



Les émissions de CO₂ dans les échanges internationaux de la France

L'article présente un bilan des émissions françaises de CO₂ liées à la production et commercialisation des biens et services exportés ou importés. Il en ressort que la France consomme plus de CO₂ qu'elle n'en produit, ce qui se traduit par une balance commerciale déficitaire à hauteur de 122 millions de tonnes. Cette situation s'explique notamment par i) un solde commercial déficitaire en valeur monétaire, ii) une production nationale économe en CO₂ en raison du parc énergétique, et iii) la composition sectorielle des échanges (avec des exportations en valeur ajoutée majoritairement issues des services, peu polluants) et l'intégration dans les chaînes de valeur mondiales. Ainsi, près de la moitié du CO₂ dans les exportations françaises est émis à l'étranger, principalement en Chine et en Allemagne.

N.B. : Cet article illustre, avec le cas français, la méthode développée dans un précédent article « Les émissions de CO₂ dans le commerce international », *Bulletin Banque de France* 228/1, mars-avril 2020.

Rafael CEZAR et Tancrède POLGE
Direction de la Balance des paiements
Service des Synthèses

Codes JEL
F15, F18,
F64

122 millions de tonnes de CO₂

le déficit commercial de la France en matière d'émission de CO₂ en 2015

- 13%

la baisse du déficit mesuré en émission de CO₂ entre 2005 et 2015 causée par une réduction des importations supérieure à celle des exportations

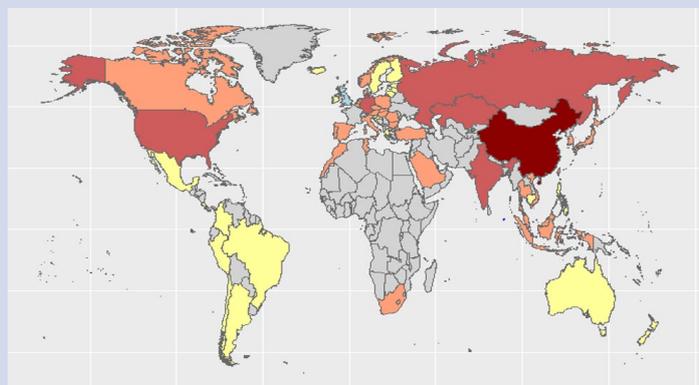
46%

la part des émissions de CO₂ provenant de l'étranger contenues dans les exportations de la France en raison du partage de la production dans les chaînes de valeur mondiales

Soldes commerciaux bilatéraux de la France en CO₂ en 2015

(en millions de tonnes)

■ < -20 ■ -5 < 0 ■ 0 < 5
■ -20 < -5 ■ 0 ■ Non disponible



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.



L'article analyse l'impact du commerce international sur les émissions de CO₂ de la France. Il s'agit de mesurer l'ensemble des émissions engendrées tout au long de la chaîne de production et de commercialisation des exportations et importations françaises. Il complète ainsi l'article « Les émissions de CO₂ dans le commerce international » (Cezar et Polge, 2020) par un focus pays.

La lutte contre le réchauffement climatique se fonde sur les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) comme principal instrument de mesure. Les accords internationaux tentent ainsi de coordonner un effort collectif de réduction de ces émissions de gaz à effet de serre (Nations unies, 2015). Leurs objectifs ciblent les émissions à l'intérieur des territoires nationaux (Nations unies, 1992). Pourtant, cette mesure ne tient pas compte des échanges internationaux et reste ainsi un indicateur incomplet de l'impact respectif des pays dans les émissions globales de CO₂.

Une mesure alternative consiste à attribuer ces émissions au pays dans lequel elles sont consommées plutôt que produites. Cette démarche permet d'établir « l'empreinte carbone », c'est-à-dire la quantité de CO₂ émise pour produire les biens et services consommés dans un pays (Davis et Caldeira, 2010). Le commerce international permet de relier ces deux mesures. En effet, la consommation d'un pays peut être en partie importée, ce qui entraîne une « délocalisation » des émissions associées vers le pays d'origine de ces émissions (Peters *et al.*, 2011). À l'inverse, une autre partie de ses émissions peut être exportée, n'étant donc pas consommée sur place.

La France présente un solde commercial en CO₂ déficitaire de 122 millions de tonnes. Cela signifie que le pays consomme davantage de CO₂ qu'il n'en produit, son empreinte étant supérieure aux émissions nationales à hauteur de ce déficit. Ainsi, la France affiche une empreinte carbone de 445 millions de tonnes de CO₂ en 2015 (OCDE, base de données *trade in embodied CO₂ - TECO₂*). Cela correspond aux émissions produites sur son territoire (323 millions de tonnes), auxquelles s'ajoutent les importations (236 millions de tonnes de CO₂ émis à l'étranger), et desquelles se retranchent les exportations (115 millions de tonnes de CO₂ émis sur le territoire français mais consommés ensuite à l'étranger).

1 Émissions de CO₂ par unité de valeur ajoutée produite.

ENCADRÉ 1

Précisions sur les données

Les données utilisées dans l'article couvrent les émissions résultant de l'utilisation de combustibles fossiles liée à la production et à la commercialisation des biens et services échangés. 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), ainsi que les émissions d'autres gaz à effet de serre tels que le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O) et les gaz fluorés (HFC, PFC et SF₆)¹. L'annexe méthodologique présente les détails sur les données.

Les données sont construites à partir de trois sources de données publiées par l'OCDE : TECO₂, TiVA et ICIO (Wiebe et Yamano, 2016)². Notre base découpe les émissions de CO₂ de chaque couple pays-secteurs et permet de développer une compréhension fine des principaux acteurs et de leurs interactions.

1 L'inclusion ou l'exclusion de certaines de ces émissions expliquent le principal des écarts retrouvés entre différentes sources sur les émissions de CO₂ ou d'équivalent en CO₂ (cf. par exemple INSEE, 2018).

