



Le redéploiement industriel un enjeu social, économique et un instrument de maîtrise de notre empreinte carbone

Étude d'impact de la désindustrialisation sur l'empreinte carbone
de la France - Rapport final

Janvier 2021

Limites et portée de notre intervention

Nous déclarons dans le cadre de l'émission du présent rapport que nous agissons de façon indépendante et objective. Les opinions figurant dans ledit rapport sont le fruit de notre étude et de notre expérience et s'appuient exclusivement sur les conclusions déduites à partir de notre analyse. En toute bonne foi, nous considérons que les conclusions présentées dans ce rapport sont exactes, compte tenu de l'information mise à notre disposition.

Notre intervention ne constitue pas un avis juridique. Par conséquent, le présent rapport ne représente aucunement une opinion juridique.

Ce rapport doit être lu dans son intégralité. Nous ne sommes pas responsables pour toute partie de ce rapport qui serait citée de manière sélective ou utilisée de façon isolée ou pour tout résumé ou reformulation du rapport préparé par d'autres.

Les données et les informations contenues dans ce rapport

Les résultats de nos travaux s'appuient également sur les éléments identifiés au cours de nos recherches ainsi que sur le travail de recoupement que nous effectuons. Cette obligation de moyens est constitutive de notre méthode de recherche. Néanmoins, nous ne garantissons pas la véracité et l'exhaustivité des informations contenues dans les bases de données et autres sources d'information disponibles. De plus, certaines des informations sont issues de publications Internet. Nous n'acceptons aucune responsabilité pour les inexactitudes et les opinions contenues dans ces publications.

Notre intervention a été limitée par le temps disponible, le périmètre des travaux qui nous ont été confiés et l'information mise à notre disposition.

Nous ne pourrions être tenus responsables pour les éléments non couverts ou omis dans notre rapport en raison de l'accès restreint aux sources d'information et du caractère limité des travaux qui nous ont été confiés.

Au cours des recherches menées dans le domaine public, des informations ont été recueillies durant une période de temps limitée, à savoir entre le 13 septembre 2019 et le 8 septembre 2020. Ainsi, nous n'avons pas identifié les informations publiées avant ces dates et qui auraient été supprimées des sources publiques, ainsi que les informations publiées postérieurement à ces dates. Nous ne sommes soumis à aucune obligation de veille ou de mise à jour des informations recueillies et n'avons pas l'obligation de vous avertir d'un quelconque changement. Deloitte Finance n'assume aucune responsabilité quant aux événements intervenus après la date d'émission du rapport.

Nos recherches ont été menées dans les sources publiques en français, la langue locale d'activité de l'UNIDEN et en anglais. La majorité des informations identifiées et fournies dans ce rapport a été recueillie à partir de sources publiées en langue française. S'agissant des sources publiées en langue anglaise, nous avons traduit les parties pertinentes dans le cadre du présent rapport et nous n'acceptons aucune responsabilité quant aux erreurs liées à la traduction.

Les informations et données obtenues au cours de notre mission ont été traitées de manière confidentielle. Au cours de la collecte, de l'analyse et de la revue, aucune donnée source n'a été modifiée ou supprimée. Les informations collectées durant notre mission ont été utilisées uniquement aux fins pour lesquelles elles ont été collectées.

Sommaire

Introduction	5
Résumé exécutif	6
1. Mesurer les émissions en termes d'empreinte carbone : pertinence et enjeux	9
1.1 Présentation du concept d'empreinte carbone	9
• Éléments de définition du concept d'empreinte carbone	
• Modalités de calcul de l'empreinte carbone	
1.2 Empreinte carbone de la France et comparaison avec d'autres pays	11
• Évolution de l'empreinte carbone de la France	
• Comparaison avec d'autres pays	
1.3 Conclusion sur la pertinence de l'indicateur d'empreinte carbone pour analyser l'impact de la désindustrialisation	14
2. Analyse ciblée des différentiels d'émission entre production domestique et production importée	16
2.1 Méthodologie d'analyse des différentiels d'émissions	16
• Limites	
• Approche globale	
• Filières étudiées et produits de référence	
• Sélection de pays partenaires	
• Frontières de l'étude	
• Approche pour la sélection des données	
• Facteurs d'émission utilisés	
2.2 Analyse comparée des émissions par pays en fonction des filières	20
• Acier	
• Aluminium	
• Ciment	
• Papier	
• PVC	
• Sucre	
• Verre plat	
2.3 Conclusion	55
3. Le rôle du commerce international dans la désindustrialisation française (1995-2015)	57
3.1 Définition de la désindustrialisation et application au cas français	57
3.2 Focus sur le rôle du commerce international dans la désindustrialisation de la France au sein des filières intensives en énergie	62
• L'évolution défavorable des soldes commerciaux contribue significativement au déclin relatif de la production	
• Analyse des dynamiques d'importations	
• Analyse des dynamiques d'exportations	
3.3 Conclusion sur la relation entre commerce international et désindustrialisation	75

4. Quantification des impacts économiques et environnementaux de la désindustrialisation de la France	77
4.1 Quantification des impacts économiques de la désindustrialisation	77
• Détermination du choc de production associée à la substitution de la production domestique par des importations	
• Résultats de l'analyse des impacts économiques de la désindustrialisation sur la période 1995-2015	
4.2 Quantification des impacts de la désindustrialisation sur l'empreinte carbone de la France	86
• Méthodologie de quantification des impacts environnementaux	
• Résultats de l'analyse des impacts environnementaux de la désindustrialisation sur la période 1995-2015	
4.3 Conclusion sur les impacts de la désindustrialisation	93
5. Analyse des impacts économiques et environnementaux d'une réindustrialisation de la France	95
5.1 Méthodologie globale et hypothèses sur les mix énergétiques	95
• Hypothèses économiques	
• Hypothèses environnementales	
5.2 Impacts économiques de la réindustrialisation (période 2020-2035)	100
• Impacts en termes de production et de valeur ajoutée	
• Impacts en termes d'emplois	
5.3 Impacts environnementaux de la réindustrialisation	102
5.4 Réindustrialisation et politiques publiques de soutien	104
5.5 Conclusion sur les impacts de la réindustrialisation	106
6. Conclusion générale	108



Introduction

L'industrie représente aujourd'hui près de 13,5 % du PIB¹ de la France, alors qu'elle en représentait presque 20 % en 1995. Cette érosion rapide traduit le phénomène de désindustrialisation qui a touché la France au cours des dernières décennies.

La réalité de la désindustrialisation et ses conséquences économiques néfastes font aujourd'hui l'objet d'un relatif consensus. Le déclin de l'industrie française a eu à la fois des conséquences directes en termes de pertes de richesse et d'emploi, mais aussi des effets en cascade sur les secteurs liés.

En plus de ces aspects, le déclin de l'industrie a également eu des conséquences en termes d'aggravation des inégalités territoriales, en accélérant la paupérisation de zones périurbaines et les dynamiques de divergence régionale, notamment à l'occasion de la crise de 2008-2009².

Plus récemment, la crise sanitaire du Covid-19 a mis en évidence les conséquences de la désindustrialisation en termes de pertes d'indépendance, voire de souveraineté, pour les principaux pays de l'OCDE. Ces constats ont renforcé les appels à un mouvement de réindustrialisation et notamment de relocalisation de certaines industries considérées comme stratégiques.

En outre, l'industrie et son tissu productif local sont porteurs d'innovations qui permettent d'améliorer la qualité des produits en réduisant l'impact sur l'environnement de leur fabrication.

Ce relatif consensus quant aux conséquences néfastes de la désindustrialisation, valable pour l'industrie en général, l'est également pour les industries dites intensives en énergie. Mais une seconde préoccupation, celle des impacts environnementaux, tend parfois à brouiller le message quant au devenir de ces industries. L'industrie représente en effet une part significative des émissions de gaz à effet de serre (de l'ordre de 20 % en 2017³), les industries intensives en énergie étant bien entendu particulièrement concernées.

Dans un contexte de réduction des émissions et avec un objectif de neutralité carbone pour 2050 désormais validé dans l'Union européenne, l'aspect négatif de la désindustrialisation pourrait être relativisé par ceux qui verraient comme contrepartie une réduction bienvenue des émissions carbone. La question se poserait alors de la pertinence d'une réindustrialisation, au nom de la possible divergence entre des objectifs économiques et des objectifs environnementaux.

C'est dans ce contexte que la présente étude vise à évaluer l'impact des dynamiques de production des industries intensives en énergie réunies au sein de l'UNIDEN, en considérant à la fois les impacts économiques et environnementaux (i) du mouvement de désindustrialisation observé dans le passé et (ii) d'un scénario potentiel de réindustrialisation.

1. Poids de l'industrie dans le PIB – Données du champ de « l'Industrie manufacturière, industries extractives, et autres » Insee – [Valeur ajoutée par branche](#) – Données annuelles de 1949 à 2019 – séries longues.

2. Voir par exemple l'analyse de l'Insee relatif à la région Normandie lors de la récession de 2008-2009 (https://www.insee.fr/fr/statistiques/fichier/2416939/nr_ind_02_D.pdf), ou le constat plus global de France Stratégie sur le même thème (https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/17-27-territoires_web-ok.pdf).

3. Citepa, rapport Secten 2018, Traitement SDES.

Résumé exécutif

Cette étude présente une évaluation quantitative des impacts de la désindustrialisation et de l'augmentation des importations, ainsi que de l'impact potentiel d'un mouvement de redéploiement industriel, sur l'économie, l'emploi et les émissions de gaz à effet de serre. L'analyse est menée au niveau de huit filières intensives en énergie (acier, aluminium, ciment, papier, pâte à papier, PVC, sucre et verre plat), et adopte une vision de moyen-long terme en analysant la situation passée sur la période 1995-2015, et en projetant une possible réindustrialisation à l'horizon 2035. Nos principaux résultats sont les suivants.

L'analyse des dynamiques de production, de consommation et de commerce international sur la période 1995-2015 confirme la désindustrialisation survenue pour chacune des filières étudiées.

Pour la plupart des filières, un **décrochage de la production industrielle est observé sur la période, alors que la consommation finale** et les importations sont en croissance. Pour les autres filières (par exemple la filière aluminium), la production industrielle croît à un rythme inférieur à la croissance du PIB et surtout à celle de la consommation, sous l'influence de la dégradation de la balance commerciale et de la substitution de production domestique par des importations.

Cette dégradation de la compétitivité internationale se traduit notamment par une augmentation significative des importations sur ces filières. Au niveau intraeuropéen, qui concentre l'essentiel du commerce de la France, la France subit une dégradation de sa balance commerciale vis-à-vis de la plupart de ses partenaires, en particulier l'Europe du Sud et l'Allemagne. Mais l'étude démontre également l'émergence et la croissance rapide des importations en provenance de partenaires extra-Union européenne dans certaines filières, notamment la Chine, qui contribuent significativement à l'essor des importations et au recul de la production domestique.

Une autre caractéristique commune à toutes les filières et liée à une dégradation de la compétitivité de la France, est la baisse de sa compétitivité à l'exportation. En effet, alors que d'autres pays européens ont su stabiliser leurs parts de marché à l'exportation, celles de la France ont drastiquement baissé au profit de la Chine notamment, confortant le constat d'une baisse de la compétitivité de la France par rapport à ses partenaires.

Le déficit de production résultant de cette désindustrialisation imputable au commerce international est estimé à plus de 3 milliards d'euros à l'issue de la période 1995-2015, correspondant à une perte de 778 millions d'euros en valeur ajoutée, et de plus de 13 000 d'emplois. Au-delà des conséquences économiques, la désindustrialisation a également eu un coût climatique considérable, sous la forme d'une augmentation très significative de l'empreinte carbone.

L'analyse comparée des intensités d'émission des productions domestiques et des productions importées a mis en évidence la plus grande efficacité climatique des productions domestiques, et donc l'impact négatif sur l'empreinte carbone de la substitution de production domestique par des productions importées et cela malgré un bilan carbone positif pour la France.

L'analyse de l'impact climatique de la désindustrialisation, en retenant les mêmes trajectoires de désindustrialisation que celles retenues pour le calcul des impacts économiques, met en évidence une augmentation de l'empreinte carbone de près de **2 263 ktCO₂e⁴ sur la période 1995-2015**, soit 50,3 % des émissions associées à ces productions substituées⁵, et jusqu'à 2,6 % des émissions de l'industrie française. Cette dégradation de l'empreinte carbone est à la fois imputable au transfert de grands volumes de production vers d'autres pays européens et aux transferts – plus limités en volume, mais beaucoup plus pénalisants en termes d'empreinte carbone – vers des pays extraeuropéens.

L'étude démontre ainsi qu'un effort de réindustrialisation serait à la fois bénéfique d'un point de vue économique et climatique, dès lors que l'on retient le critère de l'empreinte carbone comme mesure pertinente des impacts en termes de contribution au changement climatique.

Le scénario de réindustrialisation simulé, fondé sur le rééquilibrage partiel ou total de la balance commerciale des produits affectés par la désindustrialisation, fait apparaître des retombées positives en termes de production, de valeur ajoutée et d'emplois, mais également en termes d'émissions de CO₂ évitées.

4. L'équivalent dioxyde de carbone (noté CO₂e) est une mesure métrique utilisée pour comparer les émissions de divers gaz à effet de serre sur la base de leur potentiel de réchauffement global. 5. Écart d'émissions moyen de la France avec ses partenaires.

La plus grande efficacité environnementale des filières françaises (mix énergétique favorable, mix électrique peu carboné), qui devrait encore augmenter du fait des engagements de la France dans le cadre des accords de Paris traduits dans la Stratégie française énergie-climat (SFEC) permettrait d'améliorer l'empreinte carbone par la relocalisation.

Le scénario modélisé aboutirait ainsi à des gains à horizon 2035 de plus de 3,7 milliards d'euros de production supplémentaires, induisant la création ou le maintien de 7 883 emplois. En termes d'empreinte carbone, **5 138 ktCO₂e** seraient ainsi évités, **soit une amélioration de 99 % de l'empreinte carbone des produits en question⁶**.

Et ceci sans même prendre en compte l'impact de la décarbonation à venir des procédés concernés, par amélioration continue ou rupture technologique.

Le rapport est organisé de la façon suivante. La première partie présente le concept d'empreinte carbone et sa pertinence dans un contexte d'économie ouverte. La deuxième partie contient une analyse comparée de l'impact sur l'empreinte carbone d'une production domestique et d'une production importée (en provenance de différents partenaires), pour un produit représentatif de chacune des filières.

La troisième partie met en évidence et quantifie le rôle du commerce international dans la désindustrialisation des industries économo-intensives, dont les impacts économiques et environnementaux sont quantifiés dans la quatrième partie. Enfin, la cinquième partie analyse les gains potentiels, à la fois économiques et environnementaux, d'un mouvement potentiel de réindustrialisation.

Deux choix méthodologiques importants sont à souligner.

Le premier est l'accent mis sur l'impact du commerce international. Dans ce cadre, les dynamiques industrielles seront considérées au prisme de l'évolution du commerce international qui joue un rôle important dans le degré d'industrialisation d'un pays. En effet, cette évolution du commerce international joue un rôle déterminant dans la part des biens consommés qui sont produits dans le pays concerné ou au contraire dans les pays partenaires. Le commerce international influe également sur l'impact climatique de la consommation, en jouant sur les localisations de productions, dans un contexte où il existe des différences de performances climatiques parfois marquées entre les pays.

Le second choix méthodologique, lié au premier, consiste à mettre en avant l'empreinte carbone comme indicateur des impacts climatiques.

Comme le détaille l'étude, le concept d'empreinte carbone se révèle l'indicateur le plus pertinent à l'échelle planétaire pour évaluer l'impact climatique d'une production industrielle dans un contexte d'économie ouverte.

En prenant en compte les émissions associées aux biens consommés quel que soit le lieu de production, il permet de capter l'impact climatique des phénomènes de déplacement de la production, et notamment de substitution de la production domestique par des biens importés.

6. Représentant l'écart d'émission moyen entre la France et ses partenaires sur l'ensemble des filières considérées.



1. Mesurer les émissions en termes d'empreinte carbone : pertinence et enjeux

1.1 Présentation du concept d'empreinte carbone

Éléments de définition du concept d'empreinte carbone

Dans le cadre de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), l'Union européenne et ses États membres doivent déclarer à l'ONU leurs émissions annuelles de gaz à effet de serre. Ces inventaires sont réalisés en appliquant les principes méthodologiques définis par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Cette approche « inventaire » se focalise sur les émissions dites territoriales, c'est-à-dire les émissions ayant lieu sur le territoire national. Elle se distingue d'une autre approche, celle de l'« empreinte carbone » qui intègre toutes les émissions induites par la consommation, sur un territoire donné, de produits qu'ils soient fabriqués sur ce territoire ou à l'étranger.

L'Insee propose la définition suivante du concept d'empreinte carbone (Insee 2019) : « L'empreinte carbone représente la quantité de gaz à effet de serre (GES) induite par la demande finale intérieure d'un pays (consommation des ménages, administrations publiques, organismes à but non lucratifs, investissements), que ces biens ou services soient produits sur le territoire national ou importés.

L'empreinte carbone est donc constituée :

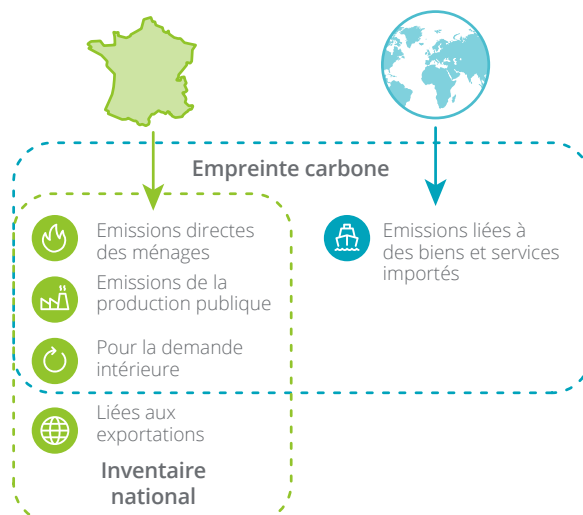
- des émissions directes de GES des ménages (principalement liées à la combustion des carburants des véhicules particuliers et la combustion d'énergies fossiles pour le chauffage des logements) ;
- des émissions de GES issues de la production intérieure de biens et de services destinée à la demande intérieure (c'est-à-dire hors exportations) ;
- des émissions de GES associées aux biens et services importés, pour les consommations intermédiaires des entreprises ou pour usage final des ménages. »

La figure ci-dessous illustre les postes pris en compte pour le calcul de l'empreinte carbone et celui de l'inventaire national pour la France.

Ce schéma permet de mettre en évidence la différence de périmètre des émissions GES de l'empreinte carbone et de l'inventaire national :

- l'inventaire national mesure les émissions de GES qui ont lieu physiquement à l'intérieur du pays, incluant ainsi les émissions liées aux **exportations** de produits ;
- l'empreinte carbone mesure les émissions de GES induites par la demande intérieure du pays (consommation finale), incluant ainsi les émissions liées aux **importations** de produits.

Figure 1. Postes pris en compte dans le calcul de l'empreinte carbone



En résumé, l'empreinte carbone traduit la contribution au changement climatique du point de vue du **consommateur**, alors que l'inventaire national relève du point de vue du **producteur**. L'empreinte carbone de la France reflète donc la contribution des Français au changement climatique.

Modalités de calcul de l'empreinte carbone

Cependant, bien que la notion d'empreinte carbone soit clairement définie, les modalités de calculs ne sont ni normées ni standardisées. À l'échelle internationale, différents organismes proposent, comme l'OCDE et Eurostat, des estimations de l'empreinte carbone des pays.

Divers éléments méthodologiques peuvent cependant varier en fonction de l'organisme :

- le périmètre des gaz à effet de serre (GES) pris en compte (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆).

Par exemple :

- le Carbon Trust recommande de prendre en compte les 6 GES mentionnés dans le protocole de Kyoto (CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆) (Carbon Trust 2017),
- l'AIE et l'Insee prennent en compte pour les chiffres sur la France les trois principaux gaz à effet de serre (CO₂, CH₄, N₂O),

- l'OCDE propose des comparaisons de l'empreinte carbone au niveau mondial sur un périmètre GES restreint (CO₂ énergétique uniquement), expliquant l'écart de presque 40 % avec la valeur calculée par le Service de la donnée et des études statistiques (SDES) du ministère de la Transition écologique ;

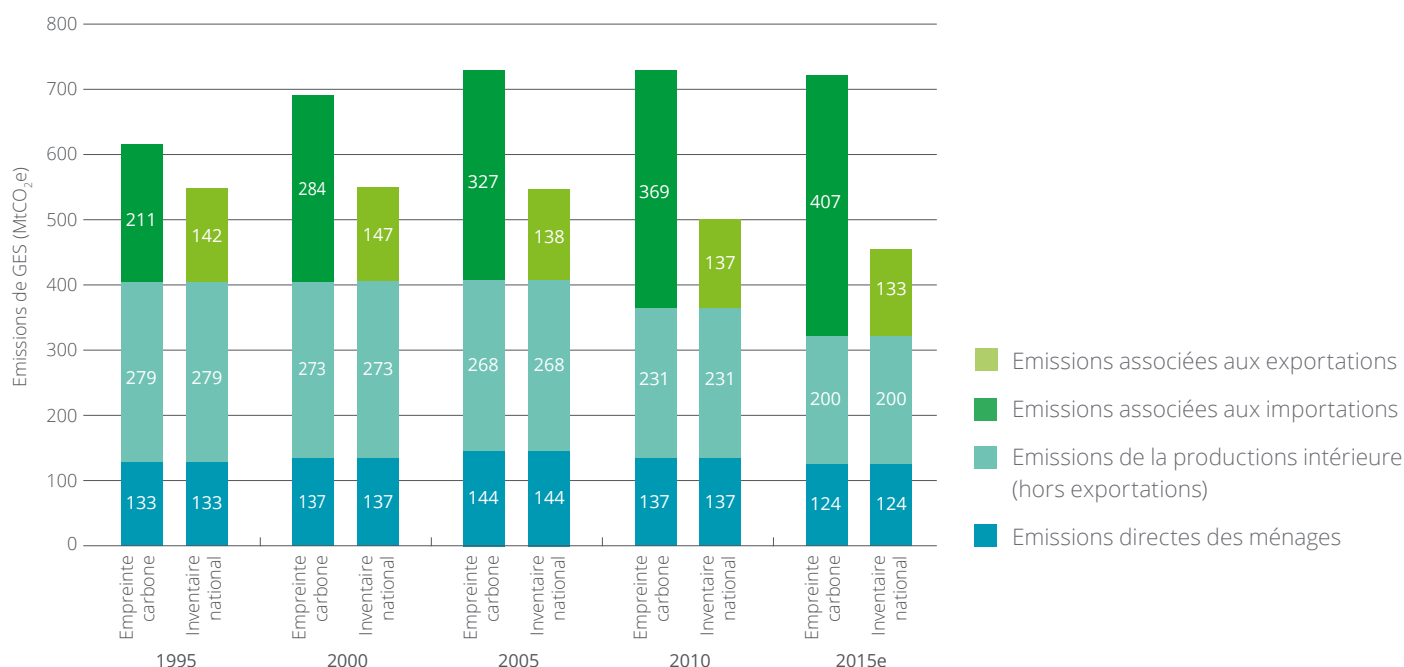
- les sources (bases de données statistiques utilisées, nature des organismes fournissant ces données) ;
- le degré de sophistication du traitement des émissions importées.

Aussi, les résultats obtenus par les différents producteurs de données ne sont pas identiques du fait des périmètres spécifiques retenus, comme illustré par le tableau ci-dessous.

Tableau 1. Exemples de valeurs pour l'empreinte carbone de la France en 2015

Organisme	Valeur	Périmètre GES	Source
Service de la donnée et des études statistiques (SDES)	731 MTCO ₂ e	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	Traitement SDES 2018 d'après Citepa (inventaires NAMEA AIR 2016, SECETEN 2017), Eurostat, AIE, Insee, Douanes, FAO
Data.gouv	761 MTCO ₂ e	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , HFC, PFC, SF ₆ , NF ₃	Eurostat
OCDE	445 MTCO ₂ e	CO ₂	Éditions 2018 des Tableaux internationaux des entrées-sorties (TIES) de l'OCDE, statistiques de l'Agence Internationale pour l'énergie (AIE) sur les émissions de CO ₂ e liées à la combustion de fioul. Les émissions imputables à la navigation internationale, maritime ou aérienne sont également incluses

Figure 2. Évolution de l'empreinte carbone et de l'inventaire national de la France



Sources : Traitement SDES 2018 d'après CITEPA (inventaires NAMEA AIR 2016, SECETEN 2017), EUROSTAT, AIE, INSEE, DOUANES, FAO

e : estimation

1. 2 Empreinte carbone de la France et comparaison avec d'autres pays

Évolution de l'empreinte carbone de la France

Selon le Citepa, la France devient de plus en plus importatrice de GES depuis 1995 comme l'illustre la figure ci-dessus.

Entre 1995 et 2015, **on constate une augmentation significative (+ 93 %)** des émissions de GES liées aux biens et services importés. Sur ce même intervalle, les émissions associées aux exportations sont en légère baisse (– 6 %).

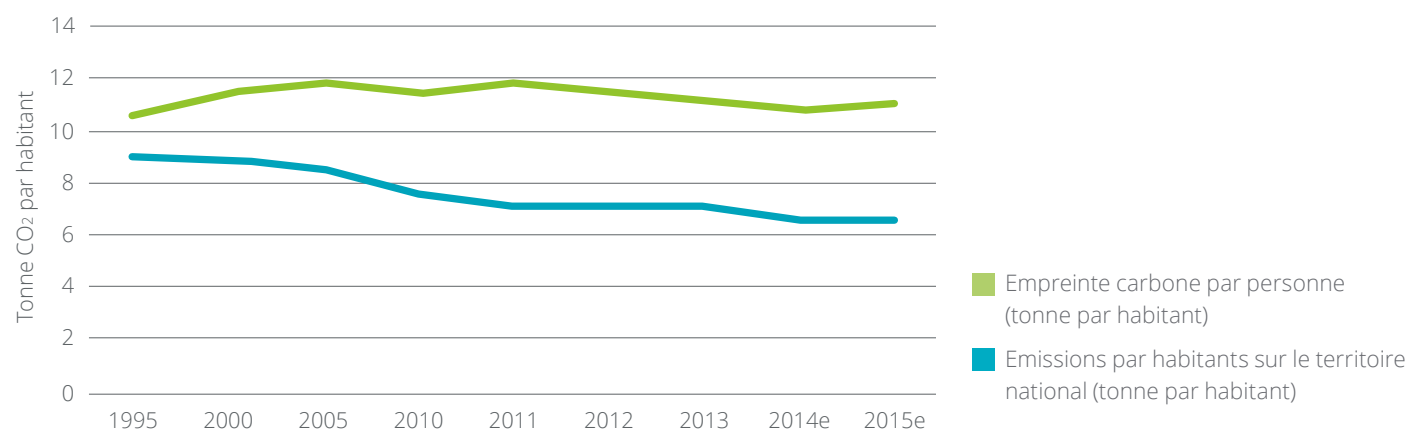
Si l'inventaire national a diminué de plus de 17 % entre 1995 et 2015 (de 554 à 457 MtCO₂e), **l'empreinte carbone de la France a, quant à elle, augmenté de 18 %**, passant de 623 à 731 MtCO₂e, en raison des importations, puisque sur cette période, les émissions directes des ménages et les émissions liées à la production intérieure (hors exportation) ont diminué respectivement de 7 et 28 %.

Si l'on rapporte les émissions au nombre d'habitants pour tenir compte de l'évolution démographique, on constate que l'empreinte carbone par habitant a augmenté de 12 % entre 1995 et 2005 avant de se stabiliser et de diminuer légèrement sur la période 2005-2015 (+ 5 % en 2015 par rapport à 1995). **Le mode de vie de la population française est donc plus carboné en 2015 qu'en 1995.**

En comparaison, sur cette même période, les émissions territoriales par habitant ont enregistré une baisse régulière (– 27 %). Cette diminution s'explique par :

- une forte diminution des émissions de gaz à effet de serre de l'industrie française, obtenue grâce aux efforts de réduction de l'intensité énergétique et d'abattement d'émissions de N₂O⁷ ;
- un déplacement des émissions liées à la production de biens et services hors des frontières.

Figure 3. Évolution de l'empreinte carbone et de l'inventaire national par habitant



e : estimation

Sources : Traitement SDES 2018 d'après CITEPA (inventaires NAMEA AIR 2016, SECETEN 2017), EUROSTAT, AIE, INSEE, DOUANES, FAO

Par ailleurs, entre 1995 et 2015, **l'intensité d'émissions de GES par dollar exporté a diminué de 54 % alors que l'intensité d'émissions de GES par dollar importé a diminué de 15 % seulement.**

Enfin, le PIB par habitant a augmenté de 46 % entre 1995 et 2005 puis seulement de 4 % entre 2005 et 2015. L'empreinte carbone par habitant a, quant à elle, augmenté de 12 % entre 1995 et 2005, suivant l'augmentation importante du PIB, et a ensuite diminué de 7 % entre 2005 et 2015.

En parallèle, le solde industriel de la France, représentant la différence entre les exportations et les importations de biens industriels, s'est fortement creusé entre 2000 et 2015, passant de – 10 milliards à – 46 milliards d'euros.

Tableau 2. Évolution du PIB, du solde industriel et de l'empreinte carbone entre 1995 et 2015

	1995	2000	2005	2010	2015
PIB/habitant (€/hab.) - Eurostat	20 740	28 930	30 230	30 690	31 540
Solde industriel (milliard d'€) - Insee	Non disponible	– 10,4	– 29,7	– 57,5	– 45,8
Empreinte carbone par habitant (tCO₂e/hab.) - SDES	10,5	11,5	11,8	11,4	11,0

Comparaison avec d'autres pays

Afin de pouvoir comparer l'empreinte carbone de la France avec celle d'autres pays, les données OCDE ont été utilisées. Comme expliqué en 1.1, le périmètre concerné par les chiffres de l'OCDE est restreint à un périmètre CO₂ énergétique uniquement. Les chiffres présentés pour la France sont donc inférieurs de près de 40 % à ceux calculés par le SDES pour 2015 (présentés dans le paragraphe précédent). Cependant, les données OCDE, bien que moins fines que celles du SDES, présentent l'avantage de fournir des résultats pour l'ensemble des pays sur un périmètre homogène et comparable. Ces résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

D'après les données de l'OCDE, l'empreinte carbone de la France a diminué de 17 % en absolu et de 21 % par habitant entre 2005 et 2015. La France conserve ainsi une empreinte carbone par habitant inférieure à la moyenne européenne qui a suivi une diminution similaire sur cette période.

Au cours de cette décennie 2005-2015, la Chine a augmenté de 87 % son empreinte carbone et est ainsi devenue le pays avec l'empreinte carbone absolue la plus importante en dépassant les États-Unis dont l'empreinte carbone a diminué de 15 % sur cette période.

Les États-Unis demeurent toutefois le pays avec l'empreinte carbone par habitant la plus élevée (plus de 18 tCO₂e/habitant) loin devant la France (6,9 tCO₂e/habitant) et la Chine (5,7 tCO₂e/habitant).

Les émissions territoriales quant à elles ont baissé en raison d'une baisse des émissions liées à la production intérieure, notamment en provenance des industries dont le processus de production est intensif en énergie, en particulier, les filières acier, aluminium, ciment, papier, PVC, sucre et verre plat.

Tableau 3. Évolution de l'empreinte carbone et de l'empreinte carbone par habitant

Pays	Empreinte carbone (MtCO ₂ e)			Empreinte carbone par habitant (tCO ₂ e/habitant)		
	2005	2015	Variation	2005	2015	Variation
Chine	4 261	7 978	87 %	3,2	5,7	77 %
États-Unis	6 799	5 795	- 15 %	23,0	18,1	- 21 %
Europe des 28	4 847	3 964	- 18 %	9,8	7,8	- 20 %
Russie	1 099	1 168	6 %	7,7	8,1	6 %
Allemagne	940	853	- 9 %	11,5	10,4	- 9 %
France	536	445	- 17 %	8,8	6,9	- 21 %
Italie	584	423	- 28 %	9,9	7,1	- 28 %
Turquie	282	375	33 %	4,1	4,8	16 %
Espagne	412	294	- 29 %	9,3	6,3	- 32 %
Pologne	277	274	- 1 %	7,2	7,2	- 1 %
Maroc	47	67	43 %	1,5	1,9	26 %

Sources : OECD, Trade in Embodied CO₂ Database (TECO₂)

1.3 Conclusion sur la pertinence de l'indicateur d'empreinte carbone pour analyser l'impact de la désindustrialisation

La notion d'empreinte carbone est particulièrement pertinente pour rendre compte de la responsabilité et de l'impact climatique qui résultent de la demande intérieure d'un pays. Dans un contexte où les activités économiques et les échanges commerciaux sont mondialisés et où la production de certains produits peut être externalisée, il ne suffit plus de prendre en compte uniquement la production intérieure d'un pays pour comprendre son impact climatique et il devient essentiel de considérer l'ensemble des produits consommés sur le territoire, y compris ceux provenant de l'extérieur.

Dans le cas de la France, qui est importatrice de biens et services, calculer l'empreinte carbone apporte une vision plus exhaustive de l'impact environnemental réel du pays. Cet argument est mis en avant par le Haut Conseil pour le climat dans son rapport de 2019 qui souligne l'importance de réviser la Stratégie nationale bas carbone (SNBC) basée sur l'inventaire national, pour prendre en compte l'empreinte carbone : « Les objectifs de réduction des GES présentés dans le projet de stratégie nationale bas carbone ne couvrent pas toute la responsabilité de la France compte tenu de l'importance de ses importations, qui s'ajoutent aux émissions nationales pour former l'empreinte carbone de la France. Les objectifs concernant les transports internationaux, aériens et maritimes, devraient être intégrés et élevés au même niveau que les objectifs nationaux. Des mesures supplémentaires et une stratégie pour réduire l'empreinte carbone de la France devraient être développées. »

Une approche en termes d'empreinte carbone est donc nécessaire si l'on veut notamment analyser de manière pertinente l'impact climatique des dynamiques industrielles observées en France au cours des vingt dernières années.

La France a subi un mouvement désindustrialisation, exportant ainsi relativement moins de biens et services et en important davantage⁸. Cette balance commerciale déficitaire de la France a provoqué la baisse de l'inventaire national, mais s'est traduite par une hausse des marchandises importées, qui pèse négativement sur l'évolution de l'empreinte carbone de la France.

L'augmentation de l'empreinte carbone est en partie liée au fait que la production de biens importés est souvent plus émettrice que la production locale de ces mêmes produits et induit des besoins en transport, émetteurs en GES. Les industries localisées en France peuvent en effet présenter un meilleur niveau de performance énergétique que des industries similaires dans d'autres pays (même si cela n'est pas toujours le cas), et bénéficient par ailleurs d'un mix électrique faiblement carboné.

Cette étude retient donc l'empreinte carbone comme mesure pertinente de l'impact climatique des évolutions observées et à venir des industries françaises intensives en énergie. L'objet est d'analyser dans quelle mesure la désindustrialisation est effectivement à l'origine d'une augmentation de l'empreinte carbone de la France, ajoutant ainsi un dommage environnemental au dommage économique.

Pour corroborer cette hypothèse, la section suivante présente une analyse comparative des émissions de la France et de certains de ses partenaires commerciaux, pour chacune des filières de l'étude. Le point de départ consiste en effet à démontrer que la production importée induit bien un impact supérieur à la production domestique en termes d'empreinte carbone.

8. La section 3 du rapport présente de façon détaillée cette désindustrialisation des filières intensives en énergie.



2. Analyse ciblée des différentiels d'émission entre production domestique et production importée

2.1 Méthodologie d'analyse des différentiels d'émissions

La section 2 se concentre sur l'évaluation de l'empreinte carbone de produits de référence des filières étudiées. Cette évaluation a vocation à être comparative entre la France et ses principaux partenaires commerciaux et vise à analyser **si le fait qu'un produit soit fabriqué à l'étranger puis importé induit une empreinte carbone plus élevée que si le même produit avait été fabriqué en France.**

Limites

Cette évaluation n'est pas une analyse de cycle de vie puisque seules certaines phases de la production de chaque produit sont considérées. De plus, l'objectif est bien de comparer différentes zones de production pour un même produit et non pas les filières entre elles.

En effet, les périmètres peuvent varier légèrement entre les filières, et surtout l'analyse ne porte pas sur la fonction rendue par le produit, ce qui serait la condition préalable à une comparaison interfilières. Enfin, les produits ont été sélectionnés car ils sont représentatifs de la filière, mais cela ne signifie pas pour autant que les empreintes carbone calculées sont utilisables pour tous les produits d'un secteur.

Par exemple, il serait incorrect d'affirmer que l'empreinte carbone du verre creux serait identique à celle du verre plat calculée dans cette étude.

Approche globale

L'approche globale est présentée sur la figure 4 et détaillée dans les paragraphes suivants. Pour chaque filière, les premières étapes ont consisté à faire le choix d'un produit de référence et la sélection des partenaires commerciaux les plus pertinents. Les étapes suivantes consistent à définir les procédés de production du produit dans chaque pays partenaire, collecter les données nécessaires et réaliser les calculs d'empreinte carbone. La dernière étape est une vision plus prospective de l'empreinte carbone à horizon 2030.

Filières étudiées et produits de référence

Huit filières ont été retenues pour l'analyse :

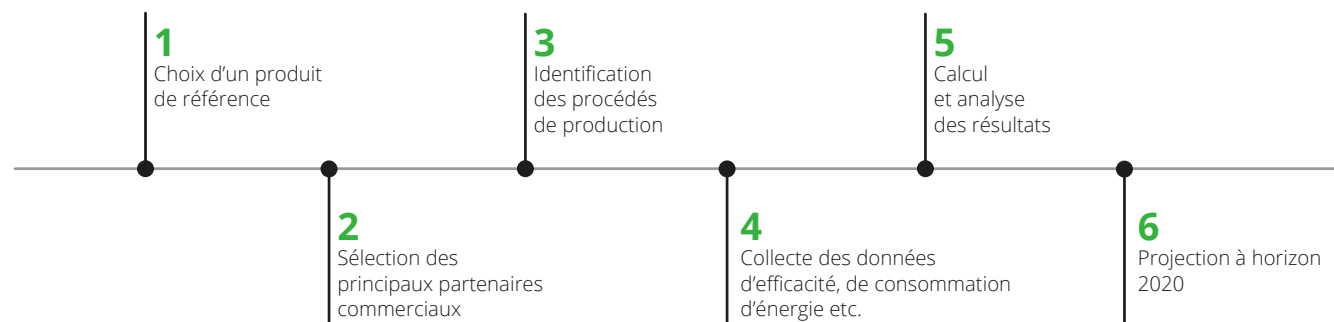
- l'acier
- l'aluminium
- le ciment
- le papier
- la pâte à papier
- le polychlorure de vinyle (PVC)
- le sucre

Au vu de la diversité des produits coexistant au sein d'une même filière (par exemple, l'acier produit via la filière intégrée ou l'acier produit via la filière électrique présentent des empreintes carbone très différentes), il a été convenu que pour chaque filière, **l'analyse comparative serait menée sur un produit de référence**, sélectionné en concertation avec les acteurs du secteur.

Ce produit de référence doit être représentatif de la filière, en termes de volumes de production, de consommation sur le territoire français et être concerné par certains enjeux spécifiques. Le choix des produits de référence pour chaque filière est détaillé en section 2.2.

Figure 4. Méthodologie globale

Étapes



Sélection de pays partenaires

Étant donné que l'objectif est de comparer l'empreinte carbone de différents produits fabriqués en France avec ces mêmes produits fabriqués à l'étranger, il est indispensable de sélectionner des pays partenaires pertinents (au nombre de trois par filière).

Le choix des pays partenaires a été fait selon deux critères principaux : leur part dans les importations françaises et le poids de leur production au niveau mondial. En cas d'enjeux spécifiques à une filière/un produit donné ou en raison d'un manque de données, d'autres critères ont pu être appliqués. Le choix des pays partenaires pour chaque produit de référence est également détaillé à la section 2.2.

Frontières de l'étude

L'analyse menée ici n'est pas **une analyse de cycle de vie**. Il s'agit de l'évaluation d'une empreinte carbone sur un périmètre restreint : production (aussi appelé *gate to gate*) et transport aval.

En particulier, sont exclus :

- l'impact de la production/l'extraction des matières premières (à l'exception de la filière sucre pour laquelle l'amont agricole joue un rôle primordial). En effet, on considère que ce n'est pas une étape différenciante entre les pays puisque les approvisionnements sont généralement similaires entre eux.

Néanmoins, dans certains cas détaillés au chapitre 3, d'éventuelles allocations de procédés amont ayant un impact significatif sur les émissions de GES des produits considérés peuvent être considérées ;

- l'utilisation du produit de référence. En effet, l'objectif étant de comparer des produits utilisés en France, leur impact est strictement identique peu importe leur lieu de fabrication ;
- la fin de vie du produit de référence. De manière similaire, comme les produits sont utilisés en France, leur fin de vie est la même, indépendamment de leur zone de fabrication.

