

# À la chasse aux « zombies bruns » pour réduire les émissions de carbone de l'industrie

## *Hunting “Brown Zombies” to Reduce Industry’s Carbon Emissions*

Gert Bijmens\* et Carine Swartenbroekx\*\*

---

**Résumé** – Cet article fournit une première estimation du potentiel d’atténuation des émissions de gaz à effet de serre que pourrait représenter une réallocation intrasectorielle de l’activité économique de l’industrie manufacturière européenne, des entreprises à forte intensité d’émissions, ou « zombies bruns », vers des entreprises à plus faible intensité d’émissions. En appliquant des techniques tirées de la littérature sur la productivité, nous estimons à 38 % la réduction potentielle des émissions directes de gaz à effet de serre fondée sur une réallocation limitée de la production entre entreprises, sans faire appel à de nouvelles technologies. Suivant nos résultats, lorsqu’ils conçoivent des plans de réduction des émissions, outre s’intéresser au progrès et à l’innovation au sein des entreprises existantes, les décideurs politiques devraient également davantage encourager la réallocation de l’activité économique des entreprises « zombies bruns » vers des entreprises moins intenses en émissions de gaz à effet de serre.

**Abstract** – *This paper provides a first estimate of the potential greenhouse gas mitigation from the intra-sector reallocation of economic activity by the European manufacturing industry away from carbon-inefficient – or “brown zombie” – firms to more carbon-efficient firms. Using techniques from the literature on productivity, we find a potential reduction of 38% of direct greenhouse gas emissions based on a limited reallocation of production, without the need for new technologies. According to our results, when designing emission reduction plans, in addition to focusing on improvements and innovation within existing firms, policymakers should also do more to encourage the reallocation of economic activity from “brown zombies” to more carbon-efficient enterprises.*

---

JEL : D22, L23, L52, L60, O14, Q58

Mots-clés : politique climatique, réduction des émissions de carbone, industries à forte intensité carbone, réallocation, zombies bruns

Keywords: climate policy, carbon emission reduction, carbon-intensive industries, reallocation, brown zombies

\*Département des Études, Banque nationale de Belgique, et division d’économie, KU Leuven ; \*\*Département des Études, Banque nationale de Belgique.  
Correspondance : gert.bijmens@nbb.be

Nous remercions Dominique Goux et deux rapporteurs anonymes pour leurs commentaires et suggestions. Nous remercions également les participants au séminaire de la Banque nationale de Belgique, la Banque européenne d’investissement et l’University of Liverpool Management School. Cet article ne doit pas être considéré comme représentant les points de vue de la Banque nationale de Belgique (BNB). Les opinions exprimées sont celles des auteurs et ne représentent pas nécessairement celles de la BNB.

Reçu en avril 2023, accepté en juillet 2024. Traduit de « Hunting “Brown Zombies” to Reduce Industry’s Carbon Emissions ». Les jugements et opinions exprimés par les auteurs n’engagent qu’eux-mêmes, et non les institutions auxquelles ils appartiennent, ni a fortiori l’Insee.

Citation: Bijmens, G. & Swartenbroekx, C. (2024). Hunting “Brown Zombies” to Reduce Industry’s Carbon Emissions. *Economie et Statistique / Economics and Statistics*, 544, 27–44. doi : 10.24187/ecostat.2024.544.2122

Le paquet de mesures de l'Union européenne (UE) *Fit for 55*, qui fait partie du « Pacte vert pour l'Europe »<sup>1</sup>, contient l'objectif ambitieux de réduire de 55 % les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990. S'il n'est pas prévu que cette réduction aille de pair avec une diminution substantielle de la production industrielle, cela implique que l'« efficacité carbone » de l'industrie européenne doit considérablement s'améliorer. L'industrie devra en effet générer la même production (voire une production plus élevée) avec des émissions de GES plus faibles.

Le débat concernant la façon de concrétiser cette ambition se concentre principalement sur l'innovation verte. La Commission européenne (CE) souhaite que la nouvelle stratégie industrielle de l'UE oriente les entreprises manufacturières européennes vers un avenir neutre en carbone, tout en les rendant plus compétitives à l'échelle mondiale. Elle souhaite « [aider] l'industrie à réduire son empreinte carbone en proposant des solutions technologiques propres et abordables et en développant de nouveaux modèles d'entreprise »<sup>2</sup>. L'accent est clairement mis sur le développement de technologies et de processus innovants ainsi que sur leur adoption dans toute l'Europe<sup>3</sup>. Nous ne remettons pas en question l'importance de l'innovation verte, mais cette stratégie part implicitement du principe que la technologie nécessaire pour permettre à l'industrie manufacturière européenne d'entamer sa profonde décarbonation n'est pas encore disponible.

L'instrument politique de l'UE qui régleme les émissions industrielles est le système d'échange de quotas d'émission de l'UE, le SEQUE-UE<sup>4</sup>. Ce système oblige les grandes installations industrielles à payer pour au moins une partie de leurs émissions de CO<sub>2</sub>. Non seulement il fournit une incitation financière pour l'adoption de sources d'énergie renouvelable, mais il encourage aussi le secteur manufacturier à forte intensité d'émissions de GES à réduire son empreinte carbone. Un système complexe est utilisé pour répartir des droits d'émission gratuits entre les installations industrielles, qui se fondent sur un référentiel établi par les installations les plus performantes fabriquant un produit similaire. Ce système reconnaît donc qu'il existe une certaine fourchette de performances carbone dans des secteurs étroitement définis. Plus précisément, Vieira *et al.* (2021) ont étudié l'évolution des émissions couvertes par le SEQUE-UE et constaté qu'elle pouvait aller de l'absence de réduction à une réduction de plus de 80 % des émissions entre 2005 et

2017 pour des entreprises manufacturières exerçant la même activité. Ils concluent donc que l'absence de technologies alternatives ne peut être la seule raison des faibles performances obtenues en matière d'atténuation des émissions de GES. Plus récemment, Capelle *et al.* (2023) ont analysé les émissions autodéclarées pour un échantillon international de 4 000 grandes entreprises cotées en bourse et constaté une hétérogénéité significative des performances environnementales au sein d'une même industrie et d'un même pays.

Dans cet article, nous faisons une autre proposition pour améliorer l'efficacité carbone agrégée du secteur manufacturier, venant s'ajouter à l'innovation et à d'autres améliorations au sein des entreprises existantes. Elle implique la réallocation ou la réorientation des ressources entre les entreprises et les industries, depuis les entreprises à faible efficacité carbone vers celles à plus forte efficacité carbone. L'importance de la réallocation des gains de productivité agrégée est bien établie depuis les travaux précurseurs de Foster *et al.* (2001). Selon eux, ce mécanisme de réallocation de l'activité économique vers les entreprises les plus productives représente environ 50 % de la croissance de la productivité dans le secteur manufacturier américain et 90 % dans celui du commerce de détail. D'autres auteurs ont obtenu des résultats comparables pour l'Europe<sup>5</sup>. Lorsque les ressources sont réorientées depuis les entreprises à faible productivité vers celles à forte productivité, la productivité agrégée augmente sans modifier la productivité des entreprises considérées individuellement.

Nous appliquons un raisonnement similaire aux gains d'efficacité carbone, que nous considérons comme une « productivité carbone » ou une mesure de la façon dont les entreprises utilisent efficacement, c'est-à-dire limitent, leurs émissions pour générer un niveau de production

1. Le pacte vert pour l'Europe est un ensemble d'initiatives politiques lancées par la Commission européenne (CE) dans le but de faire de l'Europe le premier continent climatiquement neutre au monde.

2. [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/industry-and-green-deal\\_fr](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/industry-and-green-deal_fr)

3. Le récent rapport Pisani-Ferry & Mahfouz (2023) pour la France est un peu plus nuancé et affirme qu'une révolution est nécessaire non seulement dans les méthodes de production, mais aussi dans les modes de consommation. Cet ajustement des modes de consommation implique également une réallocation de la production économique entre les secteurs de production. Néanmoins, les projections du coût de la transition industrielle se fondent sur l'écologisation des sites de production existants à fortes émissions de carbone.

4. De plus amples informations sur le SEQUE-UE sont disponibles dans Bijmans & Swartenbroekx (2022).

5. Par exemple, Gamberoni *et al.* (2016) pour la zone euro, Ben Hassine (2019) pour la France.

donné<sup>6</sup>. Pour réduire leurs émissions de GES, les entreprises existantes peuvent innover, changer leurs techniques de production ou investir dans la réduction. Il s'agit d'améliorations dites « intra-entreprise ». Elles peuvent également réallouer leurs ressources. La réallocation fait référence aux ressources qui sont redistribuées, au sein des secteurs à forte intensité carbone ou entre eux, vers des entreprises relativement plus efficaces en carbone, par le biais de la réduction des effectifs des entreprises existantes présentant la plus forte intensité carbone et de la croissance des entreprises plus propres. Le concept d'entreprises « zombies », à savoir des entreprises à faible productivité qui ne seraient normalement pas en mesure de maintenir leur activité sur un marché concurrentiel, est bien connu dans la littérature sur la productivité<sup>7</sup>. En raison de la hausse de leur taux de survie au cours de la dernière décennie, ces entreprises immobilisent des capitaux et freinent donc la croissance des entreprises plus productives. En d'autres termes, les entreprises zombies limitent la réallocation qui pourrait améliorer la productivité. Nous introduisons quant à nous le concept de « zombies bruns », en l'occurrence d'entreprises ayant la « productivité carbone » la plus faible de leur secteur.

Notre analyse révèle que l'industrie manufacturière n'a réduit que de façon marginale l'intensité de ses émissions de GES au cours de la période 2013-2019. Même au sein de secteurs très circonscrits, il existe des différences substantielles d'intensité des émissions, définie comme le rapport entre les émissions de GES et la valeur ajoutée de l'entreprise. Bien que l'intensité des émissions ait légèrement diminué entre 2013 et 2019, principalement en raison de la réallocation des ressources, les réductions les plus notables ne découlent pas des améliorations intra-entreprises, ni de l'entrée ou de la sortie d'entreprises. Pour atteindre les objectifs fixés au niveau de l'UE, les réductions d'émissions de GES à venir devront nettement dépasser les réductions réalisées jusqu'à présent. Au-delà des avancées technologiques, il pourrait être possible de fortement atténuer les émissions de GES en transférant la production vers les unités les plus efficaces en carbone de chaque secteur, c'est-à-dire en l'éloignant des zombies bruns.

Dans un premier temps, nous introduisons des méthodes de décomposition tirées de la littérature sur la productivité pour analyser l'évolution passée de l'intensité des émissions de carbone. Ensuite, nous sommes parmi les premiers à estimer le potentiel de réduction des émissions de GES issu de la réallocation

intrasectorielle de l'activité économique depuis les entreprises fortement émettrices vers d'autres plus faiblement émettrices<sup>8</sup>. Nous estimons qu'une réallocation limitée au sein de chaque secteur, aux dépens des entreprises présentant la plus forte intensité d'émissions, pourrait engendrer une réduction de 38 % des émissions de GES couvertes par le SEQE-UE. Suivant nos résultats, lorsqu'ils conçoivent des plans de réduction des émissions de GES, outre se concentrer sur le verdissement des entreprises industrielles existantes, les décideurs politiques devraient également davantage tenir compte du fait que certaines entreprises zombies bruns pourraient réduire leurs effectifs et céder leur part de marché à des entreprises plus efficaces en carbone.