2 TECO₂ : *trade in embodied CO₂*; TiVA : *trade in value added*; ICIO : *intercountry input-output*.

Cette situation résulte notamment du solde commercial en valeur monétaire, qui est globalement déficitaire. De plus, la France bénéficie d'une plus faible intensité d'émission¹ de CO₂ relativement à ses partenaires, qui s'explique par son parc énergétique à dominante nucléaire, économe en CO₂ (GIEC, 2018). En outre, la composition des échanges joue également : la valeur ajoutée issue du secteur des services, très peu émetteur, compte pour près de deux tiers des exportations françaises (Cezar, 2016).

La France entretient ainsi un déficit « carbone » avec la quasi-totalité des pays de l'échantillon étudié ici. La Chine, l'Allemagne et les États-Unis sont les pays qui contribuent le plus aux émissions de CO₂ étrangères



consommées en France, pour respectivement 40, 24 et 15 millions de tonnes. À l'inverse, l'Allemagne et les États-Unis importent la plus grande partie des émissions de CO₂ issues des exportations françaises, qui s'élèvent à respectivement 14 et 10 millions de tonnes.

Ce bilan tient compte de l'internationalisation de l'économie française qui se traduit par la fragmentation de sa production, et donc des émissions de CO₂, tout au long des chaînes de valeurs mondiales (Malliet *et al.*, 2020)². Ainsi, presque la moitié du CO₂ contenu dans ses exportations provient d'émissions réalisées à l'étranger. Le secteur des matériels de transport illustre cette intégration mondiale. Ses exportations comprennent relativement peu d'émissions effectuées sur le territoire français, qui abrite plutôt des activités peu émettrices notamment de services. La plus grosse part des émissions repose sur l'utilisation d'intrants étrangers et implique donc les pays tiers à l'origine des émissions.

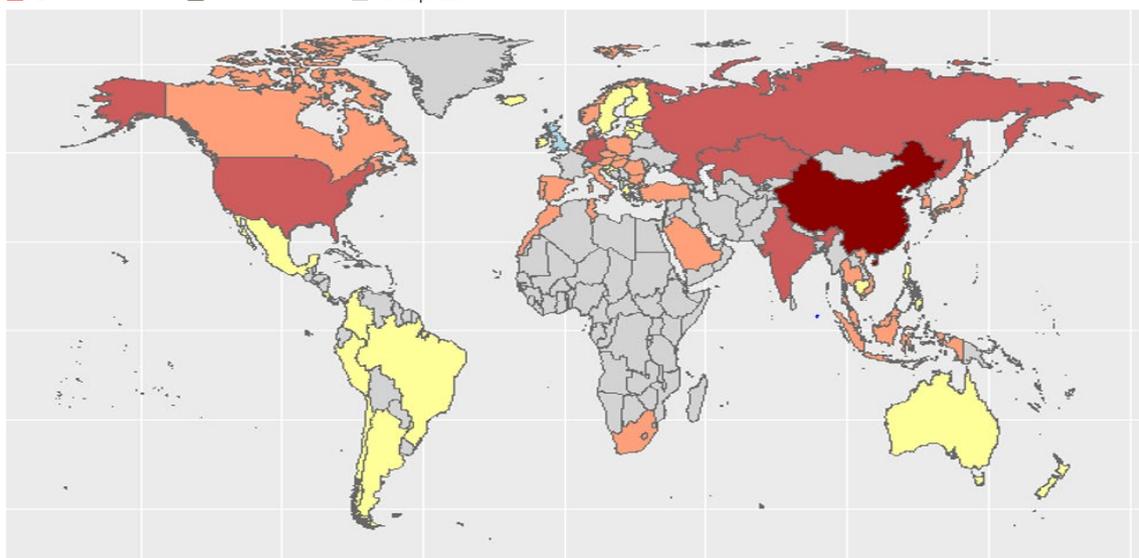
1 La France consomme plus de CO₂ qu'elle n'en émet

La France apparaît comme un grand centre consommateur net de CO₂. Le pays consomme plus de CO₂ qu'il n'en produit, son déficit atteint 122 millions de tonnes en 2015. Cette balance correspond aux émissions résultant de la production et la commercialisation des flux d'échanges du pays vis-à-vis du reste du monde. L'empreinte carbone française est ainsi supérieure à ses émissions nationales à hauteur de ce déficit (Peters *et al.*, 2011).

Ce solde est néanmoins en nette diminution depuis 2005. Il a atteint un pic à 158 millions de tonnes en 2008. Cette évolution provient d'une diminution plus marquée des importations que des exportations (cf. graphique 2 *infra*). Malgré cette évolution plutôt favorable, la France entretient en 2015 un déficit avec la presque totalité des pays de l'échantillon.

G1 Soldes commerciaux bilatéraux de la France 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.

² Selon Shapiro (2016), le bénéfice tiré par cette organisation internationale de la production dépasse les coûts notamment comptabilisés par l'impact en matière d'émissions de CO₂.



Le positionnement de la France s'explique notamment par son déficit commercial en valeur monétaire vis-à-vis d'une grande partie de ses partenaires. De plus, l'intensité en CO₂ des exportations françaises (c'est-à-dire les émissions par unité de valeur ajoutée échangée) est relativement plus faible que celle de ses importations. Plus précisément, le ratio entre l'intensité en CO₂ de ses exportations et celle de ses importations est de 51 %, le plus faible parmi les pays étudiés à l'exception du Royaume-Uni (50 %). Les déficits bilatéraux mesurés en émissions de CO₂ sont ainsi plus dégradés que ceux mesurés en valeur monétaire (Cezar et Polge, 2020).