La figure ci-dessous présente les frontières considérées dans le cadre de cette étude.

Approche pour la sélection des données

Le principal enjeu des évaluations environnementales de manière générale est l'accès à des données complètes, représentatives, récentes, et homogènes entre les pays analysés. Comme détaillé sur la figure 5, les données collectées portent sur la production et le transport aval.

Figure 5. Frontières de l'étude pour chaque produit de référence



Données à collecter	
Production – consommations d’énergie	Consommation d’électricité, de gaz naturel, de fioul, de charbon, etc. et efficacité énergétique
Production – émissions de procédé	Émissions directes de CO ₂ ou d’autres GES dues aux réactions chimiques et non pas à la consommation d’énergie
Transport aval	Distances et modes de transport

Dans la mesure du possible, les données d’activités utilisées ont été spécifiques aux pays étudiés, mais cela n’a souvent pas été possible. En l’absence de données spécifiques, les données représentatives d’autres zones géographiques ont été utilisées pour les pays en question, comme détaillé au cas par cas dans la section 2.2. Dans tous les cas, une approche conservatrice a été adoptée en l’absence de données spécifiques. En revanche, les facteurs d’émission (de l’électricité notamment) sont systématiquement ceux des pays partenaires.

Afin d’aboutir à des informations de la meilleure qualité possible, l’ordre de priorité suivant a été utilisé :

- a. données spécifiques collectées directement par les acteurs de la filière ;
- b. données issues de documents de référence au sein d’une filière (par exemple : ACV conduite par le secteur), généralement rassemblées par des fédérations ;
- c. données collectées via la littérature.

En particulier, de nombreux entretiens ont été menés avec chaque filière pour s’assurer que les informations utilisées sont bien représentatives des produits et pays sélectionnés.

Facteurs d’émission utilisés

Étant donné que l’étude adopte une approche comparative, il est primordial que les facteurs d’émissions utilisés soient homogènes entre pour les pays partenaires pour un produit donné. De la même manière, par souci de cohérence entre les filières, et même si elles n’ont pas vocation à être confrontées, les facteurs d’émissions doivent provenir de la même source de données.

Ainsi, il a été décidé d’utiliser les facteurs d’émission obtenus grâce aux inventaires de la base de données *Ecoinvent 3.5* caractérisés par la méthode développée par l’IPCC à horizon 100 ans via *Simapro 9.0.0.35*. Les facteurs d’émissions de l’électricité se basent sur les mix donnés par l’Agence internationale de l’énergie (AIE) de 2017.





2.2 Analyse comparée des émissions par pays en fonction des filières

Acier

Production de l'acier

On distingue trois grandes catégories d'acier :

- **l'acier au carbone** (l'acier « classique »). Il est notamment utilisé dans le secteur automobile pour les carrosseries, dans le secteur du bâtiment via des barres pour béton armé ou encore dans emballages de boisson ;
- **l'acier inoxydable** ou inox. On ajoute à l'acier au carbone un peu de chrome ou de nickel pour en limiter la corrosion. L'inox est réservé à des applications spécifiques comme le transport de fluides ou l'aéronautique ;
- **les aciers spéciaux**, qui sont des alliages plus spécifiques (avec du titane, du cobalt, du manganèse, etc.) pour des applications très ciblées.

Ces aciers peuvent être produits via deux modes de production différents :

- **la filière fonte** (dite aussi intégrée ou haut-fourneau) dans laquelle la fonte produite à partir de charbon (coke) et de minerai de fer est transformée en acier par oxydation. La composition finale étant bien maîtrisée, les produits pour

lesquels la composition doit être très précise sont issus de cette filière (tôle automobile par exemple). En France, 70 % de l'acier produit proviennent de cette voie intégrée ;

- **la filière électrique**, dans laquelle la ferraille venant de diverses origines (chutes de production, appareils électroménagers, voitures, etc.) est refondue. Les ferrailles sont mélangées avec de la chaux puis fondues à l'aide d'un arc électrique formé entre des électrodes en graphite.

Ces deux filières produisent de l'acier liquide qui est coulé pour former soit des brames qui permettent ensuite d'obtenir des produits plats par laminage (plaques, tôles), soit des billettes afin de fabriquer des produits longs (barres, fils).

Choix du produit étudié

Le produit étudié est : **une tonne d'acier produit par la filière intégrée.**

Le choix de ce produit est motivé par le fait que la production de l'acier en France est assurée majoritairement par la filière intégrée (hauts-fourneaux).

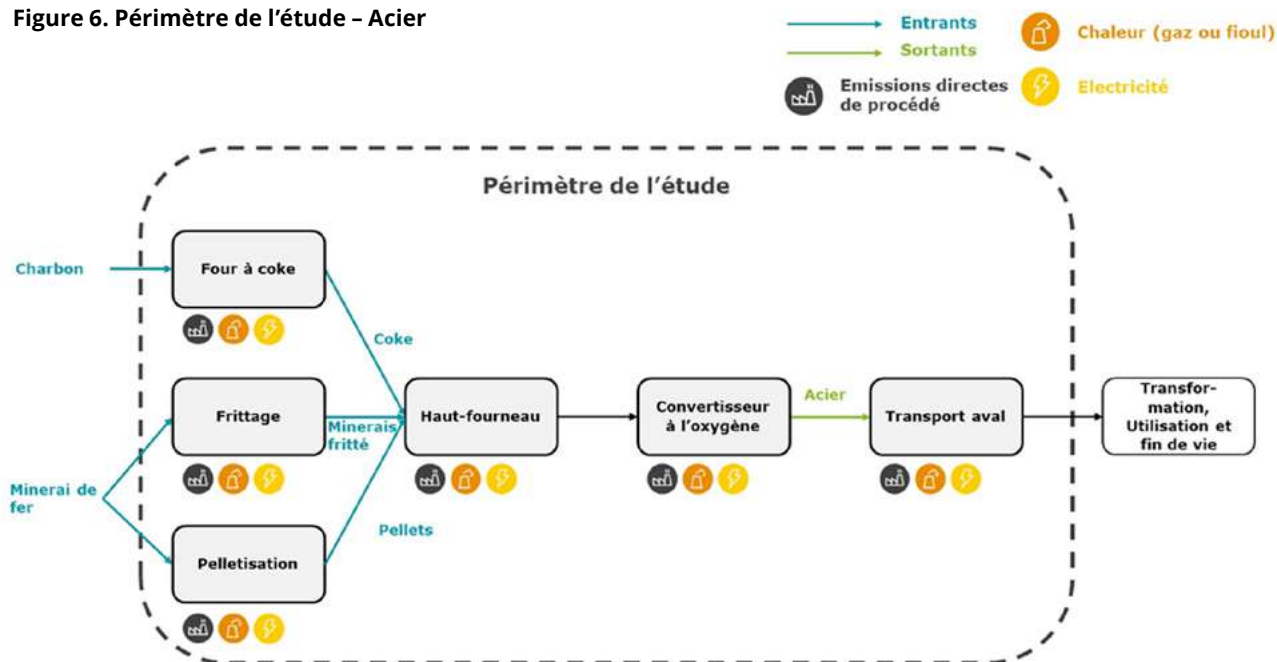
Cela permet ainsi une comparaison réaliste avec le cas français.

Choix du périmètre étudié

Comme présenté figure 6, le périmètre couvre la production d'acier via la filière intégrée et le transport aval.

Après extraction, le minerai de fer n'est pas exploitable directement par le haut-fourneau. Il est nécessaire de lui apporter une résistance mécanique supérieure tout en gardant une certaine porosité et une bonne composition chimique. Les minerais sont broyés et calibrés afin de former des grains qui s'agglomèrent entre eux. L'ensemble est cuit à 1 300 °C, puis l'aggloméré obtenu est concassé à nouveau pour être chargé dans le haut-fourneau. Cela s'appelle la pelletisation ou le frittage en fonction des procédés exacts utilisés. En France il n'y a que du frittage ou chaîne d'agglomération.

Figure 6. Périmètre de l'étude – Acier



Source : Illustration Deloitte

En parallèle, en vue de la réduction du minerai, le charbon (ou houille) est transformé en coke, du carbone presque pur doté d'une structure poreuse et résistante à l'écrasement. Pour ce faire, le charbon est cuit dans des fours à 1 250 °C durant plusieurs heures pour le libérer de ses composants indésirables. Ensuite, en brûlant dans le haut-fourneau, le coke apporte à la fois la chaleur pour fondre le minerai ainsi que le carbone nécessaire à sa réduction.

Ensuite, vient l'étape de l'extraction du fer de son minerai, dans le haut-fourneau. Le coke et le minerai sont enfournés par le haut, et l'air chaud (~ 1 200 °C) insufflé entraîne la combustion du coke. Le monoxyde de carbone produit réduit alors les oxydes de fer. Ces derniers se chargent également en carbone, de l'ordre de 4,5 % pour former de la fonte. Les résidus de minerai (laitier de haut-fourneau) sont ensuite récupérés par différence de densité.

Enfin, le convertisseur à oxygène permet d'affiner le métal, c'est-à-dire de le purifier en réduisant notamment sa teneur en carbone (passage de la fonte à l'acier). La fonte en fusion est versée sur un lit de ferraille et de l'oxygène est injecté pour former du monoxyde de carbone et ainsi libérer du carbone. Des étapes comme le dégazage ou le calmage (pour ajuster la composition et la qualité de l'acier) peuvent ensuite avoir lieu. L'acier liquide est enfin coulé et subit des transformations ultérieures de mise en forme.

Détermination des pays partenaires

Pour le cas de l'acier, le choix des pays partenaires est conditionné par la disponibilité des données, limitée pour cette filière. Initialement, la Chine, la Russie et la Turquie avaient été sélectionnées en raison de leur gros volume de production (la Chine est le plus important producteur mondial) et du fait que ces pays exportent vers l'Europe. Toutefois, les informations disponibles n'ayant pas permis de déterminer une empreinte carbone pour la Turquie et la Russie, ces pays ont été remplacés par l'Amérique du Nord (zone de large volume de production) et par l'Inde pour lesquels des données sont disponibles. Enfin, l'Europe a également été retenue comme zone géographique de comparaison compte tenu de la part importante des échanges réalisés entre la France et les pays européens.





















En conclusion, les quatre zones partenaires sélectionnées sont :

- L'Europe ;
- L'Amérique du Nord ;
- La Chine ;
- L'Inde.

Qualité des données utilisées

Afin de pouvoir évaluer la qualité générale des données et la comparabilité entre les pays étudiés, le tableau 4 présente le niveau de qualité par poste.

Tableau 4. Niveau de qualité des données – Acier

	France	Europe	Am. du Nord	Chine	Inde
Production					
Transport					
Total					
Homogénéité					

 Bonne  Assez Bonne  Moyenne

Comme évoqué précédemment, il a été très compliqué d'identifier des sources à partir desquelles il aurait été possible de déterminer une empreinte carbone fine pour la production d'acier intégré. Il est en effet complexe d'obtenir des informations sur les quantités d'énergie consommée, ainsi que la nature des vecteurs énergétiques. De plus, les aciéries font souvent partie de complexes industriels dans lesquels elles sont en synergie avec d'autres entreprises, avec des échanges de flux énergétiques (électricité, chaleur, gaz). Il en résulte que le périmètre des activités incluses n'est pas toujours identique entre les études. De plus, les données agrégées d'émissions totales par zone géographique rassemblent de manière quasi systématique la production par voie intégrée et celle par voie électrique, qui ont des empreintes très différentes.

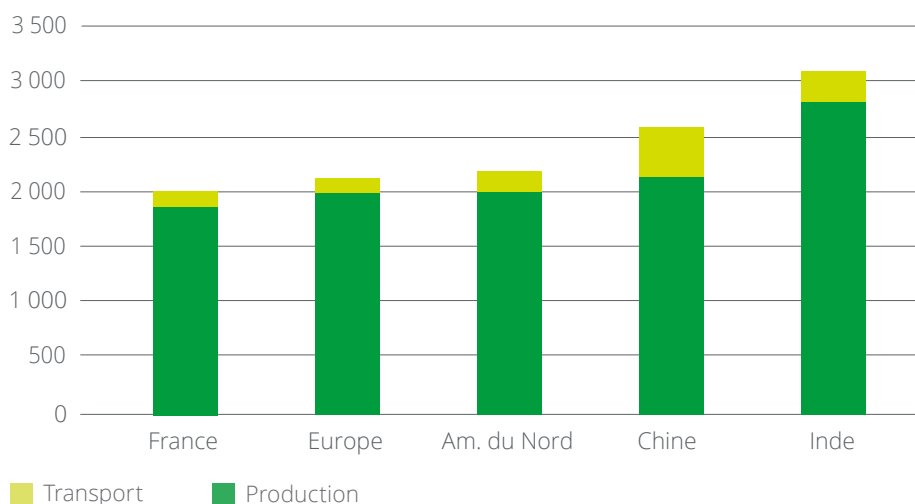
Pour la France, les données d'émissions directes recensées dans le SEQE-UE (Système d'échange de quotas d'émission de l'Union européenne) ont été utilisées et complétées avec les émissions associées à la production d'électricité. Ainsi, le niveau de qualité est « bon » car il s'agit de données spécifiques, même s'il n'est pas possible d'entrer dans le détail des émissions pour bien comprendre le périmètre concerné.

Pour l'Europe et l'Amérique du Nord, le niveau est qualifié d'assez bon car l'étude s'appuie sur les données d'ArcelorMittal qui sont représentatives, même si elles n'incluent pas l'ensemble des acteurs de la filière dans ces zones géographiques. De plus, l'hypothèse a été faite que pour les « *business divisions* » sélectionnées, 100 % de la production était réalisée par voie intégrée, ce qui n'est pas rigoureusement exact. En effet, la business division Flat Carbon Europe produit de l'acier intégré à 98 % et la division Flat Carbon America à hauteur de 85 %. Enfin, pour la Chine et l'Inde, ce sont des valeurs directement données en kgCO₂e/t d'acier qui ont été retenues, car rien d'autre n'était disponible, ce qui justifie de qualifier la qualité de ces données de « moyennes », même si les sources sont considérées comme fiables.

Résultats et analyse

L'empreinte carbone d'une tonne d'acier produite par la voie intégrée selon le périmètre défini est la suivante :

Figure 7. Empreinte carbone d'une tonne d'acier produite par voie intégrée dans les pays étudiés (en kgCO₂e)



Dans la mesure où les données n'ont pas une granulométrie fine, il est impossible d'analyser précisément les postes les plus contributeurs ainsi que les sources des différences entre les pays. Toutefois, on peut constater que les émissions de la France sont très proches de la moyenne européenne et de celles de l'Amérique du Nord, bien que deux approches différentes soient utilisées. Comme la quasi-totalité des émissions de l'acier intégré provient de la combustion de charbon, le mix électrique national joue très peu, et l'efficacité énergétique globale des installations est primordiale. À titre d'exemple, la consommation d'électricité pour la production française ne représente que 8 kgCO₂e/t d'acier, soit moins de 0,5 % des émissions de la phase de production. Ces émissions liées à la consommation d'électricité augmentent en valeur absolue pour les autres géographies en fonction de leur mix électrique, mais leur part dans l'empreinte carbone de l'acier reste marginale.

On constate également que l'acier produit en Asie est a priori plus émetteur de GES qu'en France (~ 25 % pour la Chine et ~ 50 % pour l'Inde). Le transport en provenance de ces deux pays augmente encore le différentiel d'empreinte carbone par rapport à la France, et représente une part non négligeable des émissions.

Projection à 2030

Dans le contexte de la stratégie nationale bas carbone (SNBC) française, le secteur de la métallurgie doit faire face à des objectifs ambitieux de réduction de ses émissions de GES. La SNBC fixe en effet pour la filière « Mines et métallurgie » un objectif de réduction de GES de - 31 % en 2030 (par rapport à 2015) et de - 80 % en 2050 (par rapport à 2015).

2030 étant l'un des principaux points de passage pour cette stratégie, il est légitime de se demander quels sont les leviers réalistes d'amélioration de la filière acier sur la prochaine décennie.

Pour le cas de l'acier produit par la filière intégrée, plusieurs options étudiées par ArcelorMittal dans le cadre de sa feuille de route (- 31 % d'ici 2030, neutralité carbone à 2050) permettraient de réduire les émissions de GES. Une première piste serait l'utilisation de sources d'énergie carbonées circulaires, en particulier la récupération des gaz de haut-fourneau et leur conversion en un gaz de synthèse pouvant remplacer le charbon. Le projet IGAR sur le site d'ArcelorMittal de Dunkerque, soutenu par l'ADEME, vise à tester à une échelle pilote le recyclage des gaz de haut-fourneau. Ces gaz pourraient aussi être utilisés pour synthétiser des produits comme l'éthanol (Carbalyst : pilote de démonstration industrielle de 120 M€ à Gand pour convertir ces gaz en bioéthanol), mais également être capturés et stockés. En effet, depuis 2019, ArcelorMittal a équipé son aciérie de Dunkerque d'un système de captage-stockage de CO₂. Cela fait suite au projet 3D, de validation d'un procédé développé par l'Ifpen de capture du CO₂ issu du gaz sidérurgique. À terme, une première unité industrielle pourrait être opérationnelle sur le site ArcelorMittal de Dunkerque à partir de 2025, et pourrait capter plus de 1 MtCO₂e/an.

Le charbon de bois, issu de la pyrolyse de bois, ou le plastique pyrolysé pourrait remplacer le charbon fossile. Le projet Torero (40 M€) développé à Gand vise à convertir annuellement 120 000 tonnes de déchets de bois en bio-charbon. Ce procédé a vocation à être déployé en France d'ici à 2030. Une dernière option concerne l'étape de réduction du minerai de fer par un procédé d'électrolyse ou bien en utilisant du minerai de fer préréduit avec de l'hydrogène, une solution à plus long terme pouvant être envisagée pour l'atteinte de la neutralité carbone à 2050. Dans cette optique, le projet Siderwin étudie la réduction du minerai de fer par électrolyse. Il pourrait nécessiter de grandes quantités d'électricité décarbonée. Enfin, le projet pilote H2 à Hambourg a pour but d'étudier la réduction du minerai de fer par de l'hydrogène et doit permettre de produire suffisamment d'hydrogène pour réaliser une installation expérimentale avec pour objectif de produire 100 000 tonnes d'acier par an.

De manière plus globale sur la filière acier, l'un des leviers de réduction des émissions de gaz à effet de serre réside dans l'augmentation du taux de recyclage de la ferraille, dont la production est bien moins émettrice en CO₂ que l'acier primaire. Pour faciliter le recyclage final de cette ferraille en France, une meilleure structuration de la filière est nécessaire.

Les attentes de la filière acier pour une baisse de ses émissions de GES résident principalement dans un soutien financier pour accompagner les besoins de R&D, et la compensation des surcoûts associés pour lui permettre de rester compétitive face à des concurrents qui ne connaissent pas les mêmes contraintes. De telles mesures pourraient par exemple impliquer des aides financières nationales et européennes comme Horizon Europe, le fonds ECSC, ou encore le crédit d'impôt recherche (ou plus récemment les aides attribuées dans le cadre du plan de relance). De plus, une aide spécifique au développement/à l'industrialisation est indispensable pour soutenir les changements d'échelle, et pourrait être combinée avec une aide à l'investissement pour l'efficacité énergétique, pour des

actions telles que le remplacement des réchauffeurs de poche et l'électrification de certains fours. Ces investissements pourraient également être accompagnés d'une sécurité juridique pour garantir les investissements à long terme nécessaires à sa transformation.

Par ailleurs, dans l'optique d'une électrification de la filière sidérurgique, les besoins en électricité décarbonée seraient considérables. Eurofer estime que la sidérurgie européenne pourrait avoir besoin de 400 TWh d'électricité en 2050, dont 230 TWh seraient utilisés pour la production de 5,5 Mt d'hydrogène. Cela représente sept fois sa consommation actuelle. Enfin, pour rendre le biogaz compétitif avec le gaz naturel, il faudrait un soutien à l'investissement dans la production de chaleur à partir d'énergies renouvelables et de récupération (ENR&R).

En conclusion, une réduction significative des émissions de la filière n'est possible que dans le contexte d'un environnement dans lequel l'acier peu carboné est plus compétitif que l'acier classique.



Aluminium

Production de l'aluminium

De la bauxite à l'alumine. Si l'aluminium peut être extrait de nombreux minéraux, il provient généralement de la bauxite. Il faut environ 4 t de bauxite pour produire 2 t d'alumine puis 1 t d'aluminium.

La première étape consiste à produire un oxyde d'aluminium (l'alumine – Al_2O_3) via le procédé Bayer. La bauxite est broyée puis mélangée à de la soude. Après purification et précipitation de l'oxyde d'aluminium hydraté, celui-ci est calciné pour obtenir l'alumine.

De l'alumine à l'aluminium primaire.

Le procédé de réduction dit de Hall-Héroult est détaillé ci-après. Après cette électrolyse, l'aluminium est produit sous forme de lingots, billettes ou plaques afin d'être transformé par laminage (production bobines ou tôles), par filage (production de profilés, barres ou tubes) ou par fonderie (production de produits moulés) afin d'obtenir des demi-produits ou produits semi-finis.

Le recyclage : de l'aluminium primaire à l'aluminium secondaire.

Une grande partie de l'aluminium produit chaque année est issue du recyclage (55 % en France). On distingue :

- l'affinage : recyclage de matières premières secondaires multi-alliages ; destiné principalement au marché de la propulsion automobile et minoritairement au calmage des aciers ;
- le recyclage direct ou *remelt* : recyclage des chutes de production internes et externes, ou de déchets en fin de vie issus d'une même famille d'alliages (canettes, profilés de fenêtre, etc.).

Le marché de l'aluminium⁹

Bien que berceau de l'industrie de l'aluminium, la France est importatrice nette à tous les niveaux de la chaîne de valeur. Elle importe 100 % de la bauxite, 90 % de l'alumine métallurgique et 34 % d'aluminium primaire et recyclé pour répondre à une consommation nationale de métal croissante depuis 30 ans.

Les tensions géopolitiques en 2018 sur le marché de l'alumine et de l'aluminium ont mis en évidence la fragilité de la chaîne d'approvisionnement des acteurs européens et français ainsi que les filières utilisatrices en aval.

La France produit en moyenne 880 kt d'aluminium par an depuis cinq ans dont :

- 45 % d'aluminium primaire, soit 405 kt par électrolyse d'alumine à Dunkerque et à Saint-Jean-de-Maurienne. La production française d'aluminium primaire représente environ 20 % de la production de l'Union européenne et moins de 1 % de la production mondiale. La Chine est le premier producteur d'aluminium primaire avec 60 % de la production mondiale depuis plus de dix ans, via notamment ses trois géants que sont Hongqiao Group, Chalco et Shandong Xinfu ;
- 55 % issus du recyclage.

Pour répondre aux besoins de son marché, la France importe en moyenne 550 kt d'aluminium par an (moyenne des cinq dernières années), dont 480 kt d'aluminium primaire.

Paradoxalement, la France exporte en moyenne 500 kt/an de MPS – matières premières secondaires – d'aluminium (déchets, chutes, tournures, etc.) qui pourraient être recyclées localement et assurer une meilleure sécurité d'approvisionnement national. Ce paradoxe est principalement dû à une insuffisance des capacités de recyclage sur le territoire national et au niveau de qualité des MPS.

En résumé, la production de l'aluminium consommé en France est nécessairement la combinaison d'une production d'aluminium primaire dans des sites d'électrolyse et d'une production d'aluminium recyclé.

9. Traitement de données de mineralinfo.fr, aluminium.fr et Statista.

Choix du produit étudié

Le produit étudié est : **une tonne d'aluminium primaire.**

Le choix de ce produit indifférencié a été motivé par les faits suivants :

- l'étape la plus intensive en énergie et émissive en GES est la production d'aluminium par opposition aux procédés de transformation ultérieurs, même si les émissions directes et indirectes de GES lors du recyclage d'une tonne d'aluminium ne représentent que 5 % de celles liées à la fabrication d'aluminium primaire (voir plus loin) ;
- sauf pour des cas très particuliers, l'industrie aval ne fait pas de distinction entre l'aluminium primaire et l'aluminium recyclé. L'important est la composition chimique de l'alliage et le respect de pourcentages minimaux et maximaux pour chacun des composants de l'alliage.

Nous aborderons donc d'abord la production de l'aluminium primaire puis celle de l'aluminium recyclé.

Choix du périmètre pour l'aluminium primaire

Comme présenté en section 2.1.5, le périmètre couvre uniquement la production d'aluminium primaire et le transport aval. La figure ci-dessous illustre ce périmètre.

L'étape principale est l'électrolyse (procédé de Hall-Héroult), qui réduit l'alumine selon la formule suivante : $2 \text{Al}_2\text{O}_3 + 3 \text{C} = 4 \text{Al} + 3\text{CO}_2$. La réaction se fait dans un bain de cryolithe ($\text{AlF}_3, 3\text{NaF}$) à environ 950 °C, dans une cuve traversée par un courant électrique de haute intensité. Au niveau de l'anode, l'oxygène présent dans l'oxyde d'aluminium réagit avec le carbone de l'anode et forme du CO_2 . À la cathode, l'aluminium se dépose et reste sous forme d'une couche liquide et est régulièrement prélevé par siphonnage. Outre le CO_2 , il y a également dégagement de perfluorocarbures (PFC).

Détermination des pays partenaires pour l'aluminium primaire

Le choix des pays partenaires a été réalisé en prenant en compte deux critères : leur part dans les importations d'aluminium primaire par la France, mais aussi leur poids dans la production globale d'aluminium. De manière générale, les pays produisant de l'aluminium primaire en grande quantité sont assez peu nombreux. La Chine étant le producteur mondial de loin le plus important, elle a été intégrée à l'étude. Les échanges entre pays européens sont importants (notamment avec l'Allemagne). De plus, les données de production des pays européens sont

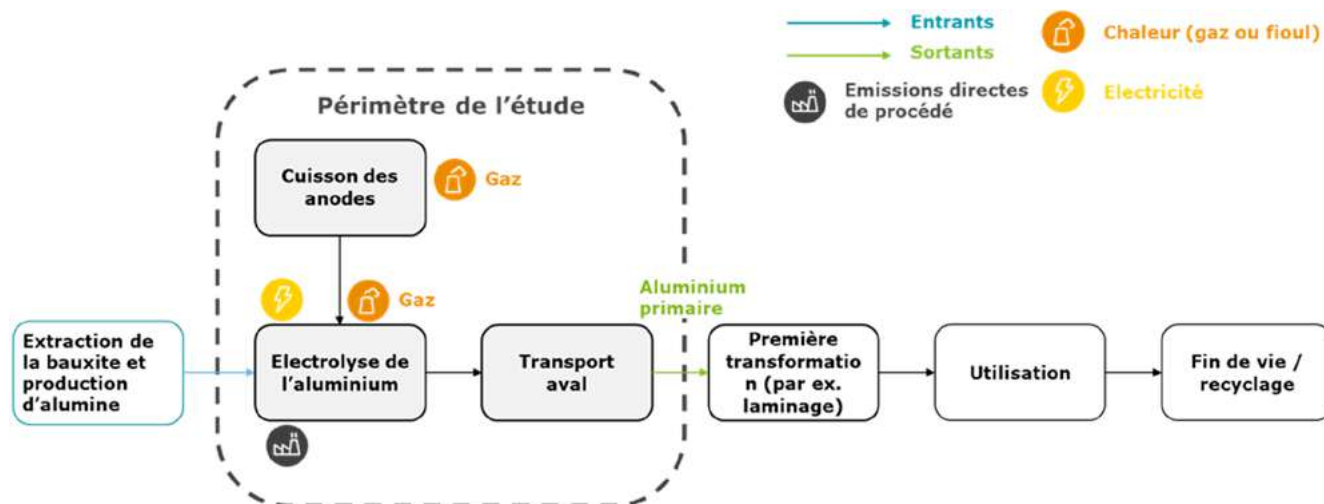
agrégées par les fédérations européennes. En conséquence, le deuxième « pays » partenaire sélectionné est la **moyenne européenne**.

Enfin, la dernière zone géographique d'importance pour la France est le Moyen-Orient. Ainsi, les Émirats arabes unis ont-ils été sélectionnés, puisque ce sont les principaux producteurs de la zone (cf. figure 9).

En conclusion, les trois pays partenaires sélectionnés sont :

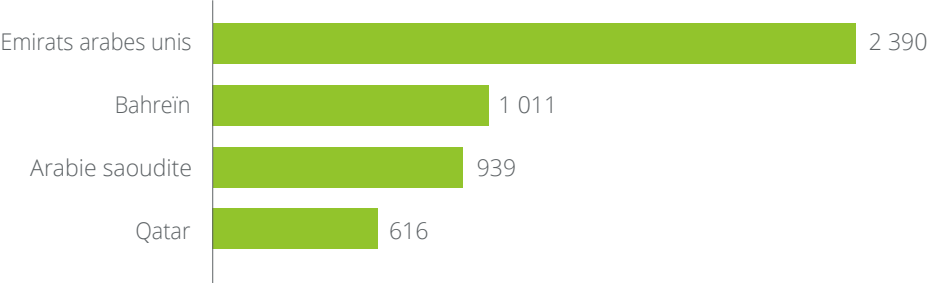
- la Chine ;
- l'Union européenne (moyenne) ;
- les Émirats arabes unis (EAU).

Figure 8. Périmètre de l'étude – Aluminium primaire



Source : Illustration Deloitte

Figure 9. Production d'aluminium primaire en Afrique du Nord et au Moyen-Orient en 2018 (103 tonnes)



Qualité des données utilisées

Afin de pouvoir évaluer la qualité générale des données et la comparabilité entre les pays étudiés, le tableau 5 ci-dessous présente le niveau de qualité par poste.

Dans le cas de l'aluminium primaire, les données sont globalement de bonne qualité, avec des sources de données homogènes entre les pays, ainsi les résultats présentés ci-après ont-ils un bon niveau de précision. Les données proviennent majoritairement d'une ACV réalisée par European Aluminium¹⁰ et ont été confirmées par les experts filière et même affinés pour le cas de la production française.

Les deux postes dimensionnants pour l'empreinte carbone sont la consommation électrique, pour laquelle les données sont connues au niveau du pays (et au niveau régional pour les EAU) et les émissions de procédé durant l'électrolyse, qui sont stœchiométriques et donc bien renseignées.

Tableau 5. Niveau de qualité des données – Aluminium primaire

	France	Europe	Chine	EAU
Production	Bon	Bon	Bon	Bon
Transport	Bon	Assez Bon	Assez Bon	Assez Bon
Total	Bon	Bon	Bon	Bon
Homogénéité	Bon	Bon	Bon	Bon

Bon Assez Bon

10. European Aluminium. 2018. "Environmental profile report : Life-Cycle inventory data for aluminium production and transformation processes in Europe."

Résultats et analyse pour l'aluminium primaire

L'empreinte carbone d'une tonne d'aluminium primaire selon le périmètre défini est montrée ci-dessous dans la figure 10

Empreinte carbone de l'aluminium recyclé

L'empreinte carbone de l'aluminium recyclé n'est pas calculée ici en suivant la méthodologie détaillée en section 2.1, elle s'appuie sur le document intitulé Circular Economy Action Plan, produit par European Aluminium en 2020.

• Émissions liées à la consommation d'énergie

La grande majorité des fours de recyclage étant au gaz, seules des émissions directes sont à prendre en compte pour l'aluminium recyclé. Ces émissions dépendent peu du lieu où le recyclage est effectué, mais peuvent varier en fonction de la nature des déchets recyclés. **S'il s'agit exclusivement de déchets en fin de vie** (canettes en provenance de centres de tri, aluminium issu des véhicules hors d'usage (VHU), aluminium issu de la déconstruction de bâtiment, etc.), on estime à 0,5 tCO₂e les émissions liées à la production d'une tonne d'aluminium recyclé¹¹.

Cela correspond non seulement à la combustion du gaz nécessaire au recyclage, mais aussi à la combustion de matières organiques résiduelles et à celle de peintures, de laques, etc. Comme la majorité des fours de recyclage fonctionnent au gaz, aucune émission liée à la consommation d'électricité n'est prise en compte.

• Émissions liées au transport :

- le transport en France ne change rien au chiffre de 0,5 tCO₂e/t d'aluminium recyclé ;
- l'importation depuis des pays européens ou les EAU amènerait ce chiffre à un maximum de 0,8 tCO₂e/t d'aluminium recyclé.

Projection 2030

Dans le contexte de la stratégie nationale bas carbone (SNBC) française, le secteur de la métallurgie doit faire face à des objectifs ambitieux de réduction de ses émissions de GES afin de pouvoir aboutir à la neutralité carbone de la France en 2050.

2030 étant un des principaux points de passage pour cette stratégie, il est légitime de se demander quelles sont les

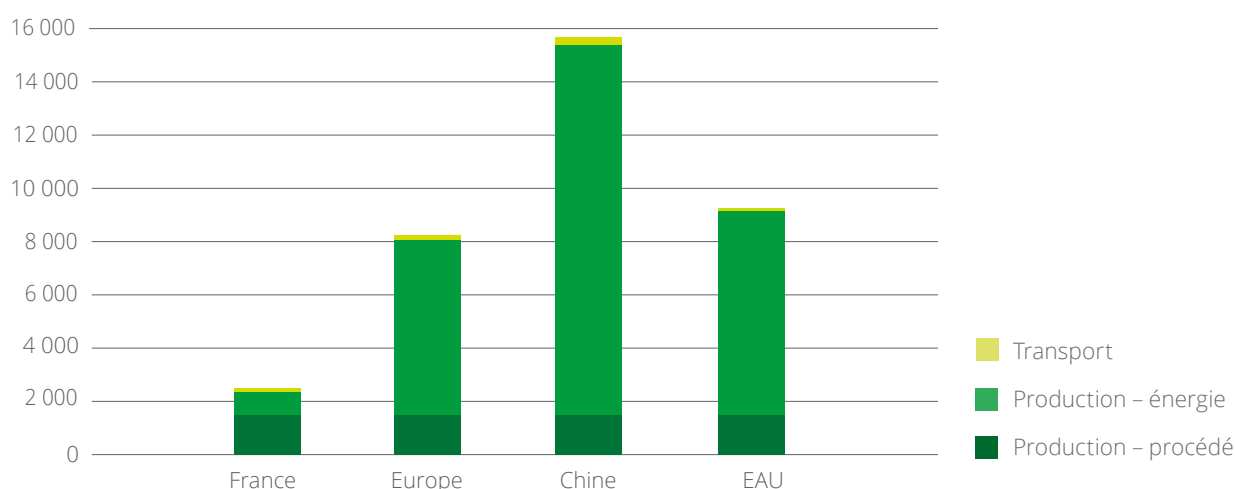
pistes réalistes d'amélioration de la filière aluminium sur la prochaine décennie.

Aluminium primaire

Le principal axe d'amélioration réside dans l'amélioration du procédé d'électrolyse, qui génère environ 1,5 tonne de GES par tonne d'aluminium, principalement sous forme de CO₂, mais aussi une petite partie sous forme de PFC. Dans les études actuelles visant à réduire ces émissions, on peut notamment citer le projet PIANO (Pilotage individuel des anodes) qui vise à améliorer l'efficacité énergétique des cuves d'électrolyse existantes pour réduire l'empreinte carbone via les effets d'anode, et ce à hauteur de 16 %. En dehors de ce type d'innovations technologiques, qui nécessitent des besoins de R&D, l'autre poste d'émission est la consommation d'électricité.

Au-delà de 2030, d'autres innovations seraient possibles, ciblant toujours les émissions liées au procédé d'électrolyse (aujourd'hui 1,5 tCO₂e par tonne d'aluminium) :

Figure 10. Empreinte carbone d'une tonne d'aluminium primaire dans les pays étudiés (en kgCO₂e)



11. <https://www.european-aluminium.eu/policy-areas/recycling-circular-economy/>

- **capturer et stocker le carbone issu de l'électrolyse.** Des recherches sont déjà lancées dans les centres R&D du LRF (Laboratoire de recherche sur les fabrications – Saint-Jean-de-Maurienne) sur les possibilités d'une captation carbone au niveau de la cheminée. D'autres technologies comme le DMX développée par l'Ifpen pourraient aussi être envisagées, même si leur pertinence dans le cas de l'aluminium, où les concentrations de CO₂ sont faibles, reste encore à démontrer ;
- **utiliser une anode inerte** qui, en remplacement des anodes au carbone, réduirait de facto de manière significative les émissions globales. Rio Tinto et Alcoa se sont récemment associés pour fonder Elysis, qui a procédé fin 2019 à la première vente d'un lot commercial d'aluminium produit avec cette technologie. Si son déploiement à grande échelle est encore très incertain et dans un horizon de temps à définir, il n'est pas impossible de voir cette technologie de rupture révolutionner les modes de production de l'aluminium en France.

En conclusion, le rapatriement des volumes de production au niveau national **ne baisserait pas à court terme les émissions mondiales**. En effet, les usines qui exportent en France leur métal trouveront d'autres débouchés car la demande à l'heure actuelle le leur permettrait. En revanche, cela éviterait la création de nouvelles capacités dans des pays avec un mix électrique fortement carboné, et serait **bénéfique pour l'empreinte carbone nationale**. Les chiffres ci-dessous sont calculés sur la base des calculs de l'empreinte carbone et des moyennes de production de ces cinq dernières années.

À moyen terme :

- **augmenter les capacités françaises d'électrolyse d'aluminium primaire de 200 kt permettrait une réduction de l'empreinte carbone nette nationale de GES de 1 280 ktCO₂** avec la technologie actuelle et nationale à condition que le mix énergétique français reste peu carboné (remplacement de 200 kt d'aluminium primaire importé à environ 8,9 tCO₂e/t d'aluminium primaire – moyenne Europe/EAU – par 200 kt d'aluminium primaire produit sur le territoire national à 2,5 tCO₂e/t d'aluminium primaire) ;
- il faudrait investir environ 1,5 milliard d'euros pour cette capacité supplémentaire d'électrolyse. Le délai de construction et de mise en service est estimé à trois ans jusqu'à atteinte de la pleine capacité. En rythme de croisière, la création d'emplois supplémentaires est estimée à **300 emplois directs** (source : Aluminium France) ;
- cet investissement n'a évidemment de sens économique que si l'électricité est disponible à un prix compétitif.

À long terme :

à condition que Rio Tinto/Alcoa rendent accessibles dans des conditions raisonnables la technologie de l'anode inerte, la réduction de l'empreinte carbone en GES pourrait atteindre 600 kt avec les capacités actuelles d'électrolyse (405 kt) et 300 kt de plus avec les 200 kt supplémentaires mentionnées ci-dessus.

Aluminium recyclé

Augmenter les capacités françaises de recyclage d'aluminium de 270 kt de déchets permettrait une réduction de l'empreinte carbone nette nationale de GES de 2 268 ktCO₂e (remplacement de 270 kt d'aluminium primaire importé à 8,9 tCO₂e/t d'aluminium – moyenne Europe-EAU – par 270 kt de déchets nationaux recyclés à 0,5 tCO₂e/t). Cela nécessiterait d'investir environ 150 M€ pour une capacité de recyclage et fonderie de plaques de 150 kt dont 90 % de scraps d'aluminium incluant une proportion significative de déchets de fin de vie. Et environ 150 emplois seraient créés (source : Aluminium France). Il faudrait en outre investir environ 30 M€ pour une capacité de recyclage et de fonderie de billettes de 80 kt. Et environ 55 emplois seraient créés (source : Aluminium France). Le délai de construction et de mise en service pour chacune de ces installations serait d'environ deux ans.





Ciment

Production de ciment

Le ciment se présente sous la forme d'une fine poudre qui sert généralement d'agent liant dans la fabrication du mortier et du béton. Il est fabriqué en chauffant un mélange de calcaire, d'argile et de sable dans un four rotatif à une température d'environ 1 450 °C. Cela permet la production de clinker, qui va ensuite être finement broyé et auquel on va ajouter certains adjuvants pour la fabrication du ciment. Les émissions de gaz à effet de serre se concentrent lors de la cuisson du clinker, avec la combustion des énergies fossiles utilisées dans le four (environ 40 % des émissions de GES), mais également du fait des émissions de procédé (60 % des émissions de GES) résultant de la calcination du carbonate de calcium (CaCO_3) qui produit de la chaux vive (CaO), que l'on retrouve dans le clinker, et du dioxyde de carbone (CO_2).

Choix du produit étudié

Le produit étudié est : **une tonne de ciment Portland CEM I.**

Le choix de ce produit a été fait en concertation avec la filière pour les raisons suivantes :

- le CEM I représente 23 % de la production française de ciment en volume ;
- la fabrication de clinker est l'étape qui représente l'essentiel des émissions de GES.

Le CEM I contient au moins 95 % de clinker, ce qui en fait un des ciments avec l'empreinte carbone la plus marquée.

Choix du périmètre étudié

Le périmètre étudié couvre uniquement la production de ciment et le transport aval. L'extraction, le transport amont, l'utilisation et la fin de vie ne sont pas pris en compte. La figure 11 ci-dessous illustre ce périmètre.

