

Estimation de l'empreinte carbone des filiales françaises à l'étranger

Nous estimons l'empreinte carbone du stock d'investissements directs à l'étranger (IDE) français à 130,7 millions de tonnes de CO₂ en 2014, date des dernières données disponibles, soit 56,7% des émissions liées à la production réalisée en France. En raison de la hausse du stock d'IDE dans les secteurs de destination les plus intensifs en carbone, l'empreinte carbone de la France à l'étranger a atteint son sommet en 2006, pour reculer ensuite de 19,8%. Les transferts de technologie au sein des multinationales permettraient, sous plusieurs hypothèses comptables et économiques, d'éviter jusqu'à 29% des émissions des filiales françaises à l'étranger. Ces ordres de grandeur très significatifs illustrent l'utilité de mettre à jour les données internationales détaillées au niveau sectoriel dans des délais plus resserrés, compte tenu de l'accélération du calendrier de la transition écologique.

Timothée GIGOUT
Direction de la Balance des paiements
Service des Synthèses

Codes JEL
F21, F23,
F64

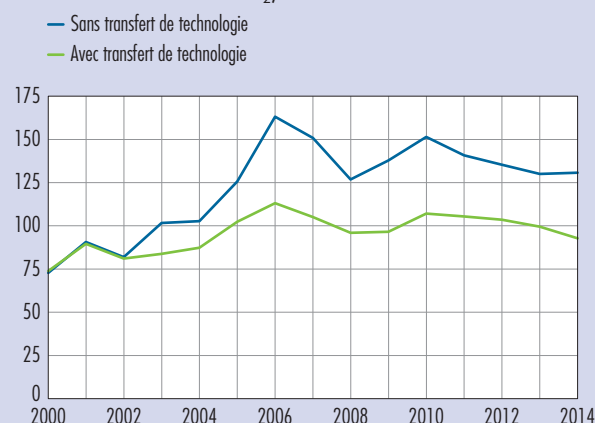
Cet article présente le résultat de travaux de recherche menés à la Banque de France. Les idées exposées dans ce document reflètent les recherches de leurs auteurs et n'expriment pas nécessairement la position de la Banque de France. Les éventuelles erreurs ou omissions sont de la responsabilité des auteurs.

130,7 millions de tonnes de CO₂
l'empreinte carbone à l'étranger en 2014
(dernières données disponibles)

- 29%
l'impact potentiel des transferts
de technologie intra-multinationales
sur les émissions des filiales françaises

Évolution de l'empreinte carbone estimée des investissements directs français à l'étranger

(en millions de tonnes de CO₂)



Sources : Banque de France ; Groningen Growth and Development Centre, base de données mondiale des entrées-sorties (WIOD – Word Input-Output Database).

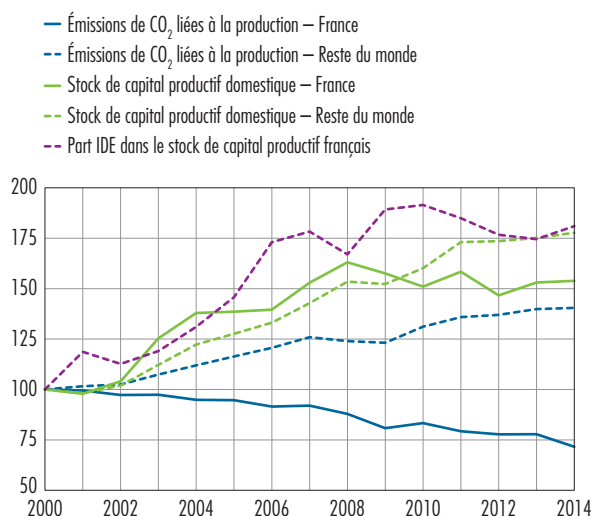
Les émissions de CO₂ liées à la production ont diminué de 29 % sur le territoire français entre 2000 et 2014 (dernière année disponible ; cf. graphique 1). Cette baisse s'est faite **malgré une augmentation du stock de capital productif domestique (+ 54 %)**. Durant la même période, les émissions de CO₂ du reste du monde ont augmenté (+ 40 %), mais sensiblement moins que leur stock de capital à prix constant (+ 78 %). Cette baisse des émissions sur le territoire national et leur augmentation dans le reste du monde coïncident en outre avec une forte hausse (+ 81 %) de la part d'investissement direct français à l'étranger (IDE) dans le stock de capital productif. Cette hausse des IDE est l'un des faits saillants de l'internationalisation de l'économie française (Cotterlaz *et al.*, 2022). Ce mode d'internationalisation de la France se manifeste aussi par

une balance du commerce de biens négative et par une balance positive pour les échanges commerciaux de services (Bui Quang et Gigout, 2021) et les revenus d'investissements. **Le corollaire de cette délocalisation de la production industrielle est la délocalisation de ses émissions associées.**

L'objectif de cet article est de fournir une **première quantification de la contribution des filiales françaises à l'étranger aux émissions de CO₂ du reste du monde**. Nous arrêtons cette exercice à l'année 2014, dernière année disponible pour les données de comptes sectoriels. Dans le cadre des investissements directs à l'étranger (IDE), la maison-mère française détient un contrôle ou au moins une influence importante sur la gestion d'une ou plusieurs filiales à l'étranger. Elle peut affecter explicitement les procédés de production utilisés et peut donc agir sur l'efficacité environnementale de ses filiales. L'exercice que nous menons revient ainsi à estimer la quantité de CO₂ émise à l'étranger sur laquelle des résidents français ont un pouvoir de décision (cf. encadré 1). Cette estimation a des implications en matière de politique économique et environnementale. Inciter les entreprises à réduire leurs émissions étrangères autant que domestiques est un levier permettant de réduire les émissions mondiales. Les nouvelles obligations de déclaration liées à l'entrée en vigueur de la directive européenne sur la publication d'informations en matière de durabilité par les entreprises¹ permettront l'amélioration du suivi des émissions étrangères. La mise en œuvre progressive du mécanisme d'ajustement carbone aux frontières de l'Union européenne, introduit en 2023, contribuera aussi à limiter les fuites de carbone associées à certains IDE. Elle permettra aussi de limiter les inquiétudes liées aux risques de délocalisation lors de la mise en œuvre de politiques de réduction des émissions de gaz à effet de serre (Parra Ramirez, 2021). Un autre apport de cette étude est de mettre en évidence la contribution potentielle des transferts de technologie au sein des firmes multinationales à l'augmentation de l'efficacité carbone des filiales dans les pays de destination. Enfin, nous notons la présence de lacunes de données encore importantes aussi bien dans les données économiques sectorielles que dans les données d'investissements directs ou environnementales. Or disposer de telles données est impératif pour évaluer l'impact des réformes en cours.