Cet article s'articule comme suit : la première section présente les données utilisées. La section 2 décompose l'évolution passée de l'intensité des émissions en contributions provenant de l'évolution des émissions intra-entreprises, de la réallocation de l'activité inter-entreprises, et de l'entrée et de la sortie d'entreprises du marché. La section 3 quantifie le potentiel de réduction future des émissions résultant de la réallocation de l'activité. Enfin, nous concluons et soulignons la pertinence d'envisager une réallocation de l'activité industrielle pour atteindre les objectifs de réduction des émissions de l'UE.

## 1. Données

### 1.1. Émissions de GES et intensité des émissions au niveau de l'entreprise

Notre analyse repose sur l'appariement des données du système d'échange de quotas d'émission (SEQE-UE) sur les émissions de GES au niveau des installations SEQE-UE avec les données financières au niveau de l'entreprise provenant de la base de données ORBIS du Bureau van Dijk. Cela nous permet d'évaluer l'intensité des émissions au niveau de l'entreprise et de les rapporter à sa production. Dans

6. Le concept de productivité carbone, proposé pour la première fois par Kaya & Yokobori (1997), est utilisé pour décrire l'efficacité carbone agrégée, définie comme étant le PIB produit par unité d'émission de carbone (ou vice versa).

7. Voir par exemple Adalet McGowan et al. (2018). Les entreprises zombies sont des entreprises non viables qui peuvent continuer à exercer leur activité en raison des retombées de la crise financière, grâce à une plus grande tolérance des banques, à une relance monétaire prolongée et au maintien de politiques de soutien aux PME induites par la crise.

8. Capelle et al. (2023) utilisent des informations sur 4 000 entreprises cotées en bourse à travers le monde et estiment que si elles réalisaient leur production en ayant une intensité d'émission de GES à hauteur du 25<sup>e</sup> centile de leur pays et de leur secteur, le total des émissions diminuerait de 33 %. À noter que, dans la mesure où le SEQE-UE concerne l'ensemble de l'UE, cet article ne compare pas les intensités d'émission au sein d'un pays, mais au sein de l'UE.

ce qui suit, nous décrivons chaque source de données en détail et fournissons quelques statistiques descriptives.

Nous partons du Journal des transactions de l'Union européenne (EUTL – *EU Transaction Log*), le système central de reporting et de suivi de toutes les transactions du SEQUE-UE gérées par la Commission européenne. Le système couvre quelque 10 000 installations fixes dans les secteurs de l'énergie et de l'industrie, ainsi que des compagnies aériennes œuvrant dans l'UE. Toutes les installations industrielles dépassant un certain seuil de capacité de puissance thermique sont réglementées par le SEQUE-UE. Chaque installation doit déclarer annuellement la quantité vérifiée de CO<sub>2</sub> émis<sup>9</sup>. Pour chaque tonne émise, l'entreprise propriétaire de l'installation doit céder un droit d'émissions (un quota d'émissions) à la Commission européenne. Les entreprises réglementées par le SEQUE-UE doivent acquérir ces quotas soit sur le marché du carbone, soit par le biais d'enchères du SEQUE-UE. De nombreuses entreprises manufacturières réglementées par le SEQUE-UE reçoivent gratuitement un grand nombre de quotas.

Le périmètre des émissions réglementées par le SEQUE-UE est l'installation elle-même. Le SEQUE-UE exige que le propriétaire d'une installation restitue des quotas d'émission pour les émissions directes de cette installation (scope 1). Les émissions des fournisseurs de l'installation (émissions provenant soit des achats d'énergie (scope 2), soit d'autres produits achetés à l'extérieur (scope 3)) ne sont donc couvertes par le SEQUE-UE que si l'installation fournisseuse l'est. Si une installation ou une entreprise possède sa propre unité de production d'énergie, elle doit également restituer des quotas pour les émissions de cette unité. En résumé, le propriétaire d'une installation réglementée par le SEQUE-UE n'a besoin de quotas d'émission que pour les émissions provenant directement de cette installation.

Le Journal des transactions de l'Union européenne (EUTL) inclut les émissions annuelles effectives et celles gratuitement attribuées au niveau de l'installation. Nous excluons les émissions du secteur de l'aviation et n'utilisons que les informations relatives aux installations fixes. L'EUTL fournit également un numéro d'enregistrement national et un nom d'entreprise reliant l'installation à son entreprise mère. Il indique enfin le secteur d'activité de chaque installation. La liste des secteurs d'activité figure en annexe. Chaque secteur d'activité est relié soit à un produit (par exemple « traitement des métaux

ferreux » ou « production d'ammoniaque »), soit à la « combustion ». Une installation de combustion désigne généralement une installation qui utilise la chaleur pour produire de l'électricité et, par conséquent, ce sont les entreprises du secteur de la production d'énergie qui exploitent la plupart d'entre elles. Une installation de combustion peut également appartenir à une entreprise manufacturière dont l'activité n'est pas spécifiquement incluse dans le SEQUE-UE (par exemple la transformation des produits alimentaires) ou à une entreprise ou organisation de services (par exemple des hôpitaux ou universités).

Les émissions du SEQUE-UE provenant des installations exploitées par un producteur d'énergie ont considérablement baissé : elles ont diminué de moitié entre 2005 et 2020 (figure I). Les producteurs d'énergie ont réduit leur intensité d'émissions de GES grâce à des mesures comme le passage du charbon au gaz ou aux énergies renouvelables (Marcu *et al.*, 2021). Toutefois, les émissions provenant d'installations extérieures au secteur de l'énergie sont restées stables au cours de la dernière décennie.

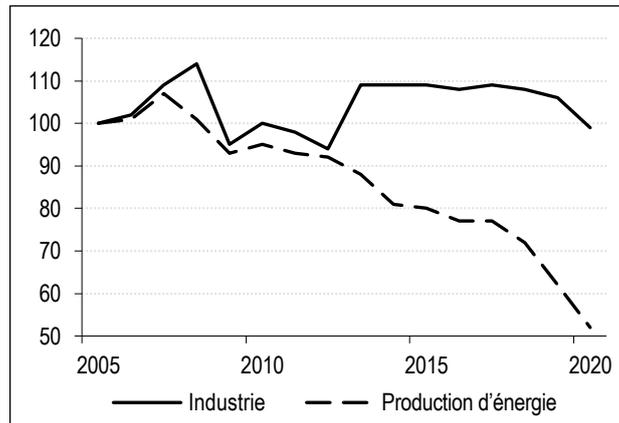
Ces évolutions des émissions totales ne sont qu'une partie de l'histoire. Elles ne peuvent pas être évaluées indépendamment de la production associée. Dans l'industrie, les variations des émissions sont étroitement liées à celles de la production. Toutefois, le déclin de l'activité n'est pas l'objectif du pacte vert pour l'Europe. La trajectoire souhaitée pour que l'industrie européenne atteigne la neutralité carbone passe par une baisse de l'intensité en émissions de la production (la quantité de CO<sub>2</sub> émise par unité produite).

Nous utilisons la valeur ajoutée comme mesure de la production des entreprises. Pour relier les émissions à la valeur ajoutée, nous utilisons les informations relatives à l'entreprise exploitante ou au propriétaire de l'installation recueillies à partir de la base de données ORBIS du Bureau van Dijk. ORBIS est la plus grande base de données d'entreprises disponible au niveau international et accessible pour la recherche économique et financière<sup>10</sup>. Il s'agit d'une base de données commerciale fournie par le Bureau van Dijk. ORBIS regroupe des informations issues de sources administratives,

9. L'unité d'émission utilisée dans le cadre du SEQUE-UE est le CO<sub>2</sub>-eq, ou équivalent CO<sub>2</sub>, car le système couvre également les GES autres que le CO<sub>2</sub>.

10. Voir, par exemple, Gal (2013) qui utilise ORBIS pour les calculs de productivité, Koch & Themann (2022) qui étudient l'impact du SEQUE-UE sur la productivité des entreprises et Pak *et al.* (2019) qui analyse la part du travail dans les pays de l'OCDE.

Figure I – Évolution des émissions de GES couvertes par le SEQE-UE depuis 2005



Note : la production d'énergie inclut les installations dont l'entreprise mère a un code NACE compris entre 35 et 39 (production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné ; production et distribution d'eau, assainissement, gestion des déchets et dépollution). L'industrie inclut toutes les autres installations fixes.

Source : EUTL.

notamment les bilans détaillés, les comptes de résultat et les comptes de pertes et profits des entreprises. Les données financières sont harmonisées entre les pays et fournies dans un format international standard. Nous utilisons les données financières non consolidées provenant des informations déposées dans les registres locaux afin de garantir que seuls les résultats financiers provenant des activités de l'entreprise et d'elle seule sont incluses dans notre analyse, les comptes consolidés pouvant inclure les activités d'autres entreprises d'un même groupe. Nous utilisons les variables ORBIS relatives à la valeur ajoutée (en euros<sup>11</sup>) et au secteur d'activité (code NACE à deux chiffres). Lorsque la valeur ajoutée n'est pas déclarée, nous l'estimons par la différence entre les revenus d'exploitation et les dépenses de consommations intermédiaires. La valeur ajoutée est déflatée à l'aide d'un déflateur spécifique à la valeur ajoutée au niveau du secteur à deux chiffres × pays. Ces déflateurs proviennent de la Base de données pour l'analyse structurelle de l'OCDE<sup>12</sup>. Si aucun déflateur au niveau des secteurs NACE à deux chiffres n'est disponible, nous utilisons le déflateur du niveau supérieur d'agrégation sectorielle. Sachant que les variations annuelles de la valeur ajoutée peuvent être volatiles, le taux de croissance de la valeur ajoutée est winsorisé au 1<sup>er</sup> et au 99<sup>e</sup> centiles.

Nous relierons chaque installation de l'EUTL avec son entreprise mère dans ORBIS. Lorsqu'il n'y a pas de correspondance exacte de l'identifiant d'entreprise dans l'EUTL avec un identifiant dans ORBIS, nous utilisons la recherche approximative d'ORBIS à partir du nom de l'entreprise mère de l'installation. En cas de résultats multiples, nous sélectionnons manuellement la

correspondance la plus réaliste. Nous ignorons les installations ne pouvant pas être reliées à l'état financier d'une entreprise dans ORBIS. Certaines installations sont exploitées par une entreprise qui n'est pas immatriculée dans le pays dans lequel l'installation est située. Ces observations ne sont pas non plus prises en compte.

Cet article analyse les évolutions de l'intensité des émissions de GES (mesurées en tonnes de CO<sub>2</sub>-eq émises par million d'euros de valeur ajoutée) pour les entreprises industrielles, à l'exclusion des secteurs de la production d'énergie, de la gestion de l'eau et du traitement des déchets<sup>13</sup>, entre 2013 et 2019<sup>14</sup>. Pour les entreprises pérennes, il faut donc que la valeur ajoutée soit connue en 2013 et en 2019. En outre, nous excluons les « petites » entreprises dont la valeur ajoutée est inférieure à 100 000 euros en 2013 ou 2019. Au final, notre analyse couvre environ 75 % des installations fixes du SEQE-UE appartenant à une entreprise industrielle, à l'exclusion du secteur de la production d'énergie. Elles représentent environ

11. Pour les pays non membres de la zone euro, ORBIS convertit la valeur ajoutée en euros selon le taux de change moyen de l'année concernée.

12. Les données peuvent être obtenues à l'adresse suivante : <https://www.oecd.org/fr/data/datasets/structural-analysis-database.html>

13. Code NACE à deux chiffres égal ou inférieur à 33. Cela signifie que le secteur de la production d'électricité, gaz, vapeur, air conditionné (NACE 35) est exclu. Les installations de combustion, qui produisent éventuellement de l'électricité sur site, appartenant à une entreprise dont le code NACE à deux chiffres est inférieur à 33 sont incluses. Les codes NACE à deux chiffres inférieurs à 10 incluent principalement les entreprises actives dans le secteur pétrolier et gazier en amont qui exploitent généralement des installations classées dans l'activité « combustion ».