Détermination des pays partenaires

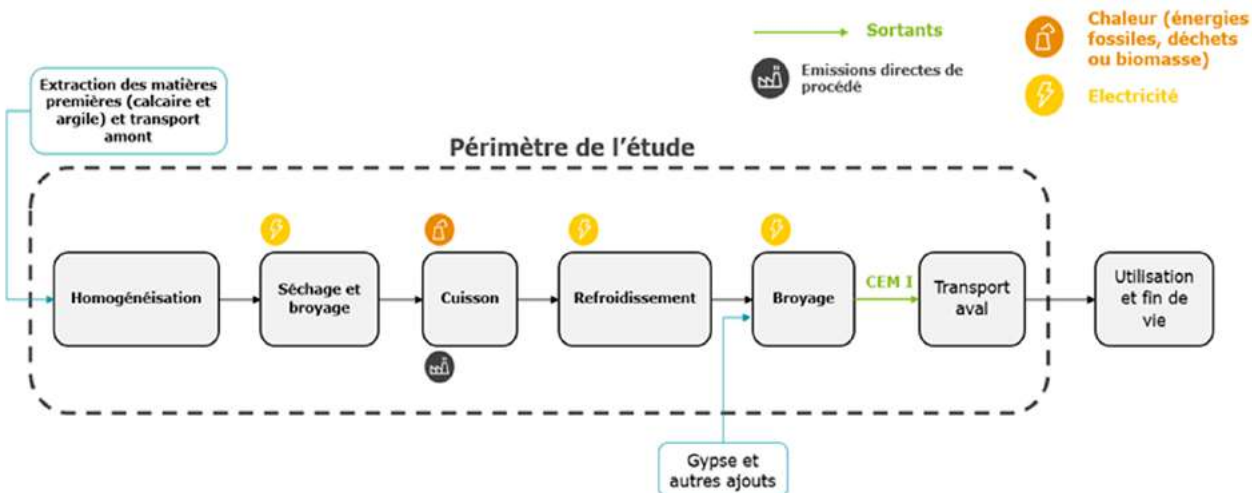
Le poids important du produit limite fortement les échanges avec des pays éloignés. En 2018, plus de 83 % des importations de la France en valeur provenaient d'Europe. La France a ainsi principalement des échanges avec des pays voisins, et notamment les plus gros producteurs comme l'Allemagne, l'Espagne et l'Italie.

L'Allemagne et l'Espagne ont ainsi été retenues en tant que principaux partenaires de la France. Le dernier pays retenu pour cette étude est la Turquie, qui est un producteur important de ciment et de clinker avec des installations récentes dotées d'une bonne efficacité énergétique, et dont les échanges avec la France s'intensifient, notamment sur le clinker.

Les trois pays partenaires sélectionnés sont :

- l'Allemagne ;
- l'Espagne ;
- la Turquie.

Figure 11. Périmètre de l'étude – Ciment CEM I



Source : Illustration Deloitte

Qualité des données utilisées

Afin de pouvoir évaluer la qualité générale des données et la comparabilité entre les pays étudiés, le tableau 6 présente le niveau de qualité par poste.

Tableau 6. Niveau de qualité des données – Ciment

	France	Allemagne	Espagne	Turquie
Production	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Transport	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Total	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Homogénéité	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>

Bon
 Assez Bon

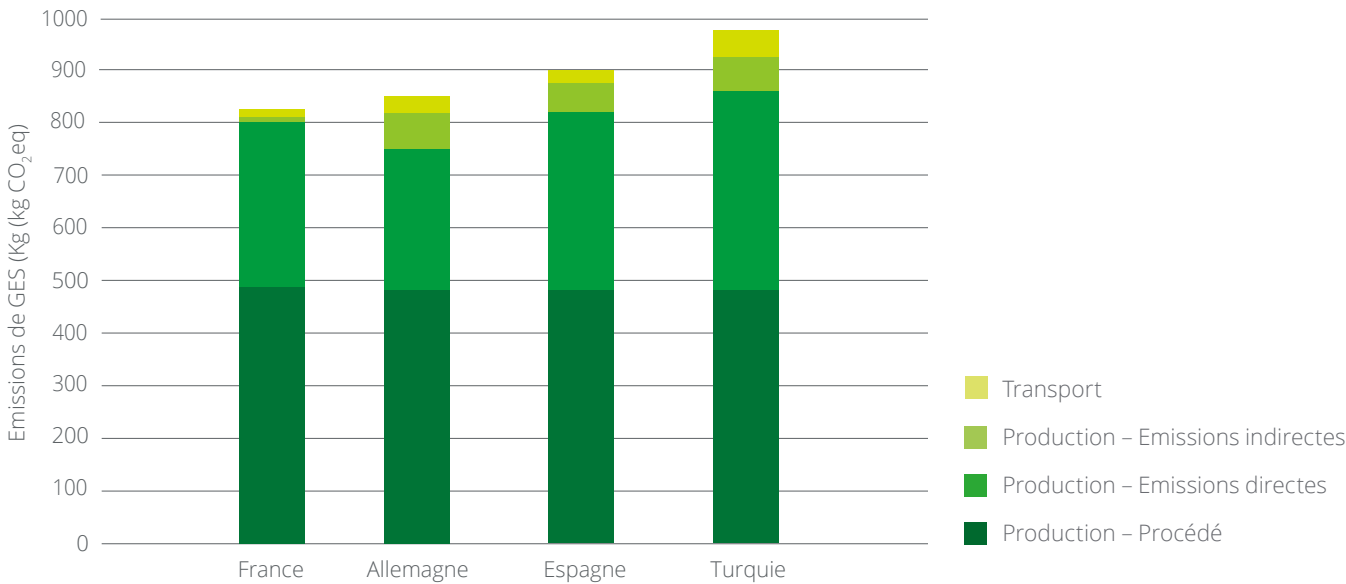
Pour le ciment, les données sont de bonne qualité et homogènes car elles sont issues de la même source (GCCA 2017¹²) qui fournit des données spécifiques et récentes pour la France, l'Allemagne et l'Espagne. Les données spécifiques à la Turquie n'étant pas disponibles, des données moyennes pour la zone Moyen-Orient ont été utilisées.

Ces données reflètent les tendances attendues pour la production du ciment turc (installations récentes avec des bons ratios énergétiques et mix énergétiques très axé sur la combustion d'énergies fossiles).

Résultats et analyse

L'empreinte carbone d'une tonne de ciment CEM I, selon le périmètre défini, est la suivante :

Figure 12. Empreinte carbone d'une tonne de ciment CEM I dans les pays étudiés (en kgCO₂e)



12. GCCA. 2017. « GNR Project Reporting CO₂. »

Les principaux enseignements à tirer de ces résultats sont :

- les émissions de **procédé (CO₂ émis pendant la production de clinker)** représentent en moyenne près de **55 % des émissions totales** de la production de ciment et sont incompressibles. Elles sont identiques entre les différents pays étudiés car le taux de clinker dans le produit considéré est fixe (95 % de clinker dans du CEM I) ;
- les émissions directes liées à **la combustion d'énergies fossiles** et de déchets constituent le **deuxième poste d'émissions de GES** et varient d'un pays à l'autre en fonction du mix énergétique utilisé. L'Allemagne présente le mix énergétique le plus faible en carbone avec seulement 34 % d'énergie produite à partir de combustibles fossiles (principalement du charbon), contre 54 % pour la France, 67 % pour l'Espagne et 93 % pour la Turquie. Le reste de l'énergie étant produit à partir de déchets et de biomasse. La différence majeure entre la France et l'Allemagne réside dans l'utilisation de déchets (26 % vs 46 %) ;
- la **consommation électrique** représente environ **10 % de la consommation énergétique totale**. Le mix électrique des pays considérés a donc un impact non négligeable sur l'empreinte carbone totale. Le mix électrique bas carbone de la France permet ainsi de minimiser l'empreinte carbone de la production de ciment dans l'Hexagone par rapport à une production localisée en Allemagne, en Espagne ou en Turquie ;
- la production de ciment étant très émettrice de CO₂, **l'impact carbone du transport est faible**.

Projection à 2030

Plusieurs leviers techniques avec un impact direct sur la réduction des émissions de GES pour la production de ciment ont été identifiés :

- **l'augmentation du taux de substitution des combustibles fossiles par des déchets** : il s'agit de remplacer les combustibles fossiles par des déchets énergétiques (huiles, pneus usagés non réutilisables, résidus de solvants et peintures, combustibles solides de récupération pneus).

En 2019, les combustibles de substitution ont représenté 42 % de la consommation d'énergie. Le potentiel de réduction des émissions de CO₂ d'ici 2030 est estimé à 0,49 MtCO₂e (et de 0,54 MtCO₂e en 2050) correspondant à un taux de substitution des combustibles fossiles de 78 % en 2030 (et de 80 % en 2050) ;

- **l'augmentation de la part de biomasse dans les combustibles** : il s'agit de remplacer les combustibles fossiles par des déchets biosourcés. La part de biomasse dans les combustibles est actuellement de 10 %. Le potentiel de réduction des émissions de CO₂ d'ici 2030 est estimé à 0,65 MtCO₂e et de 0,75 MtCO₂e en 2050 ;
- **la poursuite de l'amélioration de l'efficacité énergétique** : l'objectif est de réduire la consommation énergétique d'un site à production constante et donc d'améliorer sa consommation calorifique moyenne. Le potentiel de réduction des émissions est estimé à 22 kt de CO₂e en 2030 (et 66 kt de CO₂e en 2050), donc relativement limité ;
- **le captage et le stockage ou l'utilisation du carbone** : il s'agit de développer les technologies de captage, de transport et de stockage voire de réutilisation des émissions de CO pour atteindre les hauts niveaux de décarbonation attendus. Le potentiel de réduction des émissions de CO₂ d'ici 2050 pourrait être de 5 MtCO₂e ;
- **la mise sur le marché de nouveaux ciments à plus faible teneur en clinker** : il s'agit de ciments à basse empreinte carbone, avec moins de clinker compensé par des ajouts (en particulier des argiles calcinées). L'empreinte carbone est diminuée de 50 % par rapport à un CEM I (ciment essentiellement composé de clinker) et de 35 % comparés à la moyenne des ciments actuellement commercialisés. Le potentiel de réduction des émissions de CO₂ d'ici 2030 est estimé à 1,4 MtCO₂e (et de 2,1 MtCO₂e en 2050) ;
- **les ciments alternatifs** : les ciments alternatifs correspondent à des innovations sur de nouveaux clinkers obtenus avec des températures de cuisson inférieures au clinker actuel.



Papier

Production de papier

Le papier est fabriqué à partir de fibres de cellulose principalement extraites du bois ou de papier recyclé. Les producteurs de papiers-cartons utilisent plusieurs catégories de matières premières fibreuses ou non. La pâte à papier, neuve ou recyclée, est l'une d'entre elles. Les papetiers-cartonniers français utilisent comme matières premières principalement des papiers et cartons récupérés (PCR) (59,2 %) et pour près d'un tiers de la pâte à papier à fibre vierge (Xerfi 2019). La part de l'utilisation des PCR a augmenté ces dernières années en raison des politiques incitatives au recyclage des PCR, du recul du prix des PCR et parallèlement de la hausse des prix de la pâte vierge.

Il existe trois grands types de pâtes à papier :

- **les pâtes mécaniques** sont obtenues en raffinant le bois avec de la vapeur à température et pression élevées à l'aide de défibreurs. La lignine demeure alors attachée à la fibre. On les utilise notamment pour la fabrication de papier journal, certains papiers magazine et certains cartons ;
- **les pâtes chimiques et mi-chimiques** subissent un traitement chimique afin de dissoudre la lignine et d'extraire les fibres

de bois. Elles sont utilisées principalement pour les papiers d'impression, les papiers à usage sanitaire et certains papiers-cartons ;

- **la pâte à papier recyclée** est fabriquée à partir de papiers récupérés.

On retrouve deux types d'acteurs qui réalisent la fabrication de pâte à papier : **les opérateurs intégrés** (la pâte est fabriquée et transformée en papier sur son site de production) et **les fabricants de pâte à papier marchande** neuve ou recyclée qui produisent et vendent de la pâte à papier.

Choix du produit étudié

Après discussion avec la filière, les produits suivants ont été retenus :

a) Papier journal produit à partir de pâte thermomécanique (TMP) et de papier à recycler (France, Allemagne et Espagne)

Le papier journal représente en effet près de 10 % de la production en masse de la filière papetière en France, induisant des consommations énergétiques importantes. Plusieurs ratios techniques de fabrication de ce produit, comme le mix de combustibles utilisés dans la chaudière, le mix électrique, la part de papier à recycler utilisée sont variables et sont différents d'un pays à l'autre.

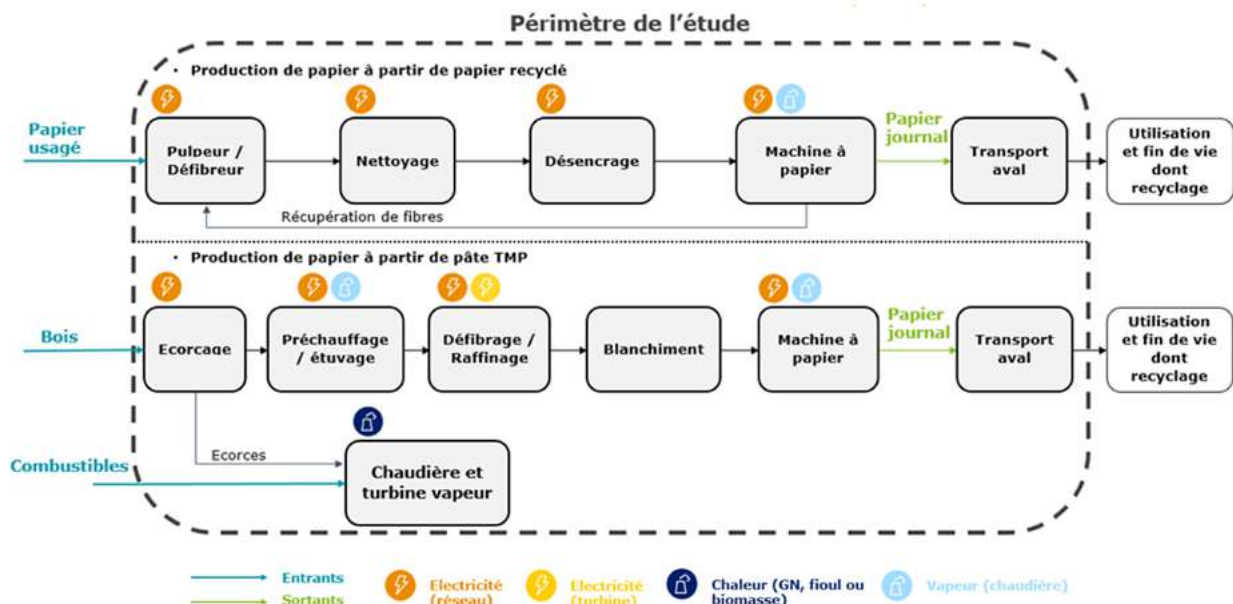
b) Pâte à papier thermomécanique (France et Canada)

Le choix de la fabrication de la pâte à papier et non du papier journal pour le Canada illustre une réalité économique. En effet, la France importe du Canada près de 32 000 tonnes de pâte TMP par an, mais n'importe pas directement de papier journal depuis ce pays.

Choix du périmètre étudié

Le périmètre couvre uniquement la production de pâte ou de papier journal et le transport aval. L'approvisionnement de papier usagé, de bois et de combustibles n'est pas inclus dans cette étude car l'on considère que ces étapes ne sont pas différenciantes au niveau des différents pays étudiés. Les figures ci-dessous illustrent ce périmètre.

Figure 13. Périmètre de l'étude – Papier journal



Ce périmètre correspond à une usine intégrée qui produit du papier journal :

- en partie à base de papier recyclé ;
- en partie à base de pâte à papier thermomécanique (TMP).

Un ratio de production de papier à partir de papiers récupérés est utilisé pour chacun des trois pays considérés.

Ces usines intégrées présentent la particularité de disposer d'unités de cogénération (chaudière + turbine vapeur) qui permettent de produire de la vapeur et de l'électricité qui vont être autoconsommées dans le procédé. Le mix énergétique utilisé dans ces chaudières varie d'un pays à l'autre et il est en général composé de biomasse, gaz naturel ou de fioul léger.

Les émissions de GES lors de la phase de production proviennent de la combustion d'énergie primaire au niveau de la chaudière et des émissions associées à la production d'électricité soutirée au réseau.

La production de pâte thermomécanique considérée se fait également dans une usine disposant d'une unité de cogénération. Pour la pâte en provenance du Canada, une phase de séchage très consommatrice en vapeur est prise en

compte. En effet, pour être transportée, la pâte doit être séchée. Cette étape n'est pas prise en compte pour la production de pâte TMP en France car celle-ci est directement utilisée pour la fabrication du papier dans une usine intégrée.

Détermination des pays partenaires

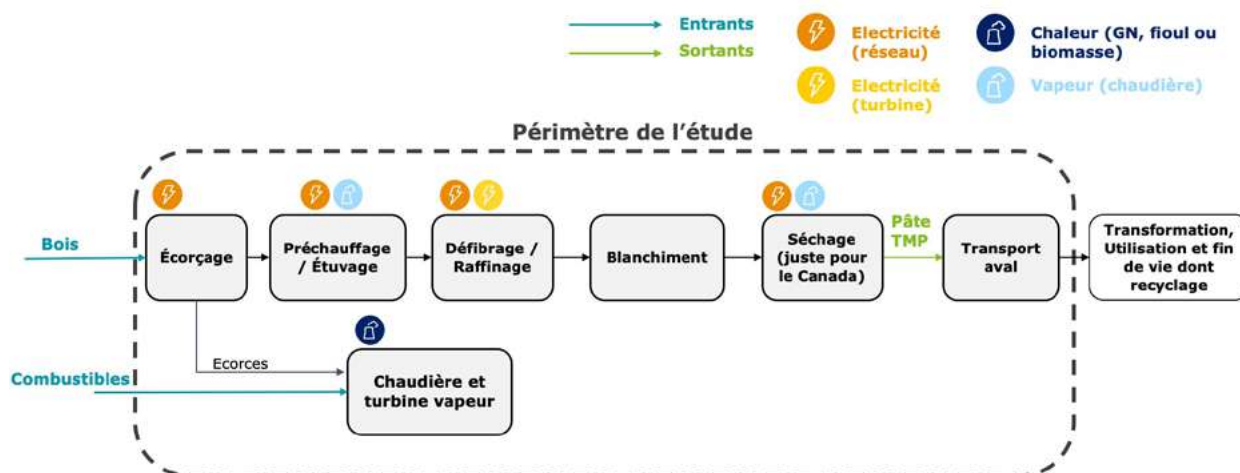
Le choix des pays partenaires a été effectué en concertation avec la filière en prenant en compte les volumes d'import de papier journal de la France (données douane) ainsi que les imports de pâte à papier thermomécanique.

L'Espagne et l'Allemagne, qui représentent respectivement 20 % et 11 % des imports en masse de papier journal de la France sur la période 2013-2015 ont ainsi été sélectionnés. Afin d'élargir les résultats de l'étude, il a été décidé pour le choix du troisième pays de ne pas sélectionner un autre pays européen (comme la Belgique ou la Finlande) depuis lesquels la France importe également du papier journal et de se pencher plutôt sur l'importation de pâte à papier qui a augmenté en valeur de 18,5 % en 2018 (source : Xerfi ; Intracen). Le Canada, depuis lequel la France importe près de 32 000 tonnes de pâte à papier par an, a ainsi été retenu en considérant que l'usine est située au Québec.

En conclusion, les trois pays partenaires sélectionnés sont :

- l'Allemagne (papier journal) ;
- l'Espagne (papier journal) ;
- le Canada (pâte à papier thermomécanique).

Figure 14. Périmètre de l'étude – Pâte thermomécanique



Source : Illustration Deloitte



Tableau 7. Niveau de qualité des données – Papier

	France	Allemagne	Espagne	Canada
Production	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Transport	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Total	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Homogénéité	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>

- Bon
- Assez Bon

Qualité des données utilisées

Les données pour la France et l'Allemagne proviennent essentiellement du BREF papetier et des statistiques Copacel. Les ratios techniques, les consommations de vapeur et d'électricité ainsi que le ratio de papier produit à partir de papier récupéré correspondent à la situation observée en France et ont également été utilisées par défaut pour l'Allemagne étant donné que les procédés de fabrication sont similaires. Toutefois, les données sur le mix énergétique, le mix électrique et le transport ont été adaptées pour être représentatives de la situation de chaque pays.

Une seule usine en Espagne produit du papier journal avec des exportations vers la France. Les données spécifiques de cette usine ont été utilisées dans le cadre de cette étude¹³.

Pour la production de pâte, le scénario considéré est la production de pâte thermomécanique (TMP) dans une usine intégrée en France et dans une usine non intégrée au Québec.

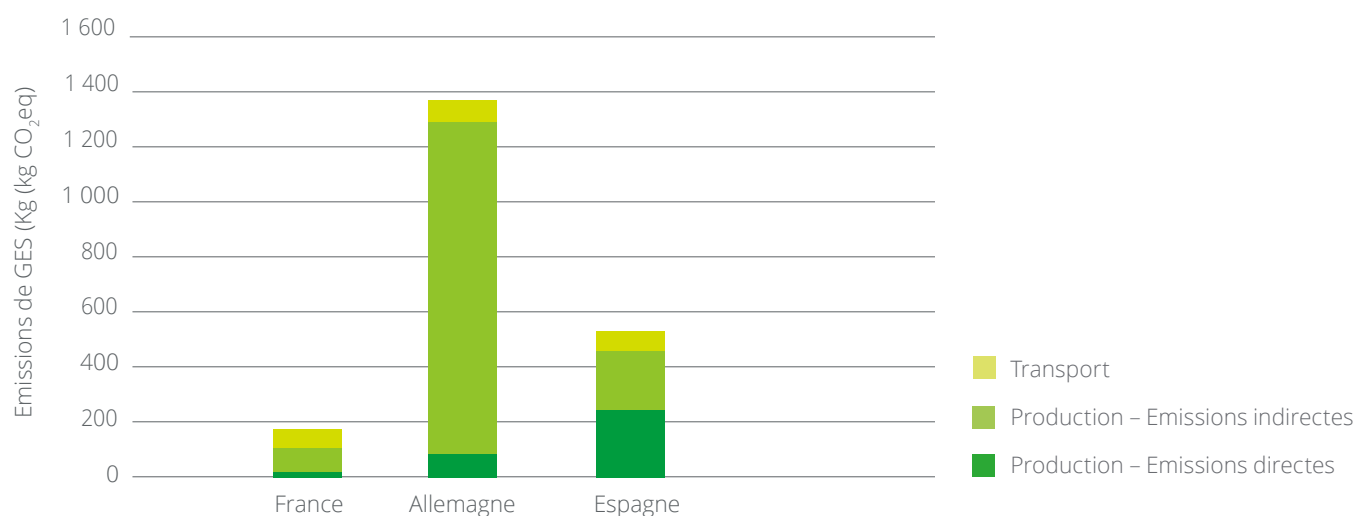
Afin de pouvoir évaluer la qualité générale des données et la comparabilité entre les pays étudiés, le tableau 7 ci-dessus présente le niveau de qualité par poste.

13. Papresa. 2019. Declaracion Medio Ambiental 2018.

Résultats et analyse – Production de papier journal

L'empreinte carbone d'une tonne de papier journal, selon le périmètre défini est la suivante :

Figure 15. Empreinte carbone d'une tonne de papier journal dans les pays étudiés (en kgCO₂e)

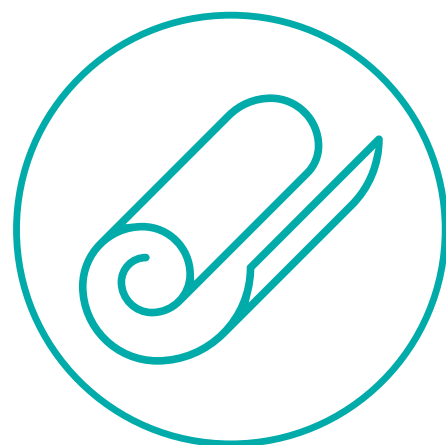


Les principaux enseignements à tirer de ces résultats sont :

- **la consommation d'électricité représente plus de 70 % de l'énergie totale consommée** dans le procédé de fabrication. Le mix électrique est un élément important dans le calcul des émissions indirectes de gaz à effet de serre. Le mix électrique décarboné de la France permet de minimiser l'empreinte carbone de la production de papier journal en France par rapport à une production localisée en Espagne ou en Allemagne ;
- le mix énergétique utilisé pour la production de chaleur a également un impact important sur les émissions directes de gaz à effet de serre.

Le recours à **la biomasse** pour la production de chaleur en France a été soutenu grâce à des mécanismes de soutien particuliers (« offre CRE pour les cogénérations à partir de biomasse »), et permet de minimiser les émissions directes de gaz à effet de serre. En revanche, la biomasse est utilisée de manière moins importante pour la production de chaleur en Allemagne. En Espagne, la chaleur est seulement produite à partir de gaz naturel ;

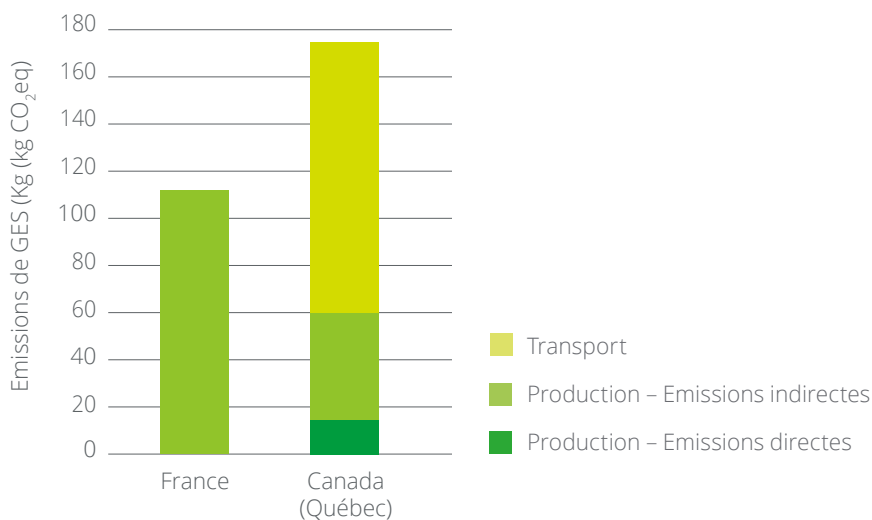
- **les émissions de GES associées au transport restent relativement faibles** comparées aux émissions directes et indirectes du procédé de fabrication du papier journal. Elles ne constituent pas un facteur discriminant entre les pays étudiés.



Résultats et analyse – Production de pâte thermomécanique

L'empreinte carbone d'une tonne de pâte thermomécanique, selon le périmètre défini est la suivante :

Figure 16. Empreinte carbone d'une tonne de pâte TMP dans les pays étudiés (en kgCO₂e)



Les principaux enseignements à tirer de ces résultats pour la production de pâte sont :

- l'empreinte carbone pour la production de pâte en France et au Canada est fortement corrélée **aux émissions indirectes liées à la consommation d'électricité** pour la production de la pâte ;
- la pâte produite au Canada nécessite une phase de séchage afin d'être exportée. Toutefois, le combustible principal utilisé étant de la biomasse, les émissions directes de gaz à effet de serre associées à cette étape du procédé restent faibles. Seules les émissions liées à la combustion du fioul d'appoint interviennent dans le calcul de l'empreinte carbone de la production de pâte ;

- le mix électrique décarboné du Québec (lié à la part importante de la production hydroélectrique dans le mix) permet à la pâte produite au Canada d'avoir une empreinte carbone inférieure à celle de la pâte produite en France sur la phase de production, malgré l'étape supplémentaire de séchage ;
- **les émissions associées au transport représentent plus de 64 % des émissions totales** de l'empreinte carbone de la pâte importée en France à partir du Canada sur le périmètre considéré dans le cadre de cette étude. Cela montre l'importance d'avoir des capacités de production locales pour réduire l'impact carbone de la pâte à papier.

Projection à 2030

En 2016, la filière papier-carton dans son ensemble a été à l'origine de l'émission de 2,7 MtCO₂e. À production constante, le potentiel de réduction des émissions directes pour le secteur du papier-carton est évalué à 0,8 MtCO₂e/an à horizon 2030 par rapport à 2015, soit une réduction d'environ 30 % en 15 ans.

Comme le montre l'analyse ci-dessus, la production de papier journal à partir de pâte thermomécanique ou de papier récupérés est déjà peu émettrice de GES, en France, grâce à l'investissement qui a été réalisé dans des unités de cogénération utilisant de la biomasse comme combustible principal, tout en bénéficiant d'un mix électrique nucléaire peu carboné. Les coûts d'exploitation d'installations de cogénération utilisant de la biomasse étant élevés, la rentabilité économique de telles unités ne peut être assurée qu'avec la mise en œuvre de dispositifs de soutien notamment dans le cadre de contrats de cogénération biomasse dits « CRE » dont une partie arrivera à terme en 2022. Alors que la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) anticipe une baisse progressive des aides dédiées

aux « cogénérations biomasse » (passant de 836 M€ en 2018 à 382 M€ en 2028), la poursuite de ces dispositifs de soutien permettrait de ne pas dégrader la compétitivité des sites papetiers français vis-à-vis de leurs concurrents européens et de maintenir les capacités de production papetière à faible intensité carbone.

Pour l'ensemble de la filière papetière, les enjeux liés à la transition écologique à l'horizon 2030 concernent la réduction des émissions résiduelles de GES liées à la production de chaleur pour la fabrication du papier-carton. En effet, environ deux tiers de la consommation énergétique du secteur sont liés à la production de chaleur, notamment pour la cuisson du bois et le séchage du papier, le tiers restant correspondant à la consommation d'électricité. Si une part importante de la production de chaleur est décarbonée en utilisant des coproduits des procédés industriels d'origine biogénique (écorces, liqueur noire, refus de pulpeur, boues), les besoins de chaleur restants sont assurés essentiellement par la combustion de gaz naturel et, dans une moindre mesure, de charbon (le charbon devrait complètement sortir du mix énergétique en 2020).

L'enjeu pour l'industrie papetière consiste donc, outre les mesures d'efficacité énergétique, à diminuer le recours aux énergies fossiles en les substituant par des combustibles moins émetteurs de GES comme la biomasse, le biogaz, les déchets de bois ou les combustibles solides de récupération (CSR).

La production d'énergie décarbonée à travers notamment la méthanisation des effluents est une solution qui permettrait d'améliorer le mix énergétique du secteur papetier en France. Cette évolution ne pourra se faire que dans un cadre réglementaire et économique incitatif permettant que le biogaz en autoconsommation ou le biométhane livré à travers le réseau puisse être simplement valorisé dans le cadre du SEQUE (Système d'échange de quotas européen), sans générer de distorsion de concurrence entre pays membres de l'Union européenne.

Le tableau ci-dessous présente les principaux leviers de réduction des émissions de la filière avec des potentiels de réduction et des propositions de mesures d'accompagnement associés.

Tableau 8. Leviers de réduction des émissions de GES à horizon 2030

Leviers pour la décarbonation	Hypothèses pour la période 2015-2030	Mesures d'accompagnement
Favoriser la cogénération à partir de biomasse	2 ou 3 projets (Production d'électricité estimée de 40 MW)	Organiser des appels d'offres permettant de soutenir la production d'électricité à partir de biomasse
Favoriser la production de chaleur à partir de biomasse	1 ou 2 projets/an Production estimée de chaleur à partir de biomasse de 0,8 TWh/an	Mettre en place un mécanisme d'aide au fonctionnement en complément des aides à l'investissement du Fonds chaleur (appels à projets BCIAT)
Favoriser la production de chaleur à partir de CSR issus du recyclage du papier	1 ou 2 projets/an Production estimée de chaleur à partir de CSR de 1,5 TWh à 2,5 TWh	Mettre en place un mécanisme d'aide au fonctionnement en complément des aides du Fonds déchets pour valoriser les CSR issus des activités industrielles de recyclage (par exemple : papier)
Import de chaleur décarbonée	Import de 0,5 TWh à partir d'incinérateurs	Favoriser le raccordement aux réseaux de chaleur existants
Amélioration de l'efficacité énergétique	Efficacité énergétique de la production de chaleur de 2 à 5 %	Aides à l'investissement pour les matériels de récupération de force et de chaleur, les matériels destinés à l'amélioration du rendement énergétiques, et les matériels destinés à la production de chaleur ou à la cogénération à partir de source renouvelable.



PVC

Production du PVC

En France et en Europe de manière plus générale, le PVC est produit par polymérisation radicalaire d'un monomère appelé chlorure de vinyle (CVM). Ce monomère est synthétisé à partir du dichloroéthane, lui-même formé à partir d'éthylène et de chlore. En Europe, l'éthylène est produit à 78 % à partir de naphta tandis que, en Amérique du Nord, il est principalement tiré de l'éthane. Enfin, l'étape de polymérisation peut se faire de deux manières : par suspension (80 % du tonnage) ou par émulsion (20 %).

- **Polymérisation en suspension :** le monomère, insoluble dans l'eau, est mis en suspension sous forme de gouttelettes par une forte agitation mécanique, et la suspension est stabilisée par des agents de suspension et de dispersion. Dans le cas du PVC, qui est insoluble dans son monomère, on est face à une polymérisation par précipitation dans chaque gouttelette. Les avantages de ce procédé sont l'obtention de masses molaires élevées tout en s'affranchissant des problèmes de viscosité, et un transfert thermique fortement amélioré ;
- **polymérisation en émulsion :** contrairement au procédé en suspension où chaque gouttelette peut être considérée comme un miniréacteur, la

polymérisation en émulsion se déroule essentiellement dans des micelles de tensioactifs gonflées par les molécules de monomère avec un amorceur hydrosoluble.

En Chine, une partie significative de la production de CVM est issue de la voie dite « acétylène ». La chaux et le charbon réagissent ensemble pour former du carbure de calcium CaC_2 , puis ce dernier réagit avec de l'hydrogène pour former l'acétylène. Ensuite, l'acétylène réagit avec le chlore pour former le CVM avant polymérisation.

Choix du produit étudié

Le produit étudié est : une tonne de granulés de PVC produits par polymérisation en suspension, sans ajout complémentaire d'additifs.

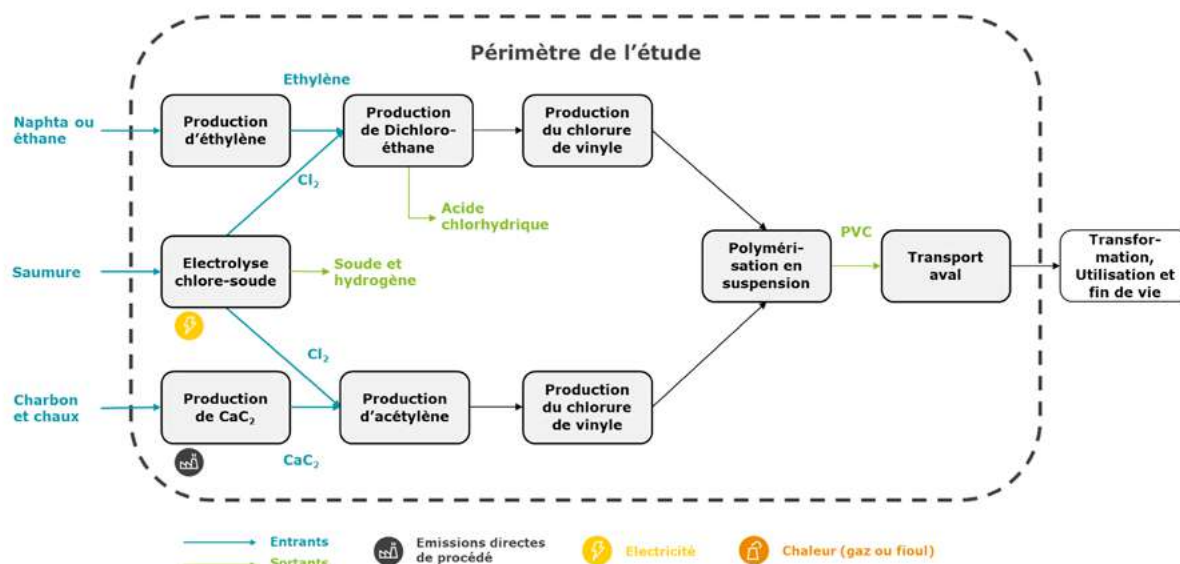
Le choix de ce produit a été motivé par le fait de vouloir sélectionner un produit avant toute transformation ultérieure pour se concentrer sur les impacts de la production primaire. La polymérisation en suspension a été préférée à celle en émulsion puisqu'elle est plus représentative de la situation actuelle.

Choix du périmètre étudié

Comme présenté en section 2.1.5, le périmètre étudié couvre uniquement la production des matières premières nécessaires à la synthèse du PVC, la polymérisation ainsi que le transport aval. Dans la mesure où l'étape de polymérisation en tant que telle est peu intensive en énergie, pour obtenir une empreinte carbone réaliste, il est nécessaire d'inclure les réactifs qui servent à synthétiser le monomère, en particulier le chlore dont la production est électro-intensive.

De plus, comme le processus de production diffère entre la France et la Chine (éthylène vs acétylène) il est indispensable de capter cette différence dans l'étude. Le transport amont, l'utilisation et la fin de vie ne sont pas pris en compte. La figure ci-dessous illustre ce périmètre.

Figure 17. Périmètre de l'étude – PVC



Source : Illustration Deloitte

Pour la voie éthylène, les deux intrants principaux sont le chlore et l'éthylène. Ce dernier est obtenu en Europe via le vapocraquage du naphta, lui-même provenant de la distillation fractionnée, tandis qu'aux États-Unis, l'éthylène est produit à partir d'hydrocarbures, soit par pyrolyse, soit par craquage à haute température. La production de chlore se fait quant à elle par électrolyse de la saumure (de l'eau chargée en sel), c'est une étape très électro-intensive. On obtient notamment de la soude et du dihydrogène comme coproduits du chlore.

Une fois produits, le chlore et l'éthylène réagissent en phase gazeuse pour former le dichloroéthane, un précurseur du chlorure de vinyle (CVM), le monomère servant à produire le PVC. L'acide chlorhydrique coproduit est généralement directement recyclé dans le procédé. Le CVM peut être produit dans la continuité de l'étape précédente. À 500 °C et 30 bars, le dichloroéthane se décompose pour produire du chlorure de vinyle et de l'acide chlorhydrique.

Enfin, pour la dernière étape, la polymérisation en suspension, le VCM, de l'eau, des agents de suspension et un amorceur sont introduits et le PVC est produit sous quelques bars et à ~ 50 °C. Il est séparé et séché pour former la résine de PVC.

Quant à la voie acétylène, la première étape est la production de carbure de calcium CaC_2 à partir de coke et de chaux, qui dégage du monoxyde de carbone. Le coke et la chaux sont d'abord broyés séparément, tamisés puis mélangés. Ensuite, le carbure réagit avec de l'eau pour former l'acétylène C_2H_2 , avec de la chaux comme coproduit. L'atome de calcium du carbure décompose l'eau et fixe l'oxygène pour donner de la chaux, tandis que le carbone se combine à l'hydrogène pour former l'acétylène. Ensuite, ce dernier réagit avec du chlore pour former le CVM, avant l'étape de polymérisation finale.

Détermination des pays partenaires

Le choix des principaux partenaires a été déterminé après concertation avec les acteurs de la filière. La Chine a été sélectionnée car elle est de loin le plus gros producteur de PVC au monde. Il est très difficile de tracer avec exactitude la consommation en France de PVC issu de la production chinoise en raison du passage de ces produits dans des pays intermédiaires. Néanmoins, même si peu de PVC chinois est directement utilisé tel quel en France, il paraît indispensable de se comparer avec le plus gros producteur mondial et large exportateur.

Par ailleurs, la capacité de production allemande est avec la France la plus grande en Europe. À l'inverse de la Chine, on observe un grand volume d'échanges commerciaux de PVC entre la France et l'Allemagne, ce qui justifie de l'intégrer dans l'étude. Il demeure toutefois difficile de chiffrer précisément ces échanges, notamment parce qu'une partie du PVC produit en Allemagne est ensuite transformée dans des pays limitrophes comme la Pologne avant d'être exporté vers la France.

Enfin, comme la balance commerciale de la France pour le PVC est positive, il y a également un enjeu sur la compétitivité en termes d'émissions de GES par rapport aux principaux concurrents. La France exporte notamment en Afrique du nord, tout comme les États-Unis. Il a donc été décidé que le troisième pays auquel la production de PVC française serait comparée serait les États-Unis.

En conclusion, les trois pays partenaires sélectionnés sont :

- l'Allemagne ;
- la Chine ;
- les États-Unis.