G1 Évolutions comparées des émissions de CO₂ et du stock de capital productif en France et dans le monde, 2000-2014

(base 100 en 2000)



Notes : Pour chaque variable, la France est représentée en trait plein et le reste du monde en pointillé.

Le volume d'investissements directs à l'étranger (IDE) est obtenu à partir du déflateur implicite du capital du secteur-pays de destination.

Le stock de capital productif et les IDE sont calculés à prix constants, base 2010 (courbes vertes et violette) ; les émissions territoriales sont calculées en tonnes, base 100 correspond à 2000 (courbes bleues).

Sources : Groningen Growth and Development Centre, base de données mondiale des entrées-sorties (WIOD – *World Input-Output Database*) pour les émissions ; Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), base de données STAN pour le capital domestique en volume ; Banque de France pour les IDE.

¹ Directive (UE) 2022/2464 Directive - 2022/2464 - EN - EUR-Lex [europa.eu]

ENCADRÉ 1

Données et méthodologie

Les émissions des filiales des entreprises non résidentes ne font malheureusement l'objet d'aucune collecte de données spécifique. Nous ne pouvons donc que les estimer à partir de données macroéconomiques. Pour ce faire, nous apparions les données d'émission et de comptes sectoriels de la base de données mondiale des entrées-sorties (WIOD – *World Input-Output Database*) du Groningen Growth and Development Centre (Timmer *et al.*, 2012) avec les données de stock d'investissements directs à l'étranger (IDE) de la Banque de France. Une limite de cette approche est que les données de comptes sectoriels s'arrêtent en 2014. Nous faisons l'hypothèse que les IDE en parts sociales correspondent à du capital productif, que nous supposons comme étant à l'origine des émissions. Nous combinons les données sur l'intensité carbone du capital productif avec les données sur les détentions d'IDE pour fournir une première estimation des émissions des filiales françaises à l'étranger. L'échantillon obtenu couvre les émissions de 79 % des investissements directs français à l'étranger en 2014¹.

Nous utilisons la quantité d'émissions de CO₂ par unité de capital productif comme mesure principale de l'efficacité carbone du pays de destination². Une limite de l'étude est le degré d'agrégation important des données sectorielles. Nous supposons implicitement que la composition d'un même secteur agrégé en France et dans le pays de destination est identique. Or, le positionnement dans la chaîne de valeur d'une filiale française, et donc son intensité carbone, peut différer de celui de l'entreprise domestique moyenne³.

Soit EDE, le total des émissions des investissements directs à l'étranger. Soit τ l'intensité carbone, exprimée en unités de CO₂ émises E par unité de capital K en dollars courants. Soit IDE le stock des investissements directs à l'étranger des résidents français en dollars courants. Nous indexons l'année, le secteur et le pays de destination par t , k et j respectivement. EDE peut alors se décomposer ainsi :

$$EDE_t = \sum_{k,j} \tau_{k,j,t} * IDE_{k,j,t} \quad (1)$$

Avec $\tau_{k,j,t}$ l'intensité carbone du secteur de destination :

$$\tau_{k,j,t} = \frac{E_{k,j,t}}{K_{k,j,t}} \quad (2)$$

Lorsque cela est nécessaire, pour tenir compte de la hausse tendancielle du prix du capital et des différences de prix entre pays, le capital du secteur-pays de destination est mesuré en volume chaîné avec pour année de référence 2010, après conversion en dollars, en parité de pouvoir d'achat.

1 Cf. annexe 1 pour le contenu et le traitement de ces données.

2 L'alternative serait de combiner les chiffres d'affaires par secteur avec les revenus d'investissement des filiales françaises à l'étranger. En outre, les revenus d'IDE (bénéfices réinvestis plus dividendes versés à la maison-mère) sont affectés par les stratégies d'optimisation fiscale des multinationales.

3 Dans la nomenclature que nous utilisons, une filiale fabriquant des moteurs et une fabriquant des carrosseries seraient classées ensemble dans le secteur automobile.

.../...

La principale limite d'un tel exercice est la difficulté de tenir compte des différences de technologie d'émission de CO₂ entre industrie nationale et étrangère. L'équation (1) repose sur l'hypothèse que le stock d'IDE dans le pays de destination utilise de manière homogène la technologie du secteur de destination à l'année t . Or les investissements directs sont généralement le fait d'entreprises plus productives, et donc peut-être moins intensives en émissions par unité de capital, que celles du couple industrie-pays de destination. Par exemple *Borga et al.* (2022) trouvent que les multinationales consomment des intrants moins émetteurs en CO₂, leur conférant des émissions de carbone légèrement plus faibles que leur contrepartie domestique. Ils ne quantifient cependant pas ce phénomène. *Rodriguez-Clare et al.* (2023) calculent, quant à eux, l'élasticité entre l'intensité carbone des filiales et l'intensité carbone des pays d'origine des maison-mères : une efficacité carbone supérieure de 1 % dans le pays d'origine est associée à des émissions de 0,6 % plus faibles dans le pays de destination. À l'inverse, le choix de la localisation dans le pays de destination peut être motivé par la possibilité de produire avec une plus faible efficacité environnementale⁴. Une première approche consiste à attribuer aux secteurs-pays investisseurs l'efficacité de leurs secteurs-pays de destination. Cela nous permet d'obtenir une valeur qui est la plus vraisemblable. Nous pouvons ensuite répéter l'exercice en attribuant aux filiales bénéficiant d'investissements directs l'efficacité de leurs secteurs-pays d'origine afin de disposer d'une borne basse. La différence entre ces deux bornes nous renseigne aussi sur les gains potentiels permis par la diffusion des technologies au sein des multinationales.