14. Cette période a été choisie, car 2013 marque le début de la phase 3 du SEQE-UE. L'année 2019 est privilégiée comme référence, car les émissions de 2020 et de 2021 ont été affectées par la crise de la Covid-19 (voir Marcu et al., 2022) et l'année 2021 marque le début d'une nouvelle phase du SEQE-UE.

70 % des émissions des installations fixes (voir l'Annexe en ligne, tableau S1, pour la couverture par pays, lien vers l'Annexe en ligne à la fin de cet article). Ce taux assez significativement inférieur à 100 % s'explique principalement par le fait que la valeur ajoutée d'entreprises de plusieurs pays (comme les Pays-Bas ou la Grèce) n'est pas disponible dans ORBIS, et leurs données sont donc exclues de l'analyse (et non du fait d'une faible couverture uniforme dans tous les pays).

Enfin, nous regroupons les installations appartenant à la même entreprise mère au sein d'un pays. Les émissions d'une entreprise sont calculées comme étant la somme des émissions de ses installations. L'activité attribuée à l'entreprise est celle de la ou des installation(s) émettrice(s) couverte(s) par le SEQE-UE. Si une même entreprise exploite plusieurs installations dont les activités sont différentes, nous considérons que

l'activité de l'entreprise est celle correspondant au plus gros volume d'émissions. Environ 70 % des entreprises de notre échantillon n'exploitent qu'une seule installation. Bien que le pétrole et le gaz ne soient pas inclus dans le SEQE-UE (ces installations sont classées dans l'activité « combustion »), nous affectons les entreprises exploitantes dont le code NACE à deux chiffres est 06 au pétrole et au gaz.

## 1.2. Statistiques descriptives

Au total, notre analyse porte sur environ 2 800 entreprises en 2013 et 2 500 entreprises en 2019. Le nombre d'installations et le volume d'émissions couvertes par notre analyse ne diffèrent pas significativement d'une activité à l'autre (voir l'Annexe en ligne, tableau S2, pour la couverture par activité). Le tableau 1 présente les statistiques descriptives des entreprises de notre échantillon.

Tableau 1 – Statistiques descriptives de l'échantillon utilisé

	2013	2019
Entreprises (nombre)	2 807	2 479
Entreprises à installation unique	1 984	1 719
Pérennes	2 343	2 343
Sortantes	464	
Entrantes		136
Installations (nombre)	4 910	4 441
Installations par entreprise (nombre)		
Moyenne	1,75	1,79
Médiane	1,00	1,00
P20	1,00	1,00
P80	2,00	2,00
Émissions par entreprise (en tCO <sub>2</sub> -eq)		
Moyenne	163 139	183 124
Médiane	17 469	26 871
P20	4 766	7 424
P80	86 806	112 642
Valeur ajoutée par entreprise (en millions d'euros)		
Moyenne	97	117
Médiane	20	25
P20	5	6
P80	82	94
Intensité des émissions par entreprise (en tCO <sub>2</sub> -eq par million d'euros de valeur ajoutée)		
Moyenne pondérée	1 680	1 627
Moyenne	4 779	4 662
Médiane	1 207	1 415
P20	280	330
P80	4 702	4 640

Note : valeur ajoutée en euros aux prix de 2015. P20 et P80 font référence aux 20<sup>e</sup> et 80<sup>e</sup> centiles de la distribution de la variable. La moyenne pondérée utilise la part de la valeur ajoutée totale comme poids (voir équation 1, section 2).  
Source : EUTL et ORBIS, calcul des auteurs.

Entre 2013 et 2019, l'intensité du total des émissions des industries réglementées par le SEQE-UE (émissions totales divisées par la valeur ajoutée totale, soit la moyenne des intensités d'émission pondérée par la part de la valeur ajoutée de chaque entreprise) a légèrement diminué, passant de 1 680 à 1 627 tCO<sub>2</sub>-eq par million d'euros de valeur ajoutée. Le volume moyen des émissions pour un million d'euros de valeur ajoutée a également diminué. En outre, l'intensité des émissions est assez hétérogène entre entreprises : en 2013, 20 % des entreprises émettent moins de 280 tCO<sub>2</sub>-eq par million d'euros de valeur ajoutée et 20 % en émettent plus de 4 700 (resp. 330 et 4 640 en 2019). Il existe de très grandes différences entre les secteurs intenses en émissions dans les émissions de carbone par unité de valeur ajoutée. Par

exemple, la production de ciment et la production de chaux nécessitent environ dix fois plus de carbone pour générer la même valeur ajoutée que la production de verre ou celle de papier. Le tableau 2 montre que l'intensité des émissions varie de façon importante non seulement entre les activités, mais aussi au sein d'une même activité.

## 2. Décomposition des variations de l'intensité des émissions de carbone

### 2.1. Méthodologie

Pour mieux comprendre les processus sous-jacents à l'évolution de l'intensité des émissions de GES, nous utilisons des techniques classiques tirées de la littérature sur la productivité, qui décomposent l'évolution de la productivité agrégée en contributions des

Tableau 2 – Statistiques récapitulatives sur l'hétérogénéité de l'intensité des émissions

Secteur d'activité	Observations (nombre d'entreprises)	Intensité des émissions (en tCO <sub>2</sub> -eq par million d'euros de valeur ajoutée)			
		Moyenne	Médiane	P20	P80
Combustion	1 680	1 719	525	85	1 960
Raffinage	109	18 063	6 699	1 455	14 445
Coke	11	55 023	14 296	9 581	38 306
Minerais métalliques	25	4 338	2 431	770	6 772
Fer ou acier	224	6 520	2 115	1 005	6 111
Métaux ferreux	241	1 567	746	196	2 215
Aluminium primaire	25	2 989	1 979	597	5 116
Aluminium secondaire	33	1 060	848	403	1 500
Métaux non ferreux	104	4 146	612	159	2 323
Clinker de ciment	167	23 479	21 447	14 052	34 334
Chaux	140	23 625	22 561	6 650	35 553
Verre	359	2 626	1 968	770	3 723
Céramiques	775	4 113	2 059	733	5 470
Laine minérale	81	1 822	1 377	578	3 087
Gypse ou plaques de plâtre	51	1 314	854	378	1 495
Pâte	234	1 748	1 086	481	2 847
Papier ou carton	492	2 514	1 610	430	3 456
Noir de carbone	15	18 908	5 761	1 888	12 953
Acide nitrique	17	4 164	1 935	662	6 190
Acide adipique	2	2 019	2 019	1 309	2 729
Ammoniac	20	14 190	12 376	3 537	21 142
Produits chimiques en vrac	199	8 281	826	194	3 959
Hydrogène	26	6 173	1 151	293	10 355
Carbonate de soude	12	8 081	7 474	1 912	13 194
Autres	18	3 734	1 458	427	6 668
Pétrole et gaz	226	5 264	1 475	307	6 866

Note : les dénominations complètes des activités figurent dans l'annexe. L'activité pétrole et gaz ne fait pas partie des activités figurant dans le SEQE-UE. Les entreprises dont le code NACE à deux chiffres est 06 sont classées dans l'activité pétrole et gaz.  
Source : EUTL et ORBIS, calcul des auteurs.

entreprises pérennes, des entreprises entrantes et des entreprises sortantes. Ces techniques de décomposition mettent en lumière l'importance relative des processus sous-jacents de progrès internes aux entreprises, de réallocation de l'activité entre entreprises et d'entrées et sorties d'entreprises.

Nous appliquons ces techniques pour décomposer l'évolution des émissions agrégées de GES, ou « productivité carbone ». L'évolution de l'intensité des émissions, mesurée en CO<sub>2</sub>-eq émis par unité de valeur ajoutée, est décomposée en contributions des entreprises pérennes, des entreprises entrantes et des entreprises sortantes couvertes par le SEQE-UE.

L'intensité totale des émissions ( $EI_t$ ) à la date  $t$  est définie comme le total des émissions divisé par la valeur ajoutée totale des entreprises industrielles incluses dans notre échantillon. Il est égal à la somme pondérée du volume des émissions ( $ei_{i,t}$ ) de chaque entreprise  $i$  à la date  $t$  :

$$EI_t = \sum_i \theta_{i,t} ei_{i,t} \quad (1)$$

où  $\theta_{i,t}$  représente la part de la valeur ajoutée de l'entreprise  $i$  à la date  $t$  dans la valeur ajoutée totale des entreprises de l'échantillon et  $ei_{i,t} = \frac{\text{emissions}_{i,t}}{\text{value added}_{i,t}}$  est le volume des émissions de l'entreprise  $i$  à la date  $t$  divisé par la valeur ajoutée de  $i$  à la date  $t$ .

Une première méthode de décomposition (de la productivité) a été proposée par Baily *et al.* (1992). Ensuite, pour résoudre certains problèmes posés par cette méthode, Griliches & Regev (1995) et Foster *et al.* (2001) ont proposé d'autres méthodes, décomposant la productivité par rapport à un niveau de productivité de référence. Plus récemment, Melitz & Polanec (2015) ont introduit une méthode supplémentaire. Toutes ces méthodes ont en commun de décomposer l'évolution de la productivité en trois composantes. La première représente l'« effet intra-entreprises », c'est-à-dire l'évolution de la productivité au sein des entreprises pérennes. La deuxième représente l'« effet inter-entreprises » des entreprises pérennes, qui mesure les variations de la productivité dues aux évolutions des parts de marché des entreprises pérennes, autrement dit dues à la réallocation de l'activité entre entreprises pérennes. La troisième composante est « l'effet des entrées nettes », qui rend compte de la (nouvelle) contribution des entreprises entrant sur le marché et de la (fin de la) contribution de celles sortant du marché. Bien que d'autres méthodes existent, nous nous concentrons sur ces trois dernières

méthodes, qui sont couramment utilisées<sup>15</sup>, dans lesquelles nous remplaçons la productivité par l'intensité carbone.

### 2.1.1. Méthode de Griliches & Regev (1995)

La méthode de Griliches et Regev (GR) utilise l'intensité des émissions agrégée moyenne ( $\bar{EI}$ ) entre les deux périodes  $t$  et  $t-1$  comme référence.

$$\Delta EI_t = \underbrace{\sum_{i \in C} \bar{\theta}_i \Delta ei_{i,t}}_{\text{effet intra}} + \underbrace{\sum_{i \in C} \Delta \theta_{i,t} (\bar{ei}_i - \bar{EI})}_{\text{effet inter}} + \underbrace{\sum_{i \in N} \theta_{i,t} (ei_{i,t} - \bar{EI}) - \sum_{i \in X} \theta_{i,t-1} (ei_{i,t-1} - \bar{EI})}_{\text{effet entrées nettes}} \quad (2)$$

$\Delta EI_t (= EI_t - EI_{t-1})$  correspond à la variation de l'intensité des émissions agrégée entre les périodes  $t$  et  $t-1$ . Les entreprises couvertes par le SEQE-UE sont indexées par  $i$  et peuvent être partitionnées en trois groupes : les pérennes ( $C$ ), les entrantes ( $N$ ) et les sortantes ( $X$ ).  $\theta_{i,t}$  est la part de la valeur ajoutée de l'entreprise  $i$  dans la valeur ajoutée totale et  $ei_{i,t}$  l'intensité des émissions attribuée à l'entreprise  $i$  au cours de la période  $t$ . Les barres sur les variables indiquent que la moyenne a été prise sur les deux périodes. L'intensité des émissions est mesurée par rapport à la valeur ajoutée, c'est-à-dire en tonnes de CO<sub>2</sub>-eq émises par unité de valeur ajoutée.