Qualité des données utilisées

Afin de pouvoir évaluer la qualité générale des données et la comparabilité entre les pays étudiés, le tableau 8 présente le niveau de qualité par poste.

Tableau 9. Niveau de qualité des données – PVC

	France	Allemagne	Chine – voie éthylène	Chine – voie acétylène	États-Unis
Production	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Transport	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Total	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>
Homogénéité	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>	<div></div>

Bon Assez Bon Moyen

Pour les pays européens et les États-Unis, les données sur la production de chlore sont obtenues à partir de sources spécifiques à la maille des pays, donc sont de bonne qualité. Toutefois, pour la production de VCM puis la polymérisation, les données viennent des Environmental Product Declarations (EPD) de PlasticsEurope, qui est représentatif de la situation européenne.

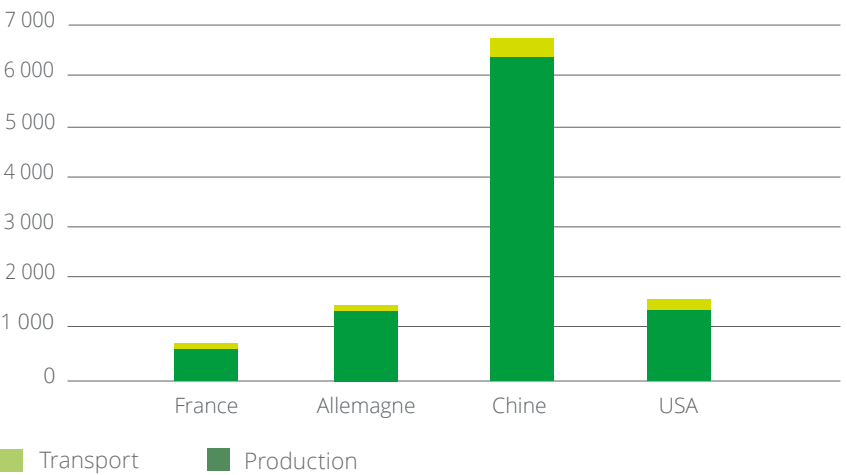
Ces données sont donc assez fiables pour la France et l'Allemagne puisque ce sont les principaux producteurs du continent. À l'inverse, ces EPD sont moins représentatifs pour les États-Unis.

Pour la Chine – voie acétylène toutes les données sont fournies par KEM ONE, donc de bonne qualité. Pour la Chine – voie éthylène, c'est un mix entre des données très spécifiques de KEM ONE et des données moins représentatives de PlasticsEurope. Un niveau de qualité « moyen » a donc été attribué.

Résultats et analyse

L'empreinte carbone d'une tonne de granulés de PVC produits par polymérisation en suspension, sans ajout complémentaire d'additifs selon le périmètre défini est la suivante :

Figure 18. Empreinte carbone d'une tonne de granulés de PVC dans les pays étudiés (en kgCO₂e)



On constate que l'empreinte carbone de la France est plus faible que celle des autres pays analysés (environ deux fois plus faible pour l'Allemagne et les États-Unis et près de neuf fois inférieure à celle de la Chine). Pour la Chine, cela s'explique principalement par le fait que 80 % du PVC sont produits par voie acétylène, qui émet presque 10 fois plus de GES que la voie éthylène en France. Le PVC produit par voie éthylène en Chine est, lui, deux fois et demie plus émetteur que le PVC français.

Les différences entre la France d'un côté, et l'Allemagne et les États-Unis de l'autre s'expliquent par le fait que le mix électrique français est moins carboné, et que l'étape de production de chlore, mais aussi celle de polymérisation sont électro-intensives, les autres étapes étant similaires.

On constate en effet que les émissions de GES pour la production d'éthylène via naphta (en Europe) et via éthane (aux États-Unis) sont proches.

Enfin, la production de PVC étant intensive en énergie (de 15 à 20 GJ/t), la part des impacts liée au transport est secondaire, même pour des longues distances.

Projection à 2030

Le secteur de la chimie est largement couvert par le système européen d'échange de quotas de gaz à effet de serre qui vise une réduction d'émission de – 43 % entre 2005 et 2030 sur le périmètre des 11 000 installations couvertes en Europe.

La production de PVC est généralement intégrée dans un écosystème bien défini et en synergie avec d'autres procédés de production industriels. En effet, les étapes de production du chlore et de l'éthylène sont bien distinctes de la synthèse du monomère puis de sa polymérisation. Cela signifie que l'industrie du PVC n'a pas la main sur une part significative des émissions liées à la fabrication du produit.

Néanmoins, le choix des technologies de membranes utilisées pour la production du chlore peut être un élément dimensionnant. En France, il n'y a plus d'électrolyseurs au mercure en activité ; c'est toutefois encore le cas en Allemagne, mais pour de très petits tonnages. Une membrane plus récente signifie généralement une meilleure efficacité énergétique, mais il n'y a pas de technologies de rupture envisageables dans les dix prochaines années qui pourraient réduire significativement la facture énergétique de la production de chlore.

De manière générale, l'efficacité énergétique des procédés reste un levier essentiel de la transition énergétique du secteur du PVC, même si le potentiel d'économies d'énergie a été largement exploité ces dernières années.



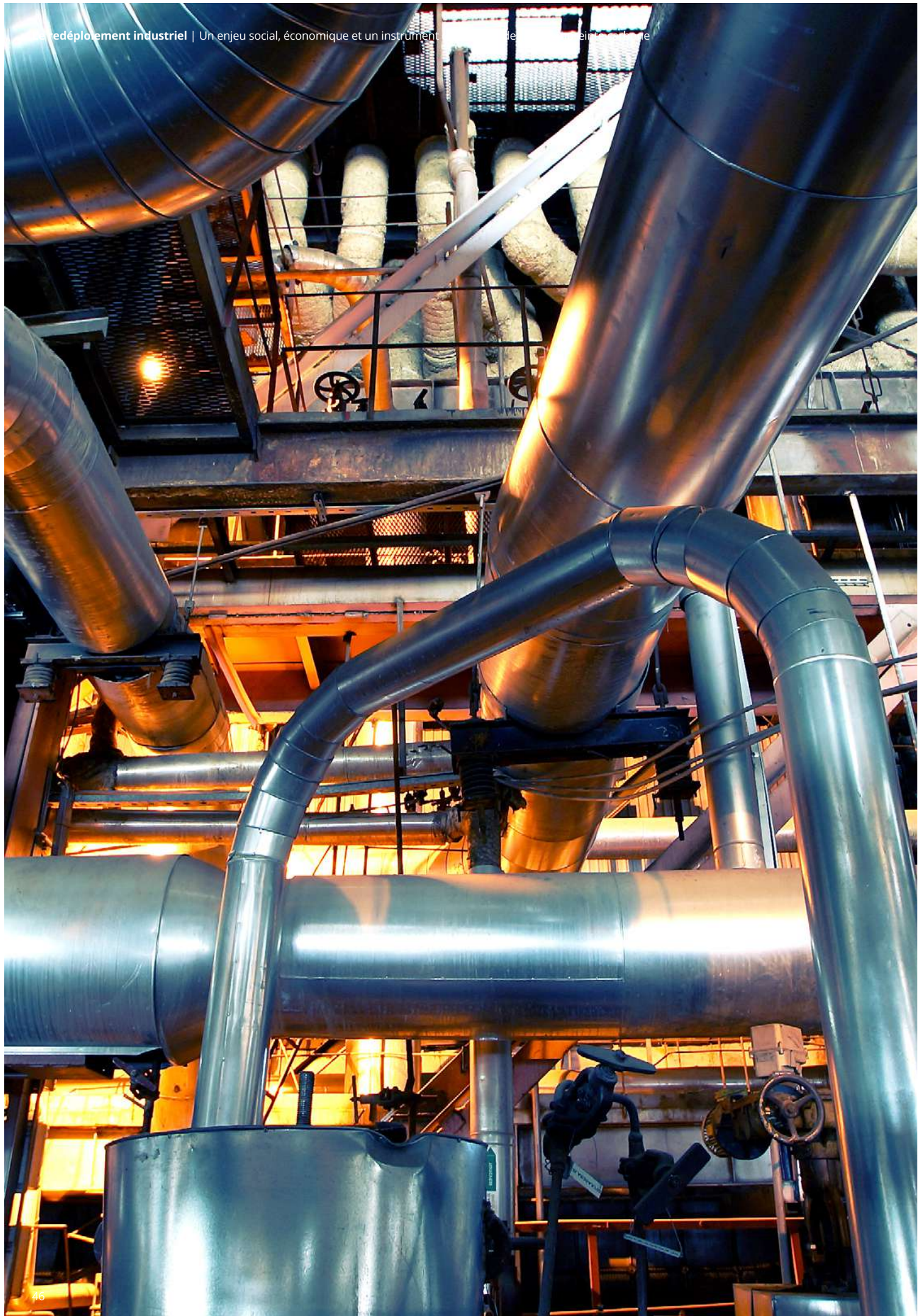
Il est donc indispensable de maintenir la capacité des industriels à mener cette transition énergétique. Cela nécessite à la fois de dégager des marges de manœuvre pour financer des investissements importants et favoriser l'émergence de solutions de production d'énergie décarbonée, et de maintenir une structure de coûts qui ne défavorise pas la production industrielle en France. Dans un contexte de forte pression concurrentielle venant de pays ayant des ressources énergétiques abondantes et une contrainte carbone faible ou nulle, la décarbonation de l'industrie de la Chimie en France ne pourra se faire qu'à condition de maintenir son niveau de compétitivité, avec :

- un accès à un mix électrique bas carbone à un prix compétitif ;
- une disponibilité accrue des gisements de biomasse et de déchets n'ayant pas de valorisation matière, à des fins de production de chaleur avec une haute efficacité énergétique ;
- un soutien à l'efficacité énergétique, à la production d'énergie bas carbone et à l'innovation dans des procédés plus performants ;
- la valorisation énergétique de l'hydrogène, coproduit de la production de chlore, est également envisageable.

Il est intéressant en termes de réduction des émissions de l'utiliser comme combustible en complément du gaz naturel. Toutefois, cet hydrogène peut présenter un intérêt économique et environnemental supérieur lorsqu'il est utilisé autrement qu'en combustion. Par exemple, lorsqu'il se substitue à de l'hydrogène produit par vaporeformage pour une utilisation matière. L'empreinte carbone de l'hydrogène en tant que coproduit de la production de chlore peut varier significativement en fonction des choix d'allocation et du mix électrique, mais elle demeure, en France, bien inférieure à celle de l'hydrogène produit par la voie classique du vaporeformage¹⁴ ;

- enfin, comme pour beaucoup de filières, le développement des expérimentations de capture et de stockage/d'utilisation de CO₂ dans un cadre réglementaire adapté est nécessaire pour envisager de diminuer significativement les émissions de la production de PVC.

14. https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/documents/280120_Final_Report_CertifHy_publishing%20approved_publishing%20%28ID%207924419%29%20%28ID%207929219%29.pdf



Sucre

Production de sucre

Le sucre est un produit alimentaire d'origine végétale composé à plus de 99 % de saccharose¹⁵. L'industrie sucrière mondiale l'extrait de deux matières premières principales : la betterave et la canne à sucre.

Les industriels du secteur sont tournés vers quatre marchés clients principaux, à savoir l'industrie agroalimentaire, la restauration, la grande distribution et les industries non alimentaires (chimie, pharmaceutique, etc.).

En effet, en plus du sucre alimentaire, de nombreux coproduits sont issus de l'industrie sucrière. Ces coproduits varient en fonction de la matière première utilisée :

- **betterave** : pulpe (alimentation animale), mélasse (support de fermentation), écumes (engrais organiques), alcools alimentaires et non alimentaires (chimie, pharmacie, etc.), bioéthanol (biocarburant) ;
- **canne à sucre** : bagasse (biomasse combustible), alcools alimentaires (rhums, etc.) et non alimentaires (chimie, pharmacie, etc.), et bioéthanol (biocarburant).

En Europe, le sucre est produit à partir de la betterave, la canne à sucre étant une plante tropicale. C'est une activité saisonnière concentrée sur trois à quatre mois entre septembre et janvier pour travailler la betterave qui est récoltée de septembre à novembre.

Choix du produit étudié

Après discussion avec la filière, le produit suivant a été retenu : **une tonne de sucre blanc produite à partir de canne ou de betterave selon les pays**.

Le sucre à l'état solide de canne ou de betterave représente en effet près de la moitié des importations en volume de l'industrie sucrière en France en 2018. La culture de la canne et de la betterave est une source importante d'émissions de gaz à effet de serre, et le processus d'extraction du sucre nécessite des consommations énergétiques importantes. Les processus de fabrication et les coproduits formés varient en fonction de la matière première considérée (canne ou betterave).

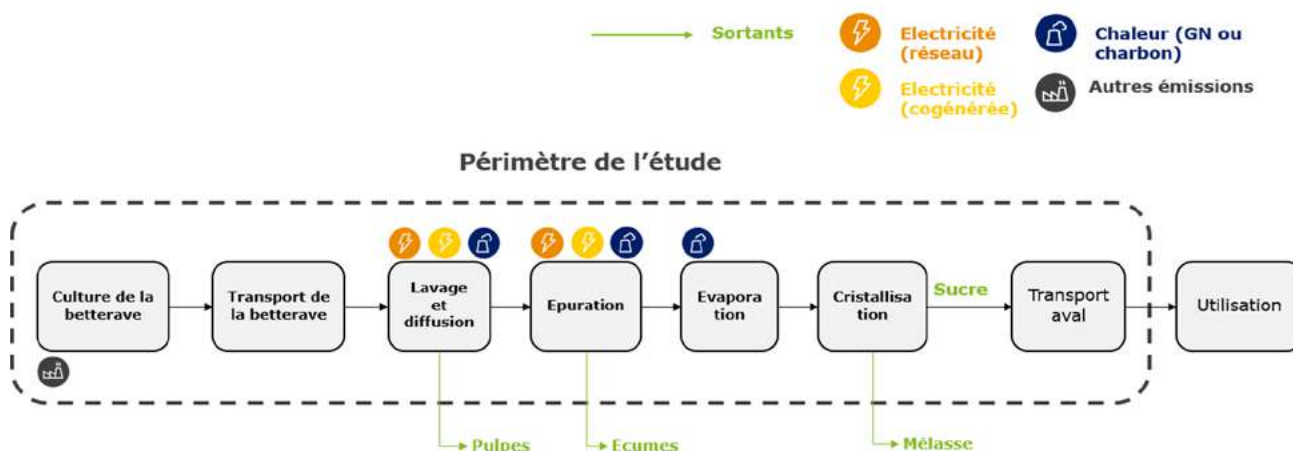
Choix du périmètre étudié – Sucre de betterave

Le périmètre étudié pour la production de sucre ne couvre pas uniquement la partie industrielle de fabrication du sucre

et le transport aval, mais inclut également la phase amont de culture de la canne et de la betterave ainsi que le transport intermédiaire de la matière première jusqu'au lieu de transformation. En effet, cette phase agricole amont varie fortement entre la culture de canne à sucre et celle de betterave et les émissions de GES associées sont différenciantes, notamment au niveau du changement d'affectation des terres.

Les figures ci-dessous illustrent ce périmètre.

Figure 19. Périmètre de l'étude – Sucre de betterave



Source : Illustration Deloitte

15. Norme CODEX pour les sucres CODEX STAN 212-1999 et Règlement 1308/2013 portant organisation commune des marchés des produits agricoles, annexe II.

En France et en Allemagne, les usines de production de sucre sont majoritairement équipées de systèmes de cogénération. Une différence structurelle est à signaler entre la France et l'Allemagne : en Allemagne, les cogénérations des sucreries sont conçues pour fournir de l'électricité au réseau public alors qu'en France, le réseau public ne nécessitant pas d'apports d'électricité en raison d'une production électrique excédentaire (nucléaire), les sucreries sont équipées de turbines à contre-pression ne fournissant que l'électricité nécessaire au procédé et ne vendant pas d'électricité sur le réseau public.

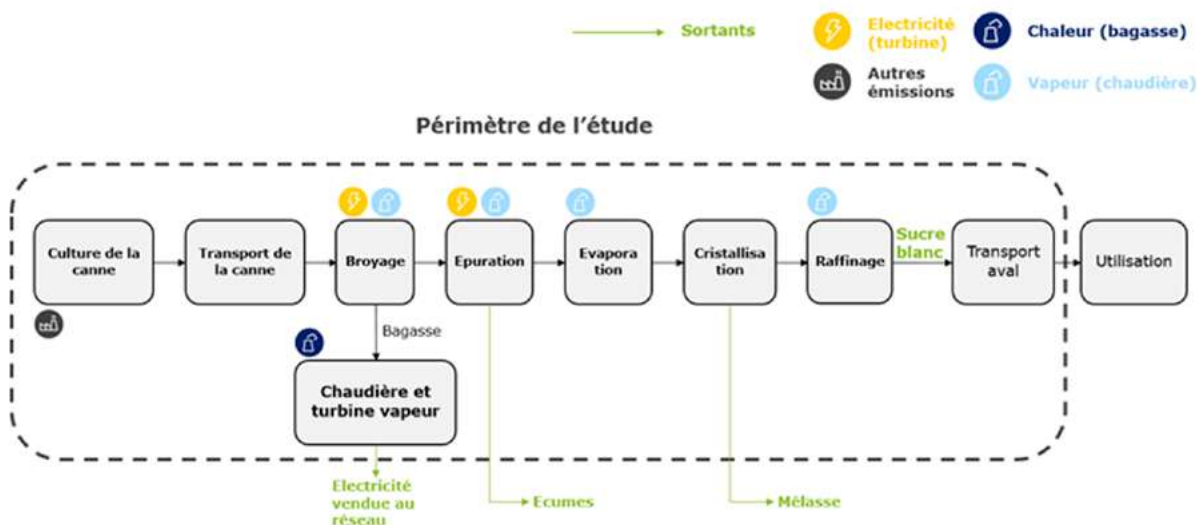
Dans les sucreries françaises, le système énergétique en place (chaudière + turbine) fournit la vapeur et la majeure partie de l'électricité nécessaire, le complément d'électricité requise étant acheté sur le réseau public. Depuis 1990, la majorité des sucreries françaises utilisent du gaz naturel, quelques-unes fonctionnant encore au charbon¹⁶, la transition au gaz naturel de la totalité du parc étant en voie d'achèvement d'ici 2022. En Allemagne, une part plus importante des sucreries fonctionne toujours au charbon/lignite.

Choix du périmètre étudié – Sucre de canne

La production de sucre blanc à partir de canne à sucre nécessite une étape supplémentaire de raffinage afin de transformer le sucre brut issu de la première cristallisation en sucre blanc analogue à celui extrait de la betterave. Le sucre brut est ainsi souvent transporté depuis les pays producteurs vers des pays disposant de raffineries (Royaume-Uni par exemple) avant d'arriver en France sous forme de sucre blanc. L'étude d'analyse de cycle de vie réalisée par Suiker Unie et dont les résultats et hypothèses sont utilisés ici se fonde sur un scénario avec une étape de raffinage située dans le pays de production avant transport du sucre blanc dans l'Union européenne.

La bagasse issue du broyage de la canne à sucre est utilisée comme combustible dans l'unité de cogénération de la sucrerie et permet de fournir une quantité importante de chaleur et d'électricité. Le surplus d'électricité produit par rapport aux besoins du procédé industriel peut ensuite être revendu sur le réseau. Ainsi, au Brésil et en Inde, plus d'un quart des sucreries sont reliées au réseau et ce nombre est en augmentation constante (Tsiropoulos 2014).

Figure 20. Périmètre de l'étude – Sucre de canne



Source : Illustration Deloitte

16. SNFS. 2015. « Cahier d'acteur COP21 ».

Détermination des pays partenaires

Le choix des pays partenaires a été effectué en concertation avec la filière en prenant en compte les volumes d'importation de sucre blanc de la France (données de douanes) ainsi que les tendances d'échanges à venir.

L'Allemagne, qui représente le partenaire économique majeur avec plus de 25 % en masse des importations en sucre de la France sur la période 2013-2015 a ainsi été retenue. Dans ce pays, comme pour la France métropolitaine, le sucre est produit à partir de betterave. Pour les autres pays partenaires, le choix a été fait de retenir les échanges avec des pays produisant du sucre de canne. Le Brésil, plus gros producteur mondial et deuxième partenaire de la France en la matière avec plus de 15 % des importations en masse de sucre de la France, et l'Inde, deuxième producteur mondial, ont ainsi été choisis.

En conclusion, les trois pays partenaires sélectionnés sont :

- **l'Allemagne (sucre de betterave) ;**
- **le Brésil (sucre de canne) ;**
- **l'Inde (sucre de canne).**

Pour chacun des pays partenaires, l'hypothèse retenue est celle d'une production et d'un raffinage au sein du pays partenaire avec un transport du sucre conditionné vers la France.

Qualité des données utilisées

Les données pour la production de sucre en France sont issues essentiellement d'une étude de l'ADEME sur des analyses de cycle de vie des biocarburants de première génération¹⁷. Cette étude présente les consommations d'énergie pour les différentes phases de production du sucre de betterave pour le site d'Arcis sur Aube (Cristal Union). Les consommations de vapeur et d'électricité de ce site ainsi que les ratios techniques des installations ont été utilisés pour le calcul des émissions de GES de la production de sucre en France et en Allemagne étant donné que les procédés

de fabrication sont similaires. Toutefois, les données sur le mix énergétique, le mix électrique et le transport ont été adaptées pour être représentatives de la situation de chaque pays.

Les données relatives aux émissions de GES de la production de sucre de canne au Brésil et en Inde sont issues d'une analyse de cycle de vie comparative menée par Suiker Unie¹⁸. Cette étude compare entre autres l'évaluation climatique de la production de sucre de betterave aux Pays-Bas avec la production de sucre de canne en Inde et au Brésil. Pour ces deux pays, plusieurs scénarios sont présentés dans l'étude, notamment un scénario prenant en compte le surplus d'électricité revendu au réseau en utilisant une méthode de substitution et un scénario avec une phase de brûlage prérecolte.

L'étude de Suiker Unie prend en compte les émissions de GES associées aux changements d'affectation des sols. Ces émissions font l'objet d'une catégorie à part conformément au Product Environmental Footprint (PEF) de la Commission européenne. Elles reflètent les émissions de GES dues à un changement de la végétation sur une période donnée, tel que la déforestation pour agrandir les surfaces arables. Ces émissions ont été quantifiées selon la méthode préconisée par PAS2050-1 à partir des facteurs d'émission par type de culture par pays fournis par la FAO (Food and Agriculture Organization). La combustion de la bagasse permet, pour les sucreries équipées d'unités de cogénération, de produire une quantité importante d'électricité, qui est supérieure au besoin électrique de la production de sucre. Ce surplus d'électricité peut ensuite être envoyé au réseau. Plus d'un quart des sucreries au Brésil et en Inde sont ainsi connectées au réseau électrique et ce nombre est en augmentation¹⁹. Un des scénarios de l'étude de Suiker Unie prend en compte cette électricité cédée au réseau en utilisant une méthode dite de substitution,

qui consiste à comptabiliser la différence d'émissions de GES de cette électricité avec le mix de production électrique moyen du pays.

Ainsi, dans un pays comme l'Inde ou la production d'électricité repose essentiellement sur la combustion d'énergies fossiles, le gain environnemental de cette méthode de substitution est considérable. Afin de pouvoir effectuer une comparaison équitable entre la production de sucre de canne et de sucre de betterave, il a été choisi de ne pas utiliser cette méthode de substitution dans la comparaison des évaluations environnementales entre les pays sélectionnés. Ces émissions « évitées » liées au surplus d'électricité font l'objet d'une comparaison avec les émissions associées à la consommation de pulpes de betterave par le bétail en France et en Allemagne dans les annexes de ce rapport.

17. ADEME. 2010. « Analyses de cycle de vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France. »

18. Suiker Unie. 2020. « Comparative Life Cycle Assessment of beet sugar, cane sugar and corn glucose syrup. »

19. Tsiropoulos, Ioannis et al. 2014. « Life Cycle Assessment of Sugarcane Ethanol Production in India in Comparison to Brazil. »

Tableau 10. Niveau de qualité des données – Sucre

	France	Allemagne	Brésil	Inde
Agriculture	●	●	●	●
CAS	●	●	●	●
Production	●	●	●	●
Transport	●	●	●	●
Total	●	●	●	●
Homogénéité	●	●	●	●

● Bon

● Assez Bon

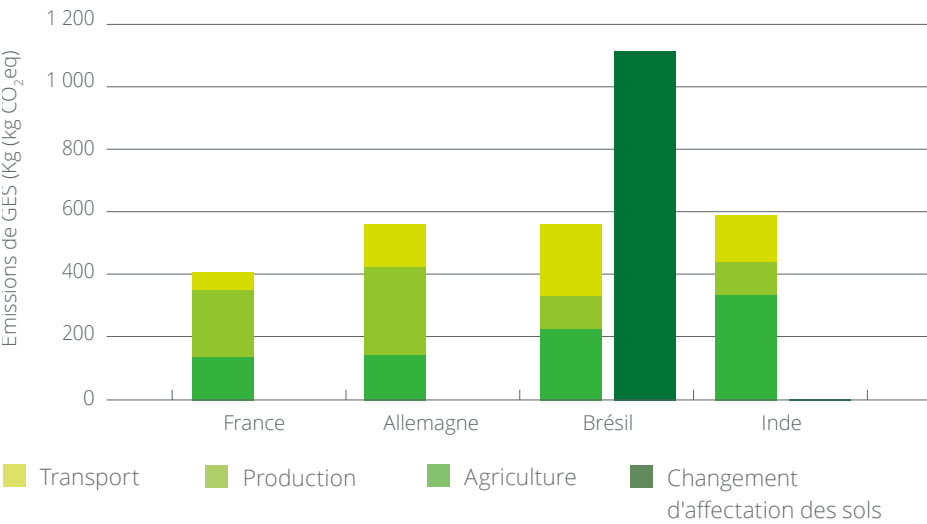
● Moyen

Le tableau 10 présente le niveau de qualité par poste.

Les données de la FAO concernant le changement d'affectation des sols (CAS) en Inde semblent discutables et tendraient à minimiser les émissions de GES attribuées à ce poste pour l'Inde.

Les méthodes d'allocation et de gestion des coproduits sont homogènes entre la France et l'Allemagne et entre le Brésil et l'Inde. Cependant, la comparaison des évaluations climatiques du sucre de canne et de betterave demeure compliquée au vu des différences entre les matières premières utilisées et les coproduits résultant de la production de sucre. L'homogénéité globale de cette évaluation environnementale pour les quatre géographies étudiées est jugée assez bonne.

Figure 21. Empreinte carbone d'une tonne de sucre dans les pays étudiés (en kgCO₂e)



Résultats et analyse

L'empreinte carbone d'une tonne de sucre, selon le périmètre défini dans la figure 21 ci-contre.

- Les principaux enseignements à tirer de ces résultats sont :
- pour la phase agricole, la culture de la betterave a moins d'impact sur le changement climatique que la culture de la canne à sucre. Ceci est dû à la différence au niveau des émissions de monoxyde de diazote (N₂O) résultant des engrais utilisés²⁰;
 - le processus de production de sucre à partir de canne est moins émetteur de GES que la betterave car la bagasse, coproduit du sucre de canne, fournit la chaleur et l'électricité nécessaire à la production alors que dans le cas de la betterave, la chaleur est produite à partir de gaz naturel ou de charbon ;
 - l'empreinte carbone associée au changement d'affectation des sols pour la culture de la canne à sucre au Brésil est extrêmement importante à cause de la déforestation engendrée ;

20. Suiker Unie. 2020. « Comparative Life Cycle Assessment of beet sugar, cane sugar and corn glucose syrup. »

- la France se distingue de l'Allemagne au niveau de la production de sucre de betterave du fait du plus faible nombre d'établissements en France utilisant du charbon comme combustible et grâce à son mix de production d'électricité plus décarboné.

Projection à 2030

Sur les émissions liées à la partie agriculture, peu d'évolutions sont anticipées d'ici à 2030 pour la betterave du fait de progrès techniques limités sur les rendements agricoles et de nouvelles restrictions réglementaires sur l'usage de certains produits qui pourraient venir compenser ces progrès techniques. Pour la canne, on peut s'attendre à une diminution des techniques agricoles émissives, comme le brûlage pré-récolte, mais cela aura peu d'incidence sur les volumes des émissions de GES.

Aucun changement n'est prévu sur les émissions liées au transport des betteraves entre le champ et l'usine. La distance entre le champ et l'usine est en effet déjà optimisée et la France a déjà augmenté le poids total roulant autorisé des camions à 44 tonnes pour le transport des betteraves²¹. Au Brésil, des projets de développement du transport de marchandises par voie ferroviaire pourraient avoir un impact non négligeable sur les émissions associées au transport du sucre, mais la mise en place opérationnelle de ce projet à l'horizon 2030 demeure incertaine.

Sur la phase de production, la diminution de l'intensité carbone du mix énergétique constitue le principal levier pour la diminution des émissions directes. En France, la transition de l'ensemble des sucreries françaises vers l'utilisation de gaz naturel pour la production de chaleur (en remplacement du charbon et du fioul encore utilisés sur certaines installations) sera quasiment achevée en 2022, en application de la directive IED de 2018

sur les chaudières de grande capacité. La mise en application de cette directive en Allemagne, qui a demandé une dérogation nationale, et où une partie des sucreries fonctionnent encore au lignite, devrait se faire d'ici à 2030.

Par ailleurs, la production d'énergie décarbonée à travers notamment la méthanisation des effluents et d'une partie des coproduits est une solution qui permettrait de faire évoluer le mix énergétique du secteur sucrier en France et en Europe. Cette évolution ne pourra se faire que dans un cadre réglementaire et économique incitatif permettant que le biogaz en autoconsommation ou le biométhane livré à travers le réseau puisse être simplement valorisé dans le cadre du système européen d'échange de quotas d'émissions de gaz à effet de serre, sans générer de distorsion de concurrence entre pays membres de l'Union européenne.

En outre, l'utilisation de bois-énergie, favorable notamment pour les activités fonctionnant toute l'année (au-delà des quatre mois de la campagne sucrière) comme les distilleries et les installations de séchage, sera aussi à compter parmi les solutions de décarbonation dans les prochaines années. Les questions de disponibilité de ce bois-énergie dans la durée et la priorité de son accès pour l'industrie restent posées.

Concernant l'efficacité énergétique, les discussions entre le SNFS et le Ceren ont permis d'identifier plusieurs gisements potentiels d'économie d'énergie parmi lesquels l'optimisation du point froid haute performance, la récupération des buées de carbonatation, la diminution du volume d'eau au clairçage, et l'équilibre des usines sur les pertes vapeur au niveau du condenseur. Les gains énergétiques associés à ces gisements tels qu'ils étaient estimés par le Ceren et communiqués à l'ADEME en 2013, étaient de 8 à 12 % de l'énergie consommée. Depuis 2013, les industriels du sucre ont investi dans leurs

installations énergétiques et ont poursuivi les efforts d'optimisation, notamment par l'installation de nouvelles chaufferies. Par ailleurs, les pistes identifiées ne sont pas généralisables à toutes les configurations des sucreries existantes. En conséquence, les gains énergétiques associés à ces gisements sont désormais estimés à environ 6 % des consommations énergétiques en 2020²².

Les niveaux d'investissements nécessaires à cette transition, que ce soit en économie d'énergie ou en évolution du mix énergétique, sont extrêmement importants pour l'industrie sucrière, d'autant plus si l'on considère le caractère saisonnier de l'activité. Les mécanismes d'aides existants et en particulier les CEE n'intègrent pas l'impact de la saisonnalité sur les investissements ce qui limite fortement leur avantage. La concrétisation des investissements va donc se heurter à une capacité d'investissement limitée des industriels, exacerbée par l'exposition des installations au système d'échange de quotas d'émissions avec des entreprises sucrières déficitaires en droits d'émissions depuis 2014, (selon le SNFS) et éligibles aux aides d'État en compensation des coûts indirects répercutés.

Pour conclure, le secteur sucrier français est dans un environnement ultraconcurrentiel dans lequel la pression réglementaire différenciée et les aides spécifiques à chaque pays viennent introduire des distorsions de concurrence à la fois au niveau européen et mondial tant sur l'amont agricole que sur la partie de transformation industrielle.

La transition énergétique du secteur serait techniquement possible, mais est rendue très complexe par cet environnement qui a et aura un impact significatif sur les capacités d'investissements du secteur.

21. SNFS. 2014. « Le transport en 44 tonnes dans l'industrie sucrière. »

22. ADEME, SNFS. 2015. « GT Environnement – Gisements économie d'énergie. »



Verre plat

Production du verre

La principale matière première qui compose le verre plat est le sable siliceux (~ 70 %) auquel on ajoute du carbonate de soude (~ 15 %), du calcaire (~ 8 %) de la dolomie (~ 4 %) et d'autres éléments d'origine minérale. Des débris de verre (calcin) sont également introduits dans le processus de fabrication. Le sable est extrait de carrières situées en France ou bien dans un environnement géographique proche.

Il existe différentes familles de verre :

- **le verre plat.** Produit sous forme de feuille, il est utilisé principalement pour les vitres et les miroirs. Le procédé de production le plus courant est celui de flottage, décrit plus loin ;
- **le verre creux** rassemble les produits en verre de forme non plane (vaisselle, bouteilles, flacons, etc.). Le verre creux représente environ deux tiers du verre produit en Europe. Il est fabriqué par moulage ou par soufflage. Si les matières premières sont assez similaires à celles utilisées pour le verre plat, le taux de calcin est lui bien plus élevé (de 50 à 80 %, contre 15 %) ;
- **les fibres de verre** qui sont utilisées soit dans l'isolation soit pour renforcement. Elles sont produites par fusion directe (fibrage du verre fondu en continu dans

un four) ou de fusion indirecte (fibrage d'un verre par refusion de calcins de verre sous forme de berlingots ou de billes) ;

- **le verre cellulaire**, utilisé lui aussi comme isolant thermique. Comme les autres familles de verre, il est produit à partir de sables fondus. On lui ajoute de la poudre de carbone utilisée comme agent gonflant ;
- **les verres spéciaux.** Ils représentent environ 3 % de la production en Europe. Ce sont des verres à haute valeur ajoutée, et pointus technologiquement. Ils sont utilisés dans des applications très variées : verrerie de laboratoire, verres résistants à haute température, vitrocéramique, verres optiques, verres extrafins, etc.

Choix du produit étudié

Le produit étudié est : une tonne de verre plat, sans traitement de surface spécifique.

Le choix de ce produit a été motivé par le fait de vouloir sélectionner une référence la plus neutre possible, sans transformation ou traitement de surface postérieur à la fabrication.

Choix du périmètre étudié

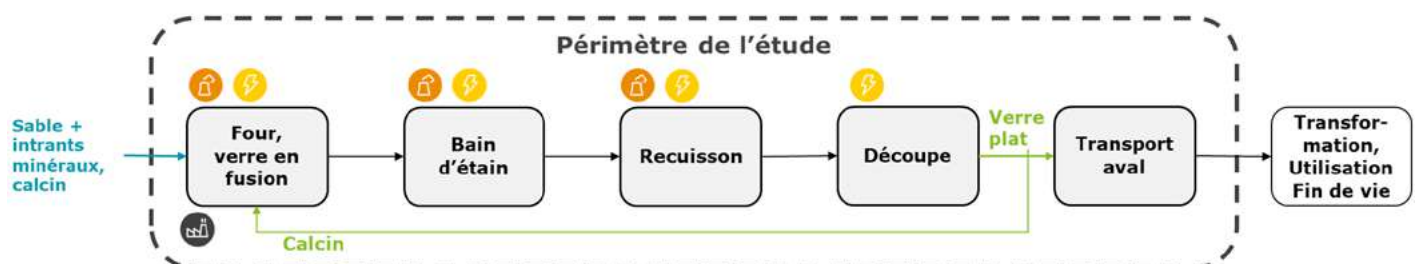
Comme présenté dans l'approche globale (section intitulée "Frontières de l'étude"), le périmètre couvre uniquement la production de verre plat et le transport aval. La figure 22 illustre ce périmètre.

La première étape consiste à fondre le mélange de matières premières et de calcin à environ 1 550 °C. Une des spécificités des fours de verre plat est qu'ils doivent être en fonctionnement permanent pour ne pas s'affaisser du fait de la contraction des matériaux réfractaires avec une diminution de la température. Par ailleurs, on observe des émissions de procédé durant cette étape provenant du carbone relâché par les matières premières.

Une fois fondu, le verre est affiné et homogénéisé puis conditionné à température contrôlée avant d'arriver au bain d'étain. Le verre est déversé sur l'étain fondu (1 100 à 1 700 °C). Le bain est maintenu dans une atmosphère réductrice composée d'azote et d'une petite quantité d'hydrogène. La surface de l'étain étant parfaitement lisse, cela confère au verre une planéité parfaite. Le ruban de verre est refroidi de manière contrôlée par rayonnement puis recuit dans un long four appelé étenderie, et ce afin de relâcher les contraintes physiques.

Dans un dernier temps, le verre est placé sur un convoyeur, découpé, séparé puis empilé. En parallèle, le calcin est récupéré pour être réintroduit dans le four en entrée.

Figure 22. Périmètre de l'étude – Verre plat



Source : Illustration Deloitte

Tableau 11. Niveau de qualité des données – Verre plat

	France	Turquie	Russie	Chine
Production	●	●	●	●
Transport	●	●	●	●
Total	●	●	●	●
Homogénéité	●	●	●	●

■ Bon■ Assez Bon■ Moyen

Qualité des données utilisées

Afin de pouvoir évaluer la qualité générale des données et la comparabilité entre les pays étudiés, le tableau 11 présente le niveau de qualité par poste.

Les données pour la France ont été fournies par la filière et sont donc de bonne qualité. Pour la Russie, les données sont assez bonnes puisqu'il a été possible d'accéder à une consommation énergétique estimée et aux pourcentages d'utilisation de chaque vecteur énergétique. En revanche pour la Turquie et la Chine les données sont moyennes, pour la Turquie car elles proviennent d'un rapport qui ne permet pas de les analyser en détail et pour la Chine car la publication de référence n'est pas aussi spécifique que souhaitable.

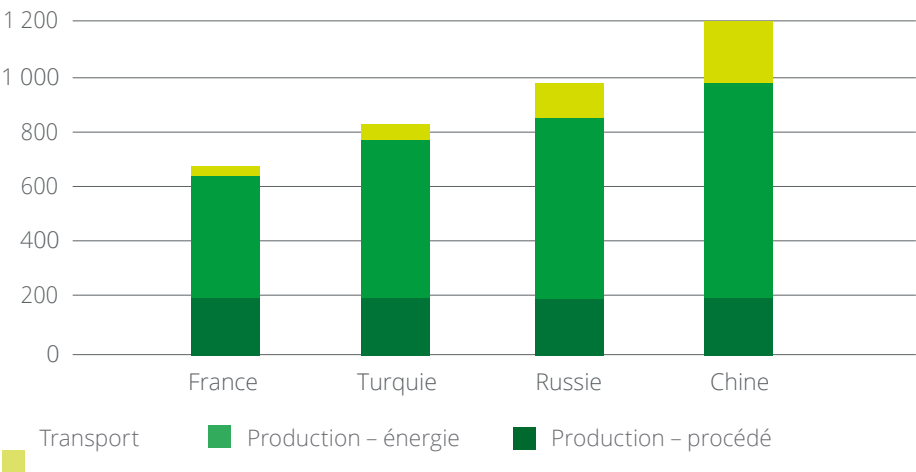
Résultats et analyse

L'empreinte carbone d'une tonne de verre plat selon le périmètre défini est présentée sur la figure 23. Le périmètre intègre les consommations d'énergie sur site (scope 1) ainsi que les consommations d'électricité (scope 2). En particulier, il s'agit bien d'une analyse sur la phase de production uniquement, aussi appelée *gate to gate*.

On constate que l'empreinte carbone de la France est bien plus faible que celle des autres pays analysés (– 160 kgCO₂e/t par rapport à la Turquie, – 300 kg par rapport à la Russie et – 650 kg par rapport à la Chine).

Cela s'explique par quatre raisons principales. La première est que la production d'une tonne verre plat en Europe consomme moins d'énergie qu'en Chine. La seconde est que le pourcentage d'électricité consommé en France par rapport aux vecteurs fossiles est le plus élevé. La troisième raison réside dans le fait que la consommation d'électricité, même si elle ne représente que 10 à 15 % de l'énergie selon les pays, est moins carbonée en France que dans les autres zones. Enfin, le dernier avantage de la production en France est un impact moindre du transport.

Figure 23. Empreinte carbone d'une tonne de verre plat dans les pays étudiés (en kgCO₂e)



Détermination des pays partenaires

Les principaux échanges de verre plat en France sont intraeuropéens. En particulier, on observe la présence d'un bassin de production sur une zone rassemblant la Belgique, le Luxembourg, l'Allemagne et la France, avec souvent des floats exploités par les mêmes entreprises. La production de verre plat en Europe répondant à des logiques territoriales plus que nationales, il n'est pas forcément pertinent de considérer comme pays partenaires pour cette étude les pays européens puisque les procédés de production sont similaires et qu'il ne serait de toute façon pas envisageable de relocaliser des floats sur le territoire français.