Ces faibles émissions découlent en grande partie des sources énergétiques utilisées en France, majoritairement issues du nucléaire, ce qui génère un très faible niveau d'émission (GIEC, 2018). Or, le secteur de l'énergie est le principal secteur émetteur au monde et correspond à 32 % des émissions mondiales contenues dans le commerce international, tandis qu'il compte pour 10 % dans les échanges français (cf. section 4 ci-après). En outre, la composition sectorielle des flux d'échange joue également. La France dispose d'une économie dans laquelle le poids du secteur tertiaire, très peu émetteur, est élevé : la valeur ajoutée issue des services constitue près des deux tiers de la valeur ajoutée totale exportée par le pays (Cezar, 2016).

La France enregistre son plus important déficit en émission de CO₂ vis-à-vis de la Chine, qui représente le quart du

solde total. Les importations françaises depuis ce pays (40 millions) dépassent de 32 millions de tonnes les exportations (8 millions). Le déficit se réduit toutefois pendant la période, il avoisinait 42 millions à son pic en 2011.

L'Allemagne (- 10 milliards de tonnes), le Kazakhstan (- 10) et la Russie (- 9) suivent au classement des déficits commerciaux en CO₂ les plus importants. Ces déficits proviennent, soit du déficit commercial en valeur monétaire pour le premier pays, soit de la composition sectorielle des flux pour les deux autres pays, dominés par les matières premières et les hydrocarbures.

De l'autre côté, la France dégage un excédent mesuré en émissions de CO₂ avec le Royaume-Uni et la Suisse (1 million de tonnes pour chacun). D'autres pays présentent des soldes également positifs, mais voisins de zéro comme la Colombie, la Suède et l'Argentine.

2 La Chine, l'Allemagne et les États-Unis : les principaux partenaires de la France dans les échanges en CO₂

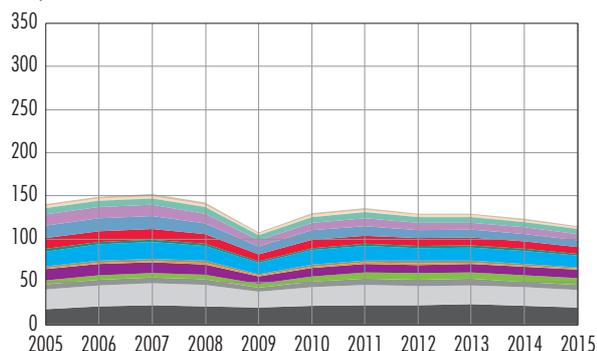
La France a exporté l'équivalent de 115 millions de tonnes de CO₂ en 2015. Ses importations en contiennent 236 millions de tonnes. Entre 2005 et 2015 ses exportations ont baissé de 18 %, soit une réduction de 25 millions de tonnes. Les importations suivent la même tendance et baissent de 15 %, soit - 43 millions de tonnes.

G2 Partage géographique des émissions de CO₂ dans les échanges de la France

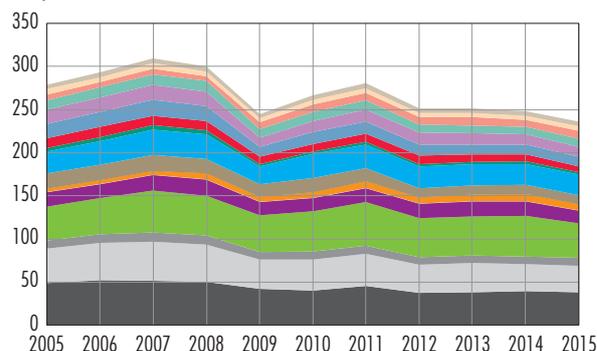
(en millions de tonnes)



a) Exportations



b) Importations



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



Ces évolutions contrastent avec la tendance globale à la hausse des émissions dans les échanges mondiaux de + 10 % sur la période. La réduction en France coïncide en revanche avec celle observée dans les pays européens comme en Espagne (– 13 millions pour les exportations et – 41 pour les importations), Italie (respectivement – 18 et – 43 millions) ou encore au Royaume-Uni (– 20 et – 57 millions).

L'Allemagne et les États-Unis sont les principales destinations des exportations françaises mesurées en émissions de CO₂. Ces deux pays en importent respectivement 14 et 10 millions de tonnes, ce qui correspond à respectivement 12 % et 9 % du total. Les autres principaux débouchés sont la Chine, l'Italie et le Royaume-Uni (tous les trois à 7 %).

Côté importations, la Chine et l'Allemagne sont les principaux pourvoyeurs de CO₂ étranger consommé en France. Avec 40 millions de tonnes pour la Chine et 24 millions pour l'Allemagne, ces deux pays représentent

à eux seuls le quart des importations françaises. Les États-Unis (6 %), l'Italie (5 %) et l'Espagne (5 %) sont les autres grands contributeurs.

Plus généralement les grands pays européens (Allemagne, Italie, Espagne, Royaume-Uni, Belgique, Pays-Bas et Pologne) captent 40 % des exportations françaises en CO₂, tandis que les autres pays avancés (États-Unis, Japon et « Autres pays de l'OCDE ») en captent 27 %. Les pays émergents (15 %) et les autres pays de l'échantillon (18 %) reçoivent les flux restants. Pour les importations, en revanche, la part des pays émergents (29 %) équivaut presque à celle des pays européens (31 %).

Cet écart résulte notamment d'une hétérogénéité particulièrement marquée dans l'efficacité des outils productifs en matière d'émissions de CO₂, entre les pays avancés d'une part et émergents ou producteurs de matières premières de l'autre. Les premiers pays sont moins émetteurs par unité de valeur ajoutée échangée que les seconds (Cezar et Polge, 2020).

ENCADRÉ 2

La chaîne de valeur mondiale d'émissions de CO₂

Le partage international de la production au sein des chaînes de valeur mondiales (CVM) augmente la part des intrants importés dans les exportations. La France a accru son intégration au sein de ces chaînes de valeur entre 1990 et 2011. En conséquence, la part de la valeur ajoutée étrangère dans ses exportations a progressé de 20 % à 30 % sur la même période (Cezar *et al.*, 2017).