La contribution de l'effet « intra » est négative si les entreprises pérennes réduisent leur intensité carbone. L'effet « inter » est négatif si l'intensité des émissions des entreprises gagnant des parts de marché est inférieure au niveau de référence. Les entreprises entrantes (resp. sortantes) contribuent négativement si elles émettent moins (resp. plus) que le niveau de référence. La décomposition GR présente un inconvénient : les effets « intra » et « inter » sont interdépendants, sachant que l'effet « intra » dépend de la part de marché moyenne et que l'effet « inter » dépend de la variation de la part de marché. La décomposition n'isole donc pas dans un seul de ses termes la réallocation des parts de marché aux entreprises devenant plus intenses en émissions.

### 2.1.2. Méthode de Foster, Haltiwanger & Krizan (2001)

La méthode de Foster, Haltiwanger & Krizan (FHK) résout ce problème en introduisant un terme de covariance ou effet de covariance entre la part de marché et l'intensité des émissions. Le niveau de référence est l'intensité totale des émissions au cours de la période  $t-1$  ( $EI_{t-1}$ ).

15. Voir Ben Hassine (2019) pour une analyse plus détaillée des trois méthodes.

$$\Delta EI_t = \underbrace{\sum_{i \in C} \theta_{i,t-1} \Delta e_{i,t}}_{\text{effet intra}} \quad (3)$$

$$+ \underbrace{\sum_{i \in C} \Delta \theta_{i,t} (e_{i,t-1} - EI_{t-1})}_{\text{effet inter}} + \underbrace{\sum_{i \in C} \Delta \theta_{i,t} \Delta e_{i,t}}_{\text{effet croisé}}$$

$$+ \underbrace{\sum_{i \in N} \theta_{i,t} (e_{i,t} - EI_{t-1}) - \sum_{i \in X} \theta_{i,t-1} (e_{i,t-1} - EI_{t-1})}_{\text{effet entrées nettes}}$$

La covariance entre l'intensité des émissions et la « taille » de l'entreprise, ou effet croisé, est négative lorsque l'intensité des émissions et la part de marché des entreprises évoluent dans des sens opposés. Cela implique que, pour qu'une entreprise contribue à une réduction de l'effet croisé, elle doit à la fois améliorer son efficacité carbone et acquérir des parts de marché, même si son intensité d'émission est supérieure à la moyenne. Essentiellement, ce terme met en évidence un processus de réallocation, sans nécessairement favoriser les entreprises les moins émettrices. Par rapport à la méthode GR, la méthode FHK présente l'inconvénient d'être plus sensible aux erreurs de mesure<sup>16</sup>. En outre, la méthode FHK surestime potentiellement la contribution des entreprises entrantes, car elles ne sont pas prises en compte dans le calcul de l'intensité des émissions de référence ( $EI_{t-1}$ ).

### 2.1.3. Méthode de Melitz & Polanec (2015)

Melitz & Polanec (2015) considèrent que les méthodes de décomposition ci-dessus introduisent certains biais dans la mesure des contributions des entreprises entrantes et sortantes. Pour y remédier, ils proposent une composition dynamique fondée sur les travaux d'Olley & Pakes (1996).

$$\Delta EI_t = \underbrace{\Delta \bar{e}_t}_{\text{effet intra}} + \underbrace{\Delta cov(\theta_{i,t}, e_{i,t})}_{\text{effet inter}} \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N} \theta_{i,t} \left[ \sum_{i \in N} \frac{\theta_{i,t}}{\sum_{i \in N} \theta_{i,t}} e_{i,t} - \sum_{i \in C} \frac{\theta_{i,t}}{\sum_{i \in C} \theta_{i,t}} e_{i,t} \right] -$$

effet entrées nettes

$$\sum_{i \in X} \theta_{i,t-1} \left[ \sum_{i \in X} \frac{\theta_{i,t-1}}{\sum_{i \in X} \theta_{i,t-1}} e_{i,t-1} - \sum_{i \in C} \frac{\theta_{i,t-1}}{\sum_{i \in C} \theta_{i,t-1}} e_{i,t-1} \right]$$

effet entrées nettes

où  $\Delta \bar{e}_t = \frac{1}{n} \sum_{i \in C} e_{i,t} - \frac{1}{n} \sum_{i \in C} e_{i,t-1}$  et  $cov(\theta_{i,t}, e_{i,t}) = \sum_{i \in C} (\theta_{i,t} - \bar{\theta}_t)(e_{i,t} - \bar{e}_t)$ . Une différence notable avec les méthodes précédentes est que l'effet « intra » mesure ici l'évolution de la moyenne non pondérée de l'intensité des émissions des entreprises pérennes. Le terme de covariance est également différent de celui de la décomposition FHK (et donc non comparable à ce dernier), qui saisit la covariance des variations de la part de marché et de l'intensité des émissions par entreprise. En revanche, l'effet croisé de la décomposition de Melitz & Polanec (MP) saisit la corrélation entre les parts de marché et l'intensité des émissions au cours d'une période donnée.

## 2.2. Résultats

Le tableau 3 présente l'évolution de l'intensité des émissions entre 2013 et 2019. Cette dernière a diminué d'environ 3 % au cours de la période, passant de 1 680 (en 2013) à 1 627 (en 2019) tonnes de CO<sub>2</sub>-eq par million d'euros de valeur ajoutée<sup>17</sup>. Le tableau 3 décompose ensuite l'évolution de l'intensité des émissions selon les trois méthodes décrites ci-dessus. La contribution des entreprises pérennes est décomposée en évolution au sein de l'entreprise (effet « intra ») et réallocation entre entreprises (somme de l'effet « inter » et du terme croisé de covariance) auxquelles on ajoute les entrées nettes (effet « entrées » moins effet « sorties »). En l'absence de critère clair prouvant qu'une méthode est meilleure que l'autre, la fourchette donnée par les trois méthodes pourrait être

16. Ceci est dû au terme de covariance de la méthode FHK. Une erreur de mesure aléatoire dans la production engendre une covariance négative entre l'évolution de l'intensité des émissions et celle des parts de production et, par conséquent, un effet « intra » élevé qui est erroné. En revanche, l'effet « intra » mesuré avec la méthode GR est moins sensible à l'erreur aléatoire dans la production, car il établit la moyenne de la part dans le temps, ce qui atténue l'incidence de l'erreur de mesure.

17. Intensité des émissions en tonnes de CO<sub>2</sub>-eq par million d'euros de valeur ajoutée. Pour des raisons de simplicité, nous omettons l'unité dans le texte.

Tableau 3 – Décomposition de la variation de l'intensité des émissions entre 2013 et 2019

	2013	Intra	Réallocation			Entrées nettes			2019
			inter	covariance	inter + covariance	entrées	sorties	entrées - sorties	
GR	1 680	-1	-69		-69	-21	-38	17	1 627
	%	-0,1	-4,1		-4,1	-1,3	-2,3	+1,0	-3,2
FHK	1 680	56	-14	-114	-128	-22	-41	19	1 627
	%	+3,3	-0,8	-6,8	-7,6	-1,3	-2,4	+1,1	-3,2
MP	1 680	-2		-76	-76	-21	-46	25	1 627
	%	-0,1		-4,5	-4,5	-1,3	-2,7	+1,5	-3,2

Note : intensité des émissions (2013 et 2019) en tCO<sub>2</sub>-eq par million d'euros de valeur ajoutée. GR, FHK et MP font référence aux méthodes de décomposition utilisées.

Source : EUTL et RBIS, calcul des auteurs.

considérée comme définissant l'intervalle plausible dans lequel se trouve chaque composante de l'évolution globale de l'intensité des émissions. Un nombre négatif indique une réduction de l'intensité des émissions.

Les effets « intra » correspondent à l'évolution de l'intensité des émissions au sein de l'entreprise, à parts de marché constantes. Ils correspondent donc à une réduction de l'intensité des émissions au sein de l'entreprise (soit des émissions de carbone plus faibles pour générer la même production), grâce à l'amélioration des processus de production au fil du temps. Ces améliorations peuvent résulter d'innovations, de l'adoption de nouvelles technologies ou de mesures rendant les technologies et/ou les processus existants plus efficaces en carbone. Estimé avec les méthodes GR et MP, l'effet « intra » est proche de zéro. Cela signifie que la variation de l'intensité des émissions pondérée par la valeur ajoutée (GR, équation 2) et la variation non pondérée (MP, équation 4) sont toutes deux limitées. Avec la méthode FHK, l'effet « intra » est positif, ce qui découle du fait que cette méthode inclut un terme de covariance. Le terme de covariance peut saisir le fait qu'une entreprise est susceptible d'augmenter sa part de marché et de réduire son intensité d'émission en même temps. Le fait que l'effet « intra » soit proche de zéro, voire reflète une légère augmentation de l'intensité globale des émissions, implique que les améliorations apportées au sein des entreprises pour réduire leur intensité carbone ont été, au mieux, très modestes.

Le terme de réallocation découle de l'évolution de l'intensité des émissions dans les parts de marché des entreprises couvertes par le SEQE-UE. L'effet de réallocation est négatif avec les trois méthodes. Cela signifie que la capacité de production est réallouée depuis les entreprises aux plus fortes intensités d'émission vers celles aux plus faibles intensités d'émission. Avec la méthode FHK, le terme de covariance est effectivement négatif. Cela signifie que les entreprises en croissance ont également réduit l'intensité de leurs émissions (par exemple, la croissance engendre une diminution de l'intensité des émissions par le biais d'effets d'échelle). Avec la méthode MP, le terme de covariance négatif doit être interprété différemment. La corrélation négative entre l'intensité des émissions et la taille de l'entreprise est plus élevée (en valeur absolue) en 2019 qu'en 2013. Quelle que soit la méthode, le terme de réallocation est celui qui est prépondérant.

De plus, la décomposition nous permet de mesurer la contribution à la réduction des

émissions due aux entrées nettes d'entreprises, c'est-à-dire correspondant à la contribution des entrées moins celle des sorties. Une entreprise entrante va réduire l'intensité moyenne des émissions si l'intensité de ses émissions est inférieure à la moyenne. Une entreprise sortante réduira l'intensité moyenne des émissions si l'intensité de ses émissions est supérieure à la moyenne. La sortie des entreprises peu performantes (i.e. fortement émettrices) permet de réallouer la production à des utilisations plus efficaces en carbone. Bien que les trois méthodes rendent compte différemment de la manière dont une entreprise entrant ou sortant du marché se positionne relativement à la moyenne, elles aboutissent à des résultats similaires. La contribution des entrées nettes est positive mais faible. Cela signifie que le processus par lequel les nouvelles entreprises remplacent les anciennes du marché n'a pas contribué à réduire l'intensité des émissions.

