l'Inde (4%) suivent.

L'évolution des échanges mesurée en CO₂ est liée à celle de leur valeur monétaire, comme l'illustre la chute importante des échanges en 2009 pendant la crise financière mondiale (Cabrillac *et al.*, 2016) (cf. encadré 2).

G1 Partage géographique des émissions de CO₂ dans les échanges internationaux

(en millions de tonnes)



Note : Émissions de CO₂ résultant de l'utilisation de combustibles fossiles, hors UTCF (utilisation des terres, leur changement et la forêt) et procédés industriels non énergétiques et excluant les autres principaux gaz à effet de serre.

Source : Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂) ; calculs des auteurs.

⁴ Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), tables *inter-country input-output* (ICIO).



Cependant les émissions de CO₂ dépendent également de l'« efficacité carbone » des appareils productifs, c'est-à-dire des émissions nécessaires pour produire une unité de valeur ajoutée (cf. encadré 3 *infra*).

Cette dernière s'est beaucoup améliorée : l'intensité moyenne nominale a ainsi reculé de 31 % sur la période pour l'ensemble de la production mondiale des exportations (cf. annexe 1) ⁵.

ENCADRÉ 2

Émissions corrigées de l'effet d'échelle

Les différences de taille entre pays (économique, population) constituent une des principales sources d'écarts en matière d'émissions de CO₂. En effet, l'ampleur des flux d'exportations ou d'importations en valeur monétaire se répercute sur la quantité de CO₂ contenu dans ces flux. De même, la taille de la population contribue à la quantité d'émissions. Pour avoir une mesure corrigée de ces facteurs, cet encadré calcule les émissions des pays de l'échantillon ajustées des flux d'échange et de la taille de la population.

Les exportations des pays avancés sont moins intensives en CO₂ que leurs importations. Cela indique que l'outil productif des exportations dans ces pays est moins émetteur que celui de leurs partenaires commerciaux. Le contraire s'observe pour les autres pays de l'échantillon, dont les importations sont relativement moins émettrices que les exportations.

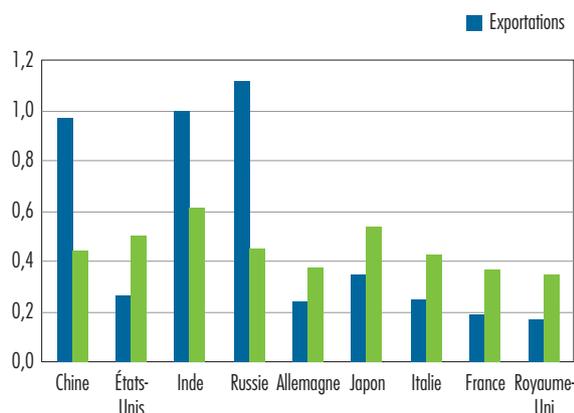
Plus généralement, les émissions liées aux exportations sont comparativement plus hétérogènes entre pays que les émissions liées aux importations. Cela peut s'expliquer par une plus grande spécialisation des exportations alors que les importations sont davantage homogènes (Cezar et al., 2017).

Rapportée à la population, la contribution des pays avancés aux échanges en CO₂ est beaucoup plus élevée que celle des autres pays. Cela s'observe pour les deux sens des flux d'échanges, mais de manière plus prononcée pour les importations. L'Allemagne est le pays dont les flux émis par tête sont les plus élevés en exportant et important respectivement près de 4 et 4,5 tonnes de CO₂ par habitant.

Contenu en CO₂ des échanges internationaux corrigé de l'effet d'échelle

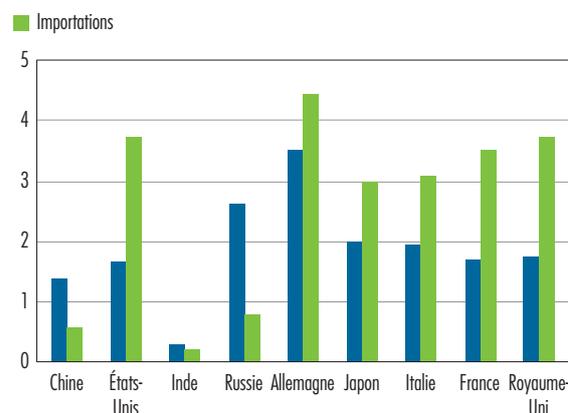
a) Par les flux

(en tonnes de CO₂ par millions d'USD)



b) Par la population

(en tonnes de CO₂ par individu)



Note : Émissions de CO₂ résultant de l'utilisation de combustibles fossiles, hors UTCF (utilisation des terres, leur changement et la forêt) et procédés industriels non énergétiques et excluant les autres principaux gaz à effet de serre.

Sources : Banque mondiale et OCDE, bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂) ; calculs des auteurs.

⁵ L'évolution nominale s'explique à la fois par l'amélioration de l'efficacité productive en matière d'émissions de CO₂ par unité de valeur ajoutée et également par l'évolution des prix.



2 Les pays avancés : de grands centres consommateurs et donc importateurs nets de CO₂

Les émissions de CO₂ d'un pays s'évaluent soit en considérant l'offre nationale, c'est à dire la production du pays (ou émissions effectives), soit la demande, c'est-à-dire le CO₂ consommé dans le pays (ou son empreinte). La différence entre ces deux concepts est égale au solde commercial en CO₂, qui reflète la différence entre la production et la consommation de ce gaz à effet de serre.