Hors Union européenne, il est parfois difficile de déterminer l'origine des produits via les données douanières

puisque le verre peut être déchargé dans des ports intermédiaires avant d'être expédié en France. Toutefois, il apparaît que les principaux partenaires hors Union européenne sont : la Russie/Biélorussie, la Chine, la Turquie, l'Algérie et l'Iran. Le cas de l'Algérie est un peu particulier puisqu'un des sites de fabrication est à l'arrêt, la production du pays a donc chuté récemment. Si l'Algérie peut être un concurrent significatif pour le verre plat français en raison de sa proximité géographique et du bas prix du gaz dans le pays, il a toutefois été décidé de ne pas l'intégrer dans l'étude au vu de la situation actuelle.

Ainsi, les pays partenaires sélectionnés sont :

- la Turquie ;
- la Chine ;
- la Russie.

Projection à 2030

L'amélioration de l'efficacité énergétique d'ici à 2030 induit non seulement des réductions des émissions de GES, mais aussi des économies en termes de coûts opératoires, puisque la consommation d'énergie représente environ 30 % du coût total de production²³. Il y a, malgré tout, une quantité minimale d'énergie à apporter pour pouvoir fondre les matières premières, et il est donc impossible de descendre en dessous de ce seuil thermodynamique. Comme la plupart des fours en fonctionnement sont optimisés énergétiquement (en termes d'isolation, de récupération de chaleur, etc.), les véritables gains en termes de consommation ne pourront se faire que grâce à des changements profonds d'infrastructure. Par exemple, le redémarrage du site de production de verre plat d'Aniche-Émerchicourt (Nord) a permis de réduire la facture énergétique de 25 % et les émissions de CO₂ de 20 %²⁴. Cela nécessite aussi des investissements extrêmement conséquents (30 millions d'euros dans ce cas) qui ne peuvent être envisageables que dans des conditions de marché favorables. En effet, tous les fours de verre plat en France étant déjà construits, un renouvellement partiel de ce parc ne serait envisageable qu'en cas d'augmentation très significative de la production actuelle.

Un autre axe d'amélioration réside dans la nature de l'énergie qui est apportée au système, et des émissions de CO₂ qui y sont associées. En France, plus aucune usine de production de verre plat ne consomme de fioul, les apports en chaleur sont intégralement assurés par le gaz naturel et l'électricité (très peu carbonée en France). À énergie apportée constante, une augmentation de la part d'électricité combinée à une réduction de celle de gaz naturel permettrait de réduire les émissions de GES associées.

Toutefois, ce ratio est déjà optimisé à l'heure actuelle, et une augmentation de la part d'électricité dans le mix énergétique

des floats n'est envisageable qu'avec des travaux de R&D. En effet, l'électricité n'est pas capable de répondre à des besoins en termes de grande puissance, contrairement au gaz naturel. Une autre solution envisagée par la filière serait l'incorporation de biogaz à la place du gaz naturel. La faisabilité technique de ce remplacement est actuellement étudiée et l'analyse des gisements disponibles et des réductions induites en termes d'émissions de GES sont en cours. Il est estimé, à ce stade, que 20 % de la consommation actuelle de gaz naturel pourrait être substituée par du biogaz à horizon 2030. L'avantage de cette solution est qu'elle ne nécessiterait pas d'investissements trop lourds puisque les mêmes fours pourraient être utilisés.

La troisième voie pour réduire les émissions de GES est l'incorporation d'un taux de calcin plus important. En effet, le BREF du verre²⁵ estime que + 10 % en calcin permet de réduire l'énergie requise pour la fusion de 2,5 %. Il faut toutefois faire la différence entre le calcin interne provenant de la même usine (chutes de coupes, bris accidentel, etc.) et le calcin externe. Dans le premier cas, la composition et la qualité du calcin sont entièrement maîtrisées, mais dans le second, la composition est inconnue et cela peut avoir des conséquences sur le procédé de production et sur la qualité du produit final. Pour augmenter le taux de calcin de manière fiable, il est indispensable de disposer de filières efficaces de récupération de verre en fin de vie (par exemple lors de la déconstruction d'un bâtiment) pour assurer tant la qualité que le volume. Cela présente également l'avantage de valoriser ces déchets de bâtiment en leur redonnant une seconde vie.

Enfin, à horizon plus lointain, il pourrait être possible de faire appel à des technologies de capture du carbone, soit pour stockage, soit pour le réutiliser en tant que matière première. Mais la mise en place de ces

technologies ainsi que les gains associés demeurent très incertains.

2. 3 Conclusion

L'analyse comparative détaillée des émissions de la France et d'une sélection de partenaires commerciaux, pour des produits représentatifs de chacune des filières intensives en énergie, tend à démontrer l'avantage d'une production domestique par rapport à des importations en matière d'impact sur l'empreinte carbone de la France.

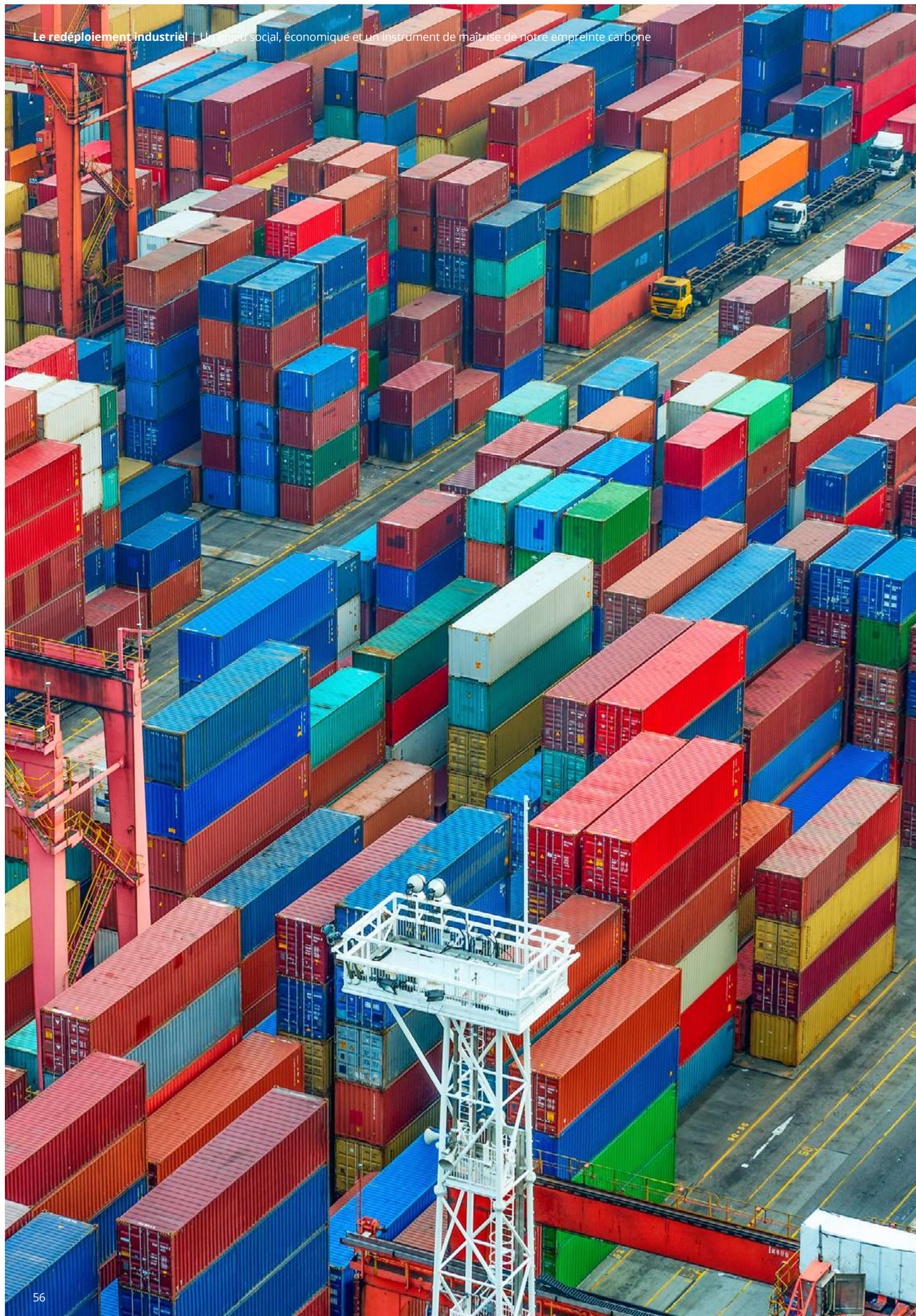
Cet avantage confirme l'importance d'analyser l'impact climatique des dynamiques industrielles en termes d'empreinte carbone plutôt que d'émissions nationales, sous peine de conclure à tort qu'une diminution de production domestique aurait nécessairement pour contrepartie une moindre contribution au changement climatique.

Les deux sections suivantes abordent donc en détail l'analyse de la désindustrialisation française (sur la période 1995-2015), tout d'abord pour confirmer l'impact des dynamiques de commerce international, puis pour en tirer les conséquences en matière de quantification des impacts économiques et environnementaux.

23. https://www.ceps.eu/wp-content/uploads/2017/08/CCA%20GLASS_Final%20Report.pdf

24. <https://www.lefigaro.fr/flash-eco/2017/05/23/97002-20170523FILWWW00199-saint-gobain-investit-30-ms-d-euros-dans-le-verre-plat.php>

25. Commission européenne. 2013. « Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Manufacture of Glass. »



3. Le rôle du commerce international dans la désindustrialisation française (1995-2015)

3.1 Définition de la désindustrialisation et application au cas français

Dans sa définition de la désindustrialisation, la DGT²⁶ considère qu'elle correspond à un recul de l'industrie dans l'économie concomitant à une forte croissance du secteur des services. La désindustrialisation renvoie donc au déclin de l'industrie, dont on peut distinguer trois principales caractéristiques.

La première caractéristique mise en avant est une tendance au transfert de l'emploi industriel vers le secteur des services, sous l'effet notamment d'un développement de prestations de sous-traitance et d'assistance. Cette notion de « tertiarisation » de l'économie occupe une grande place dans le débat sur le phénomène de désindustrialisation qui est observé dans l'ensemble des pays développés.

La deuxième caractéristique de la désindustrialisation concerne la déformation de la structure de la demande au détriment des biens industriels.

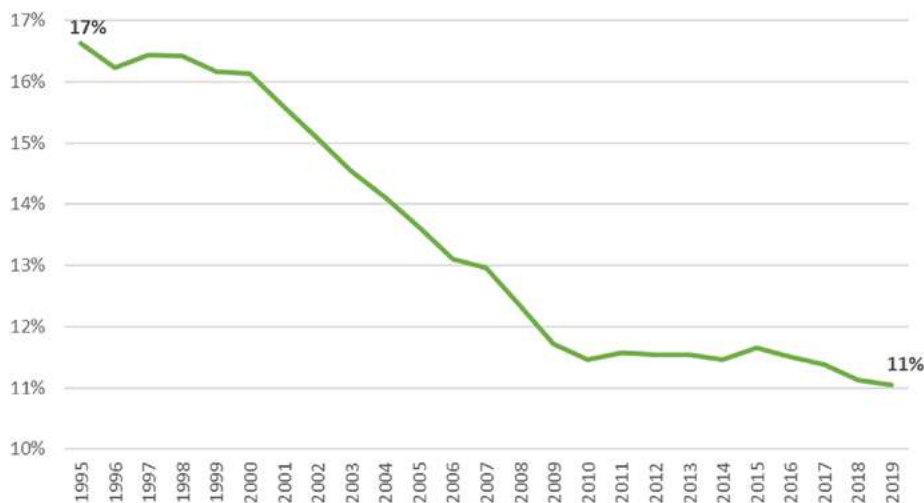
Les gains de productivité observés au niveau de l'ensemble de l'économie entraînent une augmentation du revenu des agents et une modification de la structure des dépenses des ménages au profit des services, et au détriment des biens industriels. La part des biens industriels dans la demande finale intérieure tend à diminuer. En réponse à une demande moins dynamique, les secteurs industriels accentuent leurs recherches de gains de productivité, qui réduisent son besoin en main-d'œuvre et accélèrent le recul de l'emploi industriel, au-delà du recul de la production.

Enfin, la troisième caractéristique a trait à la concurrence internationale et se caractérise par une dégradation du solde commercial du secteur industriel, qui accentue encore le déclin de l'industrie par rapport aux dynamiques imputables à la demande et à la tertiarisation.

Les trois caractéristiques identifiées dans le cadre de l'étude de la DGT se retrouvent dans le cas de l'économie française sur la période 1995-2015.

La désindustrialisation est d'abord illustrée par la tendance au déclin de la part de l'industrie dans le PIB de la France. Ce constat est vérifié à l'échelle globale de l'industrie française : la part de l'industrie manufacturière dans le PIB est passée de près de plus 16,6 % en 1995 à un peu plus de 11 % en 2015. La chute n'est cependant pas linéaire sur la période : après une période de lente érosion entre 1995 et 2000, la baisse a été marquée entre 2000-2010 (passant de 16,2 % à 11,5 %), avant une période de relative stagnation à partir de 2010.

Figure 24. Évolution de la part de l'industrie manufacturière dans le PIB



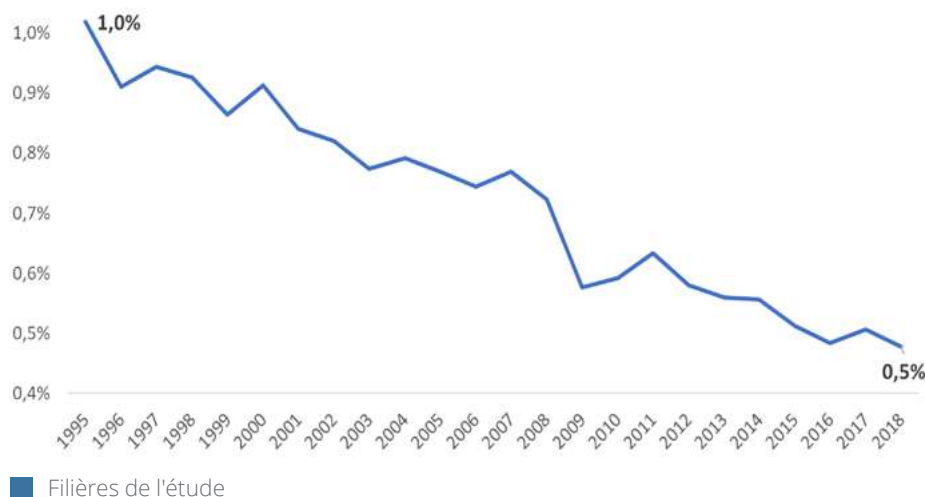
Sources : Données Insee, Calculs Deloitte

26. La Désindustrialisation en France, Document de travail de la DG Trésor, Numéro 2010/01 – Juin 2010.

Comme le montre la figure 25, la part des filières concernées par la présente étude suit la même tendance que l'industrie manufacturière française, avec une part qui passe de plus d'1 % du PIB en 1995 à près de 0,5 % en 2018.

La figure suivante présente en détail, pour chacune des filières, les évolutions de la part de ces filières dans le PIB.

Figure 25. Évolution de la part des filières étudiées dans le PIB



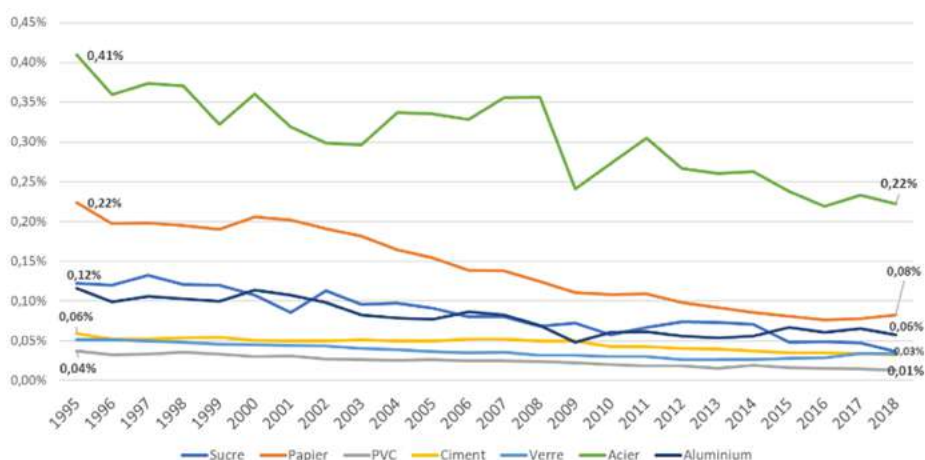
L'ensemble de ces filières a subi une baisse de leur part dans le PIB sur la période 1995-2015. De plus, aucune des filières examinées n'échappe au phénomène de désindustrialisation.

En effet, l'évolution de leur production a systématiquement été inférieure à celle du PIB sur la période considérée (+ 80 %), comme le montre le tableau ci-dessous qui présente les valeurs associées au chiffre d'affaires de chacune des filières, ainsi que leurs variations entre 1995 et 2015²⁷.

L'ensemble de ces filières a subi une baisse de leur part dans le PIB sur la période 1995-2015. De plus, aucune des filières examinées n'échappe au phénomène de désindustrialisation. En effet, l'évolution de leur production a systématiquement été inférieure à celle du PIB sur la période considérée (+ 80 %), comme le montre le tableau ci-dessous qui présente les valeurs associées au chiffre d'affaires de chacune des filières, ainsi que leurs variations entre 1995 et 2015.

Pour trois des sept filières analysées, la production a même décliné en niveau. Cette baisse est très marquée pour la filière papier qui perd 33 % de sa production industrielle et la filière PVC avec 10 % de baisse. Les filières acier, aluminium, ciment et verre plat ont quant à elles observé une augmentation de leur production industrielle, avec celles de l'acier et de l'aluminium qui ont augmenté de 17 %, alors que la filière cimentière a observé une hausse de 22 % en 2015.

Évolution des parts de chacune des filières étudiées dans le PIB



Sources : Données Insee, Calculs Deloitte

27. Des corrections des indices IPI pour tenir compte des effets prix sur la période ont été effectuées sur toutes les filières à l'exception de la filière sucre en raison de sa particularité (cf. section 3.2.1).

Tableau 12. Chiffre d'affaires des filières entre 1995 et 2015

Chiffre d'affaires (M €)			
Filière	1995	2015	% var. 1995-2015
Acier	12 817	14 980	+ 17 %
Aluminium	3 463	4 020	+ 16 %
Ciment	1 749	2 137	+ 22 %
Papier	8 817	5 949	- 33 %
PVC	863	780	- 10 %
Sucre	3 240	3 500	+ 8 %
Verre plat	1 806	2 033	+ 13 %
PIB	1 218 273	2 198 432	+ 80 %

Sources : Insee, Eurostat

Figure 26. Évolution de la valeur ajoutée dans l'industrie manufacturière (base 100 en 1995)

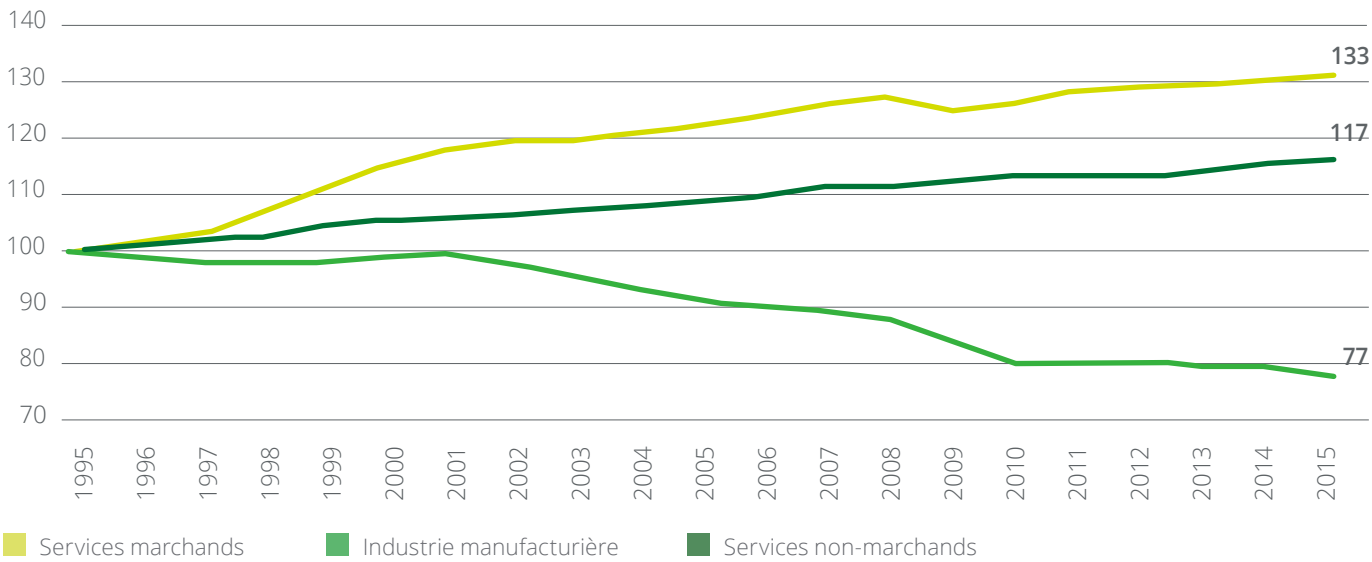


Sources : Données Insee, Calculs Deloitte

En parallèle, l'économie française a en effet connu un phénomène de tertiarisation. Sur la période étudiée, l'emploi industriel a baissé de 23 points alors que l'emploi sur le secteur des services principalement marchands a augmenté de 33 points, et celui sur le secteur des services non marchands a augmenté de 17 points (figure 27).

La baisse de l'emploi industriel est donc partiellement compensée par une hausse de l'emploi dans le secteur des services. La tertiarisation de l'économie française se reflète également dans la part des consommations intermédiaires du secteur industriel en services, qui a considérablement augmenté sur la période, comme en témoigne le tableau 13.

Figure 27. Évolution de l'emploi (base 100 en 1995)



Sources : Données Insee, Calculs Deloitte

Tableau 13. Évolution de l'emploi et de la part des services dans les filières

Filière	Part dans les services en 1995	Part dans les services en 2015	Évolution de la part des services (en pp)	Évolution de l'emploi entre 1995 et 2015
Acier	35 %	59 %	+ 24	- 20
Aluminium	35 %	59 %	+ 24	- 20
Ciment	46 %	58 %	+ 12	- 27
Papier	40 %	61 %	+ 21	- 34
PVC	45 %	57 %	+ 12	- 32
Sucre	34 %	42 %	+ 8	+ 6
Verre plat	46 %	58 %	+ 12	- 27

Sources : Insee, Eurostat

Sur l'ensemble des filières, la part des services dans les consommations intermédiaires a augmenté de 16 points de pourcentage en moyenne sur la période.

Le déclin constaté par rapport au PIB s'explique en partie par les deux phénomènes de gains de productivité et de tertiarisation. Mais ces raisons ne suffisent pas à expliquer l'ampleur du ralentissement. En effet, le déclin de la production observé s'avère nettement supérieur à celui de la consommation nationale des biens en question, témoignant ainsi d'un phénomène de substitution de la production française par des productions extérieures, et d'une perte de valeur en découlant pour l'industrie française.

La figure ci-contre (figure 28) illustre ce décrochage de la production par rapport à la consommation finale entre 1995 et 2015 sur l'ensemble des filières, en mettant en relation la variation de la production et celle de la consommation finale.

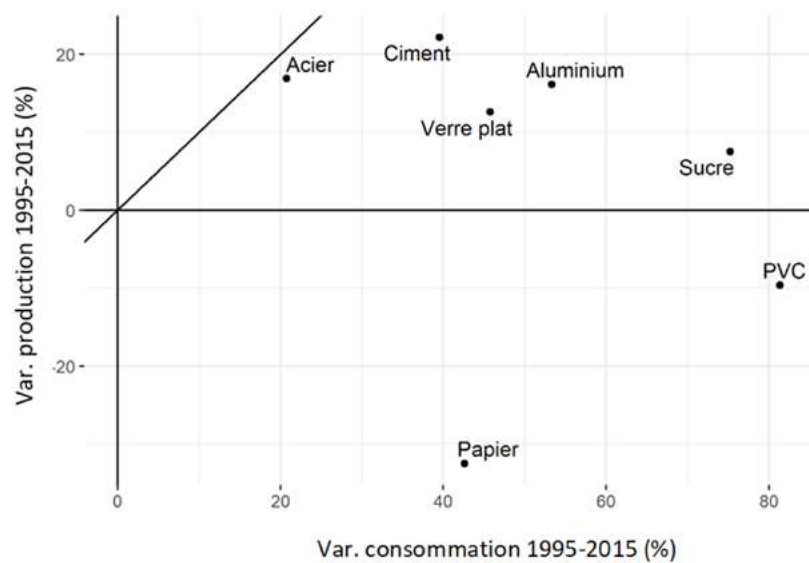
La variation de la consommation est systématiquement supérieure à la variation observée de la production. Dans certaines filières, la production diminue tandis que la consommation augmente (cas du papier et du PVC). Le décrochage est particulièrement marqué pour la filière papier. Dans d'autres filières telles que le verre plat ou l'aluminium, la production augmente moins que la consommation. Sur l'ensemble des filières, il apparaît donc que le déclin de la production n'est pas (ou pas entièrement) imputable à un déclin de la consommation. Une partie au moins du déclin est imputable au fait que les biens d'autres pays se sont substitués à la production domestique pour servir la consommation française.

Ce constat s'inscrit dans un diagnostic global de perte de compétitivité internationale de l'industrie manufacturière française, comme le montrent la figure 29 et le tableau 14 page suivante.

Le milieu des années 2000 coïncide avec une dégradation du solde commercial, qui se prolonge sur l'essentiel de la période.

Au bilan, la hausse des importations entre 1995 et 2015 a été nettement supérieure à celle des exportations (près de 20 points), dégradant ainsi le solde commercial de la France et contribuant au recul de la production industrielle sur le sol français.

Figure 28. Panorama du décrochage de la production par rapport à la consommation finale entre les années 1995 et 2015



Sources : Données Un-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

Figure 29. Évolution du commerce extérieur de l'industrie manufacturière



Sources : Données Insee, calculs Deloitte

Tableau 14. Commerce extérieur et évolution dans l'industrie manufacturière

	Chiffre d'affaires (M €)	Exportations (Md €)
1995	188	199
2015	458	445
Évolution 1995-2015	+ 143 %	+ 124 %

Sources : Données Insee, Calculs Deloitte

Ce rôle joué par la concurrence étrangère dans la désindustrialisation de la France est à mettre en parallèle avec la hausse de son empreinte carbone associée à augmentation des importations de biens dont le processus de production est souvent plus émissif et moins « vertueux » du point de vue climatique que celui des industries françaises. La section suivante se concentre sur cette dimension de la désindustrialisation, en approfondissant les liens entre le recul des industries analysées et l'évolution de leurs dynamiques commerciales.

3.2 Focus sur le rôle du commerce international dans la désindustrialisation de la France au sein des filières intensives en énergie

L'objet de cette partie de l'étude est de se focaliser sur l'interaction entre la désindustrialisation et les dynamiques de commerce international d'une part, et la tendance à la hausse des émissions importées qui viennent augmenter l'empreinte carbone de la France, d'autre part.

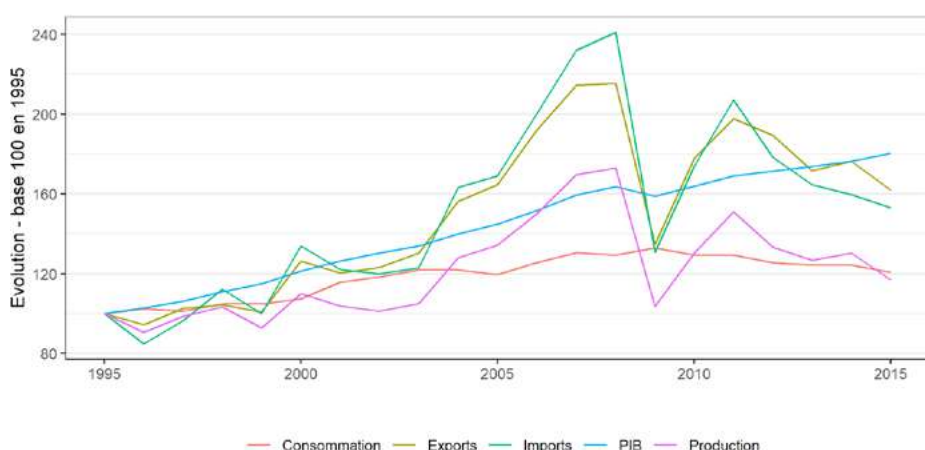
Dans ce contexte, cette section analyse la contribution de l'évolution des soldes commerciaux au déclin relatif de la production, avant de présenter au niveau global et pour chacune des filières les dynamiques d'importation et la performance à l'exportation sur un ensemble de produits particulièrement représentatifs des évolutions de la concurrence internationale.

Cette analyse est complétée en annexe A du rapport, section 1.2 (document joint) par une description détaillée des flux commerciaux pour chacune des filières.

L'évolution défavorable des soldes commerciaux contribue significativement au déclin relatif de la production

Mise en perspective des évolutions de production, de consommation et des flux d'importations/exportations

Les figures 30 à 53 présentent pour chacune des filières l'évolution de la production industrielle (en base 100 en 1995), de la consommation finale des ménages²⁸, du PIB de la France, ainsi que des importations et exportations de la France.

Figure 30. Évolution des agrégats macroéconomiques et du commerce international de la filière acier (base 100 en 1995)

Sources : Données Insee, calculs Deloitte

La production de la filière acier a connu une croissance soutenue jusqu'en 2008, suivie par une violente récession et un rebond seulement temporaire, conduisant à un déclin relatif de la production sur la période 2012-2015. Les importations et les exportations d'acier ont connu le même type d'évolution, mais avec une dynamique plus marquée qui témoigne d'un développement du commerce international de l'acier. En 2015, les importations et les exportations étaient environ 60 % supérieures à leur niveau de 1995. Cependant, le cas de la filière acier est particulier en raison de sa forte intégration au niveau européen, qui a fortement joué sur le commerce international de cette filière.

28. Les données de consommation finale étant indisponibles au niveau de la filière acier elle-même, via les données de l'Insee, nous utilisons les données de consommation finale sur l'industrie de la métallurgie.

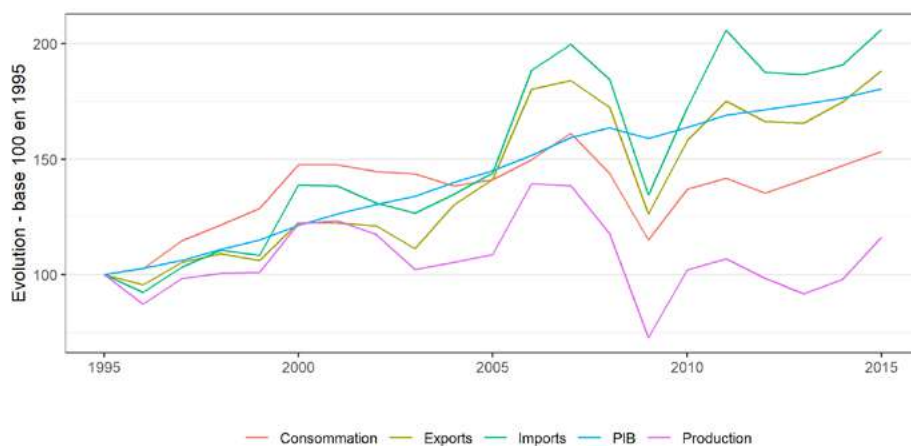
Sur l'ensemble de la période, la consommation a connu une croissance faible, s'établissant 20 points au-dessus de son niveau de 1995 en 2015. La production, dont la croissance a été inférieure à celle du PIB, a connu in fine une croissance légèrement inférieure à l'évolution de la consommation finale.

La filière aluminium subit un décrochage brutal de la production industrielle dans la seconde moitié des années 2000, comme le montre la figure ci-dessus. Alors que la consommation²⁹ se situe en 2015 légèrement au-dessus du niveau observé en 2005 (augmentation de 53 points dans les deux cas en comparaison au niveau de 1995), la production a augmenté de plus de 16 points. En parallèle, l'augmentation des importations est plus forte que celle des exportations. Le décrochage de la production apparaît donc au moins en partie associé à une dégradation du solde commercial.

La dégradation du solde commercial est plus marquée dans la filière cimentière qui observe une baisse de ses exportations de 65 points sur la période, alors que ses importations ont augmenté de plus de 257 % par rapport à 1995, comme le montre la figure ci-dessus. Cette forte dégradation du solde commercial s'est accompagnée d'une relative faible croissance de la production puis d'un recul à partir de 2008. In fine, la production n'a cru entre 1995 et 2015 que de 22 % tandis que la consommation finale³⁰ a augmenté de 40 points sur la période.

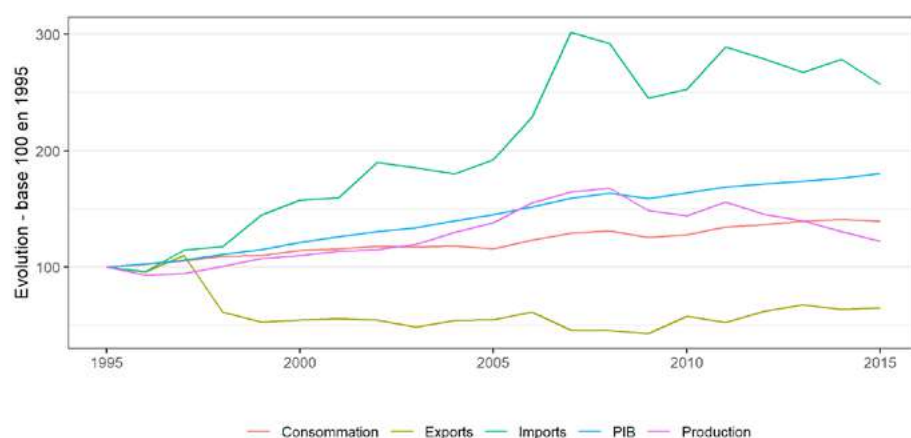
Les dynamiques des flux internationaux sur la filière sont cependant à considérer de façon relative, au vu des faibles flux d'importations et d'exportations de ciment de la France.

Figure 31. Évolution des agrégats macroéconomiques et du commerce international de la filière aluminium (base 100 en 1995)



Sources : Données UN-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

Figure 32. Évolution des agrégats macroéconomiques et du commerce international de la filière ciment (base 100 en 1995)

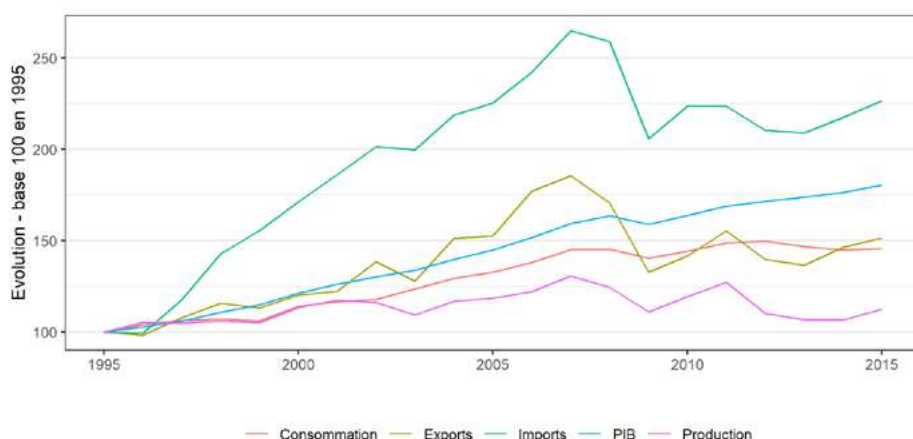


Sources : Données UN-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

29. En absence de données fines de la consommation au niveau de la métallurgie de l'aluminium, les données de consommation finale du secteur métallurgique sont utilisées.

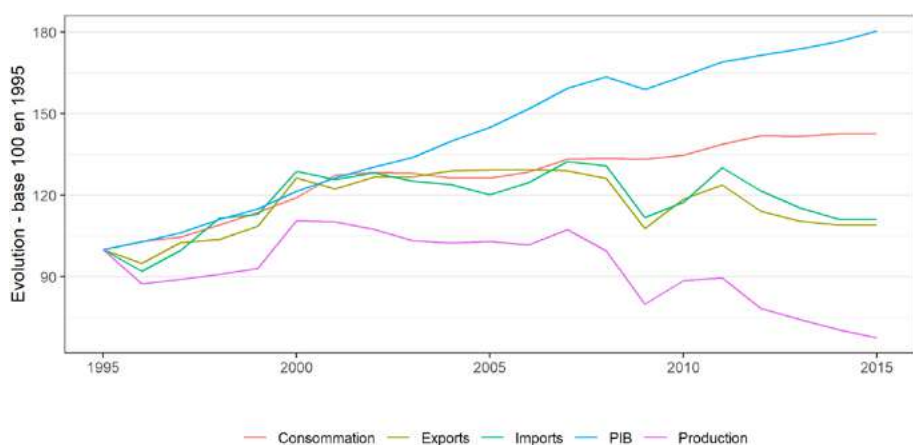
30. La consommation finale du secteur de la fabrication des produits minéraux non métalliques est ici utilisée comme proxy, en l'absence de données sur la consommation finale spécifique de ciment.

Figure 33. Évolution des agrégats macroéconomiques et du commerce international de la filière verre plat (base 100 en 1995)



Sources : Données UN-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

Figure 34. Évolution des agrégats macroéconomiques et du commerce international de la filière papier (base 100 en 1995)



Sources : Données UN-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

La production de verre plat (figure ci-contre) est marquée par une relative variabilité d'une part, et par un retournement de tendance au milieu des années 2000, d'autre part. Alors que l'année 2007 s'était traduite par une hausse de plus de 30 points de la production par rapport à 1995, celle-ci s'est contractée ensuite, sous l'effet notamment de la crise financière de 2008 et d'une baisse des exportations, dans un contexte où les importations ont fortement cru sur la période (le niveau des importations étant en 2015 supérieur de 226 % au niveau de 1995).

La consommation finale de la filière verrière a, quant à elle, connu une croissance de plus de 45 % entre 1995 et 2015, bien supérieure à celle de la production sur la période (croissance de 13 % seulement). Cette hausse de la demande semble donc avoir bénéficié davantage aux producteurs étrangers qu'à la production nationale.

Les dynamiques d'évolution des agrégats macroéconomiques de la filière papier, représentées sur la figure ci-dessous, traduisent également une dégradation du solde commercial sur la période, accompagnée d'une augmentation de la consommation finale de la filière³¹.

L'industrie papetière a connu une augmentation de sa production industrielle entre 1995 et 2000, suivie d'une période de stagnation, puis a décliné très fortement entre 2007 et 2015. La production de la filière ne représentait cette année-là que 67 % de la production de 1995³².

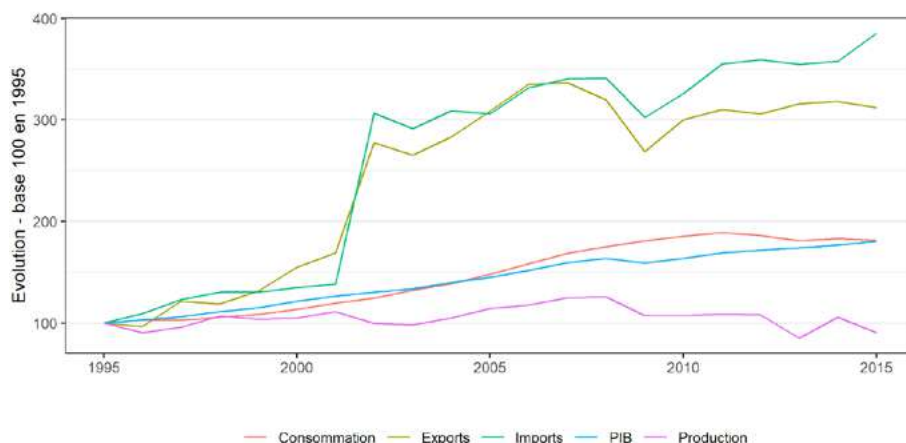
31. La consommation finale de la filière papier et cartons, Insee code 1712. La production de la pâte à papier a, quant à elle, baissé de 29 points.

32. La pâte à papier, quant à elle, a observé une baisse contenue entre 1995 et 2015, avec une relative stabilité entre 2001 et 2008, avant de poursuivre sa baisse. Les tendances l'évolution du solde commercial est différente de celle des papiers et cartons, avec une forte augmentation des exportations, et un niveau d'importations légèrement plus faible en 2015 qu'en 1995.

La consommation finale de PVC³³, représentée ci-contre, a connu une forte croissance de l'ordre de 80 points sur la période. Cette évolution a davantage profité aux importations – par plus de trois entre 1995 et 2015 – qu'à la production domestique qui a observé une baisse de 10 points.