Cette organisation internationale de la production se répercute également sur les émissions de CO₂. Les importations d'un pays répondent à la demande intérieure, mais servent également comme intrants dans la production de ses exportations. Dans cette perspective, les émissions liées à la production et à la commercialisation de ces intrants étrangers se répercutent sur les exportations du pays qui les utilise.

La part des émissions de CO₂ étrangères dans les exportations françaises est restée relativement stable entre 2005 et 2015, autour de 46 %, après un pic de 49 % en 2008 et 2011. La France se place ainsi après l'Italie (47 %) comme le pays disposant du taux de CO₂ importé le plus élevé dans ses exportations. Généralement, les pays européens intègrent à leurs échanges une part importante de CO₂ importé, notamment du fait de leur participation à la chaîne de valeur européenne, comme l'illustre l'Allemagne (38 %) ou le Royaume Uni (33 %). À l'inverse, les pays exportateurs de matières premières ou relativement peu intégrés, tels que la Russie (5 %) ou l'Afrique du Sud (8 %), incorporent une proportion plus faible de CO₂ importées dans leurs exportations (Cezar et Polge, 2020).

.../...



Les émissions étrangères de CO₂ contenues dans les exportations françaises se sont toutefois réduites en valeur absolue (de 64 millions de tonnes en 2005 à 53 millions en 2015), ce qui contribue à la baisse générale des émissions de CO₂ exportées par la France (cf. section 1).

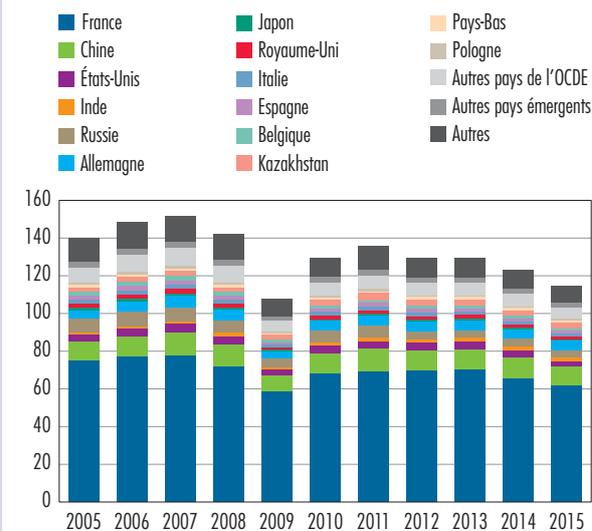
La Chine représente le principal fournisseur de CO₂ importé dans les exportations françaises avec 9,8 millions de tonnes. Ce montant est resté pratiquement stable depuis 2005 (9,5 millions). La part chinoise dans les exportations françaises augmente toutefois (compte tenu de la baisse des exportations totales en CO₂) et passe de 6,8% à 8,5% pendant les dix années analysées.

L'Allemagne, deuxième contributeur étranger, compte pour 4,5% des émissions de CO₂ exportées par la France, soit 5 millions de tonnes. Comme pour la Chine, la participation allemande augmente en proportion depuis 2005 (quand elle comptait pour 3,5%) malgré une contribution en terme absolu stable sur la période. La Russie (3,4%), les États-Unis (2,9%) et le Kazakhstan (2,7%) suivent.

Comme pour les soldes commerciaux, les participations des pays étrangers aux exportations en CO₂ dépendent de leur part dans la production des exportations, ainsi que de la composition sectorielle de leurs flux d'échange et de leur intensité carbone (Cezar et Polge, 2020).

Origines géographiques des émissions de CO₂ contenues dans les exportations de la France

(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.

3 La France à l'origine de la majeure partie de la baisse des émissions de CO₂ liées à ses exportations

Les échanges en CO₂ de la France sont composés de CO₂ émis au sein de son propre territoire national, mais aussi de CO₂ émis à l'étranger dans les pays participants à sa chaîne de valeur (cf. encadré 1). Leur évolution dépend donc de tous les pays contribuant à ces flux. (cf. graphique 3 *infra* et annexe 1 pour le détail des zones géographiques).

Les exportations françaises en émissions de CO₂ se sont réduites de 18% en cumulé sur la période, de 140 millions de tonnes en 2005 à 115 millions en 2015. Cette baisse provient en premier lieu de la France elle-même, dont les émissions contenues dans ses propres exportations ont diminué de 76 à 62 millions de tonnes. Cela représente une contribution à la baisse agrégée de près de 10 points de pourcentage (pp), soit plus de la moitié du total.

La contribution étrangère fait également baisser les exportations en CO₂, mais moins significativement. En termes absolus, elle passe de 64 millions de tonnes de CO₂ en 2005 à 53 millions de tonnes en 2015, soit une contribution à hauteur de - 8 pp.

La Russie prend la plus grande part à cette baisse, à hauteur de - 2,3 pp, suivie du Royaume-Uni (- 0,7 pp), de l'Italie (- 0,5 pp) et l'Espagne (- 0,45 pp). De plus, le groupe des « Autres » pays non couverts dans l'échantillon (- 2,8 pp) et les « autres pays de l'OCDE » (- 1,4 pp) contribuent également à la baisse des exportations françaises en CO₂.

En général, pratiquement tous les pays étrangers suivent cette même tendance. Le Kazakhstan (+ 0,5 pp), l'Inde (+ 0,5 pp), l'Allemagne (+ 0,15 pp) et la Chine (+ 0,14 pp) forment l'exception.