Les grands pays avancés apparaissent comme de grands centres consommateurs nets de CO₂. Ils consomment plus de CO₂ qu'ils n'en produisent et dégagent par conséquent un déficit commercial en CO₂. Leur empreinte globale est ainsi supérieure à leurs émissions effectives. Inversement, les pays émergents ou producteurs de matières premières apparaissent comme des exportateurs

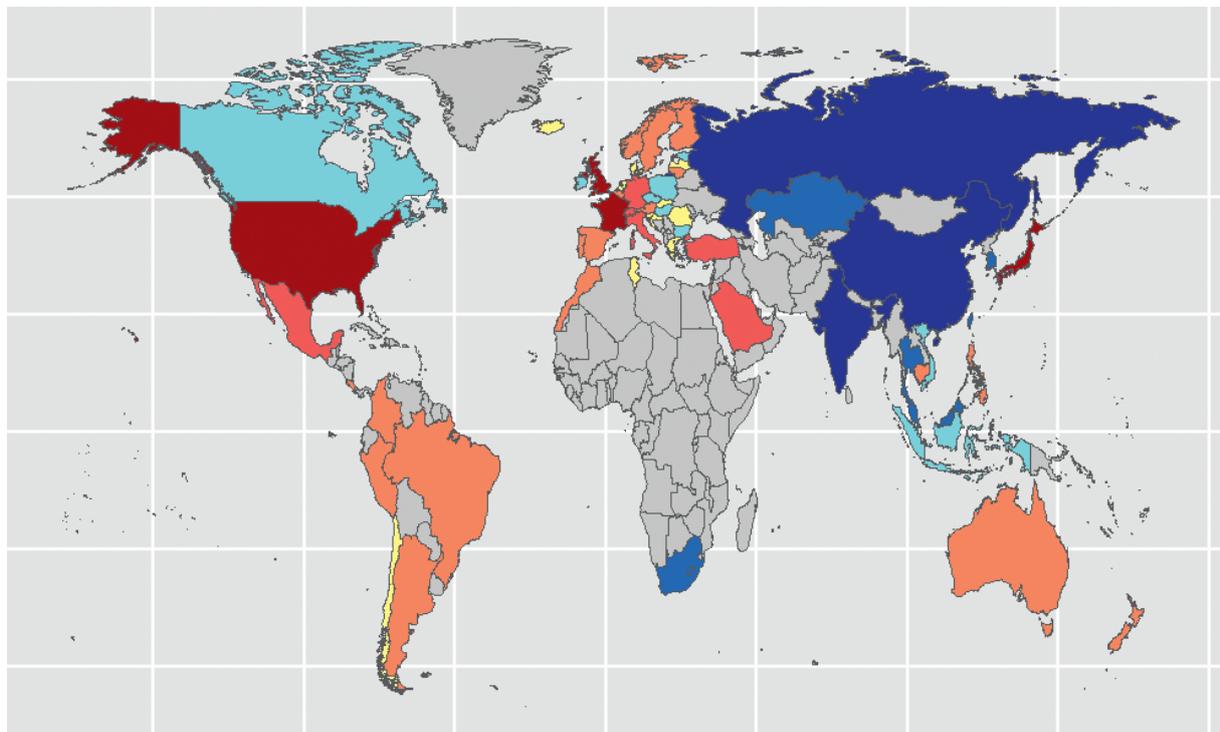
nets, avec une empreinte inférieure à leurs émissions effectives (cf. graphique 2).

Les balances en CO₂ de l'Allemagne et du Japon illustrent bien le phénomène. Malgré leurs excédents courants en valeur monétaire (de respectivement 8,6% et 3,1% du PIB), leurs balances en CO₂ sont déficitaires (production inférieure à leur empreinte globale), ces pays sont donc des importateurs nets de CO₂. À l'inverse l'Inde et l'Afrique du Sud ont des balances en CO₂ excédentaires malgré des déficits courants (-1,1% du PIB pour l'Inde et -4,6% pour l'Afrique du Sud).

Le plus fort déficit est entretenu par les États-Unis (-667 millions de tonnes de CO₂ en 2015), toutefois en réduction depuis 2005 (-850 millions de tonnes). Ce déficit vient ainsi s'ajouter à ses émissions totales (5,1 milliards) pour déterminer l'empreinte globale du pays (5,8 milliards). Le Royaume-Uni (-130 millions de

G2 Solde commercial en CO₂ en 2015

(en millions de tonnes)



Note : Émissions de CO₂ résultant de l'utilisation de combustibles fossiles, hors UTCF (utilisation des terres, leur changement et la forêt) et procédés industriels non énergétiques et excluant les autres principaux gaz à effet de serre.

Source : OCDE, bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂); calculs des auteurs.



tonnes), le Japon (- 126) et la France (- 121) suivent avec des performances similaires. L'Allemagne (- 75) et l'Italie (- 70) complètent la liste des déficits les plus importants.

À l'autre extrémité, la Chine (+ 1 094 millions de tonnes en 2015), la Russie (+ 266), l'Inde (+ 103) et l'Afrique de Sud (+ 94) présentent les plus forts excédents (exportation nette de CO₂). Les émissions totales de la Chine (9,1 milliards de tonnes en 2015) diffèrent ainsi de son empreinte (8 milliards) à hauteur de sa balance commerciale en CO₂ excédentaire (+ 1,1 milliard). Cette différence traduit le fait qu'une part significative du CO₂ émis en Chine vise à répondre à une demande étrangère.

Les sources énergétiques utilisées par les pays sont une cause centrale de ces écarts, les pays recourant davantage aux énergies fossiles étant les plus polluants (Davis et

Caldeira, 2010). Ces disparités entre pays sont également expliquées par des effets d'efficacité de la matrice productive (cf. encadré 3), l'intégration aux chaînes de valeur (cf. encadré 4) ou encore la composition sectorielle des échanges (section 5). Cette spécialisation sectorielle serait conditionnée aux coûts du transport (Shapiro, 2016).

En outre, les différences de législation pourraient être à l'origine d'un mouvement de délocalisation (« fuite ») des activités fortement émettrices. Dès le protocole de Rio de 1992, la responsabilité du réchauffement climatique a été partagée entre pays selon le principe de « responsabilités communes mais différenciées ». Les pays avancés ont été invités à mettre en place des normes plus contraintes de réduction des émissions, avec parfois comme effet secondaire la délocalisation de leurs productions (Peters *et al.*, 2011).