Ainsi, pour la quasi-totalité des filières considérées, le décrochage de la production industrielle par rapport à la consommation est donc consubstantiel à une croissance des importations plus rapide que celle des exportations et de la consommation.

Figure 35. Évolution des agrégats macroéconomiques et du commerce international de la filière PVC (base 100 en 1995)



Sources : Données UN-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

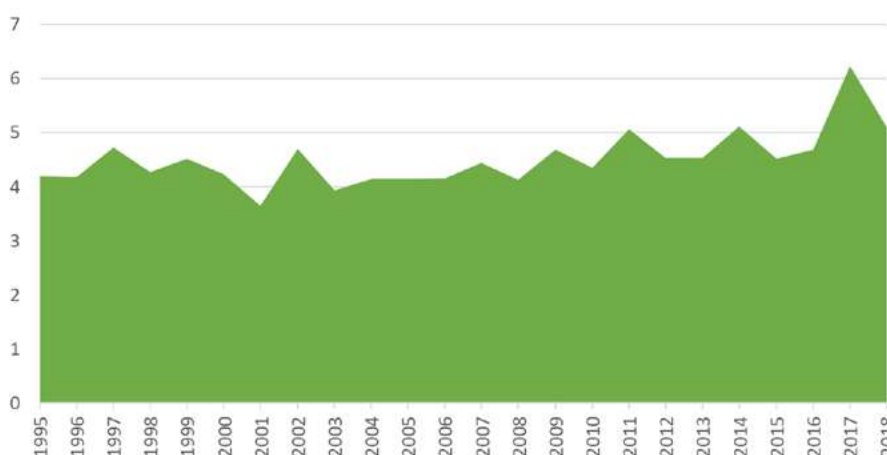
Focus sur la filière sucre

La filière sucre est caractérisée par un certain nombre de spécificités. En effet, elle est la seule filière agroalimentaire de l'étude. Ainsi, la phase de production agricole est indissociable du procédé industriel, ce qui conduit notamment à considérer conjointement la phase de production agricole et la phase industrielle dans l'analyse des impacts environnementaux notamment.

D'un point de vue économique, la filière sucre se distingue par l'importance structurante de la réglementation des marchés, en particulier le cadre communautaire strict qui a été en vigueur au sein de l'Union européenne entre 1968 et 2017. Dans le cadre de la Politique Agricole commune de l'Union européenne (PAC), les producteurs européens étaient soumis à des quotas de production, mais un soutien sur les prix à travers un système de réglementation (prix minimum garanti), notamment pour la filière betterave (la France est le premier producteur européen de sucre de betterave).

Ce système imposait également des barrières commerciales quant aux importations de sucre au sein de la zone,

Figure 36. Évolution de la production de la filière sucre (Mt)



Sources : Données UN-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

ainsi que des limitations des exportations hors Union européenne. Régie par ce système de quotas, la filière sucrière française a donc connu peu d'importations et n'a pu augmenter sa production qu'à compter de la libéralisation du marché communautaire intervenue en octobre 2017, qui a cependant conduit dans le même temps à de très fortes perturbations sur les prix.

La figure ci-dessus présente les évolutions des volumes de sucre de betterave produits par la France sur la période 1995-2018³⁴.

33. En absence de données fines de la consommation au niveau de la filière PVC, les données de consommation finale du secteur Fabrication de plaques, feuilles, tubes et profilés en matières plastiques sont utilisées.

34. SNFS et FranceAgrimer.

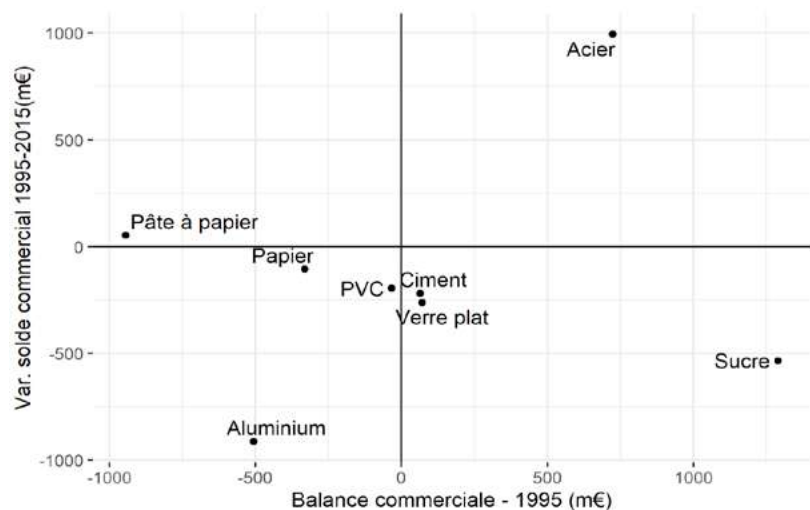
Figure 37. Évolution des flux commerciaux sur la filière sucre (base 100 en 1995)

Sources : Données UN-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

Il est cependant délicat d'imputer ces évolutions à une tendance de fond liée à la désindustrialisation, au vu des contraintes réglementaires qui encadraient les conditions de commercialisation.

Évolution des soldes commerciaux

La tendance à la substitution de la production domestique par les importations se traduit par la dégradation des soldes commerciaux. La figure ci-dessous positionne chaque filière (sur l'ensemble de produits retenus en concertation avec chacune des filières et dont la liste est donnée dans l'annexe C du rapport³⁵) en fonction de son solde commercial en 1995 et l'évolution de celui-ci entre 1995 et 2015. Pour une appréciation plus fine, les évolutions de la pâte à papier sont distinguées du reste de la filière papier.

Figure 38. Évolution des soldes commerciaux et positionnement des filières

Sources : Données UN-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

À l'exception des filières acier³⁶ et la pâte à papier, toutes les filières ont vu leur solde commercial se dégrader sur la période 1995-2015.

L'excédent commercial de la filière sucre s'est réduit, tandis que ceux de l'industrie du ciment et du verre se sont transformés en déficit. Dans le même temps, les filières papier et aluminium ont vu leurs déficits préexistants en 1995 se creuser au cours de la période.

La filière PVC, qui avait un solde commercial relativement équilibré en 1995, a subi une dégradation sur la période. À l'inverse, la filière pâte à papier qui avait un solde nettement négatif en 1995, a bénéficié d'une amélioration.

35. Les tendances observées au niveau de l'industrie combinent les évolutions d'un grand nombre de produits, qui peuvent se révéler très hétérogènes en termes de concurrence internationale et d'enjeux relatifs aux émissions carbone. Afin d'identifier de manière plus fine les dynamiques de substitution entre production domestique et étrangère, un ensemble de produits considérés comme représentatifs a été identifié au sein de chaque filière. C'est au niveau de cet ensemble de produits qu'ont été étudiées les performances relatives des différents partenaires commerciaux de la France, afin d'identifier les pays ayant contribué à la désindustrialisation de la France par le gain de part de marché d'importation. Les chiffres présentés au niveau de chacune des filières correspondent donc à l'agrégation des flux des différents produits pertinents retenus. Ces analyses par produit sont disponibles dans l'annexe C du rapport.

36. La filière acier française est très intégrée au niveau européen, zone au sein de laquelle 66 % de sa production est aujourd'hui exportée. La filière a ainsi connu une augmentation de ses exportations, ayant contribué à l'amélioration de sa balance commerciale.

Les industries françaises visées par l'étude et dont le processus de production est intensif en énergie ont donc connu dans leur globalité une nette dégradation de leurs soldes commerciaux, qui participe du phénomène de désindustrialisation mis en évidence.

La question se pose alors de l'identité des partenaires commerciaux de la France qui sont à l'origine de cette dégradation.

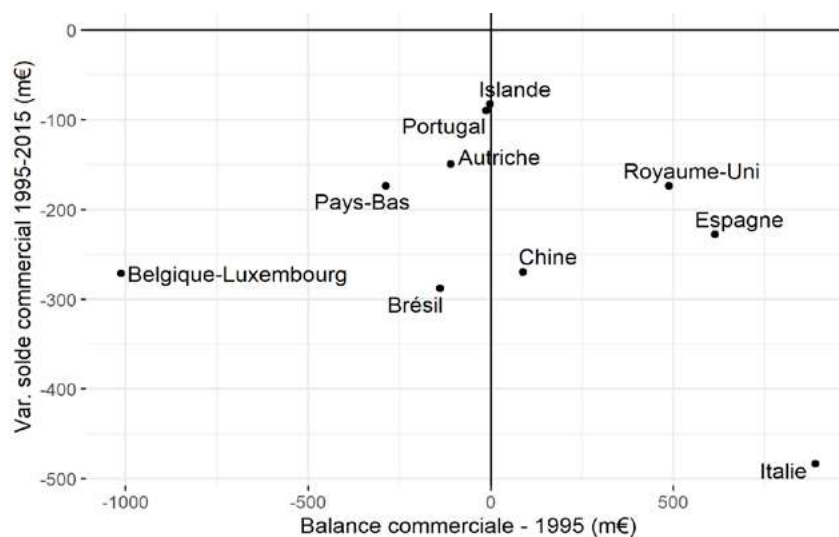
La figure ci-contre présente le positionnement des dix partenaires commerciaux pour lesquels le solde commercial cumulé des différentes filières s'est le plus dégradé entre 1995 et 2015.

L'analyse de ce positionnement révèle trois groupes de partenaires en termes de dégradation du solde commercial. Le premier groupe se compose de l'Italie, de l'Espagne, de la Chine et du Royaume-Uni pour lesquels le solde commercial s'est dégradé (fortement pour l'Italie) alors qu'il était positif en 1995. Le deuxième groupe de partenaires est composé de pays pour lesquels le solde commercial plutôt équilibré (ou légèrement déficitaire) en 1995, s'est également dégradé. Il s'agit de l'Islande, du Portugal et de l'Autriche. Enfin, le troisième groupe concerne des partenaires avec lesquels le solde commercial était déjà déficitaire en 1995, et avec lesquels celui-ci s'est encore dégradé.

Il s'agit de partenaires traditionnels de la France situés dans la zone Union européenne, à savoir la zone Belgique-Luxembourg³⁷ et les Pays-Bas, mais également le Brésil. Le solde commercial avec ces pays, déjà négatif en 1995, s'est nettement dégradé au cours de la période.

Cette approche globale, toutes filières confondues, montre un double affaiblissement de la France. Le solde commercial du pays s'est non seulement creusé vis-à-vis de partenaires

Figure 39. Principaux partenaires commerciaux en termes de solde commercial



Sources : Données UN-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

traditionnels, mais aussi vis-à-vis d'acteurs avec lesquels le pays échangeait peu (Chine) ou bénéficiait d'un solde commercial positif (Espagne, Italie).

Outre le cas emblématique de la Chine, la forte dégradation vis-à-vis de l'Italie, de l'Espagne et du Brésil témoigne de ces nouvelles concurrences et de la composante internationale de la désindustrialisation.

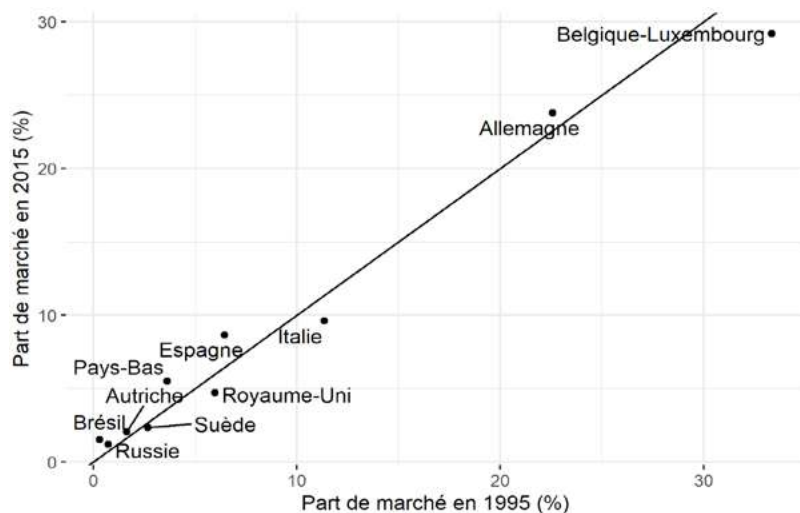
Analyse des dynamiques d'importations

Évolution des parts de marchés des principaux partenaires

Nous analysons des dynamiques de compétitivité des différents partenaires fournisseurs de la France en présentant les dynamiques de parts de marché des importations. Celles-ci sont mesurées par le rapport entre les importations en provenance d'un partenaire donné, et les importations totales de la France, et sont comparées entre 1995 et 2015.

37. Les données de flux de la Belgique et du Luxembourg ont été agrégées tout au long de l'étude en raison du fait qu'elles l'étaient sur les données de la base Comtrade avant 1998.

Figure 40. Évolution des parts de marché d'importations commerciales de la France sur la filière acier



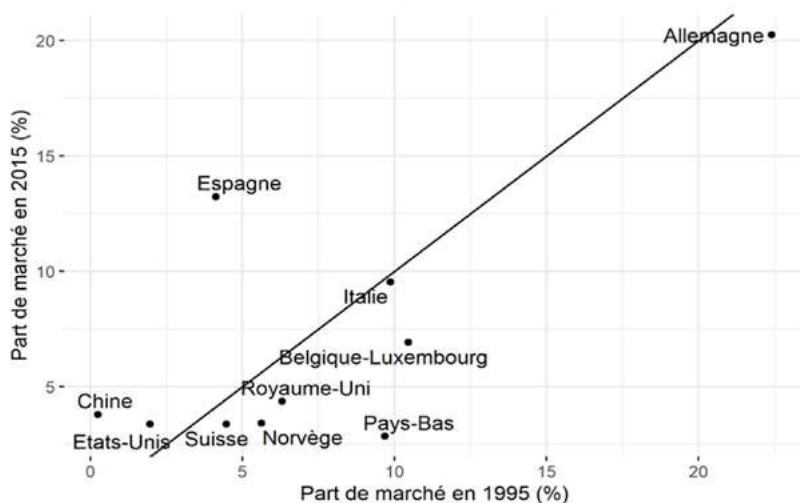
Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

Concernant la filière acier, la structure des importations (en termes de partenaires commerciaux) n'a pas évolué de manière drastique. Les importations en provenance de la zone Belgique-Luxembourg restent les plus importantes, même si leur part dans le total recule. L'Allemagne, avec presque 24 % des parts de marché en 2015, a continué à gagner des parts de marché en France sur la période.

Les parts de marché de l'Italie connaissent une très légère diminution en 2015, alors que celles de l'Espagne augmentent et tournent autour de près de 9 %. À l'inverse, les Pays-Bas, l'Autriche, mais aussi la Russie et le Brésil voient leur part de marchés augmenter sur la période.

Ces observations sur la filière acier sont en accord avec la forte intégration de sa production à l'échelle européenne au sein de laquelle la majorité des échanges se concentrent.

Figure 41. Évolution des parts de marché d'importations commerciales de la France sur la filière aluminium



Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

Sur le marché de l'aluminium, deux pays voient leur part de marché augmenter significativement : l'Espagne, dont la part de marché passe de 4 à 13 %, et la Chine, dont les importations quasiment insignifiantes en 1995 représentent désormais près de 4 % du total. Ces croissances se réalisent au détriment notamment de partenaires européens incluant les Pays-Bas et de la zone Belgique-Luxembourg, et, dans une moindre mesure, de l'Allemagne, la Norvège et la Suisse.

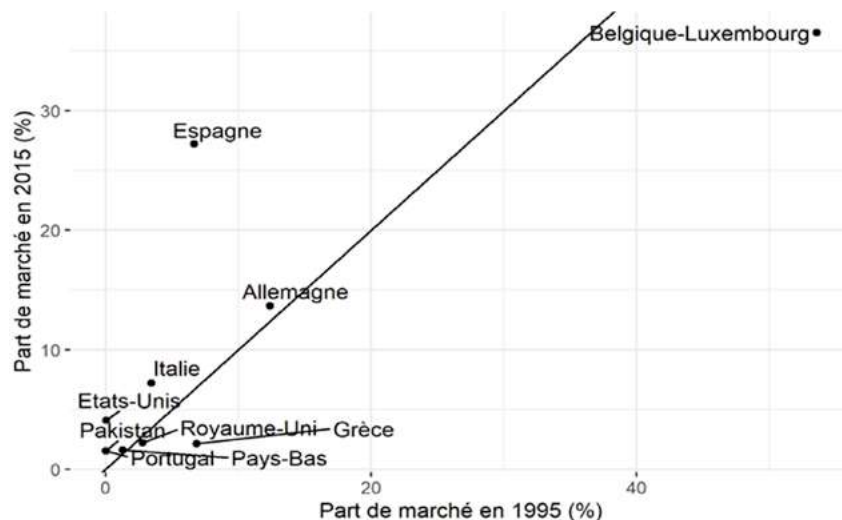
La très forte progression de l'Espagne dans les flux d'importation vers la France s'observe également sur la filière ciment, comme le montre la figure ci-contre.

En effet, les dynamiques commerciales au sein de la filière sont marquées par des parts de marché de l'Espagne qui atteignent 27 % en 2015, contre seulement près de 7 % en 1995. Elles sont également marquées par l'émergence d'acteurs extraeuropéens comme les États-Unis, mais dans une moindre mesure et ce, au détriment notamment de la zone Belgique-Luxembourg, qui reste néanmoins le premier exportateur vers la France malgré une nette diminution de celle-ci (qui passe de 54 % à près de 37 %).

Les principaux exportateurs vers la France étaient européens sur la période 1995-2015, mais la situation est en passe d'évoluer, avec l'émergence de partenaires extraeuropéens tels que la Turquie qui exporte de plus en plus de ciment à compter de 2017 en raison de ses fortes surcapacités de production³⁸.

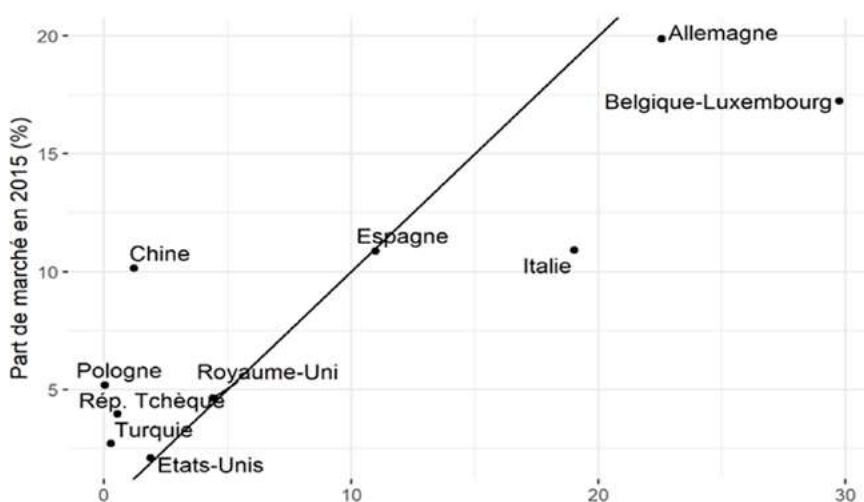
Cette dynamique est également observée sur la filière verre plat : celle-ci voit en effet la part de l'Allemagne, de la zone Belgique-Luxembourg et de l'Italie diminuer, au profit d'une augmentation de la part de la Chine qui passe à plus de 10 % alors que celle-ci était de moins de 2 % en 1995, soit une augmentation de plus de 8 points sur la période. La Pologne connaît, elle aussi, une forte croissance de ses exportations de verre plat vers la France, avec près de 5 % de part de marché, contre pratiquement 0 % en 1995.

Figure 42. Évolution des parts de marché d'importations commerciales de la France sur la filière ciment



Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

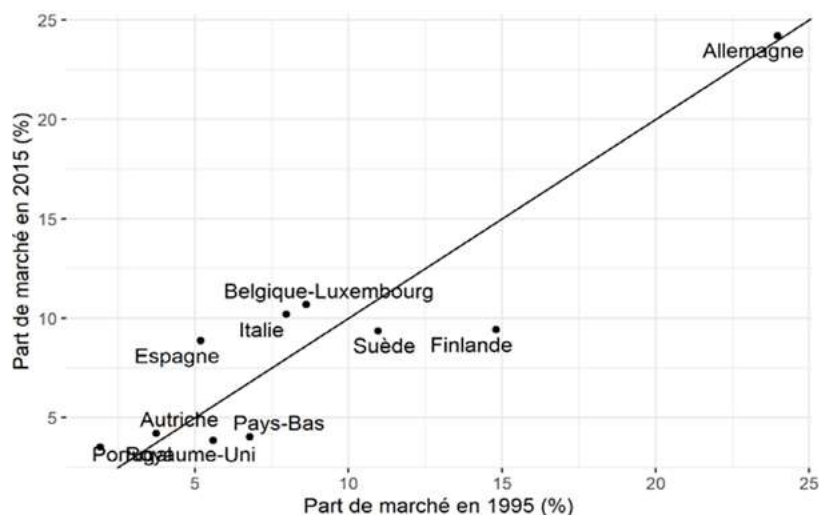
Figure 43. Évolution des parts de marché d'importations commerciales de la France sur la filière verre plat



Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

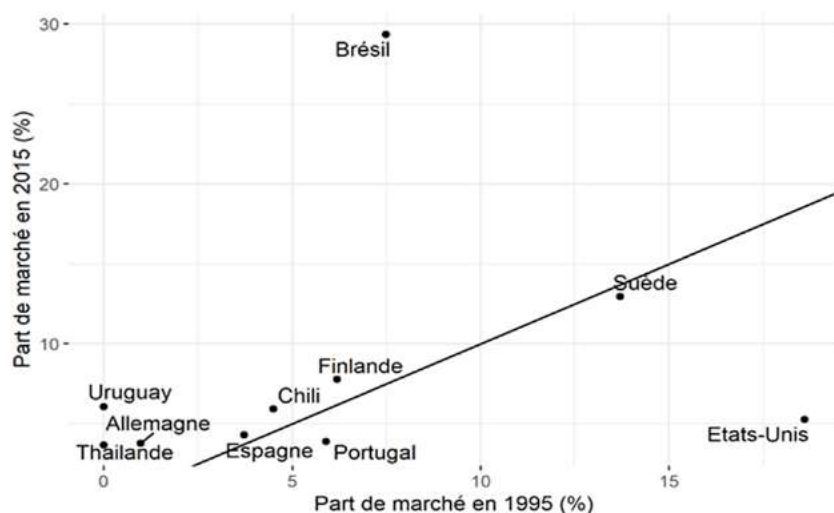
38. Syndicat turc du ciment.

Figure 44. Évolution des parts de marché d'importations commerciales de la France sur la filière papier



Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

Figure 45. Évolution des parts de marché d'importations commerciales de la France sur la filière pâte à papier



Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

La figure 44 montre des dynamiques d'importation sur la filière papier qui sont marquées par le recul des pays scandinaves (Finlande et Suède), au profit d'autres pays européens, notamment la Belgique-Luxembourg, l'Espagne, et l'Italie. Aucun pays extraeuropéen n'a observé une nette augmentation de ses parts de marché sur la période sur la filière papier et carton.

Sur le segment de la pâte à papier en revanche, comme le montre la figure ci-dessous, le Brésil observe une forte progression de ses parts de marché qui passent de 7,5 % en 1995 à près de 30 % en 2015 et ce, au détriment notamment des États-Unis, dont la part de marché est en baisse de plus de 13 points (18 % à 5 %).

L'Uruguay et le Chili confirment l'essor de la zone Amérique du Sud sur la pâte à papier, tandis que l'Allemagne voit également sa part de marché augmenter, de même que l'Espagne et la Finlande.

La filière PVC a vu les parts de marché de l'Allemagne et de la Chine nettement augmenter (la Chine atteint presque 15 % de parts de marché alors que celle-ci était presque nulle en 1995). L'Italie et l'Espagne voient également augmenter leurs parts de marché dans les importations et ce, au détriment de la zone Belgique-Luxembourg, des Pays-Bas, mais également du Royaume-Uni.

Ces observations sont confirmées sur la figure 46.

Enfin, même si la filière sucre est sujette au système de quotas communautaires sur la période et qui peut rendre biaisées les observations en termes de flux commerciaux, la figure ci-dessous montre une augmentation des parts de marché de partenaires européens que sont l'Allemagne, l'Espagne et le Royaume-Uni. Le Brésil et la Thaïlande observent également des gains de parts de marché, mais plus contenus. En revanche, les parts de marché de la Belgique-Luxembourg, des Pays-Bas et de l'Inde (dans une moindre mesure) ont diminué sur la période.

La filière ne déroge par conséquent pas à l'observation qui positionne les pays de la zone communautaire européenne au rang des premiers fournisseurs de la France en sucre.

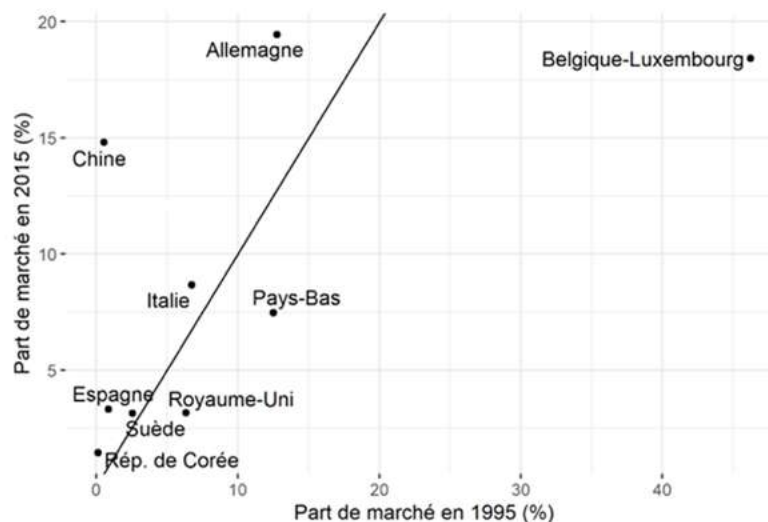
Conclusion sur l'analyse des dynamiques d'importation

Chacune des filières possède certaines spécificités en termes de partenaires commerciaux et d'évolution des positions de ces derniers en termes de parts de marché.

Cependant, quelques enseignements tendanciels peuvent être tirés au niveau global :

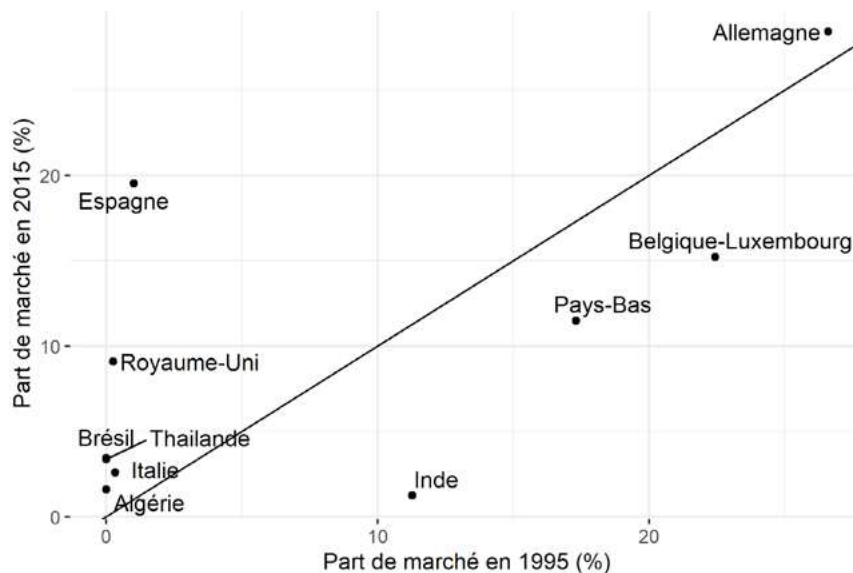
- les partenaires européens restent les principaux exportateurs vers la France, même si leur part de marché globale tend à diminuer ;
- au sein de l'Europe, une tendance favorable à l'Europe du Sud (l'Espagne et, dans une moindre mesure, l'Italie) peut être soulignée, mettant en évidence des différentiels de compétitivité commerciale/coûts au sein même de l'Europe ;
- au niveau extraeuropéen, la poussée de la Chine est notable dans certaines filières, et se voit d'autant plus dans certaines catégories de produits plus exposées, comme le montre l'analyse détaillée de chaque filière (voir en annexe A, section 1.2 sur l'analyse par filière de la désindustrialisation) ;
- ceci est, par exemple, le cas des « structures et pièces en aluminium pour la construction » pour lesquelles les volumes importés étaient nuls en 1995 et ont atteint 12 kt en 2015.

Figure 46. Évolution des parts de marché d'importations commerciales de la France sur la filière PVC



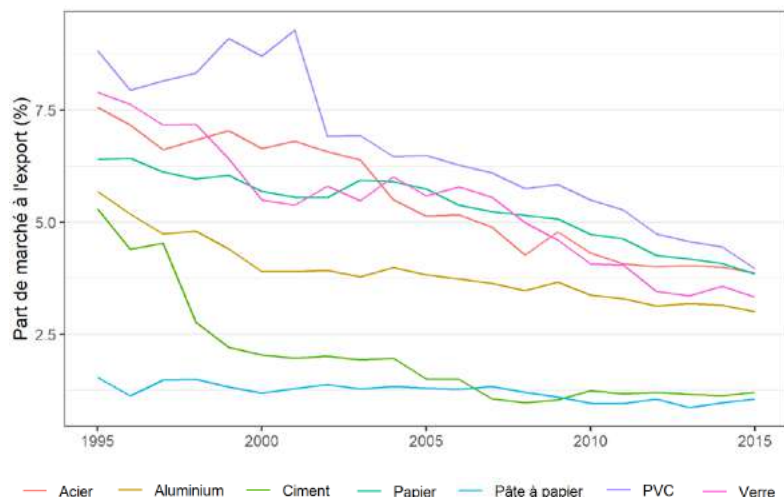
Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

Figure 47. Évolution des parts de marché d'importations commerciales de la France sur la filière sucre



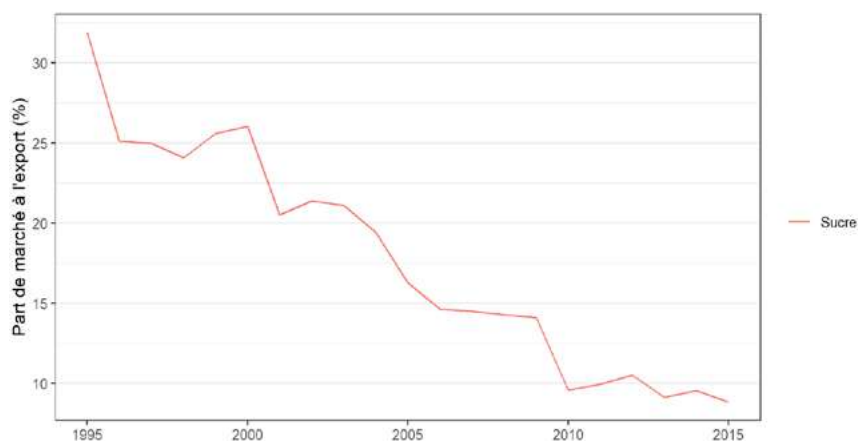
Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

Figure 48. Parts de marché à l'exportation de la France sur la période 1995-2015



Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

Figure 49. Parts de marché à l'exportation de la France de la France sur la période 1995-2015 – Filière sucre



Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

Analyse des dynamiques d'exportations

La perte de compétitivité de la France au niveau domestique, illustrée par l'augmentation des importations, est également visible au niveau des exportations.

Pour l'illustrer, nous analysons l'évolution des parts de marché dans les exportations mondiales de la France, l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie et la Chine, sur l'ensemble des filières (la part de marché pour chaque filière correspond donc au ratio entre le total des exportations d'un de ces pays pour la filière, sur le total des exportations mondiales au niveau de cette même filière).

La figure 48 présente l'évolution des parts de marché de la France sur la période 1995-2015 sur les filières. Pour toutes les filières présentées, les parts de marché à l'export de la France ont baissé, souvent de façon significative, à l'exception de la pâte à papier qui observe une baisse beaucoup plus modérée.

La filière sucre enregistre également une baisse conséquente de sa part de marché qui passe de 30 % en 1995 à près de 5 % en 2015, comme le montre la figure 49.



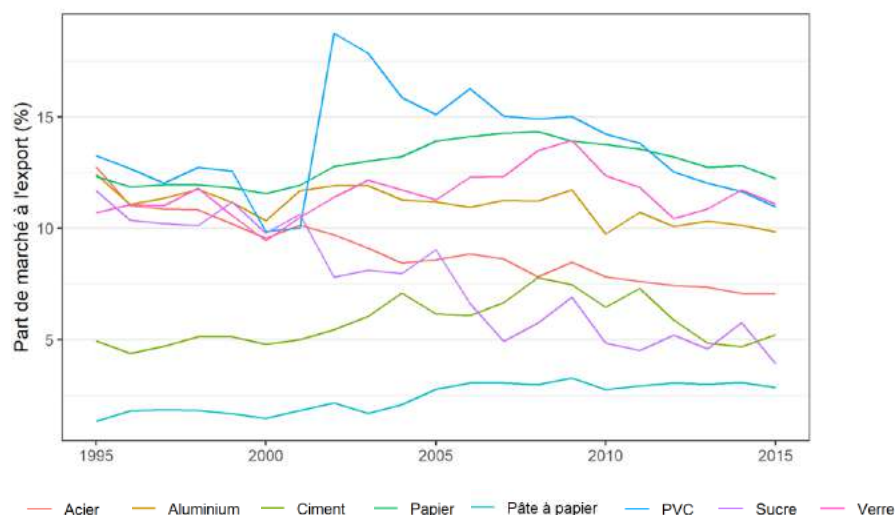
La figure 50 présente le cas de l'Allemagne dont la situation est plus contrastée, et moins alarmante. La part de marché a également diminué dans certaines filières, comme le sucre (passant de 12 % à un peu plus de 3 %), ou l'acier (13 % à moins de 7,5 %).

Mais d'autres filières se maintiennent (ciment) voire augmentent (Papier, pâte à papier) leurs parts de marchés, dressant ainsi un tableau plus favorable que celui de la France.

La figure 51 présente le cas de l'Espagne. La compétitivité internationale de l'Espagne, à l'instar de ce qui était observé dans ses relations avec la France, s'est maintenue et même améliorée dans la quasi-totalité des filières, exception faite du verre plat et du sucre.

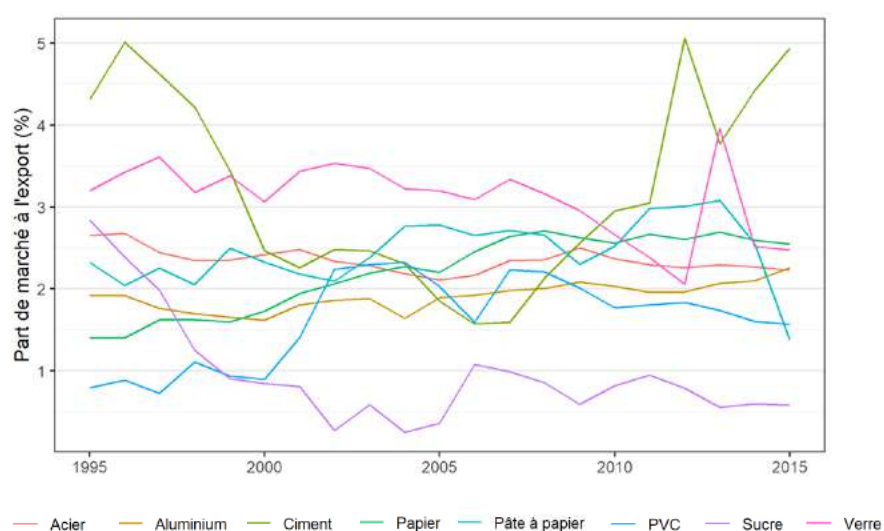
C'est notamment le cas du PVC, mais aussi de l'aluminium et du papier. La filière ciment, qui a connu une baisse de sa compétitivité internationale entre 1996 et 2007 a par la suite enregistré une nette reprise, lui permettant de reconquérir son marché en 2015.

Figure 50. Parts de marché à l'exportation de l'Allemagne sur la période 1995-2015



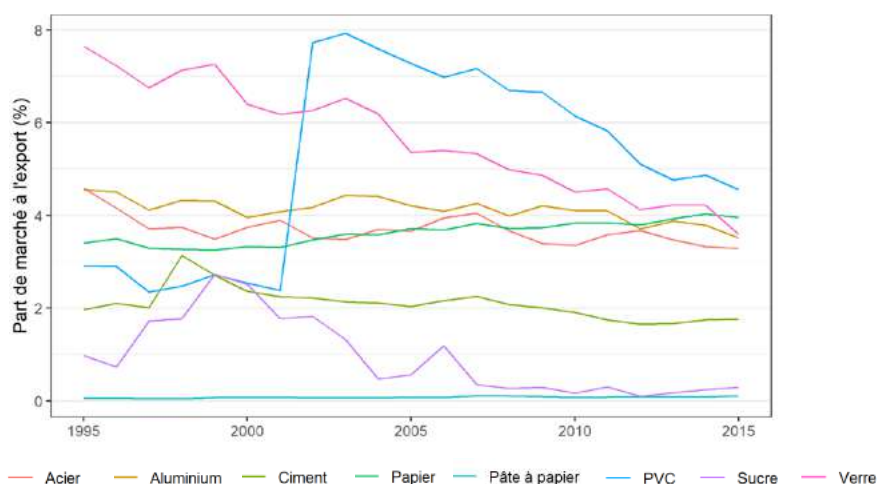
Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

Figure 51. Parts de marché à l'exportation de l'Espagne sur la période 1995-2015



Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

Figure 52. Parts de marché à l'exportation de l'Italie sur la période 1995-2015

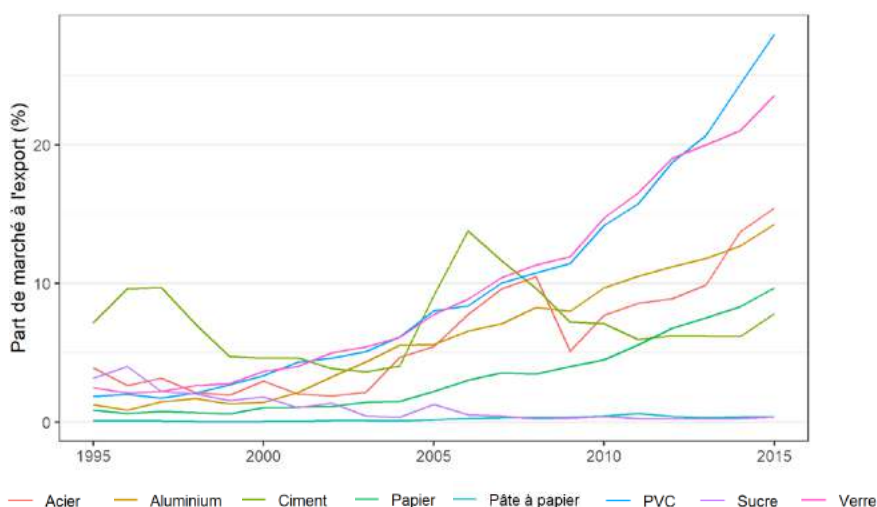


Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

La figure 52 présente le cas de l'Italie. La compétitivité internationale de l'Italie s'est nettement dégradée dans le secteur du verre, le pays passant de près de 8 % à moins de 4 % de sa part de marché dans les exportations mondiales entre 1995 et 2015. La filière PVC italienne a, quant à elle, connu un bond en 2001 de sa part de marché qui s'est ensuite dégradée pour atteindre un niveau de près de 4,5 % en 2015. Cette baisse est également observée sur la filière sucre, alors que l'ensemble des autres filières italiennes est resté relativement stable en termes de parts de marché à l'export sur la période.

Les dynamiques des pays européens sont donc différenciées, mais dans tous les cas nettement défavorables lorsqu'on les compare à la dynamique de la Chine (figure 53).

Figure 53. Parts de marché à l'exportation de la Chine sur la période 1995-2015



Sources : Données UN-Comtrade, OCDE, Calculs Deloitte

La Chine voit en effet sa part de marché augmenter de manière spectaculaire pour la quasi-totalité des filières et ce, à l'exception des filières pâte à papier et ciment. La filière PVC, par exemple, enregistre une augmentation très soutenue de sa part de marché dans les exportations mondiales, passant ainsi de 2 % à près de 30 % des exportations mondiales. La part de marché de la Chine dans les exportations de verre a également été multipliée par huit pour atteindre près de 24 % des exportations mondiales en 2015.

La dynamique est similaire pour les filières papier, acier et aluminium pour lesquelles la part de marché des exportations de la Chine est passée de moins de 5 % à 10 %-15 % en 2015.

Ces dynamiques dans la compétitivité internationale sont révélatrices de deux aspects :

- une baisse effective de la compétitivité internationale de la France sur la quasi-totalité des filières ;
- et une montée de celle de la Chine sur le marché mondial qui accapare l'essentiel de la croissance du commerce international, contribuant ainsi à la désindustrialisation de la France.