Une autre limite de cette approche est l'existence d'éventuelles complémentarités entre les technologies de la maison-mère et celles disponibles dans le secteur de destination. En présence de complémentarités, la combinaison des deux technologies peut permettre de produire avec une intensité carbone inférieure à celles des secteurs d'origine et de destination. Cela peut donner lieu à des effets de spécialisation géographique : par exemple une entreprise française qui ouvrirait un centre de serveurs informatiques en Islande pour profiter de conditions climatiques rendant le processus de refroidissement des serveurs moins énergivore. Il est cependant impossible de tenir compte de ce type de mécanismes avec les données dont nous disposons.

La méthodologie utilisée dans cette étude repose donc largement sur l'attribution de la technologie du secteur de destination aux filiales françaises. Nous relâchons cette hypothèse pour explorer différents contrefactuels dans la section 2. Une autre limite est la différence conceptuelle entre la définition des IDE dans la méthodologie de la balance des paiements et du capital dans le système de comptabilité nationale. Le capital en comptabilité nationale n'inclut pas, par exemple, l'acquisition de terrains qui fait pourtant partie du périmètre des IDE.

4 Ou au moins de produire dans un environnement institutionnel (régulation, taxation, coût du travail, etc.) corrélé avec une faible efficacité carbone.

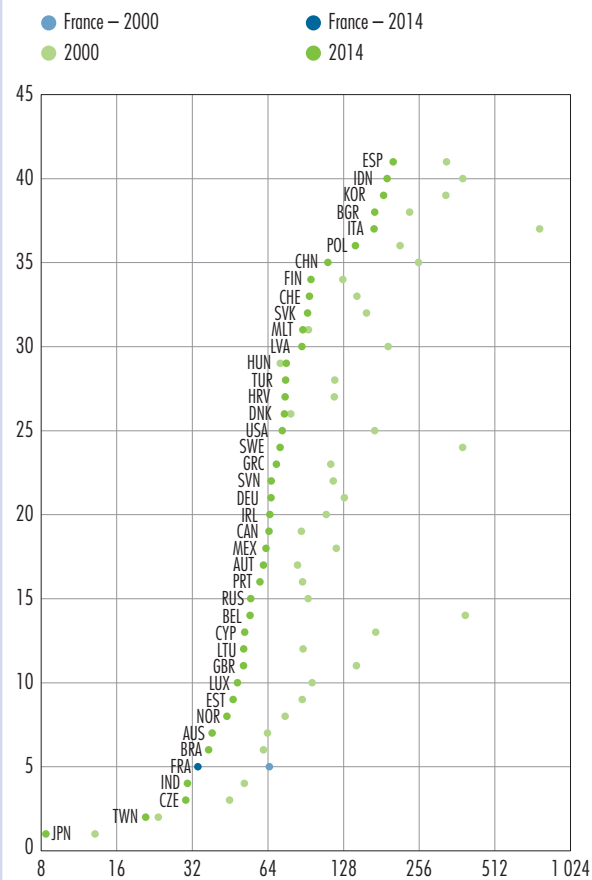
ENCADRÉ 2

Augmentation de l'efficacité carbone dans le monde et en France

Intensité carbone par pays et secteur en 2000 et 2014

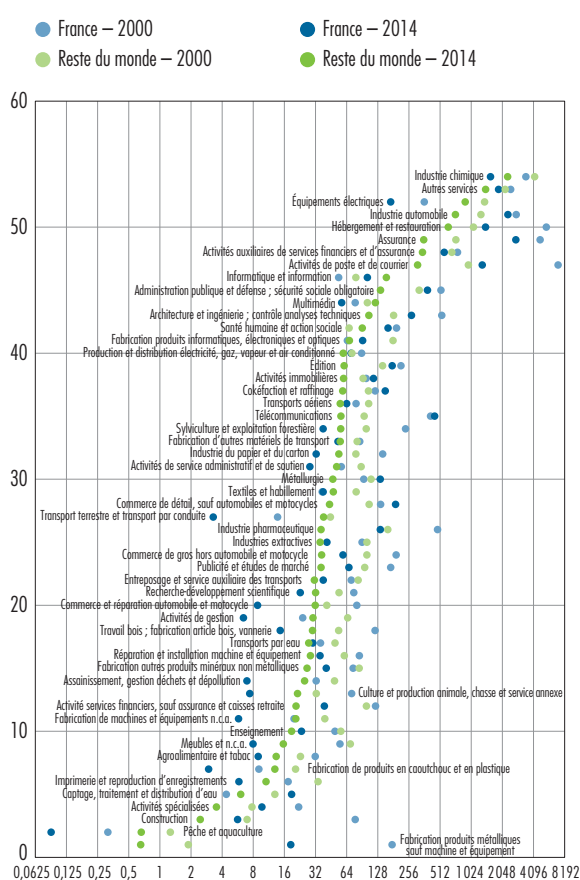
(en milliers de tonnes de CO₂ par unité de capital en dollars constants (taux de change en parités de pouvoir d'achat [PPA], 2010), échelle logarithmique)

a) Efficacité carbone par pays



AUS	Australie	CZE	République tchèque	GRC	Grèce
AUT	Autriche	DEU	Allemagne	HRV	Croatie
BEL	Belgique	DNK	Danemark	HUN	Hongrie
BGR	Bulgarie	ESP	Espagne	IDN	Indonésie
BRA	Brésil	EST	Estonie	IND	Inde
CAN	Canada	FIN	Finlande	IRL	Irlande
CHE	Suisse	FRA	France	ITA	Italie
CHN	Chine	GBR	Royaume-Uni	JPN	Japon
CYP	Chypre				

b) Efficacité carbone par secteur



KOR	Corée du Sud	PRT	Portugal
LTU	Lituanie	ROU	Roumanie
LUX	Luxembourg	RUS	Russie
LVA	Lettonie	SVK	Slovaquie
MEX	Mexique	SVN	Slovénie
MLT	Malte	SWE	Suède
NOR	Norvège	TUR	Turquie
POL	Pologne	USA	États-Unis

Note : « n.c.a. » regroupe toutes les entreprises non classées ailleurs.

Source : Groningen Growth and Development Centre, base de données mondiale des entrées-sorties (WIOD – Word Input-Output Database); calculs de l'auteur.

.../...