### 2.3. Robustesse

Comme nous l'expliquons dans la section 1, nous apparions les données sur les émissions des installations couvertes par le SEQE-UE avec les données financières des entreprises. Toutes les installations (émettrices de carbone) des entreprises manufacturières européennes ne sont pas soumises à l'obligation d'acheter des quotas : en fonction de l'activité de l'installation, il existe un seuil de taille pour l'inclusion dans le système. En outre, si l'activité de l'installation n'émet pas de carbone, elle n'est pas réglementée par le SEQE-UE. Si une entreprise incluse dans le SEQE-UE exploite également des installations qui ne font pas partie du SEQE-UE, nous risquons de sous-estimer le total de ses émissions et d'inclure la valeur ajoutée générée par des installations non couvertes. Dans ce cas, nous sous-estimons l'intensité réelle des émissions des activités à forte intensité carbone de l'entreprise, et la décomposition pourrait être biaisée. Dans la mesure où nous avons précédemment constaté que la croissance allait de pair avec une réduction de l'intensité des émissions et qu'une installation émettrice de carbone non couverte par le SEQE-UE était en moyenne plus petite qu'une installation couverte, cette question mérite de faire l'objet d'une étude plus approfondie. Le tableau 4 présente la même décomposition que le tableau 3, mais uniquement pour les entreprises exploitant une seule installation couverte par le SEQE-UE<sup>18</sup>. Sachant que

18. Les entreprises à installation unique sont des entreprises n'exploitant qu'une seule installation au cours de la période.

Tableau 4 – Décomposition de la variation de l'intensité des émissions entre 2013 et 2019 pour les entreprises n'ayant qu'une seule installation

	2013	Intra	Réallocation			Entrées nettes			2019
			inter	covariance	inter + covariance	entrées	sorties	entrées - sorties	
GR	1 369	-5	-15		-15	-38	-87	49	1 399
	%	-0,4	-1,1		-1,1	-2,8	-6,4	+3,6	+2,1
FHK	1 369	41	32	-91	-59	-37	-85	48	1 399
	%	+3,0	+2,3	-6,6	-4,3	-2,7	-6,2	+3,5	+2,1
MP	1 369	461		-492	-492	-40	-101	61	1 399
	%	+33,7		-35,9	-35,9	-2,9	-7,4	+4,5	+2,1

Note : intensité des émissions (2013 et 2019) en tCO<sub>2</sub>-eq par million d'euros de valeur ajoutée. GR, FHK et MP font référence aux méthodes de décomposition utilisées. Les entreprises n'ayant qu'une seule installation couverte par le SEQE-UE représentent environ 70 % des entreprises et environ 30 % des émissions de notre échantillon.

Source : EUTL et ORBIS, calcul des auteurs.

la possibilité pour une entreprise d'exploiter une installation non couverte augmente avec le nombre des installations couvertes, ces résultats sont moins susceptibles de sous-estimer l'intensité des émissions.

Premier constat, l'évolution de l'intensité des émissions reste faible, mais de signe opposé à précédemment. Contrairement aux résultats incluant toutes les entreprises, les entreprises exploitant une seule installation n'ont pas réduit l'intensité de leurs émissions. Cela peut s'expliquer par le fait que ces entreprises bénéficient d'un moins grand nombre d'opportunités de croissance et que la croissance est un moteur important de l'amélioration de l'efficacité carbone. Cela peut également s'expliquer par le fait qu'il n'y a pas de retombées technologiques possibles entre plusieurs installations d'une même entreprise. Pour cette raison, il pourrait être plus coûteux, et donc moins faisable, pour une entreprise à installation unique d'améliorer les technologies ou les processus de production dans le but de réduire les émissions de carbone. Une autre interprétation possible est l'existence d'un mécanisme de causalité inverse : il est possible que ces entreprises ne possèdent pas plus d'une installation et soient plus petites que la moyenne des entreprises couvertes par le SEQE-UE précisément parce qu'elles n'ont pas réussi à réduire l'intensité de leurs émissions<sup>19</sup>. Cela serait un effet désirable du SEQE-UE.

Deuxième constat, les méthodes GR et FHK présentent des tendances très similaires par rapport à la décomposition portant sur toutes les entreprises (tableau 3). Seule la réallocation contribue de manière significative à la réduction de l'intensité des émissions. La méthode MP montre des résultats plus extrêmes pour les composantes « intra » et « réallocation », toutes deux importantes et se compensant l'une

l'autre. C'est probablement dû au fait que la méthode MP est plus sensible aux valeurs aberrantes, car la composante « intra » est calculée sur la base d'une moyenne non pondérée. Or la valeur ajoutée des entreprises de plus petite taille est relativement plus variable entre les deux périodes. Et l'exclusion des entreprises ayant plusieurs installations fait augmenter le nombre relatif de petites entreprises dans l'échantillon.

Une autre raison pour laquelle nos résultats ne saisissent pas pleinement l'évolution sous-jacente de l'intensité des émissions pourrait venir de l'utilisation de déflateurs. Nous avons utilisé le déflateur de la valeur ajoutée le plus couramment utilisé au niveau du code NACE à deux chiffres et qui soit disponible pour tous les pays européens, mais une moyenne pour un secteur défini de façon relativement large ne correspondra jamais complètement à la situation individuelle au niveau de l'entreprise. Dès lors, nous calculons également les émissions rapportées à l'emploi et non plus à la valeur ajoutée. L'avantage de l'utilisation de l'emploi comme indicateur de la production est qu'elle dispense de recourir aux déflateurs. Son inconvénient est qu'elle ne tient pas compte de l'évolution de la productivité du travail. Le tableau 5 montre que l'intensité des émissions calculée à partir de l'emploi a augmenté de plus de 10 % entre 2013 et 2019. Ce résultat est probablement biaisé à la hausse, car nous ne prenons pas en considération l'augmentation potentielle de la productivité du travail<sup>20</sup>. En termes quantitatifs, les résultats ressemblent fortement à ceux rapportant les émissions à la valeur ajoutée.

19. Ou pour d'autres raisons liées à l'intensité des émissions.

20. Au sein des 28 pays de l'UE, la productivité réelle du travail a augmenté d'environ 6 % entre 2013 et 2019, selon Eurostat (nama\_10\_LP\_ulc).

Tableau 5 – Décomposition de la variation de l'intensité des émissions entre 2013 et 2019, l'intensité des émissions étant calculée en fonction de l'emploi

	2013	Intra	Réallocation			Entrées nettes			2019
			inter	covariance	inter + covariance	entrées	sorties	entrées - sorties	
GR	205	21	-5		-5	-4	-13	9	230
	%	+10,2	-2,4		-2,4	-2,0	-6,3	+4,4	+11,7
FHK	205	22	-4	-1	-5	-4	-11	7	230
	%	+10,7	-2,0	-0,5	-2,4	-2,0	-5,4	+3,4	+11,7
MP	205	35		-19	-19	-4	-13	9	230
	%	+17,1		-9,3	-9,3	-2,0	-6,3	+4,4	+11,7

Note : l'intensité des émissions (2013 et 2019) est calculée comme le volume des émissions (en tCO<sub>2</sub>-eq) par salarié. Sont exclues les entreprises ne déclarant aucun salarié ou employant moins de cinq salariés en 2013 ou en 2019.

Source : EUTL et ORBIS, calcul des auteurs.

Les effets « intra » et « entrées nettes » sont positifs et l'effet « réallocation » est négatif. Les méthodes de décomposition présentent une différence notable : avec la méthode MP, la composante « intra » (qui n'est pas pondérée) est sensiblement plus grande que celle des méthodes GR et FHK (qui est pondérée par la part de l'emploi). Par conséquent, l'intensité des émissions des entreprises de plus petite taille a davantage augmenté que celle des entreprises de plus grande taille. Par ailleurs, les termes de covariance de la méthode MP montrent que la taille est devenue de plus en plus corrélée à une moindre intensité d'émission. Cela corrobore la conclusion du tableau 4, selon laquelle les entreprises à installation unique ont obtenu de moins bons résultats en matière de réduction de l'intensité des émissions que celles ayant plusieurs installations.

### 3. Le potentiel inexploité de la réallocation de l'activité pour réduire les émissions de carbone

Dans la section précédente, nous avons estimé la contribution des améliorations au sein des entreprises pérennes (effet « intra »), de la réallocation (effet « inter » et de covariance) et des entrées nettes (différence entre l'effet « entrée » et l'effet « sortie ») à la réduction de l'intensité des émissions. Dans la présente section, nous nous concentrons spécifiquement sur le potentiel de la réallocation à stimuler les efforts de réduction futurs<sup>21</sup>. Et des efforts seront certainement nécessaires. En effet, la réduction de l'intensité des émissions de 3,2 % entre 2013 et 2019 (tableau 3) correspond à un rythme de réduction annuelle d'environ 0,5 %. Ce chiffre est largement inférieur au facteur de réduction linéaire (FRL)<sup>22</sup> de 1,74 % par an fixé lors de la phase 3 du SEQE-UE (2013-2020), encore plus éloigné du FRL de 2,2 % par an fixé pour

la phase 4 (2021-2030), et loin des dernières décisions de la Commission européenne portant le FRL à 4,3 % par an à partir de 2024. Par ailleurs, Pisani-Ferry & Mahfouz (2023) estiment que l'industrie française devra réduire ses émissions de 4,3 % par an pour atteindre ses objectifs à l'horizon 2030. Selon ces chiffres, la réduction de l'intensité des émissions industrielles devra se faire à un rythme beaucoup plus rapide si l'on veut atteindre les objectifs *sans* faire baisser la production industrielle de manière significative<sup>23</sup>.

On a vu que la composante « intra » n'a pas contribué de manière significative à la réduction de l'intensité des émissions entre 2013 et 2019, contrairement aux attentes<sup>24</sup>. Cela pourrait certainement changer à l'avenir, car de nombreux gouvernements font pression pour le développement et l'adoption de nouvelles technologies de décarbonation. La faiblesse de la composante intra s'explique par le fait que, dans de nombreux cas (par exemple l'hydrogène ou le captage du carbone), la technologie de décarbonation nécessaire n'est pas encore disponible à l'échelle industrielle et nécessiterait un large éventail de mesures de soutien (gouvernementales) pour continuer

21. Le potentiel de réallocation supplémentaire pourrait être limité, car il est possible que des mesures de rentabilité aient déjà été mises en œuvre. Les futures réductions des émissions pourraient nécessiter d'autres approches que la réallocation.

22. Le facteur de réduction linéaire (FRL) fait référence à la réduction annuelle du plafond sur les émissions totales au titre du SEQE-UE.

23. Les objectifs de réduction du SEQE-UE peuvent également être atteints par une production d'électricité plus décarbonée. Premièrement, la chute drastique des émissions de carbone provenant de la production d'électricité suggère que les mesures les plus faciles ont déjà été mises en œuvre. Deuxièmement, en France, sachant que l'intensité carbone de la production d'électricité est déjà faible, l'ampleur de la possible réduction de cette empreinte est limitée.

24. Cette conclusion rejoint celle de Probst et al. (2021), qui constatent que la croissance annuelle moyenne des technologies d'atténuation du changement climatique a considérablement ralenti entre 2013 et 2017, probablement en raison des prix des combustibles fossiles, du bas niveau des prix du carbone et de la maturité accrue de certaines technologies.

à se développer. Toutefois, des technologies capables de réduire sensiblement les émissions existent déjà et sont déjà utilisées, ce qui est rarement évoqué. La conception sous-jacente du SEQUE-UE suppose implicitement une grande hétérogénéité de l'efficacité carbone entre installations industrielles d'un même secteur, aux contours étroitement définis. En effet, en ce qui concerne l'allocation gratuite de quotas d'émissions, les installations industrielles couvertes par le SEQUE-UE sont subdivisées en 54 catégories<sup>25</sup> pour chacune desquelles un référentiel d'émission est défini. Ce référentiel se fonde sur les émissions moyennes des 10 % d'installations les plus performantes fabriquant le produit concerné dans l'UE. Il reconnaît donc qu'une grande partie des installations fabriquant un produit similaire n'utilisent pas la technologie la plus efficace en carbone existante. L'adoption généralisée de la technologie de référence dans chacune de ces 54 catégories conduirait donc déjà à une réduction significative des émissions.