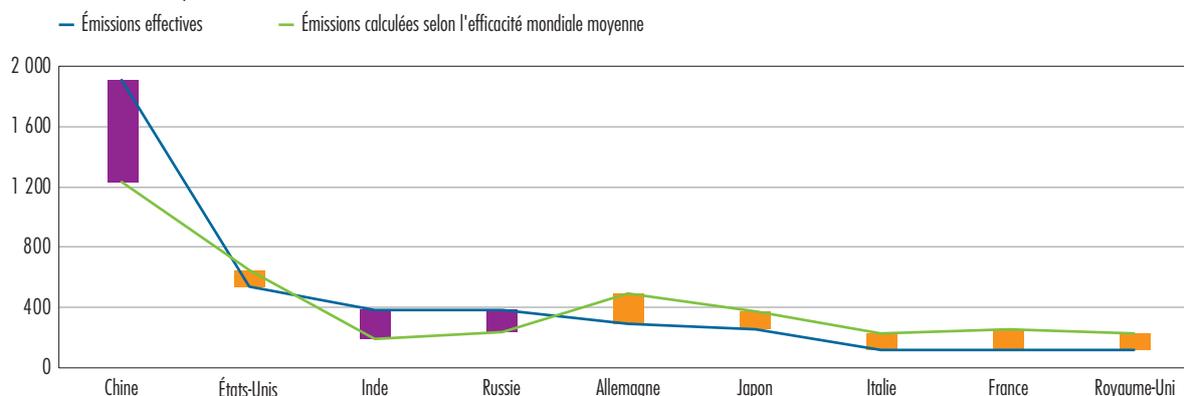
ENCADRÉ 3

Efficacité des systèmes productifs

La balance commerciale en CO₂ reflète à la fois l'importance des flux d'échange en valeur monétaire et l'efficacité des systèmes productifs en matière d'émissions par unité de valeur ajoutée exportée. En effet, pour une même structure productive, les montants en CO₂ échangés peuvent varier selon cette efficacité. Par exemple, les émissions pour la production d'une même unité d'un bien (à titre illustratif, un bien homogène comme un stylo) diffèrent selon les caractéristiques de chaque pays.

Émissions de CO₂ effectives et simulées en 2015

(en millions de tonnes)



Note de lecture : Si les États-Unis employaient une technologie de production avec efficacité égale à la moyenne mondiale, les émissions dans ses exportations seraient de 646 millions de tonnes, soit 20% de plus que ses émissions effectives.

Source : OCDE, bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂); calculs des auteurs.

.../...



Pour distinguer la contribution respective de ces facteurs aux exportations de CO₂, cet encadré propose un scénario dit contrefactuel (Kander *et al.*, 2015). Ce scénario estime ce que seraient les émissions de chaque pays si leur outil productif se situait à l'efficacité mondiale moyenne pour chaque secteur participant à la production. Le contrefactuel garde ainsi la structure sectorielle des exportations de chaque pays mais emploie pour tous les pays la même efficacité d'émission.

Les écarts subsistant entre pays suivant le scénario contrefactuel (ligne verte) reflètent donc uniquement la composition sectorielle et l'ampleur des flux exportés (en valeur monétaire). Les écarts pour un même pays entre le scénario contrefactuel et les émissions effectives (différence entre les lignes verte et bleue) proviennent de l'efficacité des outils productifs (cf. annexe 2, section « Contrefactuel »).

L'appareil productif de la Chine apparaît relativement peu efficace en matière d'émissions de CO₂ vis-à-vis de la moyenne mondiale. Ainsi, les émissions liées à ses exportations seraient de 1 200 millions de tonnes suivant le scénario d'efficacité moyenne mondiale contre 2 000 millions de tonnes effectivement exportées. Les appareils productifs de l'Inde et de la Russie présentent également des marges d'amélioration en matière d'émission de CO₂. À l'opposé, les autres pays de l'échantillon bénéficient d'outils productifs plus efficaces que la moyenne mondiale.

Cependant les écarts mis en évidence intègrent d'autres facteurs. Les données de production reflètent la valeur et non les volumes exportés. Ainsi, des écarts de volume relativement aux prix peuvent être une source d'explication des résultats (par exemple, certains pays exportent des biens « grand public » alors que d'autres se concentrent sur des biens « haut de gamme »). Par ailleurs, les découpages sectoriels agrègent différents types d'activité, la moyenne n'est donc pertinente que si l'on fait l'hypothèse d'une composition intra-sectorielle similaire pour tous les pays (par exemple le secteur « matériel de transport » recouvre l'automobile, l'aéronautique, les trains, bateaux, etc.).

3 La Chine à l'origine de plus de la moitié de la hausse des émissions de CO₂ entre 2005 et 2015

Pour comprendre les facteurs sous-jacents à l'évolution des émissions de CO₂, les flux agrégés d'exportations et importations sont décomposés selon leur origine géographique.

Du point de vue des pays exportateurs (cf. graphique 3 a), l'essentiel de la croissance de la quantité de CO₂ contenue dans les échanges (+ 11 % entre 2005 et 2015) provient de la Chine (pour 6 points de pourcentage, ou pp) et de l'Inde (pour 2 pp), suivis du groupe des autres pays émergents (pour 1,5 pp) et de celui des autres pays de l'échantillon (pour 1 pp).

Parmi les pays avancés, l'Italie (-0,25 pp), le Royaume-Uni (-0,27 pp) et la France (-0,35 pp) contribuent à la baisse des émissions totales exportées. À l'inverse, l'Allemagne

(+ 0,4 pp), les États-Unis (+ 0,4 pp) et le Japon (+ 0,3 pp) les augmentent.

La Russie apparaît comme une exception par sa forte contribution à la baisse des émissions (- 1 pp), notamment avec la baisse de ses exportations depuis 2012.