L'économie mondiale devient de moins en moins intensive en carbone : pour une unité de capital, en dollar constant de 2010 (taux de change en parités de pouvoir d'achat), le nombre d'unités de CO₂ émises tend à diminuer. C'est vrai pour tous les pays et pour tous les secteurs (à l'exception du secteur « fabrication de produits en caoutchouc et plastique »). En l'an 2000, en France, un milliard de dollars de capital émettaient 45 kt¹ de CO₂, contre 30 en 2014 (cf. panel a). Dans le reste du monde, une même quantité de capital émettait 161 kt de CO₂ en 2000, contre 79 kt en 2014. Parmi les pays dont l'intensité carbone a baissé le plus fortement figurent de nombreux pays d'Europe de l'Est dont la Roumanie (– 86 %), la Lettonie (– 64 %) et la Bulgarie (– 56 %). À l'inverse, le Japon (+ 6 %), le Danemark (– 5 %) et la Lituanie (– 6 %) ont connu les évolutions les moins favorables. La France est troisième du classement 2014, derrière la Suisse et la Suède. La Russie (402 kt par milliard d'euros de capital) ressort en dernière position.

Cette bonne performance de la France n'est pas qu'une question structurelle liée au poids grandissant des services dans l'économie française. La France est mieux classée que la moyenne du reste du monde pour 20 des 54 secteurs économiques (cf. panel b), en particulier dans certains secteurs manufacturiers. Le reste du monde émet en moyenne 4,7 fois plus de CO₂ par unité de capital que la France dans le secteur 30 « fabrication d'autres matériels de transport » ou encore 1,8 fois plus dans le secteur 26 « fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques ». La répartition sectorielle des IDE a donc un impact sur leurs émissions totales.

1 1 kt équivaut à 1 000 tonnes.

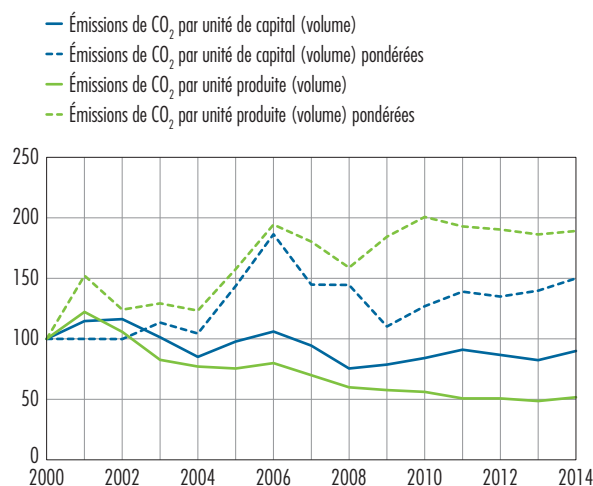
1 Empreinte carbone des filiales françaises à l'étranger : amorce du déclin après le pic de 2006

Entre 2000 et 2014, les secteurs de destination des investissements français à l'étranger sont devenus en moyenne moins intensifs en émission de carbone (– 10 %, cf. graphique 2, courbe continue bleue et cf. encadré 2 pour le détail géographique et sectoriel de ces évolutions). Cependant la moyenne des émissions de ces secteurs pondérés par leur part dans le stock d'IDE total

$$(\tau_t^w = \sum \frac{IDE_{k,i,t}}{IDE_t} * \tau_{k,i,t})$$

a augmenté (+ 50 %, courbe en pointillés bleue). Cette augmentation est le fruit d'une hausse des IDE en direction de secteurs de destination relativement plus intense en carbone² entre 2000 et 2006. Néanmoins, l'intensité carbone pondérée a diminué depuis (– 36 points de pourcentage). Cette diminution s'explique par un rééquilibrage du stock d'IDE en faveur de secteurs de destination moins émetteurs. Nous notons par ailleurs que la mesure d'émissions de CO₂ par unité de chiffre d'affaires (courbes bleues) est largement corrélée à la quantité d'émissions de CO₂ par unité de capital productif (coefficient de corrélation de 0,68).

G2 Évolution de l'intensité carbone non pondérée et pondérée (prix constants, base 100 en 2000)



Note : Les courbes continues représentent l'évolution, en indice base 100 en 2000, de la moyenne non pondérée des émissions de CO₂ par unité produite (en vert) ou par unité de capital (en bleu), c'est-à-dire dans ce dernier cas des coefficients $\tau_{k,i,t}$ de l'équation (2) de l'encadré 1 en volume (valeurs corrigées des prix). Les courbes en pointillés indiquent l'évolution de la moyenne pondérée par le stock d'investissements directs à l'étranger (IDE) détenu dans chaque secteur-pays de destination.

Sources : Groningen Growth and Development Centre, base de données mondiale des entrées-sorties (WIOD – Word Input-Output Database) ; Banque de France.

2 Cf. annexe 2 pour le détail de l'évolution de la distribution des IDE.

Nous estimons les émissions directes à l'étranger à 130,7 millions de tonnes (Mt) de CO₂ en 2014 (cf. graphique 3, courbe bleue). Elles ont atteint leur maximum en 2006 (163,1 Mt) et refluent progressivement depuis. Cette estimation est obtenue en extrapolant les émissions des filiales à partir de l'efficacité carbone du secteur de destination (cf. équation 1 de l'encadré 1). **Elle repose donc sur l'hypothèse que les maisons-mères françaises ne transfèrent pas leur technologie d'émission à leurs filiales.** Cette hypothèse est empiriquement discutable. Aghion *et al.* (2024) trouvent que l'établissement d'une filiale ainsi que le fait d'exporter des biens vers une filiale est associé à une diffusion de connaissances techniques telle que mesurée par les citations de brevets (Keller, 2021, pour une revue de cette littérature).