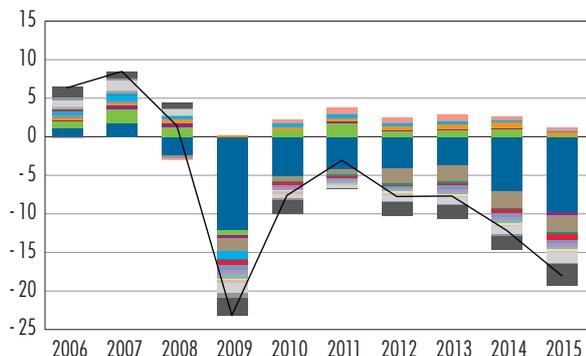


G3 Décomposition géographique de l'évolution des échanges en émissions de CO₂

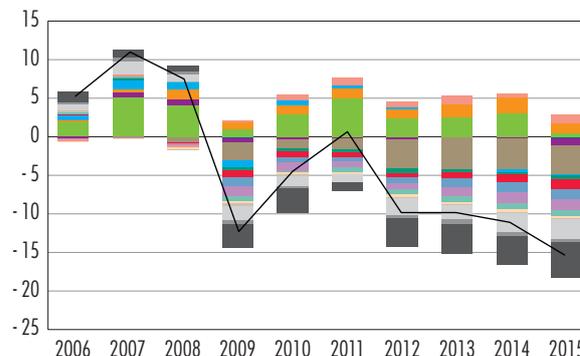
(en %, base 2005)



a) Dans les exportations



b) Dans les importations



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

Les importations en émissions de CO₂ quant à elles ont baissé de - 15 %, passant de 279 millions de tonnes en 2005 à 236 millions en 2015. La structure géographique de cette baisse ressemble à celle des exportations étant donné que les émissions étrangères dans les exportations ont été importées. La Russie contribue ainsi à hauteur de - 4,6 points de pourcentage à l'évolution, suivie de l'Espagne (- 1,4 pp), du Royaume-Uni (- 1,4 pp) et de l'Italie (- 1,3 pp).

4 L'industrie des matériels de transport : principale source d'émissions de CO₂ dans les exportations françaises

Les secteurs des matériels de transport, des métaux bruts et de transport-stockage sont les principaux secteurs exportateurs d'émissions de CO₂ en France avec 50 millions de tonnes de CO₂ sur les 115 millions de tonnes contenues dans les exportations françaises³. Dans le secteur des matériels de transport, près de trois quarts des émissions de CO₂ contenues dans ses exportations proviennent de l'étranger, tandis que dans les deux autres secteurs les émissions sont effectuées surtout en France. La France exporte également du CO₂ par les secteurs de la « chimie et pharmacie » (13 millions de tonnes) ou de l'« agriculture et extraction » (7 millions).

L'analyse des émissions sectorielles peut être envisagée sous l'angle du secteur exportateur direct ou celui à l'origine des émissions. Le premier angle attribue au secteur exportateur le CO₂ émis tout au long du processus productif et comprend donc les émissions de tous les secteurs contribuant en amont des chaînes de production des exportations. Une démarche alternative consiste à attribuer le CO₂ au secteur à l'origine des émissions, qu'il soit lui-même exportateur ou fournisseur d'intrants à un secteur exportateur. Une distinction supplémentaire est effectuée au sein de chaque secteur entre le CO₂ émis dans le territoire français ou à l'étranger (cf. annexe 1 pour les agrégats sectoriels).

Sous l'angle du secteur d'origine des émissions, le profil sectoriel de la France se distingue par une part relativement faible du secteur de l'énergie dans les exportations. Or ce secteur représente près du tiers des exportations mondiales en CO₂, mais ne compte que pour 19% de celles en France. L'écart est encore plus prononcé lorsque les données tiennent compte uniquement des émissions au sein du territoire français : le secteur est responsable de 6 millions des 62 millions de tonnes émises en France et contenues dans ses exportations (cf. graphique 4 a *infra*). Il correspond ainsi à moins de 10% des émissions totales exportées.

³ Le secteur des matériels de transport est composé de l'automobile, de l'aéronautique, du transport naval, ferroviaire et de l'aérospatial. Le secteur des métaux bruts désigne la production de métaux. Le secteur du transport-stockage comprend notamment les transports internationaux.



En plus, le secteur est « seulement » le cinquième secteur le plus émetteur en France tandis qu'il est le premier au niveau mondial.

Cette particularité française s'explique par les sources de production d'énergie. Tandis qu'au niveau mondial, l'énergie est produite principalement à partir de sources fossiles, le parc énergétique français est fortement utilisateur du nucléaire, très peu émetteur de CO₂.

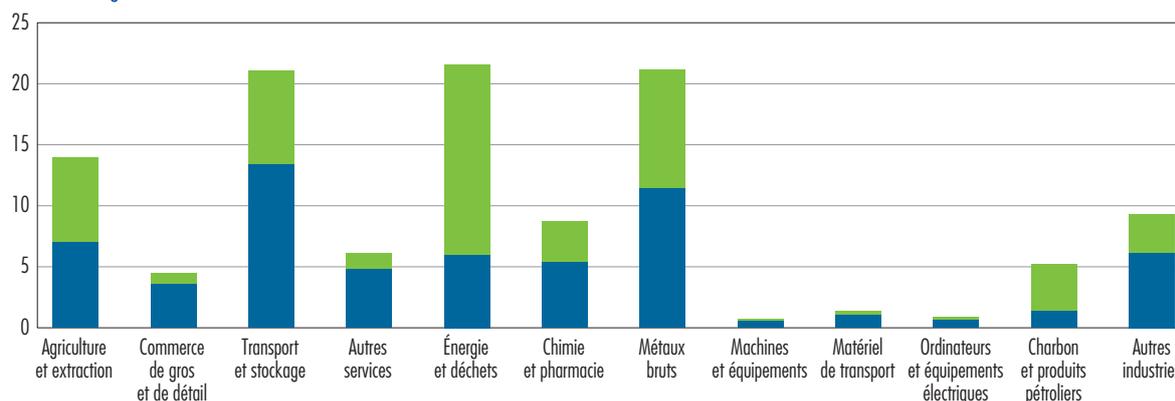
Toujours sous l'angle de l'origine des émissions, les secteurs des métaux bruts et du « transport et stockage » sont les plus gros contributeurs aux émissions dans les exportations françaises. Le partage entre émissions domestique et étrangère est plutôt équilibré pour le premier secteur tandis que les émissions se concentrent davantage en France pour le deuxième secteur.