De fait, nous observons une hétérogénéité significative de l'intensité des émissions non seulement au sein des industries à forte intensité carbone (tableau 1), mais aussi au sein des activités étroitement définies en vertu du SEQUE-UE (tableau 2)<sup>26</sup>. Ce résultat n'est pas surprenant. Il ne diffère pas du fait stylisé que la dispersion de la productivité sectorielle est élevée (et croissante) dans les pays européens, peut-être en raison d'un lent déploiement de la technologie (Berlingieri *et al.*, 2020 ; CompNet, 2023). De plus, Capelle *et al.* (2023) constatent que l'hétérogénéité sectorielle de l'intensité des émissions au sein d'un pays donné est largement supérieure à l'hétérogénéité de la productivité totale des facteurs.

Malgré cette hétérogénéité significative, la réallocation de l'activité n'a réduit les émissions que de 4 % à 8 % (c'est-à-dire de 1 % à 1,5 % par an en moyenne) entre 2013 et 2019 (tableau 3). Sachant que la réallocation joue habituellement un rôle très important dans l'augmentation de la productivité (voir, par exemple, Ben Hassine, 2019, et CompNet, 2023), il n'y a aucune raison de penser que nous puissions parvenir à une amélioration de l'intensité des émissions de 4 % à 5 % par an sans qu'elle y contribue significativement. Cela pourrait résulter d'une réallocation à la fois au sein des industries et au sein des différents sous-segments de chaque industrie (à forte intensité carbone). Le premier cas de figure correspond à l'évolution des modes de consommation nécessaire pour atteindre la neutralité carbone (Pisani-Ferry & Mahfouz, 2023), où la consommation finale remplace les produits à forte intensité carbone par des

produits à plus faible intensité. Le deuxième correspond à un transfert de la production vers les fabricants d'un produit similaire présentant une plus faible intensité carbone.

La réallocation au sein d'un sous-segment d'une industrie à forte intensité carbone (voir les activités listées en annexe) engendre également un potentiel de réduction significatif fondé sur les technologies de production actuelles. Pour estimer ce potentiel, nous menons une expérience de pensée simple. Nous divisons notre échantillon d'entreprises en deux groupes : un premier comprenant les 80 % d'entreprises présentant la plus faible intensité carbone (i.e. la plus forte efficacité carbone) au sein d'une activité, et un second comprenant les 20 % d'entreprises présentant la plus forte intensité carbone (i.e. la plus faible efficacité carbone) au sein d'une activité. Nous appelons ce deuxième groupe les « zombies bruns ».

Notre expérience de pensée suppose maintenant que ces zombies bruns sont expulsés du marché et que leur production (mesurée dans cet exercice par la valeur ajoutée) est reprise par les entreprises restantes ayant la même activité. Ces zombies bruns représentent moins de 10 % de la valeur ajoutée de notre échantillon, mais plus de 40 % des émissions (voir tableau 6, ligne total). Le scénario de réallocation suppose que la production totale de chaque activité dans le cadre du SEQUE-UE reste constante et que la production des 20 % d'entreprises présentant la plus forte intensité d'émission (les zombies bruns) est désormais générée avec une intensité d'émission égale à celle des 80 % autres entreprises ayant la même activité. Le potentiel de réduction des émissions d'un tel exercice de réallocation est significatif : la production réallouée des entreprises les moins performantes serait désormais effectuée avec des émissions nettement inférieures. Nous estimons que les émissions globales chuteraient de près de 40 %, alors que la production totale devant être réallouée resterait modeste (voir tableau 6 pour le détail des résultats). Le risque de mise au rebut anticipée d'actifs reste donc limité<sup>27</sup>. De plus,

25. 52 produits et 2 référentiels construits sur une approche dite « de repli » concernant la chaleur et les combustibles.

26. Les installations sont liées à une activité dans le Journal des transactions de l'Union européenne et non pas à l'une des 54 catégories utilisées pour le calcul des quotas gratuits. Il n'est donc pas possible de calculer l'hétérogénéité de l'intensité des émissions pour ces 54 catégories.

27. Outre la mise au rebut anticipée (aussi dénommée « échouage ») d'actifs physiques et de capitaux, il est également possible que la transition climatique conduise à la disparition de certains emplois. Alors que dans l'ensemble les effets négatifs de la réallocation du travail vers les activités vertes seraient maîtrisables (Vandeplas *et al.*, 2022), ils devraient néanmoins être hétérogènes selon les zones géographiques et les types de travailleurs (Bijnens *et al.*, 2022).

Capelle *et al.* (2023) ont montré que les zombies bruns (ou « retardataires climatiques », comme les auteurs les dénomment) exploitent des stocks de capital physique plus anciens, ce qui atténue davantage les effets de l'éventuelle mise au rebut prématurée d'actifs.

Le potentiel de réduction des émissions de carbone découlant de cet exercice de réallocation est-il réaliste ? Notre estimation dépend fortement, bien sûr, de l'écart entre l'intensité des émissions des 20 % d'entreprises les moins efficaces en carbone et des 80 % d'entreprises les plus efficaces en carbone au sein d'une même activité. Une part de ce potentiel de réduction pourrait découler du fait que certaines activités réglementées par le SEQUE-UE (voir tableau A1 en annexe) sont définies de manière large et incluent des entreprises fabriquant des produits très différents. Malgré une hétérogénéité indéniable des produits au sein d'une même activité, nous pensons que l'intensité des émissions pour la fabrication de produits similaires présente elle aussi une hétérogénéité importante<sup>28</sup>. La conception du SEQUE-UE repose sur 52 technologies de référence pour les produits qu'il réglemente. Nos données nous permettent seulement de distinguer 26 activités dans notre échantillon, ce qui implique qu'en moyenne deux produits différents<sup>29</sup> sont fabriqués au sein d'une activité. D'une part, les résultats de notre expérience de pensée représentent donc une borne supérieure pour le potentiel de réduction des émissions découlant de la réallocation. D'autre part, la réallocation demeure limitée à 7 % de la production. Si toutes les entreprises étaient obligées d'exercer leur activité en utilisant la technologie de référence du SEQUE-UE, sur la base des 10 % d'entreprises les plus performantes en matière d'intensité d'émission, 90 % des entreprises seraient affectées. Nous montrons enfin dans l'encadré que des entreprises couvertes par le SEQUE-UE peuvent effectivement produire des produits similaires avec des intensités d'émission très différentes.

Qu'est-ce qui pourrait expliquer les écarts observés dans l'intensité des émissions, hormis la fabrication de produits différents ? Outre le recours à des technologies différentes, cela peut s'expliquer par le fait que certaines entreprises sont meilleures que d'autres (c'est-à-dire, dans notre contexte, qu'elles émettent moins de carbone) dans l'utilisation de technologies et de processus de production similaires. En outre, certaines entreprises ont peut-être déjà commencé à électrifier<sup>30</sup> (au moins en partie) leur processus de production. Ceci est susceptible de déplacer les émissions des entreprises

concernées couvertes par le SEQUE-UE vers les producteurs d'électricité (qui, s'ils sont situés dans l'UE, sont également couverts par le SEQUE-UE)<sup>31</sup>. Ce phénomène est souhaitable, car la production d'électricité est devenue moins intensive en carbone et la trajectoire du secteur de la production d'électricité vers la neutralité carbone est bien connue. En outre, plusieurs études<sup>32</sup> soulignent qu'une taxe carbone ou des coûts d'émission ont une incidence significative sur les prix de gros de l'électricité. Ce mécanisme garantit que les entreprises paient également pour les émissions indirectes provenant de la production d'électricité. Un effet indésirable est ce que l'on appelle la « fuite de carbone » : il s'agit du cas où une entreprise transfère une production à forte intensité d'émissions vers d'autres pays où les contraintes en matière d'émissions sont moins strictes. Cela peut aller jusqu'à faire augmenter l'intensité totale des émissions de cette entreprise, alors que celle que nous mesurons diminue. Les études passées, toutefois, n'ont pas identifié de fuite de carbone significative (Verde, 2020).

Notre définition des zombies bruns, fondée sur l'intensité des émissions, reste arbitraire. Elle correspond à un scénario dans lequel la réallocation est déclenchée par une réglementation imposant un seuil maximal d'intensité des émissions par activité. Nous pouvons également définir les zombies bruns d'une manière plus proche de celle utilisée dans la littérature sur la productivité, fondée sur la situation financière

28. En outre, plusieurs auteurs sont parvenus à des conclusions similaires. Comme susmentionné, Vieira *et al.* (2021) ont constaté des différences significatives dans les résultats en matière de réduction des émissions de carbone entre les entreprises manufacturières exerçant les mêmes activités. Capelle *et al.* (2023) ont constaté une hétérogénéité significative de la performance environnementale au sein d'une même industrie et d'un même pays. En outre, il est bien documenté dans la littérature sur la productivité qu'il existe des écarts de productivité importants et persistants entre les producteurs, même au sein d'industries étroitement définies (par exemple Bartelsman & Doms, 2000 ; Syverson, 2004 ; plus récemment pour l'Europe Berlingieri *et al.*, 2020 ; et CompNet, 2023). Si les écarts de productivité entre entreprises similaires sont importants et persistants, il nous semble raisonnable de supposer que les écarts d'intensité des émissions entre entreprises similaires sont également importants et persistants.

29. La Commission européenne stipule que les référentiels se fondent sur le principe « un produit = un référentiel ». Cela signifie que la méthodologie ne varie pas en fonction de la technologie ou du combustible utilisé(e), de la taille d'une installation ou de sa situation géographique.

30. L'électrification désigne le remplacement des technologies ou processus utilisant des combustibles fossiles par des équivalents alimentés à l'électricité. L'électrification est une composante importante de la plupart des trajectoires vers la neutralité carbone, sinon de toutes. Par exemple, le scénario de neutralité de l'Agence internationale de l'énergie vise, à court terme, à augmenter la part de l'électricité dans la demande finale mondiale en énergie de l'industrie, d'environ 22 % (en 2022) à 30 % (en 2030).

31. À noter que l'externalisation des activités émettrices ne réduit pas seulement les émissions, mais aussi la valeur ajoutée. Dans la mesure où nous utilisons la valeur ajoutée comme dénominateur de l'intensité carbone, cela couvre partiellement l'effet de l'externalisation sur l'intensité des émissions.

32. Par exemple Fabra & Reguant (2014) pour l'Espagne, Hintermann (2016) pour l'Allemagne.

**ENCADRÉ – Des produits similaires peuvent être fabriqués par des entreprises dont l'intensité d'émissions diffère**

Nous donnons quelques exemples d'entreprises réglementées par le SEQE-UE qui fabriquent des produits similaires, mais dont l'intensité d'émissions diffère. Nous nous intéressons à trois activités homogènes produisant des matières premières et dont la possibilité de différenciation par la qualité est limitée : la fabrication de laine minérale, la production ou le traitement de gypse ou de plaques de plâtre, et enfin la production de carbonate de soude et de bicarbonate de soude<sup>(a)</sup>.

Le tableau A présente l'intensité des émissions de deux entreprises exerçant chacune de ces activités, ainsi que leur valeur ajoutée et leur nombre de salariés. Sur la base des produits promus sur leur site Internet, ces entreprises offrent des gammes de produits similaires<sup>(b)</sup>. Pour éviter que les résultats ne soient influencés par la volatilité de la valeur ajoutée au cours d'une année donnée, nous prenons une moyenne sur la période 2013-2019. En guise de test de robustesse, nous calculons également l'intensité des émissions en fonction du nombre de salariés plutôt que de la valeur ajoutée déflatée. Les entreprises sont de taille comparable, mais présentent des intensités d'émission différentes, qu'on les calcule en fonction de la valeur ajoutée déflatée ou du nombre de salariés.