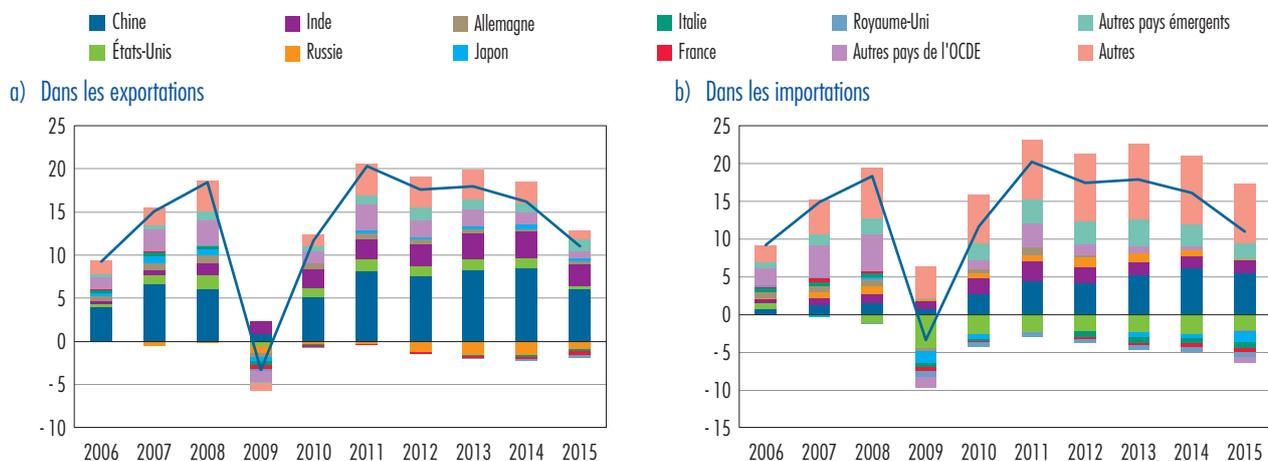
Côté importations (cf. graphique 3 b), les résultats sont plus contrastés. Les demandes chinoise (+ 6 pp) et indienne (+ 2 pp) contribuent fortement à la croissance des émissions de CO₂ issues des échanges. La catégorie « Autres » (+ 8) se distingue également. Dans cet agrégat, l'Arabie saoudite et les pays du Sud-Est asiatique (Viêt Nam, Philippines et Thaïlande) sont les plus gros contributeurs.

À l'inverse, les pays avancés contribuent à la baisse des importations agrégées en CO₂. Les États-Unis sont en tête de cette baisse (- 2 pp), suivis du Japon (- 1,3), de l'Italie (- 0,8), du Royaume Uni et de la France (- 0,6 pp chacun).



G3 Décomposition géographique de l'évolution cumulée des échanges en émissions de CO₂

(en %, base 2005)



Note : Cf. annexe pour la composition des zones géographiques.

Source : OCDE, bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂); calculs des auteurs.

ENCADRÉ 4

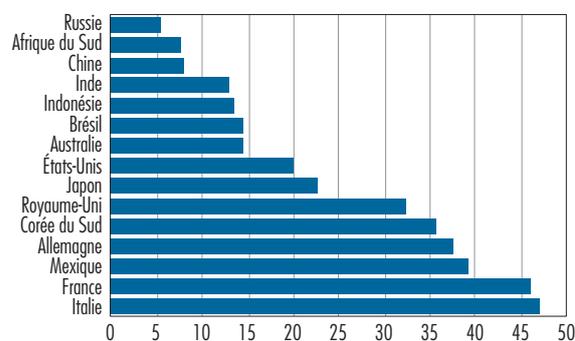
Les émissions de CO₂ et les chaînes de valeur mondiales

Avec le partage international de la production au sein des chaînes de valeur mondiales (CVM), la part des intrants importés dans les exportations s'est accrue depuis les années 1990 (Cezar, 2016). De ce fait, une partie du CO₂ émise pour produire les exportations d'un pays provient d'un pays tiers en amont. La part du CO₂ dans les exportations émise à l'étranger varie ainsi de 5% en Russie à 47% en Italie (cf graphique GA).

Le taux de CO₂ étranger contenu dans les exportations dépend du niveau d'insertion des pays au sein des CVM. Ainsi les pays les plus intégrés dans la chaîne de valeur européenne (Italie, France, Allemagne, Royaume-Uni), ou fortement intégrés dans d'autres chaînes de valeur (Mexique avec ses « *maquiladoras* »¹ ou Corée du Sud), se caractérisent par un taux élevé de CO₂ importé dans leurs exportations. De plus ces pays sont relativement moins émetteurs que leurs partenaires (cf. encadré 3), ce qui contribue à la plus forte part des émissions étrangères dans leurs exportations. À l'inverse, les pays les moins intégrés dans les CVM et relativement plus émetteurs importent relativement moins de CO₂ en provenance de pays tiers dans leurs exportations (Russie, Afrique du Sud ou Inde).

GA Part des émissions importées dans les exportations en 2015

(en %)



Source : OCDE, bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂); calculs des auteurs.

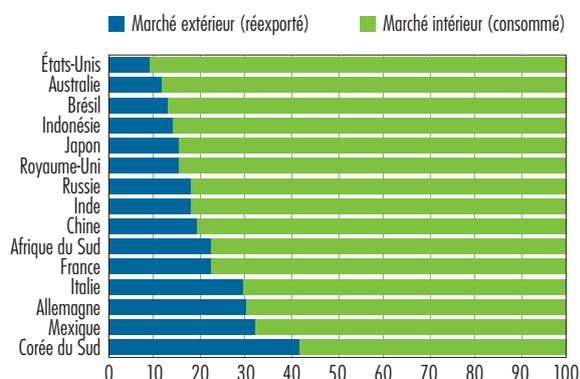
¹ Usines de montage qui assemblent, en exemption de droits de douane, des biens importés destinés à être intégralement réexportés.

.../...



GB Utilisation du CO₂ contenu dans les importations en 2015

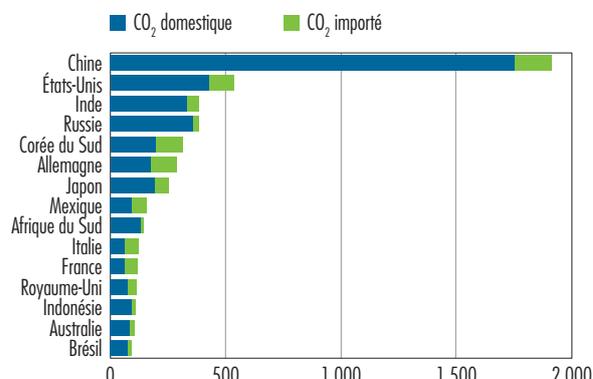
(en %)



Source : OCDE, bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂); calculs des auteurs.

GC Origine du CO₂ exporté en 2015

(en millions de tonnes)



Source : OCDE, bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂); calculs des auteurs.

Le CO₂ importé ne reflète donc pas intégralement la demande (donc l'empreinte) d'un pays puisqu'il est en partie réexporté. Cette réexportation s'élève entre 41 % des importations de la Corée du Sud et 9 % aux États-Unis. Les différences entre pays proviennent surtout de leur degré d'intégration dans les CVM et de la dynamique de leur marché intérieur.