3.3 Conclusion sur la relation entre commerce international et désindustrialisation

La France a subi, sur la période 1995-2015, une désindustrialisation induite par plusieurs facteurs. Parmi ceux-ci, la dégradation du solde commercial due à la fois à une augmentation des importations en provenance de pays partenaires fournisseurs de la France, mais également à une perte de part de marché des exportations françaises à l'international. Le but de cette partie de l'étude a été d'illustrer et de quantifier ce processus de désindustrialisation et de détailler la contribution du commerce international à cette tendance.

Le constat de désindustrialisation est avéré aussi bien au niveau de chacune des filières, qu'au niveau de catégories de produits spécifiques, avec des disparités sur la production industrielle et la contribution du commerce international à son ampleur. En effet, sur la plupart des filières, une baisse de la production industrielle française est observée sur la période, alors que la consommation finale et les importations en France sont en hausse. Pour les autres filières, la hausse modérée de la production industrielle est inférieure à la croissance du PIB et à celle de la consommation.

L'essentiel du commerce de la France est intraeuropéen. Dans la plupart des cas, et pour l'essentiel des filières, la France voit son solde commercial avec les pays européens se dégrader, y compris avec des pays pour lesquels la situation était excédentaire ou au moins équilibrée en 1995. L'étude détaillée des flux commerciaux montre notamment la forte poussée des importations en provenance d'Europe du Sud, ainsi que la tendance à l'affaiblissement de la France dans sa relation commerciale avec l'Allemagne.

Même si le commerce extraeuropéen reste minoritaire, l'étude révèle l'émergence de partenaires extra-Union européenne dans certaines filières, notamment la Chine, qui

contribuent significativement à l'essor des importations et au recul de la production domestique.

Une autre caractéristique commune à toutes les filières, est la baisse de la compétitivité internationale de la France. En effet, alors que d'autres pays européens ont su stabiliser leurs parts de marché à l'exportation, celles de la France ont drastiquement baissé, confortant le constat d'une baisse de la compétitivité de la France par rapport à ses partenaires.

L'ensemble des éléments issus des analyses présentées tendent à démontrer l'impact du facteur « commerce international » dans la désindustrialisation de la France. Nos analyses ont en effet montré que :

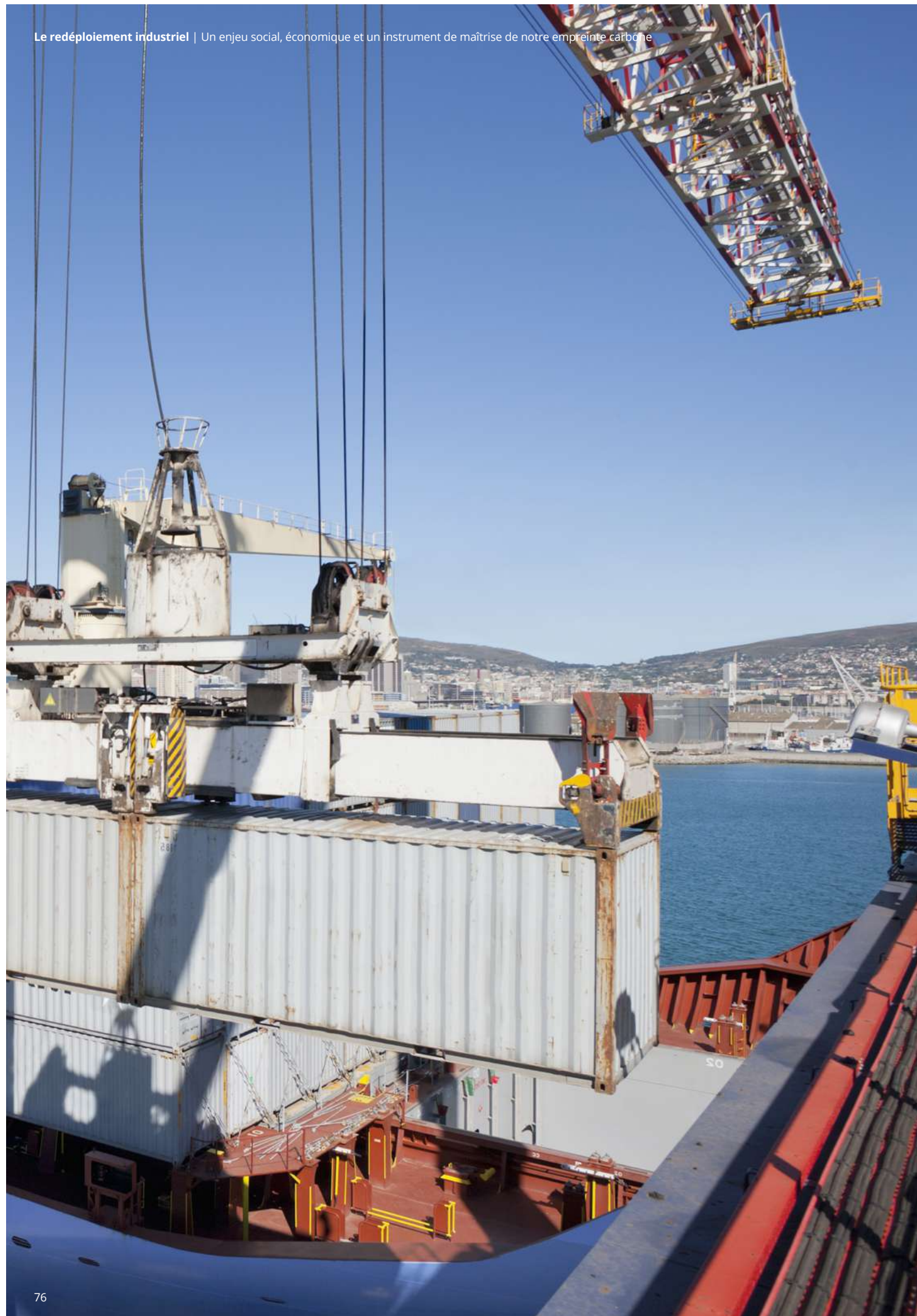
- la part des industries concernées dans le PIB a significativement diminué entre 1995 et 2015 ;
- les niveaux de production ont également décroché par rapport aux tendances de consommation finale des industries en question, démontrant ainsi que la production domestique n'avait pas capté tout ou partie de la croissance naturelle de l'usage des produits en question, et que la baisse de la production n'est pas seulement imputable à la tertiarisation de la consommation ;
- les soldes commerciaux des filières en cause se sont dans leur quasi-totalité dégradés sur la période 1995-2015, notamment sous l'effet d'une augmentation sensible des importations, qui s'est pour la plupart des filières accélérée à partir de la seconde moitié des années 2000 ;
- les partenaires ayant profité de ce recul de la production domestique varient selon les filières, mais la Chine, ainsi que les pays de l'Europe du Sud (Espagne et Italie en grande partie), figurent parmi les principaux gagnants, tout comme d'autres partenaires extraeuropéens ayant enregistré des croissances importantes sur certaines filières ou certains produits particulièrement exposés (par exemple le Brésil pour la pâte à papier).

Outre les effets en termes de solde commercial, la désindustrialisation de la France par le canal de la concurrence étrangère serait responsable de baisses substantielles des emplois dans le secteur industriel. L'étude de la DGT sur la désindustrialisation de la France sur la période 1980-2007³⁹ montre, via une estimation économétrique, qu'à terme (par exemple : compte tenu de l'ajustement lent de l'emploi, avec une partie de cet effet intervenu après 2007), entre 9 % et 80 % de la baisse de l'emploi industriel sont dus à la désindustrialisation.

Cette étude intègre les différents aspects de la désindustrialisation, et concerne l'ensemble des filières industrielles françaises. L'objectif de notre étude, plus restreint, est d'analyser l'impact à la fois économique et environnemental de la composante « commerce international » de la désindustrialisation, sur les filières intensives en énergie.

Les deux sections suivantes visent donc, à partir de ce constat de désindustrialisation imputable au commerce international, à en évaluer les effets sur les agrégats macroéconomiques et environnementaux (au travers de l'empreinte carbone de la France).

39. La désindustrialisation en France, Document de travail de la DG Trésor, Numéro 2010/01 – Juin 2010



4. Quantification des impacts économiques et environnementaux de la désindustrialisation de la France

4.1 Quantification des impacts économiques de la désindustrialisation

L'analyse des dynamiques comparées de la production, dans la partie précédente de la consommation et des importations a montré que la production des filières intensives en énergie avait connu un décrochage par rapport à l'évolution du PIB, mais également par rapport à la consommation, dans un contexte de hausse des importations et de dynamique moins favorable des exportations.

L'enjeu consiste à quantifier l'impact économique et climatique de la désindustrialisation au sein de ces filières, en se concentrant sur les effets de la substitution de production domestique par des importations. Les effets imputables à la perte de compétitivité à l'export, qui participent également de la désindustrialisation, mais qui n'impactent pas l'empreinte carbone, ont également été estimés et figurent en annexe B du rapport.

La démarche entreprise est la suivante :

- détermination des chocs de production imputables à la substitution de production domestique par des importations pour les filières examinées (en France et pour les pays partenaires) ;
- modélisation de l'impact macroéconomique de ces chocs pour l'économie française (effets sectoriels en termes de production, de valeur ajoutée et d'emploi) ;
- modélisation de l'impact en termes d'empreinte carbone du choc imputable à la substitution de la production domestique par les importations.

Les sections suivantes présentent en détail la démarche suivie, allant de la détermination du choc de production pour chacune des stratégies mentionnées, à leur modélisation économique et environnementale.

Détermination du choc de production associée à la substitution de la production domestique par des importations

La quantification du choc de production consiste à estimer l'ampleur de la substitution de la production domestique par les importations.

Cela permettra ensuite de quantifier l'impact de ce phénomène sur l'évolution de l'empreinte carbone de la France sur la même période.

Dans la quantification de ce choc, il convient dans un premier temps de confirmer et de quantifier le décrochage de la production par rapport à la consommation. Pour se limiter à des effets de substitution de production par des importations, il convient en effet de ne pas tenir compte des importations qui interviendraient en réponse à une hausse de la consommation d'un bien. Nous faisons donc le choix de borner la substitution au déficit d'évolution de la production par rapport à la consommation.

Tableau 15. Évolutions de la production et de la consommation en 2015

Filière	Évolution de la production de l'indice de base 100 en 1995	Évolution de la consommation de l'indice de base 100 en 1995
Acier	117	121
Aluminium	116	121
Ciment	122	140
Papier	67	143
PVC	90	181
Sucre	70	175
Verre plat	113	146

Sources : Données Insee, Calculs Deloitte

Tableau 16. Déficit de production du scénario production-consommation

Filière	Production observée en 2015	Production simulée en cas d'application de la tendance de consommation (2015, en valeur M€)	Déficit de production (M€)
Acier	14 980	15 474	493
Aluminium	4 020	4 181	160
Ciment	2 137	2 440	303
Papier	5 949	12 574	6 625
PVC	218	437	219
Sucre	3 500	8 815	5 315
Verre plat	2 033	2 633	600
Total	32 837	46 554	13 715

Source : Données Insee, Calculs Deloitte

Tableau 17. Écart entre les valeurs importées entre 1995 et 2015 (scénario production-importations)

Filière	Écart/produit entre 1995 et 2015 (M€)	Écart en volume (kt)
Acier	3 982	5 635
Aluminium	2 943	758
Ciment	207	2 207 pour le ciment et 224 pour le clinker
Papier	1 365	2 072
PVC	485	235
Sucre	99	159
Verre plat	580	337
Total	9 661	11 630

Sources : UN-Comtrade, Calculs Deloitte

Toutes les filières voient donc leur production augmenter moins vite que la consommation. Un premier indicateur de quantification de la désindustrialisation consiste donc à imputer à la désindustrialisation, la différence entre la production observée, et la production qui aurait été observée dans l'hypothèse où celle-ci aurait suivi la même dynamique que celle de la consommation entre 1995 et 2015.

Le tableau 16 présente les résultats d'une telle simulation au point d'arrivée de l'année 2015, ainsi que le déficit de production qui en résulte (en valeur), par filière et en cumulé.

Ce décrochage de la production par rapport à la consommation peut être dû à une hausse des importations, mais pas seulement. La production peut décrocher par rapport à la consommation pour d'autres raisons, par exemple une baisse des exportations, ou encore la tertiarisation de l'économie, conduisant à comptabiliser dans la catégorie des services, une partie de la valeur ajoutée autrefois affectée à l'industrie. Par conséquent, il est nécessaire de ne retenir que la part de ce déficit qui correspond à une hausse des importations.

Le tableau 17 présente l'écart en termes d'importations pour les produits des filières pour lesquels le solde commercial s'est dégradé.

Le tableau ci-dessous rappelle pour chaque filière les deux mesures de déficit de production d'une part, et de hausse des importations d'autre part.

Tableau 18. Écart entre les deux scénarios

Filière	Déficit de production par rapport à la consommation (en M€)	Augmentation des importations (M€)
Acier	493	3 982
Aluminium	160	2 943
Ciment	303	207
Papier	6 625	1 365
PVC	219	485
Sucre	5 315	99
Verre plat	600	580
Total	13 715	9 661

Sources : Données UN-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

Pour la plupart des filières, le déficit de production simulé est supérieur à la hausse des importations. Dans ce cas, la mesure retenue pour quantifier la désindustrialisation est le supplément d'importation, afin de ne pas prendre en compte dans le calcul d'empreinte carbone des évolutions de productions qui seraient exogènes au commerce international.

Pour l'acier, l'aluminium et le PVC, la hausse observée des importations est plus forte que l'écart entre la valeur de production observée et la valeur de la production simulée par l'application de la dynamique de consommation. Cela peut notamment s'expliquer par un développement tendanciel du commerce international, qui touche à la fois les importations et les exportations. Dans ce cas, une partie de la hausse des importations ne proviendrait pas uniquement d'une perte de compétitivité de la production française,

mais d'une plus grande spécialisation et interdépendance des économies. Pour éviter de surestimer l'impact de la désindustrialisation, nous retenons pour chaque filière la valeur la plus faible des deux mesures : l'impact de la désindustrialisation retenu ne peut donc pas être supérieur à la hausse observée des importations, ni au déficit d'évolution de la production par rapport à la consommation.

Le tableau ci-dessous en déduit le déficit de production imputable à la désindustrialisation et à sa composante de substitution de production domestique par des importations, pour chacune des filières, à l'issue de la période 1995-2015.

Tableau 19. Déficit de production avec le scénario substitution

Filière	Déficit de production imputable à la désindustrialisation (M€)	Déficit de production imputable à la désindustrialisation (kt)
Acier	493	815
Aluminium	160	50
Ciment (incl. clinker)	303	2 434
Papier	6 625	2 072
PVC	219	116
Sucre	5 315	159
Verre plat	600	337
Total	13 715	5 980

Sources : Données UN-Comtrade, Insee, Calculs Deloitte

La perte de production imputable à la désindustrialisation sur l'ensemble des sept filières s'élève par conséquent **à plus de 3 Md €** à l'issue de la période 1995-2015. En termes de volume, celles-ci sont très élevées pour la filière cimentière avec un déficit de plus de 2 400 kt, dont 195 kt pour le clinker ainsi que pour la filière papetière avec 2 072 kt de déficit, dont 903 kt de déficit pour la pâte à papier.

Mis en perspective par rapport aux productions en volume de 2018, les déficits en volume pour chacune des filières en pourcentage sont récapitulés sur le tableau ci-après ⁴⁰.

Tableau 20. Déficit de production 2015 en pourcentage de la production 2018

Filière	Déficit de production imputable à la désindustrialisation (M€)	Déficit de production imputable à la désindustrialisation (M€)	Déficit de production imputable à la désindustrialisation (kt)
Acier	15 386	815	5 %
Aluminium	877	50	6 %
Ciment	16 537	2 207	13 %
Clinker	12 513	224	2 %
Papier	7 864	1 365	17 %
Sucre	4 700	159	3 %

Sources : WorldSteel, Aluminium France, SFIC, Copacel, SNFS et FranceAgrimer

40. Les filières verre plat et PVC ne sont pas incluses en raison d'incomplétudes des données.

Alors que pour les filières sucre, acier et aluminium, le déficit de production résultant de la désindustrialisation en 2015 représente 4 %, 5 % à 6 % de la production de 2018, cette part est de 13 % pour le ciment et le clinker respectivement, et atteint 17 % pour la filière papier. Ceci représente des volumes plus ou moins importants.

a répartition par partenaire des volumes de productions « récupérés » selon ce scénario est donnée sur le tableau ci-dessous.

Ainsi, les partenaires européens sont ceux avec lesquels les volumes perdus sont relativement les plus importants, conformément aux observations déjà effectuées en section 3 du rapport.

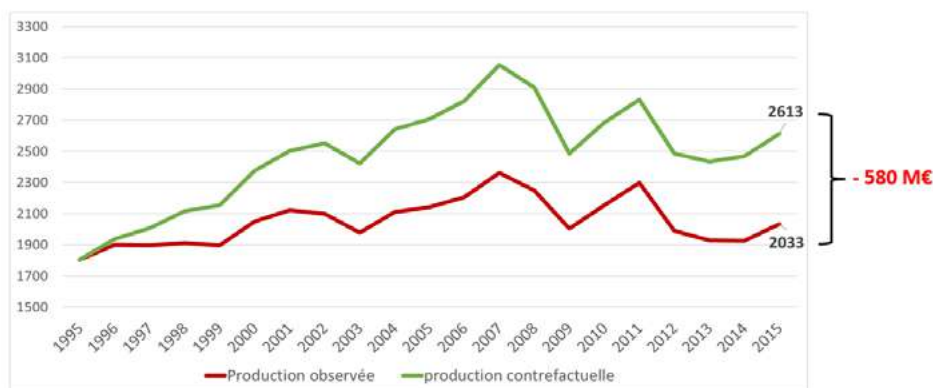
Toujours conformément à ces observations, la Chine est le premier partenaire extraeuropéen avec lequel le déficit de production est enregistré.

Le déficit de production imputable à la désindustrialisation est calculé année après année, pour chacune des filières, afin de servir de données d'entrée à la modélisation économique et environnementale.

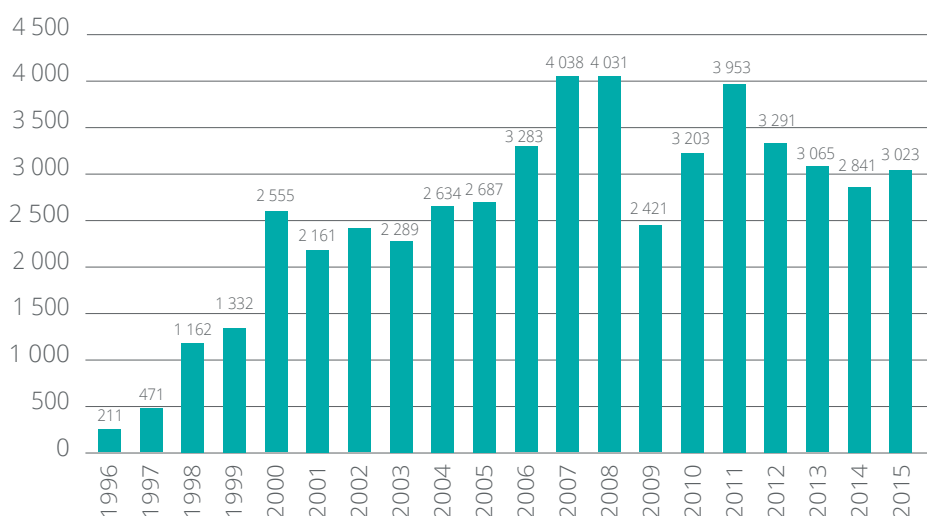
Tableau 21. Répartition des déficits de production imputables à la désindustrialisation (kt)

Partenaire	Acier	Aluminium	Ciment	Clinker	Papier	PVC	Sucre	Verre plat	Total
Allemagne	248	8	197	32	345	21	47	103	1 000
Espagne	95	11	723	70	313	3	53	56	1 325
Italie	55	5	172	6	180	11	5	10	445
Pologne	26	2	0	0	121	1	0	12	163
EU-23	284	10	1 060	7	429	22	42	92	1 945
Russie	27	1	0	0	12	0	0	0	40
Chine	12	2	N/A	N/A	21	30	0	44	109
États-Unis	1	1	0	104	13	0	0	3	122
Maghreb	1	0	19	4	2	0	5	3	33
Turquie	8	1	1	0	4	0	0	8	22
Reste du monde	59	9	35	1	632	28	7	5	775
Total	815	50	2 207	224	2 072	116	159	337	5 980

Source : Données UN-Comtrade, Calculs Deloitte

Figure 54. Comparaison entre la production observée et la production contrefactuelle pour la filière verre plat (M€)

Source : Données Insee et UN-Comtrade, Calculs Deloitte

Figure 55. Choc de désindustrialisation retenu année par année (M€)⁴²

Source : Données Insee et UN-Comtrade, Calculs Deloitte

Les deux figures ci-dessous présentent l'exemple de la filière verre plat entre 1995 et 2015. La différence entre la production observée et la production contrefactuelle évolue donc année après année, en fonction des évolutions respectives de la production et des importations.

La figure 55 présente le choc global, toutes filières confondues hors sucre⁴¹ retenu année par année.

Dans le même temps, le déficit de production française est comptabilisé comme un choc positif pour les exportations des autres pays vers la France. Dans notre modèle d'équilibre général calculable (DAE-RGEM) le total de production perdue par la France est réparti de manière individuelle entre les pays d'intérêts de l'étude⁴³ et de manière agrégée sur les autres pays, au prorata de leurs parts de marché observée dans les importations françaises. Par exemple, si le déficit de production imputable aux importations est estimé à 300 millions d'euros en année n , et que la Chine représentait 10 % des importations françaises cette année-là, un choc positif de 30 millions d'euros ($300 \times 10\%$) est comptabilisé pour la filière en question en Chine.

Résultats de l'analyse des impacts économiques de la désindustrialisation sur la période 1995-2015

La modélisation d'équilibre général calculable présentée en annexe D fournie en complément du présent rapport est la méthodologie utilisée pour quantifier les impacts économiques de la désindustrialisation.

Le modèle estime donc l'impact d'un choc correspondant au choc de désindustrialisation mis en évidence, et en x et en évalue l'impact en termes de production, de valeur ajoutée et d'emploi⁴⁴. évalue l'impact en termes de production, de valeur ajoutée et d'emploi⁴⁴.

41. La modélisation des impacts économiques de la désindustrialisation sur la filière sucre a été réalisée de façon ad hoc, en utilisant les ratios de valeur ajoutée/production, ainsi que d'emplois/production (cf. section 4.1.2).

42. Les chocs sont en négatif et représentent des déficits de production

43. Allemagne, Chine, États-Unis, Italie, Espagne, Pologne, Reste de l'UE-28, Russie, Maghreb, Turquie.

44. En raison de la faible valeur du choc modélisé sur le secteur du sucre, les effets de la désindustrialisation sur cette filière sont déterminés de façon ad hoc, en utilisant les ratios de valeur ajoutée et d'emplois.

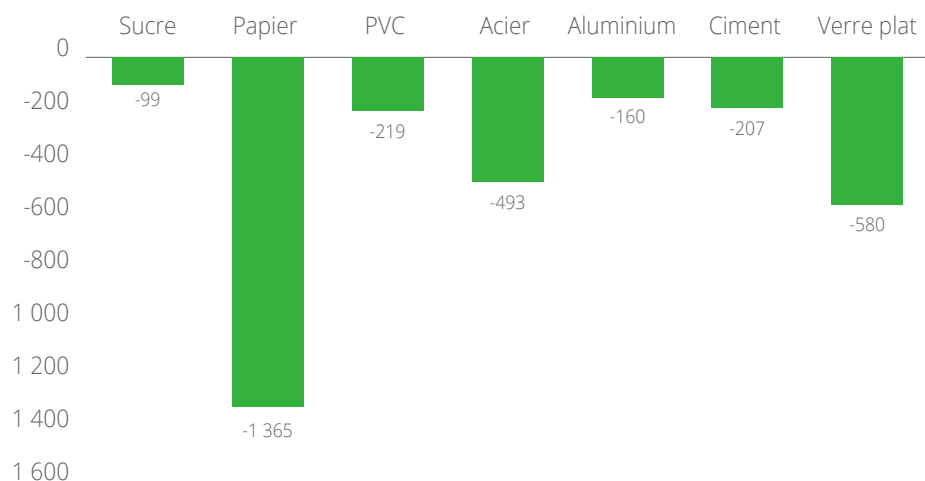
Impacts en termes de production et de valeur ajoutée

En termes de production, les impacts directs de la désindustrialisation correspondent au déficit de production mis en évidence. Celui-ci est d'un montant de plus de 3 Md € en 2015, sur le périmètre des filières étudiées.

La figure 56 présente la décomposition de ces pertes par filière en fin de période (2015).

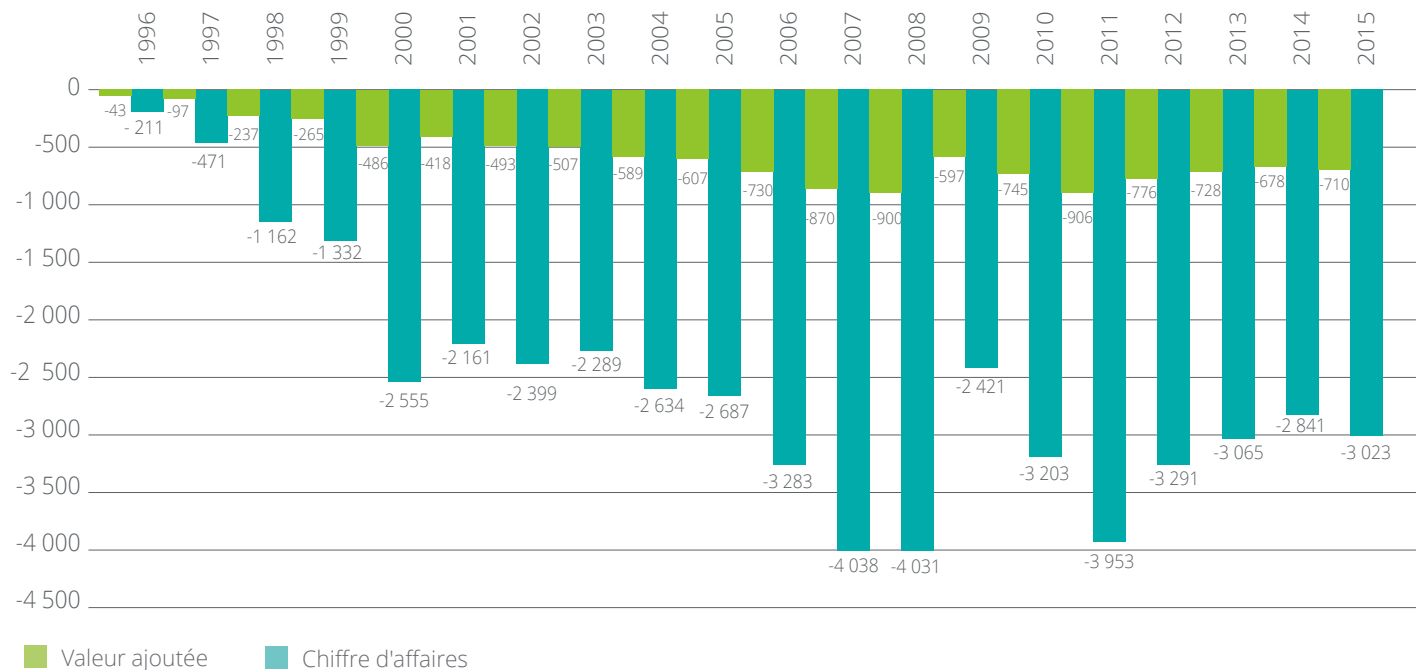
L'évolution du choc de production sur la totalité de la période est présentée sur la figure 57 qui présente également les impacts sur la valeur ajoutée année par année. L'impact négatif de la désindustrialisation est croissant tout au long des années 2000, avec un pic en 2007-2008.

Figure 56. Pertes de production en 2015 par filière (M€)



Source : Source : Données UN-Comtrade, Insee, GTAP, Calculs Deloitte

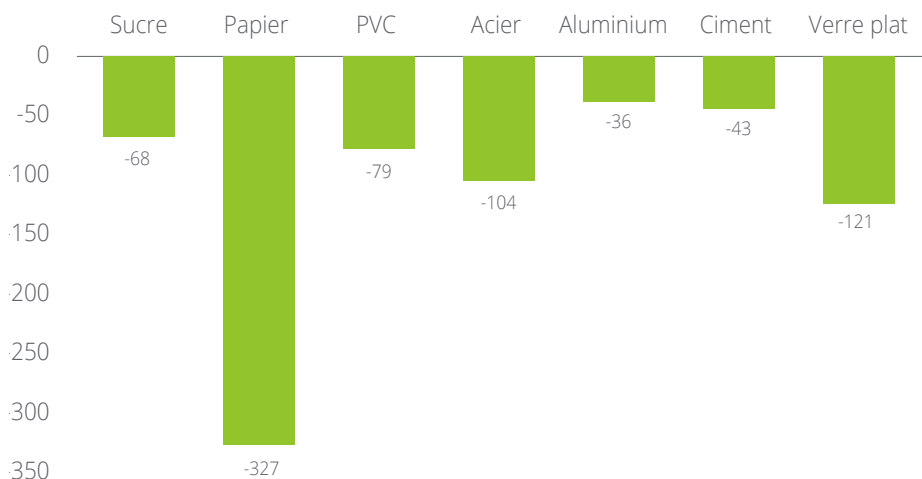
Figure 57. Impact total de la désindustrialisation sur la production et la valeur ajoutée⁴⁵(M€)



Sources : Données UN-Comtrade, Insee, GTAP, Calculs Deloitte

45. À l'exclusion de la filière sucre dont les impacts ont été modélisés de façon ad hoc en 2015 en raison de la faible valeur du choc.

Figure 58. Pertes en valeur ajoutée en 2015 par filière (M€)



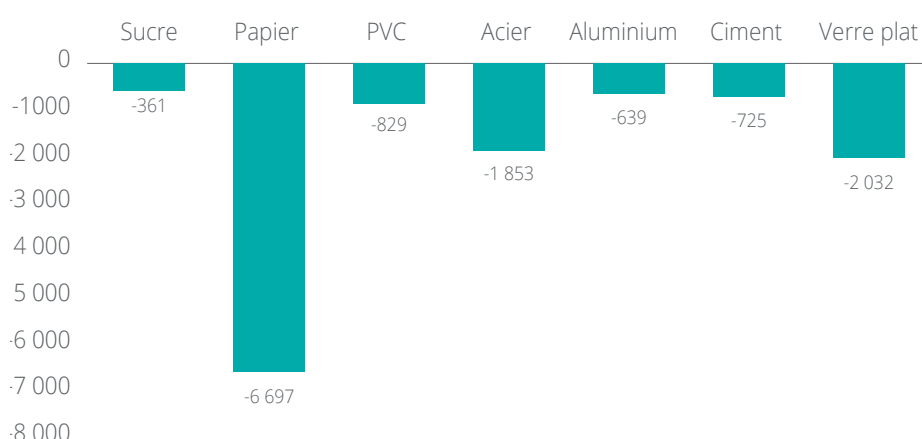
Sources : Données UN-Comtrade, Insee, GTAP, Calculs Deloitte

Le rebond intervenu juste après la crise financière est suivi d'un très fort décrochage en 2010-2011, qui n'est que très partiellement comblé sur les dernières années de la période étudiée. La figure 58 présente les effets sur la valeur ajoutée des filières. Tout comme pour la production, la filière papier est celle qui enregistre le plus de pertes en termes de valeur ajoutée en 2015.

Celles-ci sont de 327 M€. La filière verre plat enregistre un déficit de 121 M€ et la filière acier 104 M€.

Au total, les effets sur la valeur ajoutée en 2015 sur la totalité des filières s'élèvent à 778 M€.

Figure 59. Déficits d'emplois de la désindustrialisation en 2015 (ETP)



Sources : Données UN-Comtrade, Insee, GTAP, Calculs Deloitte

Impacts en termes d'emplois

Les impacts sur les emplois sont quantifiés sur le périmètre des branches auxquelles appartient chacune des filières. Par exemple, les impacts emploi sur la filière verre plat représentent l'ensemble des impacts, non seulement sur la première transformation du verre plat, mais également sur le verre plat travaillé. En effet, un déficit de production de la filière produit non seulement des effets sur les emplois au niveau de chaque flotte, mais également sur le travail du verre plat en raison de la production déficitaire. De plus, il est à noter que ces impacts sur l'emploi représentent à la fois des emplois qui sont perdus en raison du déficit de production et des emplois non créés du fait de l'absence de croissance de la production pour la filière.

Ceci nous permet de raisonner en termes de « déficits d'emplois » et non seulement en termes de pertes d'emplois s'agissant de la désindustrialisation.

Les impacts de la désindustrialisation sur les emplois de chacune des filières sont récapitulés sur la figure 59.



Alors que la filière papier dans son ensemble enregistre des déficits de près de 7 000 emplois en 2015, les filières verre plat et acier en enregistrent 2 032 et 1 853 respectivement. La filière PVC enregistre un déficit de 829 emplois, la filière ciment enregistre 725 et l'aluminium 639. La filière sucre, enfin, enregistre un déficit de 361 emplois en 2015.

Les filières enregistrent ainsi un déficit total de 13 137 emplois à cause de la substitution entre production nationale et importations de biens.

Le tableau 22 récapitule les effets en point d'arrivée (2015) en termes de production, de valeur ajoutée et d'emplois.

Les impacts en termes de valeur ajoutée et d'emploi simulés par le modèle sont corroborés par la comparaison des ratios valeur ajoutée/production et emplois/production aux données Insee propres à chaque filière ou branche.

Le tableau ci-dessous compare les ratios issus des résultats du modèle aux ratios fournis par l'Insee pour chacune des filières. Comparaison des ratios de valeur ajoutée et d'emploi avec l'Insee

Tableau 22. Récapitulatif des impacts en 2015

Filière	Déficit de production (M €)	Déficit en valeur ajoutée (M €)	Déficit en emplois (ETP)
Acier	493	104	1 853
Aluminium	160	36	639
Ciment	207	43	725
Papier	1 365	327	6 697
PVC	219	79	829
Sucre	99	68	361
Verre plat	580	121	2 032
Total filières	3 123	778	13 137

Source : Calculs Deloitte

Tableau 22. Récapitulatif des impacts en 2015

Filière	Ratio Valeur ajoutée/ Production	Ratio Valeur ajoutée/ Production Insee (2017)	Ratio Emploi/Production	Ratio Emploi/Production Insee (2017) et Fédérations ⁴⁶
Acier	21 %	21 %	3,8	2,5
Aluminium	23 %	21 %	3,9	2,5
Ciment	21 %	34 %	3,5	2,02
Papier	24 %	28 %	4,9	2,18
PVC	36 %	36 %	3,8	4,8
Sucre	69 % ⁴⁷	47 %	3,7	4,4
Verre plat	21 %	34 %	3,5	4,07
Total filières	25 %	32 %	4,21	5,5

Source : Calculs Deloitte

46. SFIC, SFNS, COPACEL.

4.2 Quantification des impacts de la désindustrialisation sur l'empreinte carbone de la France

La désindustrialisation de la France n'a pas seulement des conséquences économiques. La substitution de production domestique par des productions importées impacte également le niveau d'émissions associées à la production des biens consommés en France, à hauteur de la différence entre l'intensité d'émission des industries françaises et l'intensité d'émissions des industries étrangères qui se sont substituées à la production domestique. Cette section vise à estimer l'ampleur de cet impact climatique en termes d'empreinte carbone.

Méthodologie de quantification des impacts environnementaux

Mesurer l'impact de la désindustrialisation en termes d'empreinte carbone nécessite une approche en trois temps :

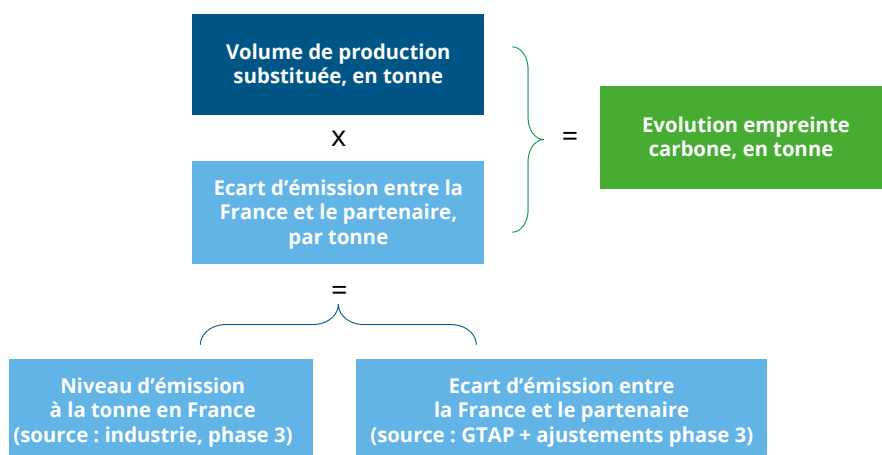
- caractériser les déplacements de production depuis la France vers d'autres pays induit par la désindustrialisation ;
- estimer les émissions qui auraient été associées à ces productions si elles étaient restées en France (qui correspondent aux émissions qui auraient été observées en l'absence de désindustrialisation) ;

- estimer les émissions qui ont été associées à ces productions finalement réalisées dans les pays auprès duquel la France a importé (qui correspondent aux émissions qui ont été observées du fait de la désindustrialisation) ;
- en déduire l'écart, qui correspond à l'impact en termes d'empreinte carbone.

Cette méthodologie de quantification de l'empreinte carbone est récapitulée sur la figure ci-dessous.

La première étape d'évaluation des déplacements de production correspond à celle déjà réalisée pour estimer les impacts économiques. Le tableau suivant rappelle, pour chaque filière, le total des volumes que l'on peut considérer comme ayant été substitués par des importations (à l'issue de la période en 2015).

Figure 60. Démarche de quantification des impacts sur l'empreinte carbone



Source : Calculs Deloitte

Tableau 23. Déficits de production en volume imputables à la désindustrialisation

Filière	Déficit de production imputable à la désindustrialisation (kt)
Acier	815
Aluminium	50
Ciment	2 434
Papier	2 072
PVC	116
Sucre	159
Verre plat	337
Total	5 980

Source : Calculs Deloitte

Ces volumes substitués sont par ailleurs affectés à chacun des pays partenaires de la France, à hauteur de leur part de marché dans les importations de la France, permettant ainsi de définir les volumes supplémentaires produits par chaque pays partenaire en substitution à une production française.

La seconde étape consiste à estimer les émissions équivalent France des volumes substitués. Un niveau de référence pour

chaque industrie est déterminé en utilisant soit des statistiques disponibles auprès de la filière préalablement à l'étude, soit les résultats de l'analyse spécifique menée dans le cadre de cette étude et décrite en section 2.2.

Les intensités d'émissions qui sont utilisées pour le calcul des effets sur l'empreinte carbone pour chacune des filières sont données sur le tableau ci-dessous.

Tableau 24. Intensités d'émissions de la France par filière

Filière	Intensité d'émission (tCO ₂ e/t produit)
Acier	2 231
Aluminium	2 502
Ciment	613
Clinker	828
Papier	350
PVC	672
Verre plat	639

Source : Données Section 2.2 et Fédérations/GNR

La troisième étape consistant à estimer l'écart en émission entre la France et chacun des partenaires commerciaux s'appuie principalement sur les données d'émissions issues de la base GTAP, qui servent de base au modèle DAE-RGEM utilisé pour le calcul des impacts économiques. Ces données correspondent à des niveaux d'émissions par branche (qui dans certains cas sont plus larges que les filières d'intérêt de l'étude), et sont exprimées en correspondance à un niveau de production mesuré en valeur monétaire. Ces données sont utilisées pour mesurer un écart relatif entre les émissions

sectorielles de la France et celle de chacun de ses partenaires. Dans certains cas, cet écart relatif issu des bases GTAP a été affiné en utilisant l'analyse détaillée menée dans le cadre de cette étude, qui a permis de mesurer les émissions de certains partenaires.

Les différentiels relatifs d'émissions entre la France et ses pays partenaires qui sont retenus pour le calcul sont présentés par filière et par pays partenaire dans le tableau ci-dessous⁴⁷.