2 Le rôle de l'innovation et de la diffusion des connaissances intra-groupe sur les émissions de CO₂ des filiales à l'étranger

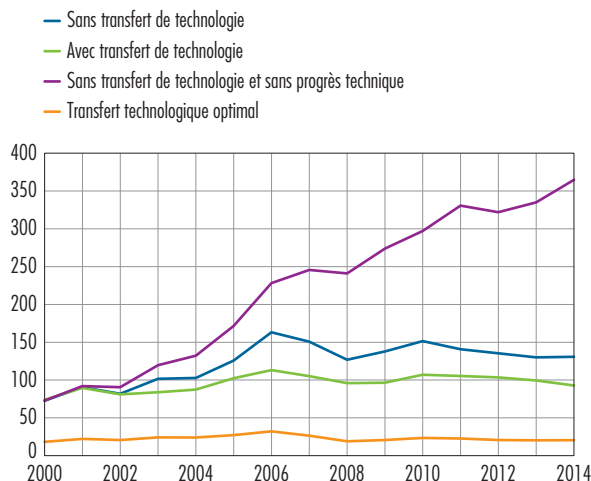
S'il n'est pas possible, en l'absence de données plus fines, d'inférer la proximité technologique entre la maison-mère et la filiale, il est intéressant de simuler un scénario dans lequel le transfert de technologie serait parfait. Cela nous permet d'estimer une borne basse des émissions de CO₂ françaises à l'étranger. Dans ce scénario les filiales utilisent la technologie en vigueur dans leur secteur d'origine en France :

$$EDE_t^{FRA} = \sum_{k,j} \tau_{k,j=FRA,t} * IDE_{k,j,t} \quad (3)$$

Dans ce scénario plus optimiste, leurs émissions ne seraient que de 92,7 millions de tonnes de CO₂, soit 29% plus faibles (cf. graphique 3, courbe verte). Nous détaillons les principaux couples secteurs-pays qui bénéficieraient le plus de transferts de technologie français dans le tableau 1 *infra*. Deux groupes de pays se dégagent. Le premier est constitué d'économies avancées (Belgique, Royaume-Uni, etc.), où les encours d'IDE sont importants mais pour lequel la différence d'intensité carbone est faible. Le surplus d'émissions lié aux différences de technologie représente 34,2% du total des émissions françaises à l'étranger. Le second groupe comprend des économies émergentes (Chine, Indonésie, etc.) qui sont dans la situation inverse. Son surplus d'émissions ne représente en revanche que 8,7% des émissions à l'étranger.

G3 Évolution de l'empreinte carbone estimée des filiales françaises à l'étranger, 2000-2014

(en millions de tonnes de CO₂)



Note : La courbe bleue représente l'estimation du total des émissions de CO₂ des filiales françaises à l'étranger si celles-ci avaient la même intensité carbone que les entreprises domestiques du secteur de destination. La courbe verte correspond au cas de figure où les filiales françaises auraient la même intensité carbone que leur secteur d'origine, la courbe violette au cas les filiales françaises utiliseraient la technologie du pays de destination fixée en 2000 et la courbe orange, la meilleure technologie disponible à chaque date, au sein de chaque secteur.

Source : Groningen Growth and Development Centre, base de données mondiale des entrées-sorties (WIOD – *World Input-Output Database*) et Banque de France ; calculs de l'auteur.

Afin d'illustrer le rôle de l'innovation dans la réduction des émissions de carbone, nous simulons un troisième scénario particulièrement pessimiste dans lequel il n'y aurait eu ni progrès technologique, ni effet de débordement. Chaque secteur de destination se voit affecter indéfiniment son efficacité carbone de l'an 2000.

$$EDE_t^{2000} = \sum_{k,j} \tau_{k,j,t=2000} * IDE_{k,j,t} \quad (4)$$

Si la technologie du reste du monde était restée à son niveau de 2000 (courbe violette), **les émissions françaises à l'étranger seraient de 364 millions de tonnes de CO₂ par an, c'est-à-dire 2,8 fois plus élevée que notre estimation la plus vraisemblable.**

Enfin, nous simulons un dernier scénario dans lequel les filiales françaises utilisent systématiquement la meilleure

T1 Contribution des 15 premiers couples secteur-pays à la baisse des émissions en cas de diffusion parfaite des technologies en 2014(stock en milliards d'euros, intensité carbone en millions de tonnes de CO₂/milliards d'euros de capital, surplus en millions de tonnes, part en %)

Rang	Pays	Secteur	Stock d'investissements directs à l'étranger (IDE) (1)	Différenciel d'intensité carbone (entre la destination et la France) (2)	Surplus d'émissions de carbone (3) = (1) x (2)	Part des émissions à l'étranger (4) = (3)/total des émissions
1	Belgique	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	51,6	0,3	15,2	11,7
2	Royaume-Uni	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	21,9	0,6	13,4	10,3
3	États-Unis	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	7,9	0,8	6,7	5,1
4	Belgique	Cokéfaction et raffinage	7,8	0,6	4,6	3,5
5	Chine	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	1,7	2,3	3,8	2,9
6	Allemagne	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	2,8	1,3	3,5	2,7
7	Indonésie	Cokéfaction et raffinage	1,7	1	1,6	1,3
8	Pologne	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	0,6	2,2	1,4	1,1
9	Chine	Fabrication produits minéraux non métalliques	0,6	2,1	1,3	1
10	Chine	Industrie chimique	3	0,4	1,1	0,8
11	Italie	Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	6,9	0,1	1	0,8
12	Pologne	Assurance	0,5	1,7	0,8	0,6
13	Mexique	Industrie chimique	0,3	2,6	0,7	0,6
14	Chine	Activités financières	4,4	0,1	0,6	0,4
15	États-Unis	Assurance	19	0,1	0,5	0,4

Note : Contributions des principaux couples secteur-pays à la baisse des émissions carbone à l'étranger basé sur la différence d'intensité carbone (CO₂ par unité de capital) du secteur entre la France et le pays de destination.

Sources : Groningen Growth and Development Centre, base de données mondiale des entrées-sorties (WIOD – Word Input-Output Database) et Banque de France; calculs de l'auteur.

technologie disponible, c'est-à-dire celle du pays le mieux classé pour ce secteur et cette année :

$$EDE_t^{OPT} = \sum_{k,i} \operatorname{argmax}_i \tau_{k,i,t=2000} * IDE_{k,i,t} \quad (5)$$

Dans ce scénario dit « optimal » (courbe orange), **les émissions ne seraient que de 20,6 millions de tonnes de CO₂, c'est-à-dire qu'elles seraient 6,3 fois plus faibles que dans notre scénario principal.**

3 Conclusion

Nous fournissons une quantification des émissions de CO₂ des filiales à l'étranger d'entreprises françaises. Leurs émissions se situent à 130,7 millions de tonnes en 2014. Elles ont atteint leur sommet en 2006 et diminuent progressivement depuis. La composition du stock d'IDE est alors devenue plus vertueuse en matière d'émissions de CO₂. À cela s'ajoute une amélioration de l'efficacité carbone

des secteurs de destination des investissements français à l'étranger. Nous illustrons aussi le rôle que peut jouer le progrès technologique et la diffusion des connaissances dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Sans progrès technique dans les pays de destination, les émissions des IDE français auraient pu être jusqu'à 2,8 fois plus élevées. En l'absence de frictions sur la diffusion internationale et l'adoption des technologies, ces émissions pourraient même être jusqu'à 6,4 fois plus faibles. Ces estimations reposent néanmoins sur une série d'hypothèses comptables et économiques contraignantes (par exemple, équivalence entre IDE et capital productif, équivalence entre le secteur du destinataire apparent de l'IDE et celui du destinataire ultime ou encore absence de complémentarité des technologies). La nécessité de réaliser ces hypothèses illustre la présence de lacunes de données encore importantes aussi bien dans les données économiques sectorielles que dans les données d'investissements directs ou environnementales.