Le CO₂ importé et ensuite réexporté est en conséquence comptabilisé dans les exportations. Cela conduit à une comptabilisation multiple des émissions par les mesures traditionnelles des échanges, employées dans cet article. Lorsque les seules émissions domestiques sont prises en compte, et donc que ces multiples passages de frontières liés à la fragmentation de la production sont annulés, les émissions globales de CO₂ dans les échanges internationaux s'élèvent à 6,2 milliards de tonnes (contre 8 milliards avec la mesure traditionnelle), et la contribution de chaque pays est modifiée. Par exemple, le CO₂ exporté par la France et effectivement émis sur son territoire s'élève à 63 millions de tonnes, contre 114 si l'ensemble des pays participants en amont de sa chaîne de production sont considérés.

4 Les secteurs « énergie-déchets » et « métaux bruts » génèrent plus de la moitié des émissions de CO₂ dans le commerce international...

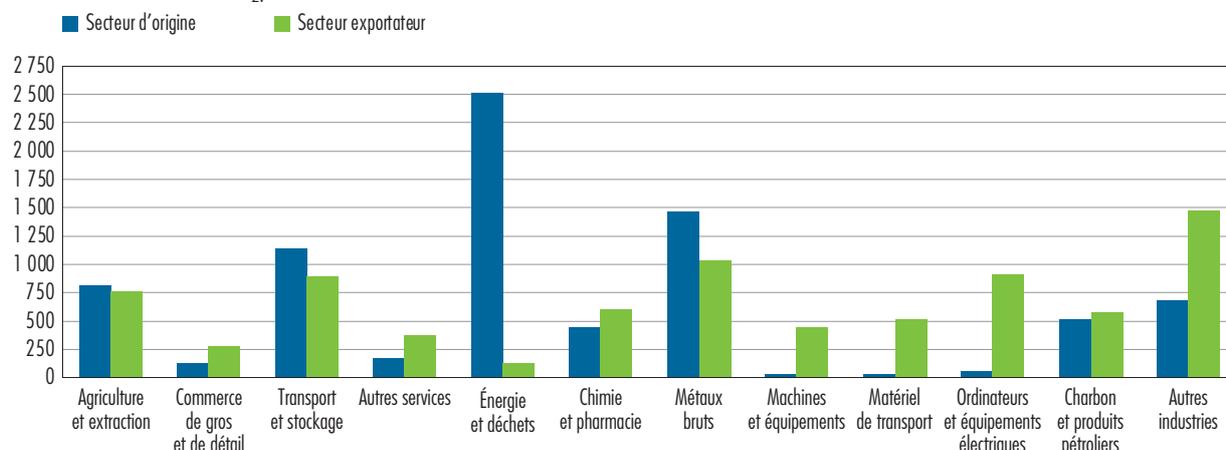
Le secteur de l'« énergie et déchets » est le plus grand émetteur au monde par sa participation indirecte à la production des autres secteurs en tant qu'intrant intermédiaire. Ce secteur seul est responsable de près du tiers (32 %) des émissions de CO₂ en origine contenues dans les exportations mondiales. En revanche, le secteur contribue faiblement aux exportations directes du fait notamment des difficultés d'acheminement.

En effet les émissions sectorielles peuvent être mesurées soit par le secteur exportateur direct, soit à l'origine. Les émissions directes sont celles contenues dans les flux d'exportations des secteurs exportateurs, et comprennent donc les émissions produites par ces secteurs et par tous les autres secteurs en amont dans la chaîne de production. Les émissions à l'origine, quant à elles, mesurent la quantité de CO₂ émise par un secteur donné, quelle que soit sa position dans les chaînes de production. Elles sont exportées directement par le secteur lui-même ou indirectement à travers des secteurs tiers (cf. annexe 1 pour les agrégats sectoriels).



G4 Émissions de CO₂ par secteur contenues dans les échanges internationaux en 2015

(en millions de tonnes de CO₂)



Note de lecture : Le pétrole par exemple est comptabilisé différemment selon les étapes de production et d'utilisation : pour son extraction dans « Agriculture et extraction », pour le raffinage dans « Charbon et produits pétroliers », ou utilisé comme source de production d'énergie dans « Énergie-déchets ».

Note : Émissions de CO₂ résultant de l'utilisation de combustibles fossiles, hors UTCF (utilisation des terres, leur changement et la forêt) et procédés industriels non énergétiques et excluant les autres principaux gaz à effet de serre.

Source : OCDE, bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂); calculs des auteurs.

En plus du secteur de l'énergie, les autres secteurs les plus émetteurs en origine sont les « métaux bruts » (18%), le « transport-stockage » (14%) et l'« agriculture-extraction » (10%). Ces quatre principaux secteurs représentent plus de trois quarts des émissions globales contenues dans les échanges. Les autres grands contributeurs sont les secteurs du « charbon et produits pétroliers » (raffinés ou non), la « chimie et pharmacie » ainsi que la catégorie des « autres industries ».

Les secteurs des services présentent un profil asymétrique avec une répartition des émissions concentrée sur le secteur des transports, qui comprend les transports routier, aérien, maritime et ferroviaire lorsqu'ils sont employés en tant qu'intrants dans la production⁶. Le commerce de gros et de détail présente également des émissions importantes en tant qu'exportateur direct; celles-ci sont plus faibles en origine puisqu'elles sont allouées principalement aux secteurs des transports. Les autres catégories de services sont très peu polluantes.

En exportation directe, ce sont notamment les secteurs manufacturiers qui portent le gros des émissions contenues

dans le commerce international. Ceux des « transport et stockage » et « agriculture » sont également des contributeurs importants.

5 ... et contribuent à plus de la moitié de la hausse des émissions de CO₂ dans les échanges depuis 2005

La quasi-totalité des secteurs contribue à l'augmentation des émissions de CO₂ dans les échanges internationaux depuis 2005. Il apparaît que les secteurs les plus pollueurs sont également ceux qui contribuent le plus à la hausse globale des émissions.

Mesurés en secteurs d'origine, les secteurs de l'« énergie et déchets » (qui représentent 29% de la variation totale en 2015) et des « métaux bruts » (27%) sont ainsi les plus grands contributeurs, suivis des « transport et stockage » (18%) et de l'« agriculture et extraction » (15%). Les exceptions sont les « charbons et produits pétroliers » (-6%) et « ordinateurs et autres équipements électriques » (-1%), qui contribuent à la réduction des émissions agrégées.