G4 Distribution sectorielle des émissions de CO₂

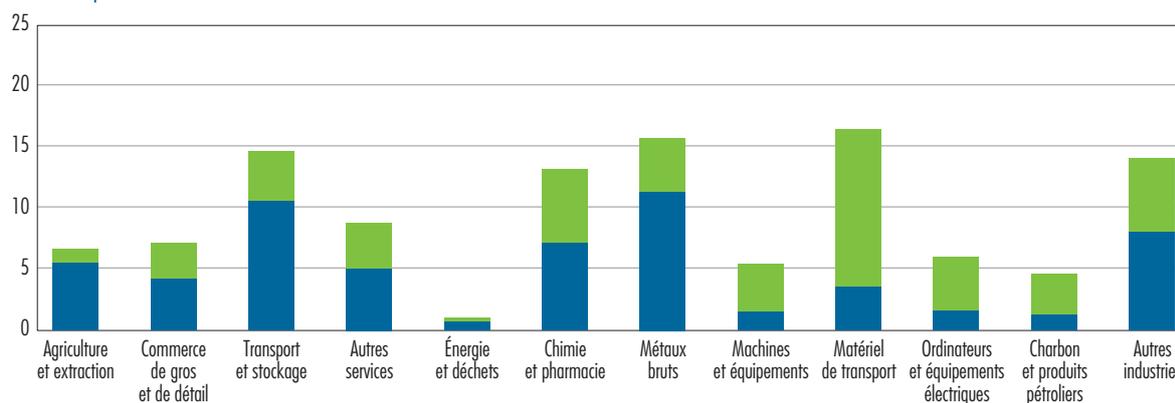
(en millions de tonnes)

■ Domestique ■ Étranger

a) Par secteur d'origine



b) Par secteur exportateur



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



ENCADRÉ 3

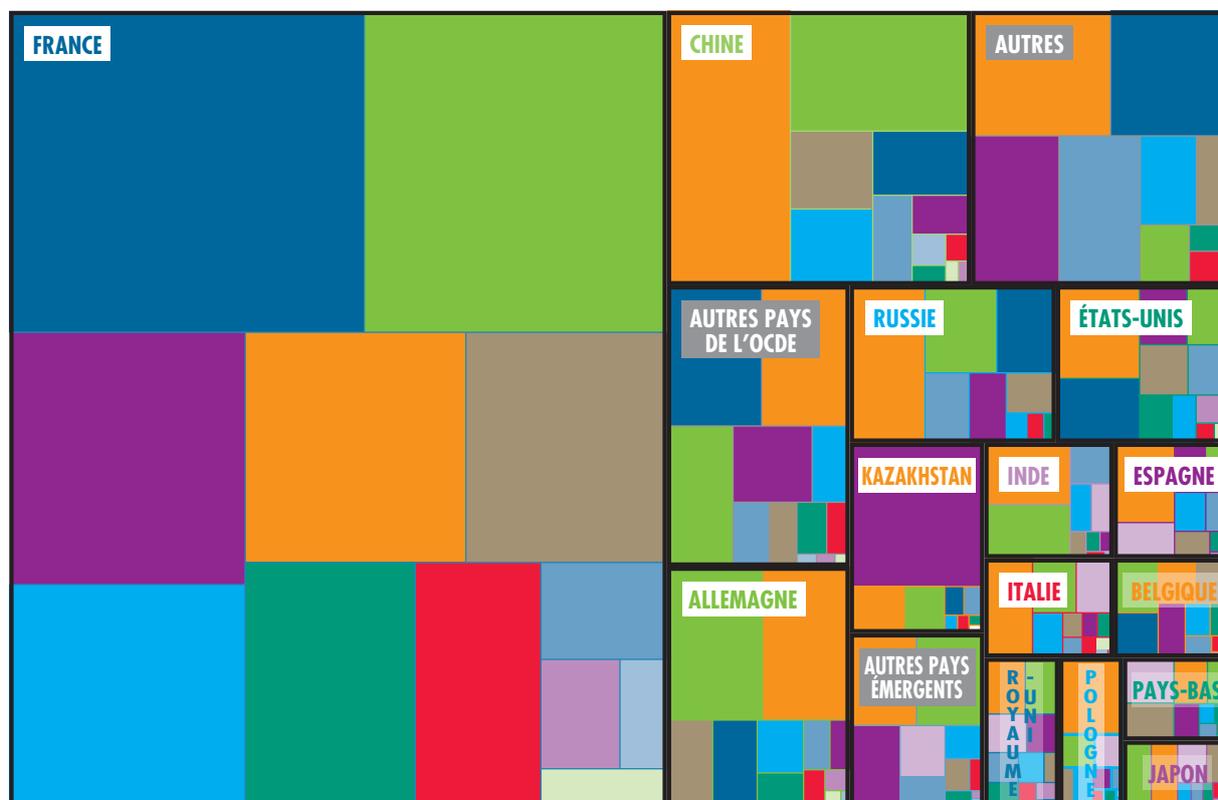
Analyse bidimensionnelle des émissions au sein des chaînes de valeur mondiales

Les émissions de CO₂ contenues dans les exportations françaises s'intègrent dans les chaînes de valeur mondiales. Cette intégration se fait en premier lieu par la prise en compte de l'ensemble des pays qui participent aux chaînes de production des exportations. La dimension sectorielle importe également : les pays contribuent à ces chaînes selon leurs spécialisations. Les émissions de CO₂ varient donc selon la part prise par les différents pays dans les diverses tâches de production ou de commercialisation, comme l'assemblage ou le transport international, ou encore la fourniture d'intrants, par exemple des pièces détachées, ou enfin par l'approvisionnement en matières premières.