L'exercice de réallocation décrit précédemment (voir les détails dans le tableau 6) réduirait les émissions dans les activités de laine minérale (resp. de plaques de plâtre et de carbonate de soude) de 5 % (resp. 8 % et 15 %) pour la même production.

**Tableau A – Comparaison de l'intensité des émissions de deux entreprises par ailleurs comparables exerçant la même activité**

Entreprise	Pays	Intensité des émissions (valeur ajoutée)	Intensité des émissions (emploi)	Émissions	Valeur ajoutée (déflatée)	Valeur ajoutée (nominale)	Employés
Laine minérale 1	Hongrie	3 698	153	27 155	7	7	178
Laine minérale 2	France	1 874	117	13 556	7	7	116
Plaques de plâtre 1	Autriche	915	102	21 826	24	24	213
Plaques de plâtre 2	Pologne	2 163	136	31 206	14	15	230
Carbonate de soude 1	Allemagne	3 795	520	159 563	42	42	307
Carbonate de soude 2	Bulgarie	6 094	1 461	693 036	114	110	474

<sup>(a)</sup> La production de carbonate de soude est la première étape du processus de production du bicarbonate de soude, les deux éléments étant donc toujours produits ensemble.

<sup>(b)</sup> Les noms de ces entreprises peuvent être fournis sur demande.

Note : valeur ajoutée en millions d'euros (déflatée selon les prix de 2015), émissions en tCO<sub>2</sub>-eq, intensité des émissions (valeur ajoutée) en tCO<sub>2</sub>-eq par million d'euros de valeur ajoutée, intensité des émissions (emploi) en tCO<sub>2</sub>-eq par salarié. Tous les chiffres sont des moyennes sur la période 2013-2019.

Source : EUTL et ORBIS, calcul des auteurs.

d'une entreprise<sup>33</sup>. Nous avons donc effectué une expérience de pensée similaire avec des zombies bruns définis cette fois comme étant les entreprises dont les flux de trésorerie<sup>34</sup> auraient été négatifs en 2019 si toutes les émissions avaient dû être payées à hauteur de 100 euros la tonne de CO<sub>2</sub><sup>35</sup>. Cela correspond à un scénario dans lequel la réallocation est déclenchée uniquement par des politiques liées au marché, sachant qu'une trajectoire optimale vers la neutralité carbone combine probablement des politiques liées et non liées au marché (Acemoglu *et al.*, 2016 ; Anderson *et al.*, 2021).

Dans cette nouvelle expérience de pensée, réaliser la production des zombies bruns avec la même intensité d'émissions que les entreprises non zombies engendrerait une réduction des émissions de 55 % (voir l'Annexe en ligne, tableau S3, pour les résultats détaillés). Ce chiffre

très élevé tient principalement à l'absence de quotas gratuits dans cet exercice. En 2019, 70 % à 80 % des émissions des entreprises de notre échantillon étaient couvertes par des quotas d'émission gratuits. Dans cette expérience de pensée, les zombies bruns représentent environ 20 % de la valeur ajoutée et 70 % des émissions. Cette réallocation induite par le marché offre un potentiel de réduction des émissions supérieur, mais implique la réallocation d'une plus grande part de la valeur ajoutée.

33. Adalat McGowan *et al.* (2018) utilisent le ratio de couverture des intérêts pour définir les entreprises zombies. D'autres définitions existent, par exemple les entreprises dont la valeur ajoutée est négative ou dont le résultat net est négatif.

34. Nous utilisons le résultat avant intérêts, impôts et amortissements (EBITDA) pour définir les flux de trésorerie.

35. À noter que cette définition s'entend toutes choses égales par ailleurs, car elle ne tient pas compte des éventuelles réponses endogènes de l'entreprise, comme la répercussion de la hausse des coûts d'émission sur les prix, ou des efforts d'atténuation des émissions, etc.

Tableau 6 – Exercice de réallocation des émissions des « zombies bruns »

	Les 80 % des entreprises présentant la moins forte intensité d'émissions				Les 20 % des entreprises présentant la plus forte intensité d'émissions – « zombies bruns »				Réduction des émissions <sup>(1)</sup>	
	Nombre d'entreprises	Valeur ajoutée	Émissions	Intensité	Nombre d'entreprises	Valeur ajoutée	Émissions	Intensité	Volume	% du total
Combustion	621	165 062	17 760 229	108	159	4 449	27 136 280	6 099	26 657 580	59
Raffinage	40	24 166	56 603 202	2 342	10	1 148	23 755 133	20 693	21 066 212	26
Coke	4	57	1 377 279	24 163	1	1	49 870	49 870	25 707	2
Minerais métalliques	10	899	2 420 491	2 692	2	749	5 775 289	7 711	3 758 662	46
Fer ou acier	83	5 211	8 299 130	1 593	21	5 076	74 718 476	14 720	66 634 348	80
Métaux ferreux	89	7 381	3 112 029	422	22	1 009	7 291 526	7 226	6 866 105	66
Aluminium primaire	9	1 686	3 865 509	2 293	2	123	1 047 211	8 514	765 208	16
Aluminium secondaire	13	712	730 186	1 026	3	56	159 716	2 852	102 286	11
Métaux non ferreux	43	3 981	1 945 098	489	10	304	2 407 031	7 918	2 258 498	52
Clinker de ciment	64	4 957	69 913 969	14 104	16	367	15 243 223	41 535	10 067 022	12
Chaux	52	1 441	14 975 566	10 392	13	46	2 059 478	44 771	1 581 424	9
Verre	137	6 894	10 357 700	1 502	35	853	3 985 795	4 673	2 704 229	19
Céramiques	278	5 356	7 888 791	1 473	71	291	2 058 235	7 073	1 629 624	16
Laine minérale	30	1 143	1 616 682	1 414	7	37	138 774	3 751	86 440	5
Gypse ou plaques de plâtre	20	1 100	1 020 474	928	4	76	169 498	2 230	98 993	8
Pâte	88	7 335	4 254 649	580	22	342	1 307 165	3 822	1 108 789	20
Papier ou carton	192	8 184	9 069 570	1 108	49	966	4 300 574	4 452	3 230 046	24
Noir de carbone	7	1 085	1 503 299	1 386	1	2	94 671	47 336	91 900	6
Acide nitrique	7	542	1 627 898	3 004	1	1	22 488	22 488	19 484	1
Acide adipique	1	35	95 214	2 720	0					
Ammoniac	8	749	10 146 416	13 547	1	16	694 956	43 435	478 210	4
Produits chimiques en vrac	83	7 383	10 192 048	1 380	21	2 320	15 245 741	6 571	12 043 039	47
Hydrogène	11	1 507	2 405 103	1 596	2	58	1 846 508	31 836	1 753 943	41
Carbonate de soude	4	200	1 378 128	6 891	1	95	1 008 094	10 612	353 483	15
Autres	8	335	769 002	2 296	2	32	301 929	9 435	228 472	21
Pétrole et gaz	81	13 230	11 714 743	885	20	665	8 103 617	12 186	7 514 781	38
Total	1 983	270 631	255 042 405	942	496 20 %	19 082 6,6 % <sup>(2)</sup>	198 921 278 43,8 % <sup>(2)</sup>	10 425	171 124 485	38 %

<sup>(1)</sup> Réduction estimée des émissions (en tCO<sub>2</sub>-eq et en % des émissions totales) si les 20 % des entreprises présentant la plus forte intensité d'émission génèrent la même production, mais avec l'intensité moyenne d'émissions des 80 % des entreprises présentant la moins forte intensité.

<sup>(2)</sup> Part de la valeur ajoutée (ou des émissions) des 20 % des entreprises présentant la plus forte intensité d'émissions dans la valeur ajoutée (ou dans les émissions) de toutes les entreprises.

Note : chiffres de 2019. Valeur ajoutée en millions d'euros, émissions en tCO<sub>2</sub>-eq, intensité des émissions en tCO<sub>2</sub>-eq par million d'euros de valeur ajoutée.

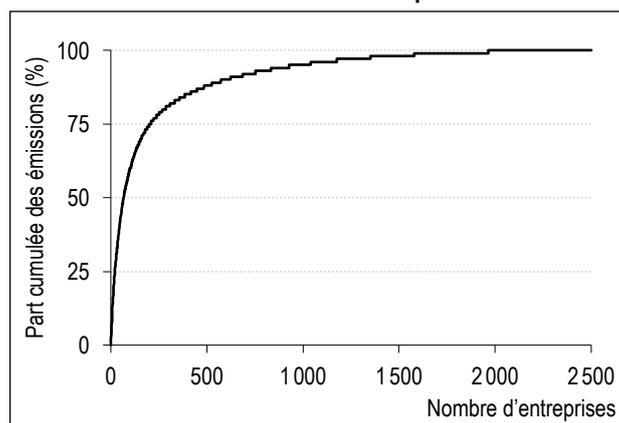
Lecture : une réallocation de l'activité des 20 % des entreprises présentant la plus forte intensité d'émissions (« zombies bruns ») vers les 80 % des entreprises présentant la moins forte intensité pourrait réduire les émissions de 38 %. Cette réallocation concerne 6,6 % de la production.

Source : EUTL et ORBIS, calcul des auteurs.

Nous avons présenté deux stratégies possibles de réallocation reflétant des mesures politiques à l'échelle de l'UE applicables à toutes les entreprises industrielles. Une autre stratégie serait de donner la priorité aux initiatives de décarbonation des principales entreprises émettrices de carbone. Ce qui frappe dans nos données est

la concentration importante des émissions dans un sous-ensemble relativement restreint d'entreprises (figure II). Plus précisément, seulement 100 entreprises (i.e. 4 %) représentent environ 60 % des émissions totales. Ces entreprises sont en outre concentrées dans une poignée de secteurs industriels, les deux tiers d'entre elles

Figure II – Part cumulée des émissions des entreprises de l'échantillon de 2019



Note : émissions cumulées des 2 479 entreprises de l'échantillon de 2019 décrit à la section 1. L'axe horizontal classe les entreprises du volume d'émissions le plus élevé jusqu'au moins élevé et l'axe vertical représente la part de leurs émissions cumulées dans les émissions totales.  
Source : EUTL, calcul des auteurs.

œuvrant dans le raffinage, le fer et l'acier, et le ciment. Le potentiel de réduction des émissions en ciblant ces 100 entreprises est important. Bien qu'elles soient responsables de 60 % des émissions, elles ne contribuent qu'à 14 % de la production totale de notre échantillon. La réalisation de niveaux d'émission équivalents à ceux des 2 379 autres entreprises pourrait engendrer une réduction de 38 % des émissions. Des informations plus détaillées sont fournies au tableau S4 de l'Annexe en ligne.

\* \*  
\*

Sur la base de données relatives aux émissions de CO<sub>2</sub> des entreprises du SEQE-UE, nous constatons que, contrairement au secteur de l'électricité, l'industrie manufacturière n'a pas réduit ses émissions de manière significative au cours de la dernière décennie. La pensée dominante part du principe que, si la trajectoire des émissions futures du secteur de la production d'électricité est claire, celle du secteur manufacturier est incertaine pour ce qui est des technologies à adopter et de leur potentiel réel de réduction des émissions de carbone. Cette pensée risque d'engendrer une approche « attentiste ». Toutefois, au cours de la prochaine décennie, si l'on veut atteindre l'ambitieux objectif *Fit for 55* de l'UE, il faudra non seulement que le secteur de l'électricité continue à se décarboner, mais aussi que l'industrie manufacturière réduise considérablement et rapidement son empreinte carbone.