Bibliographie

Aghion (P.), Bergeaud (A.), Gigout (T.), Lequien (M.) et Melitz (M.) (2024)

« Exporting ideas: Knowledge flows from expanding trade in goods », *CEPR Discussion Papers*, n° 19260.

Bergeaud (A.), Cette (G.) et Lecat (R.) (2016)

« Productivity trends in advanced countries between 1890 and 2012 », *Review of Income and Wealth*, vol. 62, n° 3, p. 420-444.

Borga (M.), Pegoue (A.), Legoff (G.), Sanchez Rodelgo (A.), Entaltsev (D.) et Egesa (K.) (2022)

« Measuring carbon emissions of foreign direct investment in host economies », *Working Papers*, n° 86, Fonds monétaire international (FMI).

Bui Quang (P.) et Gigout (T.) (2021)

« Vingt ans d'essor des échanges de services de la France », *Bulletin de la Banque de France*, n° 236/1, juillet-août.

Cotterlaz (P.), Jean (S.) et Vicard (V.) (2022)

« Multinational enterprises and the French trade deficit », *CEPII Policy Brief*, n° 38, Centre d'études prospectives et d'informations internationales (CEPII), octobre.

Keller (W.) (2021)

« Knowledge spillovers, trade, and foreign direct investment », *National Bureau of Economic Research*, n° w28739.

Parra Ramirez (K.) (2021)

« Un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières : quelles voies possibles ? », *Focus du CAE* (Conseil d'analyse économique), n° 059-2021.

Rodriguez-Clare (A.), Ramondo (N.), Shapiro (J. S.) et Garcia-Lembergman (E.) (2023)

« The carbon footprint of multinational production », *mimeo*.

Timmer (M.), Erumban (A.), Gouma (R.), Los (B.), Temurshoev (U.), de Vries (G.), Arto (I. A.), Andreoni (V.), Genty (A.), Neuwahl (F.), Rueda-Cantuche (J.M.) et Joseph (F.) (2012)

« The world input-output database (WIOD): contents, sources and methods », *Institute for International and Development Economics*, n° 20120401.

Annexe 1

Source de données

1 WIOD

Les données proviennent de la base publique *World Input-Output Database* (WIOD, base de données mondiale des entrées-sorties) version 2016 du Groningen Growth and Development Centre (<https://www.rug.nl/ggdc/valuechain/wiod/wiod-2016-release>). Cette base couvre les émissions de CO₂, les taux et des données économiques annexes en monnaie locale jusqu'en 2014 pour 54 secteurs NAF à deux positions dont certains sont des couples de secteurs agrégés, pour 41 pays, dont les pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) mais aussi la Chine, l'Inde ou encore la Russie (cf. graphique de l'encadré 2 pour la liste complète). Les données d'émissions sont en revanche manquantes pour les Pays-Bas. Les données de comptes sectoriels viennent de la base « *Socio Economic Accounts* » et sont converties en dollars US à l'aide de la base « *Exchange Rates* ». Les données d'émissions de la base proviennent de la base « *CO₂ Emissions* ».

2 STAN

Nous complétons les données en valeur de la base WIOD à l'aide des données en volume pour les variables capital domestique et production à l'aide de la base de données STAN (2016) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). Celles-ci sont disponibles en monnaie locale, en volume chaîné (prix de 2010). Nous suivons Bergeaud *et al.* (2016) et les convertissons en dollars US au taux de change de parité de pouvoir d'achat à partir des indicateurs du développement dans le monde (*World Development Indicators*) de la Banque mondiale.

3 Banque de France

Les données d'investissement direct étranger (IDE) proviennent de la base « Capital français à l'étranger » de la Banque de France. Cette base recense de manière

quasi exhaustive les détentions d'avoirs relevant de l'investissement direct (c'est-à-dire un contrôle direct ou indirect de 10 %) des résidents français à l'étranger entre 2000 et 2020. Nous sélectionnons les instruments codés F511, F512 et F519 qui correspondent aux parts sociales (listées, non listées et autres), ce qui exclut les dettes et dépôts intra-groupe (F2, F4 et F8). Nous gardons uniquement les entreprises dont la tête de groupe est française. Les avoirs sont exprimés « en valeur mixte » : les stocks des filiales cotées en bourse dans le pays de destination sont mesurés à leur valeur de marché tandis que les stocks des filiales non cotées sont mesurés à leur valeur comptable. Le pays de destination correspond au pays de la première contrepartie enregistrée qui n'est pas forcément le pays du détenteur ultime. Nous convertissons les encours d'IDE en dollars constants à l'aide des taux de change du WIOD et des déflateurs implicites du capital de la base STAN.

Chaque filiale non résidente est classée selon son code NAF à cinq positions. Une difficulté consiste à réallouer correctement des filiales déclarées dans le secteur 6420 « activité de holding ». Lorsque cela est possible, nous attribuons à la filiale le code NAF attribué par l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) à la maison-mère. Les données sont ensuite agrégées au même niveau d'agrégation que celui de la base WIOD (54 secteurs NAF à deux positions avec certains couples de secteurs agrégés).