Cet encadré propose une représentation bidimensionnelle tenant compte à la fois des composantes géographique et sectorielle des émissions contenues dans les exportations françaises. Ces deux composantes sont en origine et indiquent donc le pays et le secteur qui ont effectivement émis le CO₂. Par exemple, l'énergie est la principale source émettrice par son utilisation en tant qu'intrant à la production des autres secteurs (pays) participant à la chaîne de production française.

Schéma A Origine géographique et sectorielle des émissions de CO₂ contenues dans les exportations de la France en 2015

- | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|--|
| ■ Transport et stockage | ■ Agriculture et extraction | ■ Chimie et pharmacie | ■ Autres services | ■ Charbon et produits pétroliers | ■ Ordinateurs et équipements électriques |
| ■ Métaux bruts | ■ Énergie | ■ Autres industries | ■ Commerce | ■ Matériel de transport | ■ Machines et équipements |



Note : L'aire totale du graphique équivaut aux 115 millions de tonnes de CO₂ exportées par la France en 2015. Elle est répartie par pays, puis par secteur d'activité, en fonction de la contribution en CO₂ de chacun dans les exportations françaises.
Source : OCDE, bases de données *inter-country input-output* (ICIO) édition 2018 et *trade in embodied CO₂* (TECO₂) ; calculs des auteurs.

.../...



La Chine est le principal contributeur étranger aux émissions de CO₂ dans les exportations de la France notamment à travers des secteurs d'« énergie » et des « métaux bruts » employés dans la production des exportations chinoises ou exportés directement pour le second secteur. Les secteurs de la « chimie et pharmacie » et des « autres industries », ainsi que le « transport et stockage » sont également des grands émetteurs dans la relation de partage de production entre les deux pays.

Plus généralement, les secteurs de l'« énergie », des « métaux bruts » et du « transport et stockage » représentent les principaux émetteurs de CO₂ au sein de la chaîne de valeur qui lie la France au reste du monde. C'est le cas avec l'Allemagne, la Russie et les États-Unis. Une exception est le Kazakhstan avec presque la totalité de ses émissions concentrées sur les secteurs extractifs.

Cela donne une image macroscopique des exportations françaises. Les chaînes de valeur mondiales (CVM) au sein desquelles la France s'intègre sont toutefois constituées de plusieurs chaînes de valeur au niveau sectoriel, et même au niveau de chaque entreprise.

Le secteur des matériels de transport, par exemple, est le plus intégré dans les échanges en CO₂ de la France, avec moins du quart des émissions dans ses exportations émises sur le territoire français. Le reste est émis à l'étranger. Cette répartition s'explique principalement par la forte internationalisation du secteur : la valeur ajoutée produite à l'étranger représente presque la moitié de ses exportations (Cezar, 2017). En outre, les faibles émissions relatives de la France par rapport à ses partenaires y contribuent également (cf. encadré 1).

L'exemple de la fabrication coordonnée d'Airbus illustre bien cette forte internationalisation. Les activités de siège social sont basées en France avec un partage avec l'Allemagne des activités commerciales (les avions sont toutefois facturés en France et donc comptabilisés en tant qu'exportations françaises). En amont de la fabrication, les sites de conception, design et ingénierie se répartissent entre l'Europe (France, Allemagne, Espagne et Russie à partir d'une co-entreprise [*joint-venture*]), l'Amérique du Nord et deux sites en Inde et en Chine. Les usines de production sont spécialisées dans la fabrication d'éléments d'avions et réparties sur quatre pays européens : la France (design général, tests en vol, conception et tests des matériaux, assemblage des avions et préparation aux vols) ; l'Allemagne (fabrication et assemblage des morceaux de fuselage, peinture, équipements des cabines et empennage vertical) ; l'Angleterre (production et surfacage des ailes) ; et l'Espagne (test des fuselages complets, assemblage, production dérive horizontale). En outre, l'entreprise se fournit en moteurs auprès de trois pays : le Royaume-Uni, la France et les États-Unis.

Cette maille productive répartie sur plusieurs pays, en plus de l'approvisionnement en matières premières et en autres intrants, explique que les émissions de CO₂ tout au long du processus de production soient éparpillées dans le monde. La Chine, l'Allemagne, les États-Unis et les autres pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) sont ainsi les principaux émetteurs de CO₂ pour les exportations françaises du secteur des matériels de transport.

Le secteur de la chimie et pharmacie offre un autre exemple de l'internationalisation de la production et donc des émissions de CO₂. La France émet plus de 50% des 13 millions de tonnes de CO₂ contenues dans ses exportations, le reste étant émis à l'étranger. Le secteur apparaît ainsi fortement intégré, mais moins que celui du matériel de transport. La Chine, l'Allemagne et la Russie sont les principaux partenaires du secteur. Dans ces trois pays, les émissions sont issues principalement des secteurs de l'énergie et de la chimie et pharmacie elle-même. « Agriculture et extraction » constitue également un secteur important dans cette chaîne de production.

.../...



Schéma B Origine géographique et sectorielle des émissions de CO₂ contenues dans les exportations sectorielles de la France en 2015



a) Matériel de transport



b) Chimie et pharmacie



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



5 Les secteurs « énergie », « charbon et produits pétroliers » et « métaux bruts » sont les principaux contributeurs à la baisse des émissions de CO₂ dans les exportations françaises

La décomposition employée dans la section 3 peut également être utilisée pour faire apparaître la contribution sectorielle à l'évolution des émissions de CO₂ dans les exportations. Les agrégats sectoriels considérés ici comprennent à la fois les secteurs résidents et les secteurs non-résidents participant à la production des exportations françaises.