⁶ Contrairement aux émissions de transport des particuliers, non couvertes dans les échanges internationaux.

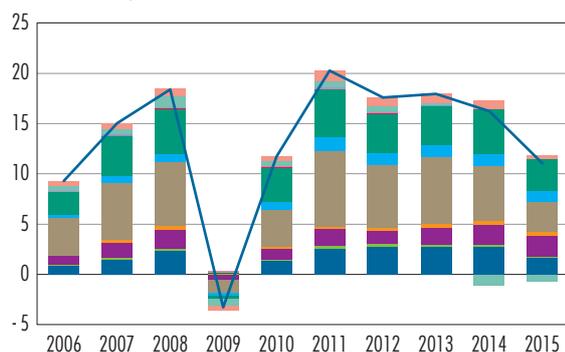


G5 Décomposition sectorielle de l'évolution cumulée des exportations en émissions de CO₂

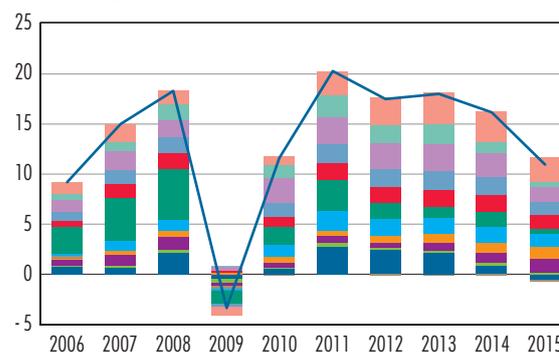
(en %, base 2005)



a) En secteur d'origine



b) En secteur exportateur



Source : OCDE, bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂) ; calculs des auteurs.

En exportateurs directs, les secteurs manufacturiers et les transports portent le principal de la hausse des émissions. La catégorie des « Autres industries » (+ 2,4 pp sur la hausse globale de 11 %), « Ordinateurs

et autres équipements électriques » (+ 1,5 pp), « Transports et stockage » (+ 1,4 pp) et « Matériel de transport » (+ 1,3 pp) sont les principaux vecteurs de l'évolution agrégée.



Bibliographie

Agence internationale de l'énergie – AIE (2015)

CO₂ emissions from fuel combustion 2015, éditions OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques).

Ahmad (N.) et Wyckoff (A.) (2003)

Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, n° 2003/15, OECD Publishing, Paris, novembre.

Banque centrale européenne (2016)

Understanding the weakness in global trade - What is the new normal?, *Occasional Paper Series*, groupe de travail du Comité des relations internationales du Système européen des banques centrales, n° 178, septembre.

Cezar (R.) (2016)

« L'insertion commerciale de la France mesurée en valeur ajoutée », *Bulletin de la Banque de France*, n° 205, mai-juin, p. 25-37.

Cezar (R.) (2017)

« L'industrie pharmaceutique française dans les chaînes de valeur mondiales », *Bulletin de la Banque de France*, n° 209, janvier-février, p. 57-69.

Cezar (R.), Duguet (A.), Gaulier (G.) et Vicard (V.) (2017)

« Competition for global value added: export and domestic market shares », *Working papers*, n° 628, Banque de France, avril.

Davis (S.) et Caldeira (K.) (2010)

« Consumption-based accounting of CO₂ emissions », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 107, n° 12, p. 5687-5692.

Institut national de la statistique et des études économiques – Insee (2018)

« 2.3 Changement climatique et effet de serre », *Tableaux de l'économie française*, édition 2018, « Insee Références », p. 22-23.

Kander (A.), Jiborn (M.), Moran (D.) et Wiedmann (T.) (2015)

« National greenhouse-gas accounting for effective climate policy on international trade », *Nature climate change*, vol. 5, n° 5, p.431-435.

Nations unies (2015)

Conférence de Paris sur les changements climatiques, organisée par les Nations unies, 21^e session de la conférence des parties (COP 21) à la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et la 11^e session de la réunion des parties (CMP 11) au protocole de Kyoto, 30 novembre - 12 décembre.

Parlement européen et Conseil de l'Union européenne (2018)

Directive (UE) 2018/410 du 14 mars 2018 modifiant la directive 2003/87/CE afin de renforcer le rapport coût-efficacité des réductions d'émissions et de favoriser les investissements à faible intensité de carbone, et la décision (UE) 2015/1814.

Peters (G. P.), Minx (J. C.), Weber (C. L.) et Edenhofer (O.) (2011)

« Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008 », *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 108, n° 21, p. 8903-8908.

Shapiro (J.) (2016)

« Trade costs, CO₂, and the environment », *American Economic Journal: Economic Policy*, vol. 8, n° 4), novembre, p. 220-254.

Wiebe (K.) et Yamano (N.) (2016)

« Estimating CO₂ emissions embodied in final demand and trade using the OECD ICIO 2015: methodology and results », *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, n° 2016/5, *Les publications de l'OCDE*.



Annexe 1

Agrégats géographiques et sectoriels

Intensités des émissions de CO₂ par secteur d'origine

(tonnes/millions de dollars)