Une limitation des données d'investissement direct est que celles-ci indiquent le secteur et le pays du « premier niveau de filiale ». Supposons qu'une entreprise française « A » acquiert une entreprise « B » du secteur automobile au Japon. Si l'entreprise « B » détient une filiale « C » dans le secteur de la réparation d'automobiles en Corée, la valeur de « C » sera bien reflétée dans le coût d'acquisition de « B » par « A », mais le secteur et le pays de « C » seront invisibles dans les données. Dans le cadre de notre étude, la conséquence est que nous attribuerions à « B » uniquement l'efficacité carbone du secteur automobile au Japon. Sa véritable efficacité carbone serait en fait une combinaison de l'efficacité du secteur automobile au Japon et du secteur de la réparation d'automobiles en Corée.

Annexe 2

Évolution de la distribution de l’empreinte carbone des IDE français

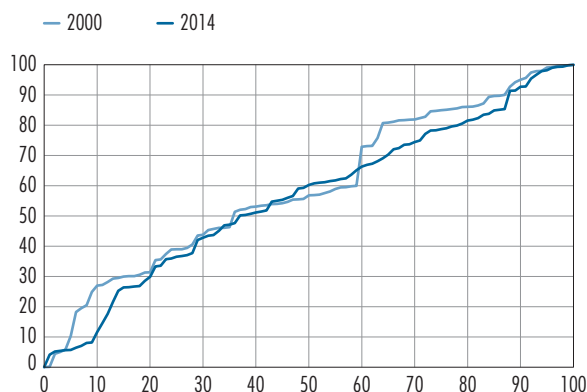
Nous constatons qu’en 2014 une plus grande part des investissements directs à l’étranger (IDE) se trouve (cf. graphique, panel supérieur) dans des secteurs de destination plus intense en carbone. Cela se traduit graphiquement par le déplacement vers la droite de la courbe de la distribution cumulée des IDE selon l’intensité carbone de leur secteur de destination. En 2000, 27% des IDE français se trouvaient dans les 10% des secteurs de destination les moins intenses en carbone. En 2014, cette part n’est plus que de 11,6%. En outre, 17,9% se trouvaient dans les 30% des destinations les plus émettrices, contre 25,5% en 2014.

Il est important de souligner que les progrès en matière d’efficacité carbone sont apparents et relativement uniformes tout le long des supports de la distribution de l’intensité carbone (cf. graphique b, courbe bleue). Cette baisse de l’intensité carbone des secteurs de destination compense la hausse des IDE (courbe violette) et stabilise les émissions à l’étranger pour les secteurs-pays en deçà du soixante-dixième percentile (courbe verte). En revanche, les émissions des filiales dans les secteurs les moins efficaces ont continué à augmenter en raison de la hausse des flux entrants d’investissements directs.

Distribution cumulée des stocks IDE selon l’intensité carbone de leur secteur de destination, en 2000 et 2014

a) Part cumulée des IDE

(en %)

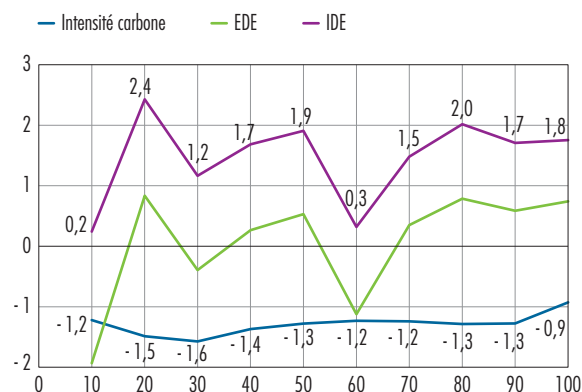


Note : Chaque point de la courbe représente la part cumulée des investissements directs étrangers (IDE) détenus dans des destinations classées par intensité croissante en abscisses (100 pour la destination la plus intense en émissions). Par exemple, en 2014, 11,6% des IDE français étaient détenus dans les 10% des destinations les moins intenses en émissions de CO₂, contre 27% en 2000.

Sources : Groningen Growth and Development Centre, base de données mondiale des entrées-sorties (WIOD – Word Input-Output Database) ; Banque de France.

b) Taux de croissance par décile de la distribution des émissions de CO₂ par unité de capital

(axe des abscisses : en pourcentage; axe des ordonnées : en points de log)



Note : Chaque courbe représente le taux de croissance pour chaque décile entre 2000 et 2014 ($\Delta \log y = \log y_{t=2014} - \log y_{t=2000}$) des émissions directes à l’étranger (EDE, en vert), des investissements directs à l’étranger (IDE, en violet) et de l’intensité carbone (en bleu) dans les secteurs de destination (classés par intensité croissante en CO₂).

Pour isoler l'hétérogénéité de la contribution aux émissions le long de la distribution des intensités en carbone, nous procédons à la décomposition suivante. Soit $F(\tau_{k,i})$ la fonction de distribution cumulée de l'efficacité carbone des secteurs de destination $\tau_{k,i}$. Soit le taux de croissance d'une variable $Y = \{EDE, IDE\}$:

$$\Delta Y = \frac{Y_t - Y_{t-1}}{(\frac{1}{2}) * (Y_t + Y_{t-1})}$$

Avec $t = \{2000, 2014\}$. Grâce à ce taux de croissance du point du milieu, nous pouvons séparer le numérateur en deux composantes, celle des secteurs-pays dont l'efficacité carbone est strictement inférieure au quantile q et celle du reste de la distribution de $F(\tau_{k,i})$:

$$\Delta Y = \frac{(Y_{t,q(\tau)<q} - Y_{t-1,q(\tau)<q}) + (Y_{t,q(\tau)\geq q} - Y_{t-1,q(\tau)\geq q})}{(\frac{1}{2}) * (Y_t + Y_{t-1})}$$

Nous notons chacune de ces composantes

$$\frac{(Y_{t,q(\tau)<q} - Y_{t-1,q(\tau)<q})}{(\frac{1}{2}) * (Y_t + Y_{t-1})} = \Delta Y_{q(\tau)<q} \text{ et } \Delta Y_{q(\tau)\geq q} \text{ respectivement}$$

et notons $C\Delta Y_{q(\tau)<q} = \frac{\Delta Y_{q(\tau)<q}}{\Delta Y}$ la contribution cumulée au taux de croissance de Y des secteurs dont la technologie τ est en deçà du quantile q .