Mesurés en origine, les principaux secteurs contribuant à la baisse des émissions de CO₂ dans les exportations françaises entre 2005 et 2015 sont l'« énergie »

(- 6,4 points de pourcentage), le « charbon et produits pétroliers » (- 4,1 pp), les « métaux bruts » (- 3,9 pp) et le secteur du « transport et stockage » (- 1,4 pp). À l'inverse, le seul secteur ayant une contribution positive et significative est celui de l'« agriculture et extraction » (+ 1,7 pp).

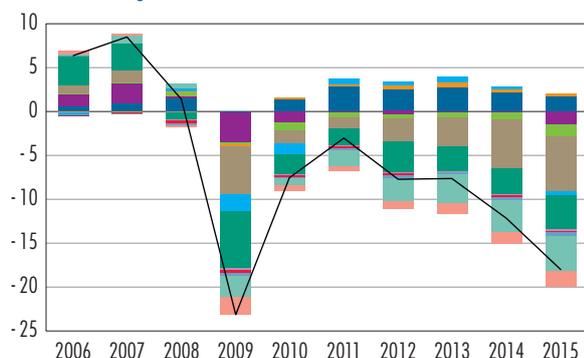
En exportateurs directs, les secteurs manufacturiers et de l'énergie portent le principal de la baisse des émissions exportées par la France. Le secteur des matériaux de transports (- 3,3 pp sur la baisse globale de - 18 %), celui du charbon et des produits pétroliers (- 2,9 pp), des ordinateurs et équipements électriques (- 2,6 pp) et de l'énergie (- 2,4 pp) sont les principaux vecteurs de l'évolution agrégée. À l'inverse, les secteurs des autres services (+ 1,5 pp) et de l'agriculture et extraction (+ 1,8 pp) augmentent leurs émissions.

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

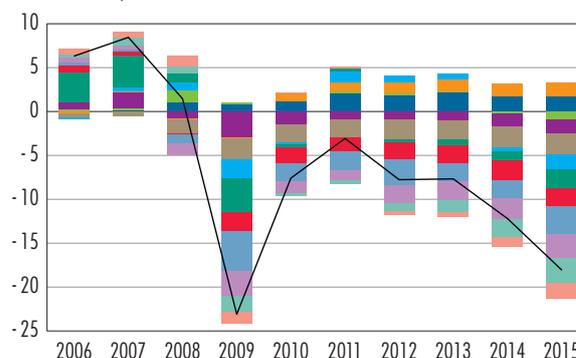
(en %, base 2005)



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.



Bibliographie

Agence internationale de l'énergie – AIE (2015)
CO₂ emissions from fuel combustion 2015, Éditions de l'OCDE.

Ahmad (N.) et Wyckoff (A.) (2003)
« Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods », *Documents de travail de l'OCDE sur la science, la technologie et l'industrie*, n° 2003/15, Éditions de l'OCDE.

Cezar (R.) (2016)
« L'insertion commerciale de la France mesurée en valeur ajoutée », *Bulletin de la Banque de France*, n° 205, p. 25-37.

Cezar (R.) (2017)
« L'industrie pharmaceutique française dans les chaînes de valeur mondiales », *Bulletin de la Banque de France*, n° 209, p. 57-69.

Cezar (R.), Duguet (A.), Gaulier (G.) et Vicard (V.) (2017)
« Commerce global en valeur ajoutée : parts de marché nationales et à l'exportation », *document de travail* n° 628, Banque de France, avril.

Cezar (R.) et Polge (T.) (2020)
« Les émissions de CO₂ dans le commerce international », *Bulletin de la Banque de France*, n° 228/1, mars-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.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat – GIEC (2018)
Rapport spécial sur un réchauffement mondial de 1,5 °C (Global Warming of 1.5 °C), Organisation météorologique mondiale et Programme des Nations unies pour l'environnement, octobre.

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 2019, *Insee Références*, p. 22-23.

Malliet (P.), Haalebos (R.) et Nicolas (N.) (2019)
La fiscalité carbone aux frontières et ses effets redistributifs – Étude des effets redistributifs sur les revenus des ménages français d'une taxe carbone aux frontières, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME).

Nations unies (1992)
Troisième sommet de la Terre, conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement (CNUED) pendant laquelle a été adoptée la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), à Rio de Janeiro, 3-14 juin.

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.

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*, 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 », *Documents de travail de l'OCDE sur la science, la technologie et l'industrie*, n° 2016/5.



Annexe I

Agrégats géographiques et sectoriels

Intensités des émissions de CO₂ par pays 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	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	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 équipements électriques	83	72	46
27	Équipements électriques	Ordinateurs et 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 fossiles¹. Elles ont été calculées à partir des données de l'Agence internationale de l'énergie sur les émissions de CO₂ provenant de combustibles fossiles (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 Wyckoff, 2003). Les autres principaux gaz sont le méthane (CH₄), l'oxyde nitreux (N₂O) et les gaz fluorés (HFC, PFC et SF₆). En équivalent CO₂, ces gaz constituent un tiers des émissions mondiales (Insee, 2018).

La base TECO₂ fournit une répartition géographique et sectorielle des émissions de CO₂ (Wiebe et Yamano, 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 soixante-cinq pays et sectoriel en trente-six secteurs d'origine selon le standard CITI (classification internationale type, par industrie) révision quatre 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 ($I_{i,k}$) 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 :

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

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

¹ AIE (2015), *CO₂ emissions from fuel combustion 2015*, Éditions de l'OCDE.



pays-secteurs. Autrement dit, 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 le panorama mondial des flux commerciaux en termes 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 (la France dans cet article) ; VAX_{ijk} est la valeur ajoutée exportée du couple pays-secteur jk (domestique ou étranger) dans les exportations du pays i (France) 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).

Éditeur

Banque de France

Secrétaire de rédaction

Caroline Corcy

Directeur de la publication

Gilles Vayssset

Réalisation

Studio Création

Direction de la Communication

Rédaction en chef

Corinne Dauchy

ISSN 1952-4382

Pour vous abonner aux publications de la Banque de France

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

Rubrique « Abonnement »