Code	Intitulé sectoriel	Agrégat	2005	2010	2015
01T03	Agriculture	Agriculture et extraction	412	273	245
05T06	Exploitation minière et extraction de produits énergétiques	Agriculture et extraction	408	282	357
07T08	Exploitation minière et en carrière de produits non-énergétiques	Agriculture et extraction	500	256	341
9	Activités de services de soutien au secteur minier	Agriculture et extraction	205	114	142
10T12	Produits alimentaires	Autres industries	259	194	165
13T15	Textile	Autres industries	376	248	156
16	Bois et produits du bois et du liège	Autres industries	289	251	196
17T18	Production papetière et impression	Autres industries	508	420	352
19	Coke et produits pétroliers raffinés	Charbon et produits pétroliers (raffinés et plastique)	1 953	1 416	1 236
20T21	Produits chimiques et pharmaceutiques	Chimie et pharmacie	756	586	525
22	Produits plastiques et caoutchouc	Charbon et produits pétroliers (raffinés et plastique)	1 654	1 251	951
23	Autres produits minéraux non métalliques	Autres industries	3 061	2 478	2 248
24	Métaux bruts	Métaux bruts	3 889	3 335	3 294
25	Produits métalliques transformés	Autres industries	92	74	64
26	Ordinateurs	Ordinateurs et autres équipements électriques	83	72	46
27	Équipements électriques	Ordinateurs et autres équipements électriques	101	82	61
28	Machines et équipement	Machines et équipements	84	67	55
29	Véhicules à moteur	Matériel de transport	58	44	33
30	Autres équipements de transport	Matériel de transport	71	63	49
31T33	Autres produits manufacturés ; réparation et installation des machines et d'équipements	Autres industries	1 268	930	750
35T39	Énergie et déchets	Énergie et déchets	9 395	7 206	6 876
41T43	Construction	Autres services	102	78	80
45T47	Commerce de gros et de détail ; réparation de véhicules à moteur	Commerce de gros et de détail ; réparation de véhicules à moteur	71	53	49
49T53	Transport et stockage	Transport et stockage	1 293	1 023	983
55T56	Services d'hébergement et de restauration	Autres services	50	38	33
58T60	Édition	Autres services	44	33	27
61	Télécommunications	Autres services	55	41	39
62T63	Services informatiques et autres services d'information	Autres services	47	38	34
64T66	Activités financières et d'assurance	Autres services	40	31	26
68	Activités immobilières	Autres services	31	23	20
69T82	Autres services aux entreprises	Autres services	60	44	42
84	Administration publique et défense ; protection sociale obligatoire	Autres services	109	81	63
85	Éducation	Autres services	33	26	22
86T88	Santé et action sociale	Autres services	36	26	27
90T96	Art	Autres services	61	43	39



Intensités des émissions de CO₂ par pays d'origine

(tonnes/millions de dollars)

Pays	Agrégat géographique	2005	2010	2015	Pays	Agrégat géographique	2005	2010	2015
Argentine	Autres émergents	880	436	308	Kazakhstan	Autres	2 839	1 697	1 562
Australie	Autres OCDE	612	417	454	Cambodge	Autres	503	452	444
Autriche	Autres OCDE	336	294	261	Corée du Sud	Autres OCDE	757	638	554
Belgique	Autres OCDE	367	282	254	Lituanie	Autres OCDE	660	422	353
Bulgarie	Autres OCDE	1 619	936	827	Luxembourg	Autres OCDE	167	115	88
Brésil	Autres émergents	620	299	434	Lettonie	Autres OCDE	647	470	349
Brunéi Darussalam	Autres	451	465	389	Maroc	Autres	592	455	462
Canada	Autres OCDE	590	502	474	Mexique	Autres émergents	527	488	423
Suisse	Autres OCDE	199	154	119	Malte	Autres OCDE	417	237	205
Chili	Autres OCDE	619	432	491	Malaisie	Autres	932	663	675
Chine	Chine	2 336	1 413	981	Pays-Bas	Autres OCDE	353	251	250
Colombie	Autres	579	328	476	Norvège	Autres OCDE	281	215	239
Costa Rica	Autres	374	266	187	Nouvelle-Zélande	Autres OCDE	422	321	281
Chypre	Autres OCDE	525	416	411	Pérou	Autres	509	366	287
République tchèque	Autres OCDE	799	505	470	Philippines	Autres	748	414	361
Allemagne	Allemagne	318	271	246	Pologne	Autres OCDE	961	523	492
Danemark	Autres OCDE	535	424	381	Portugal	Autres OCDE	388	280	324
Espagne	Autres OCDE	421	272	269	Roumanie	Autres OCDE	1 111	480	417
Estonie	Autres OCDE	1 021	831	595	Reste du monde	Autres	942	560	522
Finlande	Autres OCDE	479	405	304	Russie	Russie	1 992	1 151	1 121
France	France	277	217	189	Arabie saoudite	Autres	405	263	361
Royaume-Uni	Royaume-Uni	269	229	178	Singapour	Autres	643	526	471
Grèce	Autres OCDE	714	456	536	Slovaquie	Autres OCDE	896	533	453
Hong Kong	Chine	652	552	449	Slovénie	Autres OCDE	524	384	341
Croatie	Autres OCDE	440	321	303	Suède	Autres OCDE	259	199	153
Hongrie	Autres OCDE	530	418	391	Thaïlande	Autres	1 041	661	654
Indonésie	Autres émergents	1 183	560	615	Tunisie	Autres	611	539	508
Inde	Inde	1 403	1 072	999	Turquie	Autres émergents	592	509	500
Irlande	Autres OCDE	262	183	147	Taiwan	Chine	900	689	590
Islande	Autres OCDE	602	485	417	États-Unis	États-Unis	436	351	270
Israël	Autres OCDE	413	283	231	Viêt Nam	Autres	1 356	1 009	859
Italie	Italie	328	272	249	Afrique du Sud	Autres émergents	1 837	1 470	1 692
Japon	Japon	367	300	352					



Annexe 2 Méthodologie

La base de données utilisée dans ce bulletin est construite à partir de trois sources principales, toutes produites par l'OCDE. Tout d'abord, les bases *trade in embodied CO₂* (TECO₂) et *trade in value added* (TiVA) sont utilisées pour le calcul des intensités sectorielles d'émission de CO₂ (CO₂ par unité de valeur ajoutée). Ensuite les tables inter-country input-output (ICIO) sont utilisées pour décomposer les flux d'échanges pour chaque couple pays–secteur participant à la production de ces flux. La combinaison de ces deux indicateurs permet de calculer les émissions de CO₂ contenues dans les échanges internationaux en tenant compte de la structure de leur production et de l'insertion des pays au sein des chaînes de valeur mondiales.

La base TECO₂ donne les émissions engendrées par les combustibles fossiles. Elles ont été calculées à partir des données de l'Agence internationale de l'énergie (AIE, International Energy Agency – IEA) sur les émissions de CO₂ provenant de combustibles fossiles¹ (charbon, hydrocarbures). Ces données couvrent la quasi-intégralité des émissions de CO₂. Le reste provient des UTCF (utilisation des terres, leur changement et la forêt) et des procédés industriels non énergétiques. Par ailleurs, le périmètre de ces émissions ne comprend pas la totalité des émissions de gaz à effet de serre, et exclut environ 20 % des émissions en volume (Ahmad *et al.*, 2003). Les autres principaux gaz sont le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O) et les gaz fluorés (hydrofluorocarbures [HFC], perfluorocarbures [PFC] et hexafluorure de soufre [SF₆]). En équivalent CO₂, ces gaz constituent un tiers des émissions mondiales (Institut national de la statistique et des études économiques – Insee, 2018).