Cet exercice révèle que les secteurs de destination au-delà du soixante-dixième percentile ont contribué d'une part à 29,4% (100-70,6) de la hausse du stock d'IDE, mais d'autre part à la quasi-totalité de la hausse globale des émissions directes à l'étranger (EDE ; cf. tableau). En effet, la contribution à la hausse des EDE des secteurs de destination en deçà du soixante-dixième percentile est proche de zéro, voire même négative car la baisse de leur intensité carbone est suffisante pour compenser la hausse de leur stock d'IDE.

Contribution cumulative au taux de croissance des EDE et IDE entre 2000 et 2014

$C\Delta Y_{q(\tau)<q}$	q = 10	q = 20	q = 30	q = 40	q = 50	q = 60	q = 70	q = 80	q = 90	q = 100
IDE	5,9	27,4	41,2	49,6	60,1	66,2	70,6	78,7	90,9	100
EDE	- 0,4	0,3	0,5	0,4	3,2	5	- 0,7	6,4	33,7	100

Note : Décomposition de la contribution cumulative au taux de croissance des investissements directs à l'étranger (IDE) et des émissions directes à l'étranger (EDE). Par exemple 78,7% de la croissance des IDE et 6,4% des émissions proviennent des secteurs pour lesquels 80% des secteurs ont une intensité inférieure ou égale à ce niveau d'intensité (et 20% ont une intensité plus forte).

Sources : Groningen Growth and Development Centre, base de données mondiale des entrées-sorties (WIOD – Word Input-Output Database) et Banque de France; calculs de l'auteur.

Annexe 3

Différentes mesures des stocks d'investissements directs français à l'étranger

Nous avons jusqu'à présent limité l'exercice au décompte des émissions directes à l'étranger (EDE) des filiales des têtes de groupe françaises, excluant les filiales d'entreprises françaises appartenant à des groupes étrangers. Par ailleurs, ce décompte reposait sur une mesure des stocks d'investissement direct « en valeur mixte » (cf. annexe 1, section « 2 STAN »). La valeur de ces stocks peut varier par exemple selon l'évolution des cours boursiers des entreprises investies cotées en bourse. Dans cette section, nous allons recourir à différents périmètres de mesure des investissements directs à l'étranger (IDE).

Nous étendons la mesure des EDE aux filiales étrangères investies par une entreprise française dont la tête de groupe n'est pas forcément elle-même une entreprise française. Dans ce cas, il est difficile d'apprécier le pouvoir de décision de l'entreprise française sur les choix environnementaux de sa filiale. Nous noterons toutefois qu'Airbus (siège légal localisé au Pays-Bas), Lafarge (Suisse), Arcelor Mittal (Luxembourg) ou encore Nestlé (Suisse) se trouvent dans cette situation. Il est donc intéressant de disposer d'une mesure plus large des IDE. En outre, cette mesure est plus propice à de futures comparaisons internationales et à d'éventuels calculs de balance carbone. Les émissions de carbone à l'étranger sont mécaniquement légèrement plus élevées sur ce périmètre étendu. Elles atteignent 149,4 millions de tonnes (Mt; cf. graphique, courbe verte) en 2014, contre 130,7 Mt (courbe bleue) pour les filiales de têtes de groupe françaises. Cet exercice nous permet de confirmer que les têtes de groupe françaises représentent l'essentiel (87%) des émissions de carbone à l'étranger.

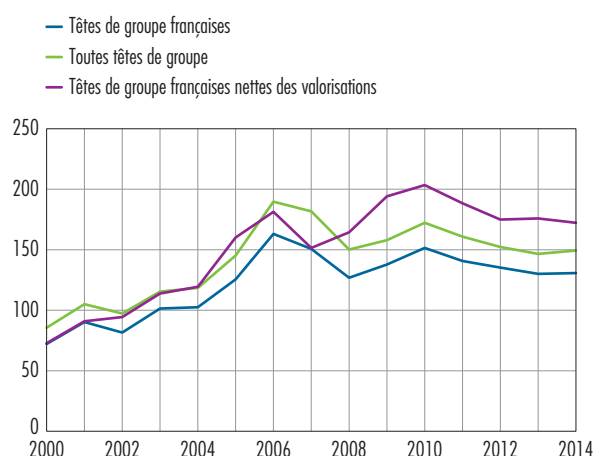
Afin de vérifier que les évolutions observées sur notre mesure principale ne sont pas un artéfact des effets de valorisation sur les stock d'IDE en valeur mixte, nous introduisons aussi une mesure du stock d'IDE en valeur comptable : IDEC. Nous calculons celles-ci de la manière suivante : nous sommions pour chaque entreprise f dans chaque secteur-pays-année son stock initial en t_0 et la somme cumulée des flux d'IDE entre cette date de création et la date t .

$$IDEC_{i,k,t} = \sum_f \left(STOCK_{f,i,k,t_0} + \sum_{t_1}^t FLUX_{f,i,k,t} \right)$$

La variable flux recouvre tous les investissements (signe positif) et désinvestissement (signe négatif). La méthode de la valeur mixte n'est utilisée que pour obtenir la valeur initiale du stock d'investissement. Toutes fluctuations de IDEC ne sont donc causées que par des décisions d'investissement de la maison-mère française. Lorsque nous utilisons cette méthodologie pour calculer les émissions de carbone des IDE, l'ordre de grandeur du niveau de ces émissions et leur évolution globale sont inchangés. Néanmoins, nous constatons que ces émissions de carbone auraient continué à augmenter après 2006 jusqu'en 2010 (cf. graphique, courbe violette) et qu'elles terminent à un niveau plus élevé que celui de notre mesure principale (+ 31,7% de différence).

Estimation de l'empreinte carbone des filiales françaises à l'étranger, 2000-2014

(en millions de tonnes de CO₂)



Note : La courbe bleue est notre estimation principale basée sur les stocks d'investissements directs à l'étranger (IDE) en valeur mixte des filiales françaises à l'étranger de têtes de groupe françaises. La courbe verte inclut le stock en valeur mixte de toutes les têtes de groupe. Enfin, la courbe violette correspond au stock en valeur comptable des têtes de groupe françaises. Sources : Groningen Growth and Development Centre, base de données mondiale des entrées-sorties (WIOD – Word Input-Output Database) et Banque de France; calculs de l'auteur.

Éditeur

Banque de France

Directeur de la publication

Claude Piot

Rédaction en chef

Olivier de Bandt

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://www.banque-france.fr/fr/alertes/abonnements>