Bien que l'innovation et l'amélioration de l'efficacité carbone au sein des entreprises existantes soient cruciales pour la neutralité carbone à

long terme, nous proposons que les objectifs de réduction des émissions à moyen terme puissent également être atteints en réallouant l'activité économique. Cette approche consiste à réorienter la production depuis les entreprises les moins efficaces en matière d'émissions (zombies bruns) vers les plus efficaces. Une réallocation, comparée au processus souvent long de développement et d'adoption de nouvelles technologies, pourrait être un outil alternatif de réduction des émissions à court terme. Toutefois, le débat actuel sur la décarbonation industrielle tend à donner la priorité à la recherche et à l'adoption de nouvelles technologies, de sorte qu'il ignore peut-être les avantages significatifs et plus immédiats d'une pleine exploitation des technologies efficaces existantes fondée sur une réallocation de la production industrielle.

Notre analyse montre qu'il existe une hétérogénéité importante des intensités d'émission au sein des industries manufacturières, un sous-groupe d'entreprises contribuant de manière disproportionnée aux émissions totales du secteur. Nous estimons qu'une réallocation de la production entre entreprises pourrait réduire les émissions de carbone de manière significative, jusqu'à 38 % dans certains cas, sans faire appel à de nouvelles technologies. Cette conclusion suppose que l'hétérogénéité observée au sein d'activités étroitement définies est largement attribuable à des différences dans les technologies ou les processus de production plutôt qu'à des distinctions entre les produits. Cette hypothèse, bien qu'elle puisse ne pas s'appliquer entièrement à toutes les activités industrielles examinées, permet d'estimer une borne supérieure à la réduction des émissions due à une éventuelle réallocation des ressources.

Suivant nos résultats, lorsqu'ils conçoivent des plans de réduction des émissions, outre le verdissement des entreprises industrielles existantes, les décideurs politiques devraient envisager

aussi davantage la possibilité que certaines d'entre elles réduisent leur production ou sortent du marché au profit de concurrents dont l'efficacité carbone est supérieure. □

**Lien vers l'annexe en ligne :**

[www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/8302695/ES544\\_Bijnens-Swartenbroekx\\_Annexe-en-ligne.pdf](http://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/8302695/ES544_Bijnens-Swartenbroekx_Annexe-en-ligne.pdf)

---

## BIBLIOGRAPHIE

**Acemoglu, D., Akcigit, U., Hanley, D. & Kerr, W. (2016).** Transition to Clean Technology. *Journal of Political Economy*, 124(1), 52–104. <https://doi.org/10.1086/684511>

**Adalet McGowan, M., Andrews, D. & Millot, V. (2018).** The walking dead? Zombie firms and productivity performance in OECD countries. *Economic Policy*, 33(96), 685–736. <https://doi.org/10.1093/epolic/eiy012>

**Anderson, B., Cammeraat, E., Dechezleprêtre, A., Dressler, L., Gonne, N., Lalanne, G., Guilhoto, J. M. & Theodoropoulos, K. (2021).** Policies for a climate-neutral industry: Lessons from the Netherlands. *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers* N° 108. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/a3a1f953-en>

**Baily, M. N., Hulten, C., Campbell, D., Bresnahan, T. & Caves, R. E. (1992).** Productivity Dynamics in Manufacturing Plants. *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics*, 1992, 187–267. <https://doi.org/10.2307/2534764>

**Bartelsman, E. J. & Doms, M. (2000).** Understanding Productivity: Lessons from Longitudinal Microdata. *Journal of Economic Literature*, 38(3), 569–594. <https://doi.org/10.1257/jel.38.3.569>

**Ben Hassine, H. (2019).** Productivity Growth and Resource Reallocation in France: The Process of Creative Destruction. *Economie et Statistique / Economics and Statistics*, 507-508, 115–133. <https://doi.org/10.24187/ecostat.2019.507d.1979>

**Berlingieri, G., Calligaris, S., Criscuolo, C. & Verlhac, R. (2020).** Laggard firms, technology diffusion and its structural and policy determinants. *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers* N° 86. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/23074957>

**Bijnens, G., Konings, J. & Vanormelingen, S. (2022).** The impact of electricity prices on European manufacturing jobs. *Applied Economics*, 54(1), 38–56. <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1951647>

**Bijnens, G. & Swartenbroekx, C. (2022).** Carbon emissions and the untapped potential of activity reallocation: lessons from the EU ETS. *National Bank of Belgium Economic Review*, 1–28. <https://www.nbb.be/en/articles/carbon-emissions-and-untapped-potential-activity-reallocation-lessons-eu-ets>

**Capelle, M. D., Kirti, M. D., Pierri, M. N. & Bauer, M. G. V. (2023).** Mitigating Climate Change at the Firm Level: Mind the Laggards. *IMF Working Paper* N° 2023/242. Washington, DC: International Monetary Fund. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/11/22/Mitigating-Climate-Change-at-the-Firm-Level-Mind-the-Laggards-541713>

**CompNet (2023).** *Firm Productivity Report, The Competitiveness Research Network.*

[https://www.comp-net.org/fileadmin/\\_compnet/user\\_upload/CompNet\\_Productivity\\_Report\\_July\\_2023.pdf](https://www.comp-net.org/fileadmin/_compnet/user_upload/CompNet_Productivity_Report_July_2023.pdf)

**Fabra, N. & Reguant, M. (2014).** Pass-Through of Emissions Costs in Electricity Markets. *American Economic Review*, 104(9), 2872–2899. <https://doi.org/10.1257/aer.104.9.2872>

**Foster, L., Haltiwanger, J. C. & Krizan, C. J. (2001).** Aggregate Productivity Growth: Lessons from Microeconomic Evidence. In: *New Developments in Productivity Analysis*, pp. 303–372. University of Chicago Press. <http://www.nber.org/chapters/c10129>

**Gal, P. N. (2013).** Measuring total factor productivity at the firm level using OECD-ORBIS. *OECD Economics Department Working Papers* N° 1049. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/18151973>

- Gamberoni, E., Giordano, C. & Lopez-Garcia, P. (2016).** Capital and Labour (Mis)Allocation in the Euro Area: Some Stylized Facts and Determinants. *Bank of Italy Occasional Paper* N° 349. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2910362>
- Griliches, Z. & Regev, H. (1995).** Firm Productivity in Israeli Industry 1979–1988. *Journal of Econometrics*, 65(1), 175–203. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01601-U](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01601-U)
- Hintermann, B. (2016).** Pass-through of CO2 emission costs to hourly electricity prices in Germany. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 3(4), 857–891. <https://doi.org/10.1086/688486>
- Kaya, Y. & Yokobori, K. (1997).** *Environment, Energy and Economy: Strategies for Sustainability*. Vol. 4. Tokyo: United Nations University Press.
- Koch, N. & Themann, M. (2022).** Catching up and falling behind: Cross-country evidence on the impact of the EU ETS on firm productivity. *Resource and Energy Economics*, 69, 101315. <https://doi.org/10.1016/j.reseneeco.2022.101315>
- Marcu, A., Alberola, E., Caneill, J. F., Olsen, J., Schleicher, S. & Vangenechten, D. (2021).** *2021 State of the EU ETS Report*. European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition. <https://ercst.org/2021-state-of-the-eu-ets-report/>
- Marcu, A., López Hernández, J. F., Alberola, E., Faure, A., Qin, B., O'Neill, M., Schleicher, S., Caneill, J. Y., Bonfiglio, E. & Vollmer, A. (2022).** *2022 State of the EU ETS Report*. European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition. <https://ercst.org/state-of-the-eu-ets-report-2022/>
- Melitz, M. J. & Polanec, S. (2015).** Dynamic Olley–Pakes productivity decomposition with entry and exit. *The Rand Journal of Economics*, 46(2), 362–375. <https://doi.org/10.1111/1756-2171.12088>
- Olley, G. S. & Pakes, A. (1996).** The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry. *Econometrica*, 64(6), 1263. <https://doi.org/10.2307/2171831>
- Pak, M., Pionnier, P.-A. & Schwellnus, C. (2019).** Labour Share Developments in OECD Countries Over the Past Two Decades. *Economie et Statistique / Economics and Statistics*, 510-511-512, 17–34. <https://doi.org/10.24187/ecostat.2019.510t.1992>
- Pisani-Ferry, J. & Mahfouz, S. (2023).** *The Economic Implications of Climate Action*. A Report to the French Prime Minister, France Stratégie. <https://www.strategie.gouv.fr/english-articles/economic-implications-climate-action>
- Probst, B., Touboul, S., Glachant, M. & Dechezleprêtre, A. (2021).** Global trends in the invention and diffusion of climate change mitigation technologies. *Nature Energy*, 6(11), 1077–1086. <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00931-5>
- Syverson, C. (2004).** Market Structure and Productivity: A Concrete Example. *Journal of Political Economy*, 112(6), 1181–1222. <https://doi.org/10.1086/424743>
- Vandeplas, A., Vanyolos, I., Vignani, M. & Vogel, L. (2022).** The possible implications of the green transition for the EU labour market. European Commission, *Discussion Paper* N° 176. <https://doi.org/10.2765/583043>
- Verde, S. F. (2020).** The impact of the EU emissions trading system on competitiveness and carbon leakage: The econometric evidence. *Journal of Economic Surveys*, 34(2), 320–343. <https://doi.org/10.1111/joes.12356>
- Vieira, L. C., Longo, M. & Mura, M. (2021).** Are the European manufacturing and energy sectors on track for achieving net-zero emissions in 2050? An empirical analysis. *Energy Policy*, 156, 112464. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112464>

Tableau A1 – Activités réglementées dans le cadre du SEQUE-UE

Description de l'activité	Dénomination abrégée
Activités d'exploitant d'aéronef	Aéronef
Combustion de combustibles	Combustion
Raffinage d'huile minérale	Raffinage
Production de coke	Coke
Calcination ou frittage de minerais métalliques	Minerais métalliques
Production de fonte brute ou d'acier	Fer ou acier
Production ou traitement de métaux ferreux	Métaux ferreux
Production d'aluminium primaire	Aluminium primaire
Production d'aluminium secondaire	Aluminium secondaire
Production ou traitement de métaux non ferreux	Métaux non ferreux
Production de clinker de ciment	Clinker de ciment
Production de chaux ou calcination de dolomite/magnésite	Chaux
Fabrication de verre	Verre
Fabrication de céramiques	Céramiques
Fabrication de laine minérale	Laine minérale
Production ou traitement de gypse ou de plaques de plâtre	Gypse ou plaques de plâtre
Production de pâte	Pâte
Production de papier ou de carton	Papier ou carton
Production de noir de carbone	Noir de carbone
Production d'acide nitrique	Acide nitrique
Production d'acide adipique	Acide adipique
Production de glyoxal et d'acide glyoxylique	Glyoxal
Production d'ammoniaque	Ammoniaque
Production de produits chimiques en vrac	Produits chimiques en vrac
Production d'hydrogène et de gaz de synthèse	Hydrogène
Production de carbonate de soude et de bicarbonate de soude	Carbonate de soude
Captage de gaz à effet de serre au titre de la directive 2009/31/CE	Captage de GES
Transport de gaz à effet de serre au titre de la directive 2009/31/CE	Transport de GES
Stockage de gaz à effet de serre au titre de la directive 2009/31/CE	Stockage de GES
Autre activité faisant l'objet d'un consentement explicite conformément à l'article 24 de la directive 2003/87/CE	Autres

Source : EUTL.