La base TECO₂ fournit une répartition géographique et sectorielle des émissions de CO₂ (Wiebe *et al.*, 2016). Cette base utilise les données de production pour répondre à la demande finale de différents pays (c'est-à-dire que l'angle d'analyse est celui de la demande). Il convient également de considérer la non-comptabilisation

des émissions du transport international maritime et aérien (3,5 % du total) dans cette base. Pour contourner cette difficulté, cet article retient l'hypothèse que la structure des transports domestiques s'applique aux transports internationaux. Cette hypothèse mène probablement à une sous-estimation de ces émissions, notamment celles liées au transport aérien.

La base TiVA donne la répartition géographique et sectorielle des échanges internationaux en valeur ajoutée (nationale ou étrangère). Dans cet article sont utilisées les données de valeur ajoutée produite pour répondre à la demande finale des différents pays.

La base ICIO est composée de tables internationales des entrées et sorties annuelles détaillant les échanges bilatéraux, intermédiaires et finaux, par secteurs et pays. Elles permettent de retracer l'origine de la valeur ajoutée totale produite dans le monde chaque année.

Le découpage géographique en 65 pays et sectoriel en 36 secteurs d'origine selon le standard CITI (Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique) révision 4 est le même pour les trois bases.

L'intensité émettrice de chaque couple pays-secteur

La première étape est de construire les intensités d'émission de CO₂ pour chaque couple pays secteur. Ces intensités indiquent la quantité d'émission par unité de valeur ajoutée. Pour ce faire, les intensités du secteur *k* dans le pays *i* ($Int_{i,k}$) sont calculées en divisant les émissions de CO₂ produites par ce secteur ($EM_{i,k}$) de la base TECO₂ par la valeur ajoutée produite par ce même secteur ($VA_{i,k}$), de la base TiVA. L'équation ci-dessous résume le calcul :

$$I_{i,k} = \frac{EM_{i,k}}{VA_{i,k}}$$

¹ Cf. Agence internationale de l'énergie (2015).



Les émissions de CO₂ et la valeur ajoutée sectorielles sont mesurées toutes les deux par le principe de la production pour répondre à la demande finale domestique. Les intensités calculées procurent ainsi les émissions liées à la production par unité de valeur ajoutée par couple pays-secteurs. Plus précisément les données d'intensité indiquent la quantité de CO₂ émise par dollar produit.

La participation de chaque couple pays-secteur au commerce international

La deuxième étape est de calculer les émissions totales produites au sein de la chaîne de production des échanges internationaux. Cette chaîne est déterminée comme étant l'ensemble des activités intermédiaires et finales entreprises pour la production d'un bien ou d'un service exporté. Les émissions de CO₂ dans les échanges sont ainsi calculées en regroupant la valeur ajoutée de chaque couple pays-secteur dans les flux d'échange avec les intensités d'émission de ces mêmes couples. Ces émissions peuvent être produites dans le territoire national ou à l'étranger. La combinaison de ces deux variables permet donc d'obtenir la distribution géographique et sectorielle des émissions au fil des chaînes de valeurs ainsi que leurs contributions respectives aux exportations et importations. On peut donc dessiner notre panorama mondial des flux commerciaux en matière d'émissions de CO₂.

$$EMX_i = \sum_{jk=1}^{36*65} VAX_{ijk} * I_{jk}$$

Avec EMX_i les émissions contenues dans les exportations du pays i ; VAX_{ijk} est la valeur ajoutée exportée du couple pays-secteur jk (domestique ou étranger) dans les exportations du pays i et I_{jk} est l'intensité des émissions de CO₂ par unité de valeur ajoutée du couple pays-secteur jk . La décomposition de la contribution d'un couple pays-secteur jk aux exportations du pays i (VAX_{ijk}) est calculée à partir des tables ICIO (pour plus de détail cf. Cezar, 2017). Les flux miroirs sont utilisés pour calculer les importations (les exportations de i vers j équivalent aux importations de j en provenance de i).

Contrefactuel

Un contrefactuel est construit dans l'encadré 3 pour étudier l'efficacité des outils productifs des pays.

Pour ce faire, on produit des intensités sectorielles moyennes utilisées pour estimer ce que les émissions d'un pays seraient si lui et ses partenaires employaient des techniques de production à émission égales à la moyenne mondiale, à structure de production inchangée. Le contrefactuel est construit pour chacun des pays en suivant l'équation suivante :

$$EMX_i^C = \sum_{k=1}^{36} I_k * VAX_{ik}$$

avec $I_k = \sum_{j=1}^{65} I_{jk} * \frac{VAX_{jk}}{\sum_{j=1}^{65} VAX_{jk}}$

et $VAX_{ik} = \sum_{j=1}^{65} VAX_{ijk}$

On calcule l'intensité moyenne de chaque secteur à l'échelle mondiale en pondérant par la contribution de chaque pays à la production mondiale du secteur.

Pour calculer les émissions exportées par un pays i dans notre contrefactuel on identifie la contribution en valeur ajoutée ($VAX_{i,k}$) de chaque secteur à ses exportations, quelle qu'en soit l'origine géographique. Ces contributions respectives sont ensuite multipliées par l'intensité moyenne respective du secteur dans le monde (I_k). On a donc la contribution de chaque secteur aux exportations d'émissions. Ainsi, l'intensité moyenne sectorielle combinée à la composition sectorielle des exportations permet de construire un contrefactuel de référence pour les émissions exportées par chacun des pays.

Éditeur

Banque de France

Directeur de la publication

Gilles Vaysses

Rédaction en chef

Corinne Dauchy

Secrétaire de rédaction

Caroline Corcy

Réalisation

Studio Création

Direction de la Communication

ISSN 1952-4382

Pour vous abonner aux publications de la Banque de France

<https://publications.banque-france.fr/>

Rubrique « Abonnement »