Tableau 25. Différences d'émissions de la France avec ses partenaires

Partenaire	Acier	Aluminium	Ciment	Papier	PVC	Verre plat
Allemagne	27 %	5 %	12 %	106 %	208 %	12 %
Espagne	- 7 %	75 %	31 %	86 %	20 %	31 %
Italie	13 %	- 21 %	- 10 %	5 %	50 %	- 10 %
Pologne	22 %	30 %	77 %	159 %	100 %	77 %
EU-23	15 %	35 %	37 %	70 %	28 %	37 %
Russie	17 %	75 %	31 %	86 %	20 %	31 %
Australie	77 %	430 %	70 %	36 %	142 %	70 %
Chine	303 %	285 %	N/A	562 %	210 %	382 %
États-Unis	34 %	48 %	66 %	270 %	114 %	66 %
Maghreb	132 %	- 25 %	777 %	224 %	170 %	777 %
Turquie	121 %	258 %	243 %	116 %	92 %	243 %
Brésil	222 %	148 %	355 %	40 %	135 %	355 %
Canada	222 %	148 %	355 %	40 %	135 %	355 %
Émirats	222 %	148 %	355 %	345 %	135 %	355 %
Inde	222 %	148 %	N/A	345 %	135 %	355 %
Reste du monde	222 %	148 %	355 %	70 %	135 %	355 %
Moyenne (pondérée)	36 %	70 %	41 %	95 %	136 %	89 %

Source : GTAP

47. Les analyses menées dans la section de quantification de l'empreinte carbone de certains produits pour chacune des filières ont permis d'ajuster certains différentiels d'émission entre la France et ses pays partenaires.

Des écarts d'émissions particulièrement élevés sont constatés dans la plupart des filières. C'est particulièrement le cas en comparaison avec les productions du Maghreb, mais aussi avec la Chine, avec des émissions pouvant aller jusqu'à trois fois les émissions constatées en France.

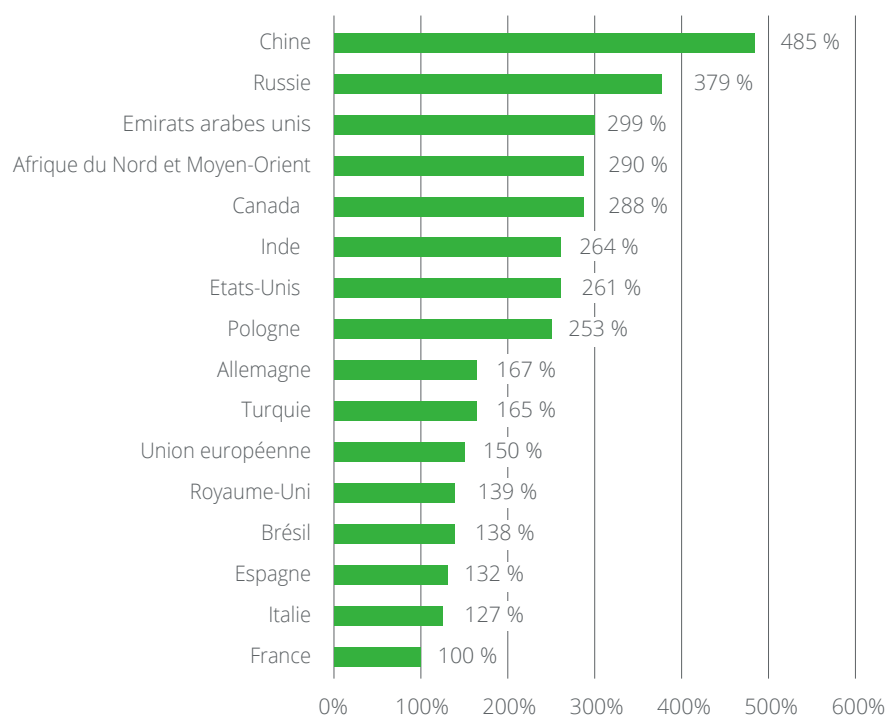
Selon ces données, la filière ayant en moyenne des émissions en écart plus élevées pour les pays partenaires par rapport aux émissions de la France est le verre plat avec notamment des différences d'émission avec le Maghreb, la Chine et la Turquie très élevées. Le Maghreb émet par exemple plus de sept fois plus que la France par tonne produit. La Chine en émet 3,8 fois et la Turquie en émet 2,4 fois plus que la France. Les partenaires de la filière ciment ont en moyenne près de 2 fois plus d'émissions, avec notamment le Maghreb et les autres pays partenaires (reste du monde) qui sont respectivement 7,7 fois et 3,5 fois plus émissives que la France.

Les autres filières les plus émissives sont, dans l'ordre, la filière papier, la filière aluminium et la filière acier dont les pays partenaires de la France émettent respectivement 1,6 fois, 1,2 fois et 1,1 fois plus.

Au global (toutes filières confondues), les pays du Maghreb émettent 3,5 fois plus de CO₂ que la France et constituent le partenaire avec lequel le différentiel d'émissions avec la France est le plus élevé. Le second pays est la Chine qui émet 3 fois plus que la France, et est suivi des Émirats, de l'Inde, du Brésil avec près de deux fois plus d'émissions en comparaison avec la France.

Ces différentiels d'émissions sont en accord avec les données du *World Development Indicators*⁴⁸ en date de 2014 pour lesquelles les intensités d'émissions, tous secteurs confondus sur l'ensemble de l'économie, sont données par le tableau suivant.

Figure 61. Différentiels d'intensités d'émissions entre la France et quelques pays partenaires



Source : World Development Indicators

48. kg per 2011 PPP \$ of GDP.

Selon ces données, tous les pays émettent plus que la France. La Chine émet près de cinq fois plus que la France, et est suivie de la Russie qui émet 3,8 fois plus que la France, l'Afrique du Nord se situant à une intensité triple à celle de la France. Ces données tendent donc à conforter les hypothèses issues de la base GTAP que nous retenons pour notre analyse.

Il convient toutefois de rappeler que l'estimation systématique des niveaux d'émissions par pays et par produit/industrie est un exercice complexe, dont les résultats peuvent être sensibles à la méthodologie et à la disponibilité des données sources. L'utilisation d'une base de données homogène, assortie de corrections ciblées pour les couples partenaires/produits pour lesquels une analyse détaillée a été menée, permet toutefois de limiter cette incertitude.

Résultats de l'analyse des impacts environnementaux de la désindustrialisation sur la période 1995-2015

Suivant la méthodologie présentée, les impacts sur les émissions supplémentaires induites par la désindustrialisation ont été quantifiés.

Le tableau ci-dessous présente les effets sur chacune des filières, avec une distinction entre les produits de ciment et le clinker concernant la filière cimentière.

La désindustrialisation de la France, par la substitution de production domestique par des productions importées plus émettrices en CO₂, a donc eu pour conséquence une augmentation significative de l'empreinte carbone. Sur le seul périmètre des filières étudiées, cet alourdissement de l'empreinte carbone peut être estimé 2 263 ktCO₂e d'émissions supplémentaires. Cela représente une augmentation de 50,3 % des émissions associés à ces productions substituées, et à 2,6 % des émissions de l'industrie française en 2017, alors même qu'il n'est question que de la localisation d'une production, à niveau de consommation inchangée.

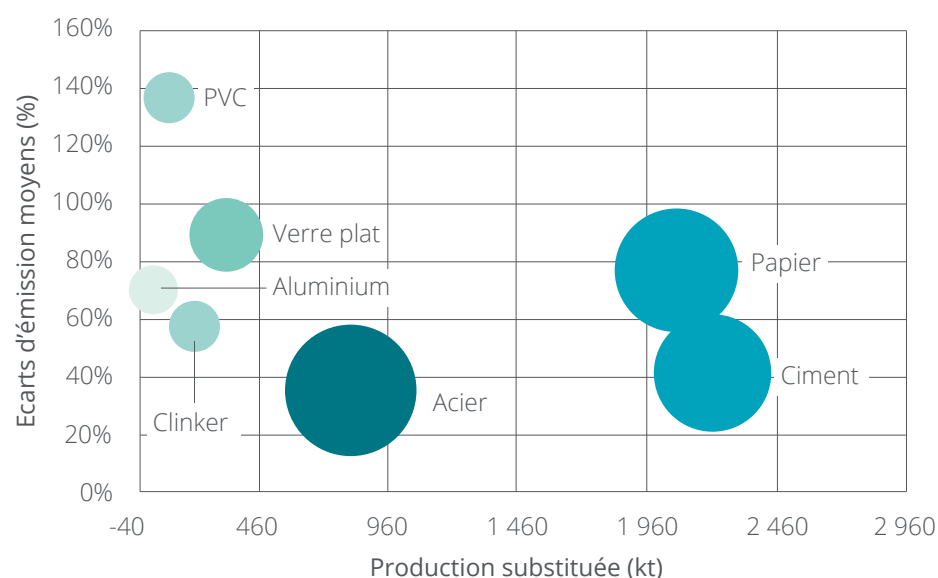
La figure 62 positionne les secteurs en termes d'impacts émissions et de production concernée par la désindustrialisation et le tableau qui suit décompose cet impact sur l'empreinte carbone par filière et par pays.

Tableau 26. Impacts de la désindustrialisation de la France sur l'empreinte carbone⁴⁹

Filière	Production substituée (kt)	Émissions équivalent France en ktCO ₂ e (A)	Écart d'émission moyen avec les partenaires (B)	Impact empreinte CO ₂ (kt CO ₂ e, = AxB)
Acier	815	1 819	36 %	660
Aluminium	50	126	70 %	88
Clinker	224	186	57 %	107
Ciment	2 207	1 353	41 %	549
Papier	2 072	725	77 %	561
PVC	116	78	136 %	106
Verre plat	337	215	89 %	192
Total	5 820	4 502	50,3 %	2 263

Source : Calculs Deloitte

49. Les impacts sur l'empreinte carbone dans le cas de la filière sucre n'ont pas été quantifiés compte tenu des conditions réglementaires particulières et des faibles volumes d'importation.

Tableau 62. Positionnement des impacts par filière en termes de production concernée par la désindustrialisation et des différentiels d'émissions

Source : Deloitte

Tableau 27. Impacts de la désindustrialisation de la France sur l'empreinte carbone par partenaire (ktCO₂e)

Partenaire	Acier	Aluminium	Ciment	Clinker	Papier	PVC	Verre plat	Total
Allemagne	151	1	15	3	128	29	8	335
Espagne	- 15	21	139	18	95	0	11	268
Italie	16	- 3	- 10	- 1	3	4	- 1	8
Pologne	13	1	0	0	67	0	6	88
EU-23	95	8	238	2	104	4	21	474
Russie	10	2	0	0	4	0	0	16
Chine	82	16	N/A	N/A	40	42	108	288
États-Unis	1	1	0	57	12	0	1	73
Maghreb	2	0	91	24	1	0	12	130
Turquie	21	9	1	0	2	0	12	45
Reste du monde	285	32	75	3	104	26	12	538
Total	660	88	549	107	561	106	192	2 263

Source : Données UN-Comtrade, Calculs Deloitte

Si l'on raisonne en termes de filières, les filières acier, ciment et papier sont celles pour lesquelles les impacts en termes d'empreinte carbone sont les plus importants. Cela est dû pour l'acier et le ciment aux niveaux d'émission très élevés des processus de production des pays partenaires, et pour le papier au volume important qui a fait l'objet de substitution.

Si l'on raisonne en termes de partenaires, deux groupes de partenaires sont clairement à distinguer. Les partenaires européens contribuent de manière significative à cette augmentation de l'empreinte carbone, avec des niveaux d'émissions intermédiaires (supérieurs à ceux de la France bien qu'inférieurs à ceux du reste du monde), mais des volumes substitués très importants.

Les partenaires extraeuropéens restent minoritaires en termes de volume, mais se caractérisent en revanche par des niveaux d'émission très élevés, qui créent des impacts importants en termes d'empreinte carbone, à chaque fois que leur production se substitue à de la production française.

Le tableau suivant illustre cette différence entre ces deux groupes de pays. C'est ainsi que l'Espagne représente 22 % de l'impact volume, mais seulement 12 % de l'impact en termes d'empreinte.

Dans le même temps, l'impact des substitutions par de la production chinoise représente 2 % seulement de l'impact volume, mais 13 % de l'impact en termes d'empreinte carbone.

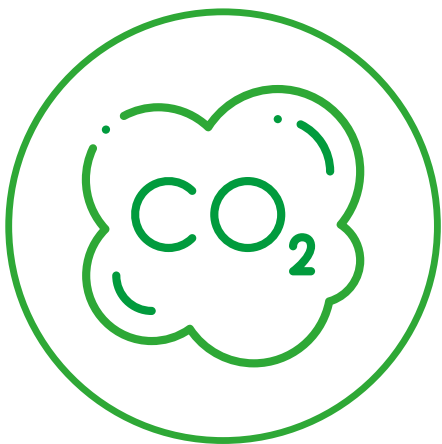


Tableau 28. Impact empreinte carbone et volume en %

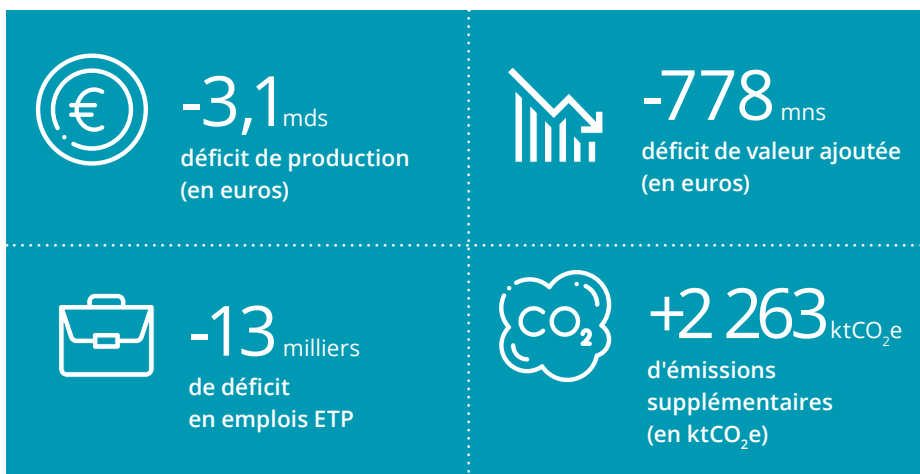
Partenaire	% de l'impact empreinte carbone	% de l'impact volume
Allemagne	15 %	17 %
Espagne	12 %	22 %
Italie	0 %	7 %
Pologne	4 %	3 %
EU-23	21 %	33 %
Russie	1 %	1 %
Chine	13 %	2 %
États-Unis	3 %	2 %
Maghreb	6 %	1 %
Turquie	2 %	0 %
Reste du monde	24 %	13 %
Total	100 %	100 %

Source : Données UN-Comtrade, Calculs Deloitte

4.3 Conclusion sur les impacts de la désindustrialisation

Les impacts de la désindustrialisation sur les aspects économiques et environnementaux sont récapitulés ci-dessous.

Figure 63. Résumé des impacts de la désindustrialisation



Source : Deloitte

Les conséquences économiques désastreuses de la désindustrialisation de la France sur la période 1995-2015 étaient connues. L'étude permet de les quantifier sur le périmètre des industries intensives en énergie et met donc en évidence une perte pour l'économie française de plus de 3,1 milliards d'euros de production industrielle, correspondant à 778 millions de valeur ajoutée et à plus de 13 milliers d'emplois directs sur la période de référence. Notons par ailleurs que l'analyse est ici focalisée sur les seules filières directement impactées, et ne prend pas en compte les impacts induits sur d'autres secteurs en amont ou en aval, qui viendraient encore aggraver les impacts économiques mis en évidence.

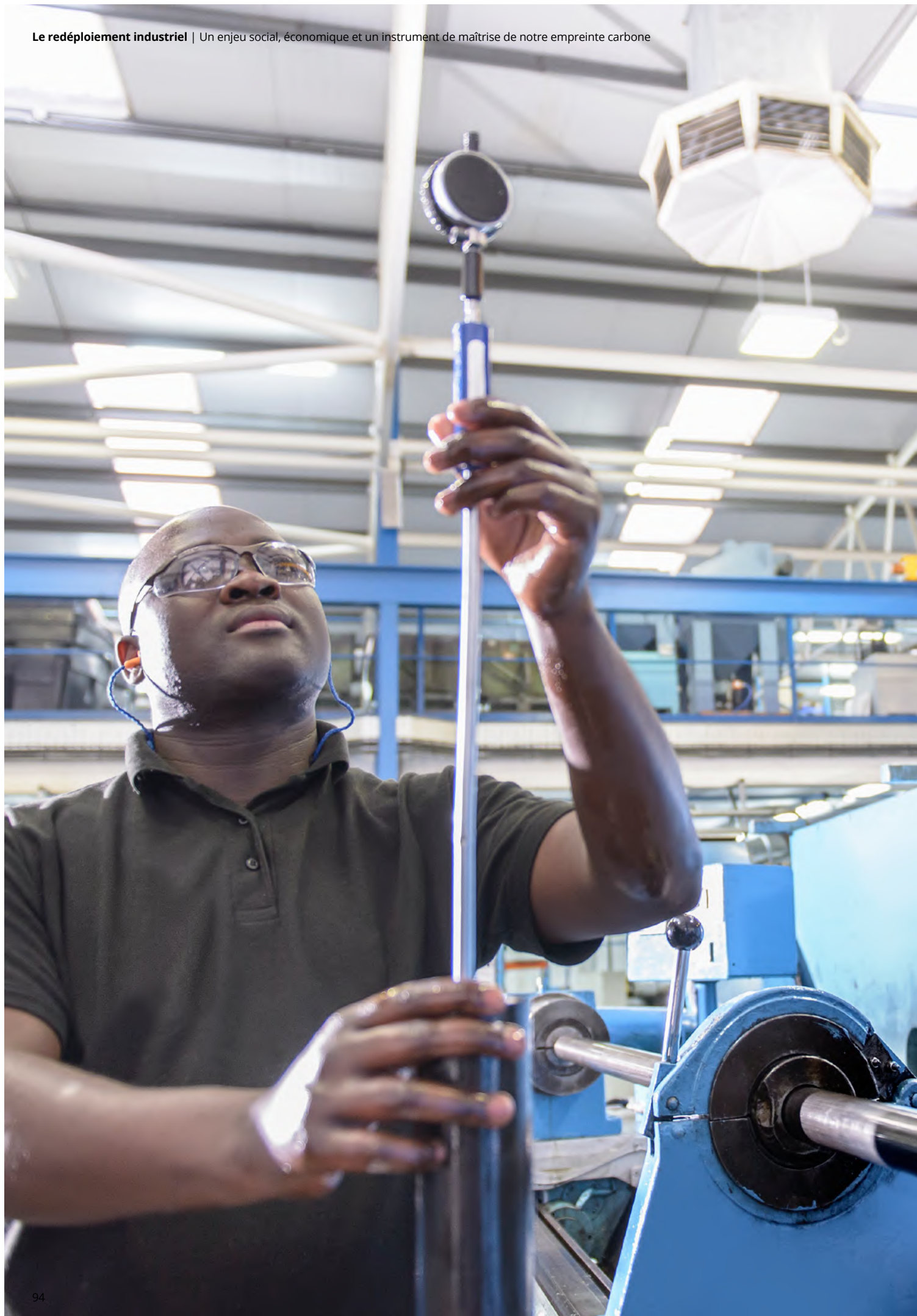
Mais le bilan climatique de cette désindustrialisation est rarement souligné. Notre étude démontre qu'en plus de son impact économique, cette désindustrialisation a également représenté un coût climatique pour la France, en causant l'augmentation significative de son empreinte carbone, pour plus de 2 millions tCO₂e.

Cette analyse démontre d'abord qu'une politique industrielle peut aller de pair avec une politique climatique, puisque les modifications des flux de production et de commercialisation ont un impact significatif sur les niveaux d'émissions associés.

Elle consacre ensuite la pertinence du concept d'empreinte carbone, plutôt que celui d'inventaire national. En effet, une approche en termes d'inventaire aurait conduit à conclure à tort que la désindustrialisation, néfaste d'un point de vue économique, aurait cependant été bénéfique d'un point de vue environnemental. L'analyse en termes d'empreinte carbone permet au contraire de disposer d'une vision plus complète, et donc plus pertinente, des conséquences climatiques du phénomène de désindustrialisation.

Enfin, ces résultats suggèrent qu'une politique industrielle volontariste de réindustrialisation, fondée notamment sur la relocalisation, peut représenter l'une des briques d'une politique climatique de réduction des émissions.

Ce constat raisonne tout particulièrement dans l'environnement actuel de crise économique. Le plan de relance post-Covid-19 mis en place par le gouvernement français vise justement à concilier les objectifs de relance économique et de progrès environnementaux, en plaçant les objectifs environnementaux au cœur de la relance économique. La section qui suit évalue les impacts économiques et environnementaux induits par une potentielle réindustrialisation de la France à horizon 2035.



5. Analyse des impacts économiques et environnementaux d'une réindustrialisation de la France

L'objectif de cette section est de quantifier les impacts d'une réindustrialisation de la France sur la période 2018-2035, aussi bien sur ses agrégats macroéconomiques (PIB, emplois), que sur son empreinte carbone.

5.1 Méthodologie globale et hypothèses sur les mix énergétiques

Hypothèses économiques

La méthodologie d'évaluation des impacts économiques et environnementaux de la réindustrialisation de la France est similaire à celle adoptée pour évaluer les impacts de la désindustrialisation.

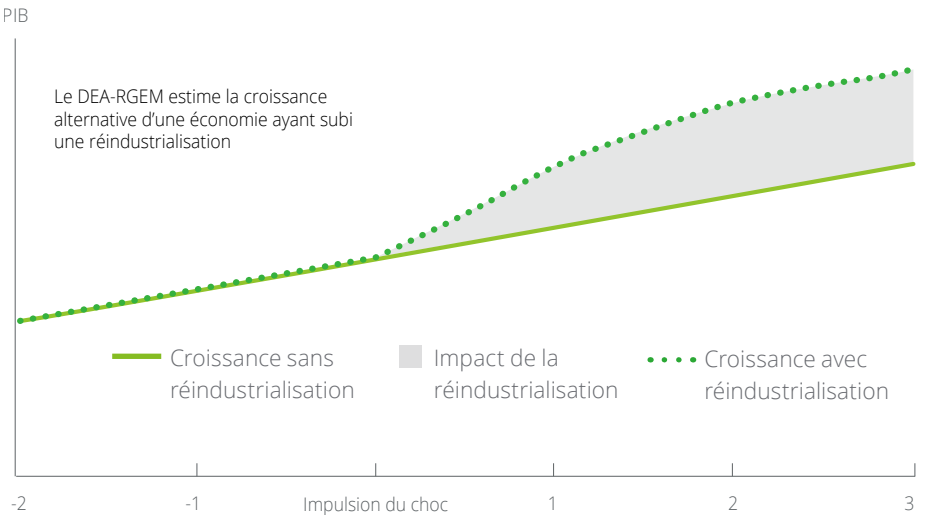
La même modélisation de type CGE (Computable General Equilibrium) a été utilisée, et compare un scénario de référence (dans lequel la France conserve son niveau actuel d'industrialisation) à un scénario de réindustrialisation, dans lequel il est fait l'hypothèse d'un rebond volontariste, mais crédible de l'activité des filières industrielles intensives en énergie.

L'impact de la réindustrialisation correspond alors à l'écart entre ces deux scénarios, comme le représente la figure 64.

Pour simuler l'évolution globale de l'économie jusqu'en 2035, les hypothèses d'évolution de la population (+ 0,4 % par an) et du PIB (+ 1,3 % par an) sont calquées sur les hypothèses utilisées dans le cadre de la SNBC.

Le scénario de référence nécessite de postuler une évolution prévisible de l'industrie en absence de réindustrialisation. Là encore, l'hypothèse retenue est conforme aux prévisions de la SNBC, qui postule une stabilité de la production industrielle.

Figure 64. Démarche de comparaison des scénarios sans et avec réindustrialisation



Sources : Illustration Deloitte

Tableau 29. Hypothèses économiques du scénario de réindustrialisation

	Scénario BAU	Scénario réindustrialisation
Évolution de la population	+ 0,4 % par année	
Évolution du PIB	+ 1,3 % par année	
Évolution de la production des filières	Stabilité de la production par rapport de celle de 2018	Scénario de rééquilibrage totale ou partielle des volumes, ou gains d'exports

La perspective d'un tel scénario de réindustrialisation avait notamment été considérée par la SNBC, qui faisait l'hypothèse dans l'une des variantes analysées d'un rebond de l'industrie française, en postulant un passage de 10 à 16 % de la part de l'industrie dans le PIB à horizon 2035.

Une première hypothèse de réindustrialisation aurait pu être d'appliquer cette hypothèse à l'ensemble des filières, ce qui reviendrait à considérer que chaque filière retrouve son poids dans le PIB tel qu'il était observé en 2005.

Cette approche apparaît cependant discutable, pour deux raisons principales.

La première est qu'elle conduit à des projections de croissance peu crédibles pour les filières en question. Les industries intensives en énergie devraient connaître une croissance largement supérieure à celle du reste de l'économie pour accroître de manière significative leur part dans le PIB, ce qui reviendrait à postuler des croissances supérieures pour certaines à 10 % par an d'ici 2035, ce qui n'apparaît pas réaliste. La projection de la SNBC s'appuie en effet non seulement sur le rebond d'industries existantes, mais aussi sur le développement de nouvelles filières et industries, qui ne font pas l'objet de cette étude. Il serait donc trop optimiste d'attendre des industries déjà existantes la dynamique de croissance moyenne postulée par la SNBC.

La seconde raison est la volonté de l'étude de se focaliser sur le rôle du commerce international dans la dynamique industrielle française, alors que les hypothèses portées par la SNBC reposent sur une projection de l'ensemble de l'activité de ces industries, qui peuvent inclure une croissance liée à l'innovation, ou une croissance de la demande pour certains biens.

Par conséquent, une approche plus prudente a été retenue, qui consiste à se focaliser sur le volet commerce international. Toutes les filières ont connu une dégradation de leur solde commercial sur au moins une partie de leurs produits.

Les scénarios de réindustrialisation retenus consistent à considérer une reconquête au moins partielle des volumes perdus du fait de la désindustrialisation observée entre 1995 et 2015. S'il paraît difficile d'envisager pour certaines filières de revenir à une situation excédentaire, tel que c'était le cas en 1995 pour la filière papier, un objectif crédible pourrait être de rééquilibrer les balances commerciales, sous l'effet d'un gain de compétitivité, mais aussi d'une meilleure prise en compte des contraintes climatiques pour les pays partenaires les plus émetteurs.

L'hypothèse centrale est donc celle d'un rééquilibrage de la balance commerciale, sur les produits pour lesquels la situation s'est dégradée entre 1995 et 2015. En concertation avec les acteurs de certaines filières, cette hypothèse a été affinée, pour parvenir à des scénarios plus adaptés aux réalités de chacune d'entre elles et selon des critères objectifs :

- dans le cas de l'acier, l'accent a été mis sur le rééquilibrage avec les partenaires non européens, car les dynamiques intraeuropéennes obéissent à des logiques de spécialisation des sites de production, ce qui rendrait peu crédible un scénario de modification substantielle des flux intra-Union européenne ;
- dans le cas de l'aluminium, l'analyse est focalisée sur l'aluminium primaire et n'inclut pas les autres produits⁵⁰ ;
- dans le cas du papier, un rééquilibrage est peu crédible, car l'industrie était déjà en situation de déficit commercial depuis de nombreuses années. L'hypothèse est donc faite d'un rééquilibrage partiel (réduction de 50 % du déficit commercial),

qui est plus en ligne avec les dégradations constatées depuis 1995 ;

• enfin, le cas du sucre a fait l'objet d'une approche différente, centrée sur le potentiel d'exportations. Faiblement importatrice, la France est en revanche fortement exportatrice, et a souffert ces dernières années des déséquilibres réglementaires, et de la chute des prix à l'export. La Commission européenne a mis en place une stratégie de reconquête pour l'industrie sucrière européenne, qui lui permettrait d'accroître sa compétitivité et de gagner/regagner des parts de marché à l'exportation. La France, qui est l'un des principaux producteurs européens, pourrait être l'une des bénéficiaires de cette stratégie. Ceci est en accord avec le scénario de l'Agricultural Outlook publié par la Commission européenne⁵¹. Nous intégrons donc au scénario de réindustrialisation l'hypothèse d'un supplément de croissance de l'industrie du sucre, selon les ambitions de la stratégie visée par la Commission européenne, et ce malgré la présence de freins potentiels à la fixation du prix sur le marché mondial⁵².

Le tableau 30 page suivante récapitule les scénarios de réindustrialisation retenus pour chacune des filières.

50. Les analyses d'impact en termes d'emploi ont également été faites sur ce périmètre et sur la base de discussions et d'entretiens avec les acteurs pour représenter la réalité de ce secteur.

51. EU Agricultural Outlook, For Markets and Income 2019-2030. https://ec.europa.eu/info/news/eu-agricultural-outlook-2019-2030-cereal-market-continue-growing-2019-dec-10_en

52. Par sa nature de commodité, la fixation des prix du sucre est effectuée sur le marché mondial avec des gros acteurs que sont le Brésil, mais également l'Inde. La France est le premier exportateur européen. Des freins sur les prix existent cependant, avec l'Inde qui subventionne ses producteurs à l'exportation.

Tableau 30. Scénario de réindustrialisation pour chacune des filières

Filière	Scénario de réindustrialisation
Acier	Rééquilibrage de la balance commerciale avec les partenaires non européens par rapport au niveau de 1995
Aluminium	Rééquilibrage de la balance commerciale par rapport au niveau de 1995
Ciment	Rééquilibrage de la balance commerciale
Papier	Réduction du déficit commercial de 50 %
PVC	Rééquilibrage de la balance commerciale
Sucre	Gains d'exports selon le scénario de la Commission européenne
Verre plat	Rééquilibrage de la balance commerciale

Tableau 31. Choc de réindustrialisation par filière

Filière	Supplément de production entre 2019 et 2035 (kt)	Supplément de production entre 2019 et 2035 (M €)
Acier	705	574
Aluminium	440	892
Ciment	2 871	185
Papier	1 046	807
PVC	211	467
Sucre	1 100	395
Verre plat	172	465
Total filières	6 544	3 785

Sources : Données UN-Comtrade, Calculs Deloitte

Le tableau 31 présente les volumes et les valeurs de production associés à ces chocs de réindustrialisation pour chacune des filières.

Les gains de production associés représenteraient donc un total de 3,7 milliards d'euros à horizon 2035. Pour les filières aluminium et verre plat, ces volumes de production supplémentaires représenteraient une usine/un float (concernant le verre plat) de production supplémentaire.

Comme c'était le cas pour les importations, les volumes qui seraient repris aux différents pays partenaires sont également ventilés par partenaire, à proportion de leur part de marché actuelle dans les importations françaises.



Tableau 32. Répartition de la provenance des gains de production imputables à la réindustrialisation (kt)

Partenaire	Acier	Aluminium	Ciment	Clinker	Papier	PVC	Sucre	Verre plat	Total
Allemagne	N/A	0	47	4	143	28	74	13	309
Espagne	N/A	8	533	426	0	6	186	24	1 182
Italie	N/A	11	211	0	0	16	173	19	431
Pologne	N/A	3	0	0	8	1	3	9	25
EU-23	N/A	25	1 525	0	665	71	391	40	2 718
Russie	251	88	0	0	0	0	0	1	340
Chine	41	0	N/A	N/A	0	37	0	52	130
États-Unis	32	0	0	0	15	1	0	5	54
Maghreb	0	0	0	123	0	0	24	1	149
Turquie	48	0	0	0	0	0	6	6	60
Reste du monde	334	304	0	0	215	50	242	4	1 148
Total	705	440	2 318	553	1 046	211	1 100	172	6 544

Sources : Données UN-Comtrade, Calculs Deloitte

Le tableau 32 présente les répartitions de ces gains par filière et par pays partenaire.

Le rééquilibrage s'opérerait à la fois vis-à-vis d'autres pays européens, notamment l'Espagne et des pays non européens, comme la Russie et la Turquie dans le cas de l'acier, ou encore la Chine dans le cas du verre plat.

Hypothèses environnementales

La modélisation des impacts environnementaux de la réindustrialisation est similaire à celle appliquée dans le cas de la désindustrialisation. La question se pose cependant de l'évolution à horizon 2035 du niveau des d'intensité d'émissions et des écarts entre pays, qui sont utilisés pour calculer l'impact climatique.

Il est extrêmement difficile et hasardeux de simuler l'évolution de l'intensité d'émissions de chacun des partenaires de la France, pour chacun des produits considérés. Les différentes filières françaises disposent

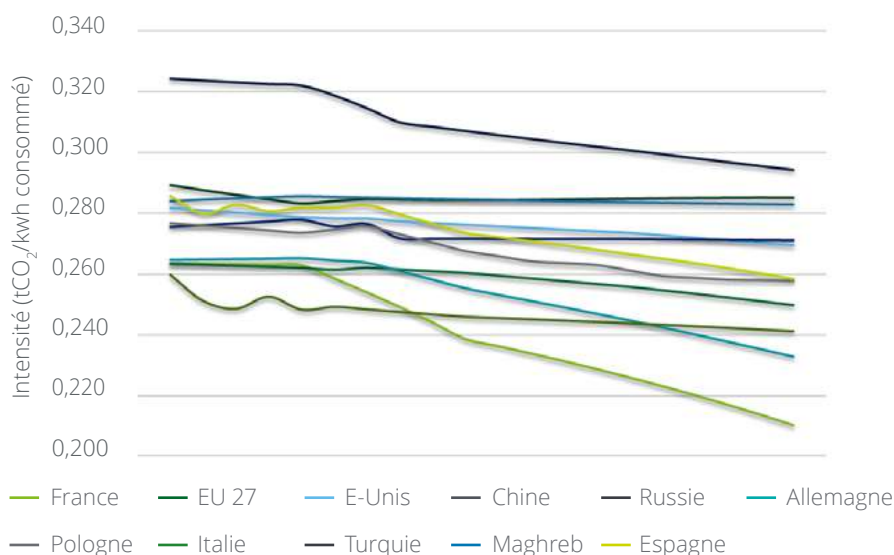
de plan de décarbonation précis et communiqués publiquement, mais tous les pays ne disposent pas d'annonces ou de prévisions, et l'atteinte de ces prévisions est plus ou moins incertaine selon les pays et la nature de ces prévisions. Par ailleurs, le scénario de réindustrialisation est ici considéré avec un horizon relativement court (2035), ce qui rend moins crédible des transformations massives des conditions de production.

Afin de ne pas biaiser l'analyse, celle-ci est donc menée en faisant l'hypothèse d'une stabilité des procédés de production. En revanche, nous prenons en compte les évolutions annoncées des mix énergétiques pour chacun des pays partenaires, suivant les accords de Paris sur l'énergie et le climat.

Dans ce cadre, la figure 65, page suivante, présente les évolutions des intensités CO₂ à horizon 2030 pour les pays visés.

Les trajectoires présentées révèlent des améliorations dans les intensités de CO₂ de l'ensemble des pays, conformément à leurs engagements. Cependant, la France a une trajectoire de baisse plus marquée que la moyenne des pays d'ici 2030, ce qui tend à renforcer l'écart avec les autres pays.

Pour chaque couple filière/pays, les intensités d'émissions fournies par GTAP sont recalculées pour prendre en compte ces évolutions d'intensité CO₂ de la consommation d'énergie.

Figure 65. Intensités de CO₂ dans la consommation finale (hors consommation électrique)

Source : Données AIE, Calculs Deloitte

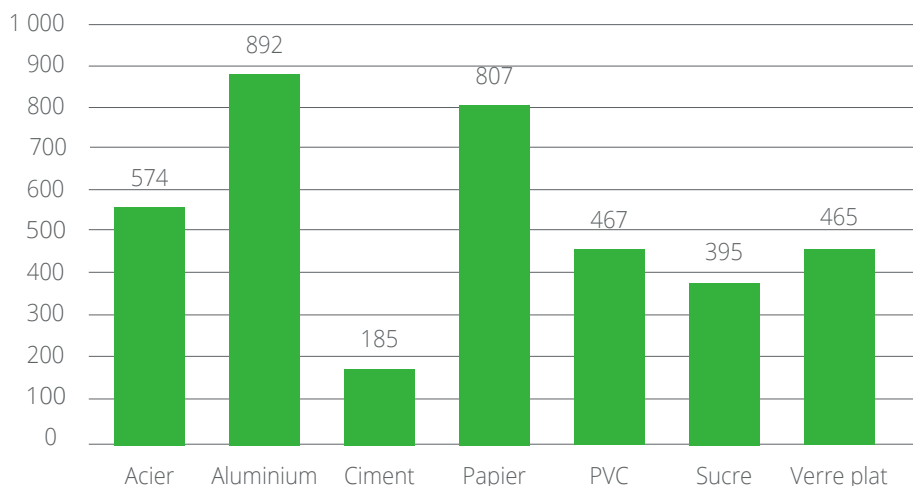
Les différentiels d'intensités d'émissions pour chacune des filières issues de la modélisation des mix énergétiques sont donnés sur le tableau 33.

L'écart entre les filières françaises et les autres pays tend à s'accroître, puisque l'écart moyen pondéré, toutes filières confondues, est de 171 %, contre 145 % avant prise en compte des évolutions annoncées des émissions de CO₂ de la consommation énergétique.

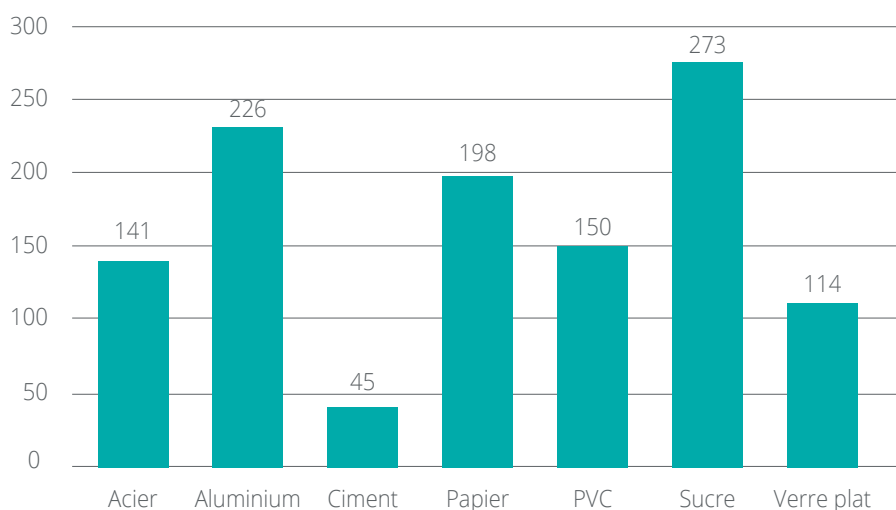
Tableau 33. Différences d'émissions de la France avec ses partenaires

Partenaire	Acier	Aluminium	Ciment	Papier	PVC	Verre plat	Total
Allemagne	N/A	9 %	0 %	124 %	208 %	14 %	59 %
Espagne	N/A	83 %	9 %	105 %	21 %	33 %	45 %
Italie	N/A	- 18 %	6 %	13 %	136 %	- 10 %	22 %
Pologne	N/A	38 %	0 %	180 %	101 %	79 %	67 %
EU-23	N/A	40 %	0 %	85 %	30 %	38 %	33 %
Russie	17 %	83 %	N/A	105 %	21 %	33 %	52 %
Australie	77 %	445 %	71 %	48 %	143 %	71 %	132 %
Chine	293 %	157 %	359 %	40 %	136 %	359 %	233 %
États-Unis	33 %	157 %	359 %	40 %	136 %	359 %	233 %
Maghreb	135 %	292 %	N/A	595 %	208 %	379 %	353 %
Turquie	120 %	157 %	359 %	386 %	136 %	359 %	270 %
Brésil	223 %	52 %	67 %	298 %	114 %	67 %	100 %
Canada	223 %	157 %	N/A	386 %	136 %	359 %	252 %
Émirats	223 %	- 22 %	791 %	255 %	173 %	791 %	416 %
Inde	223 %	268 %	246 %	134 %	93 %	246 %	193 %
Reste du monde	223 %	157 %	359 %	70 %	136 %	359 %	238 %
Total	163 %	128 %	202 %	179 %	120 %	221 %	171 %

Sources : GTAP

Figure 66. Gains de production en 2035 par filière (M€)

Sources : Données UN-Comtrade, Insee, GTP, Calculs Deloitte

Figure 67. Gains en valeur ajoutée en 2035 par filière (M€)

Sources : Données UN-Comtrade, Insee, GTP, Calculs Deloitte

5.2 Impacts économiques de la réindustrialisation (période 2020-2035)

Le choc modélisé, ainsi que les différentes hypothèses ont servi de données d'entrée au modèle d'équilibre général calculable DAE-RGEM afin d'en quantifier les impacts économiques et environnementaux. Ces impacts ont été quantifiés sur la production, la valeur ajoutée et l'emploi dans un premier temps, et sur l'empreinte carbone dans un deuxième temps.

Impacts en termes de production et de valeur ajoutée

En termes de production, les impacts directs de la réindustrialisation correspondent à l'équivalent monétaire des volumes de production regagnés du fait de la substitution d'importation par des productions domestiques, soit 3,7 Md € à horizon 2035. Ce gain de production correspond à un gain de 1 147 M€ en valeur ajoutée à horizon 2035. La figure 67 présente la décomposition de ces gains en valeur ajoutée par filière.

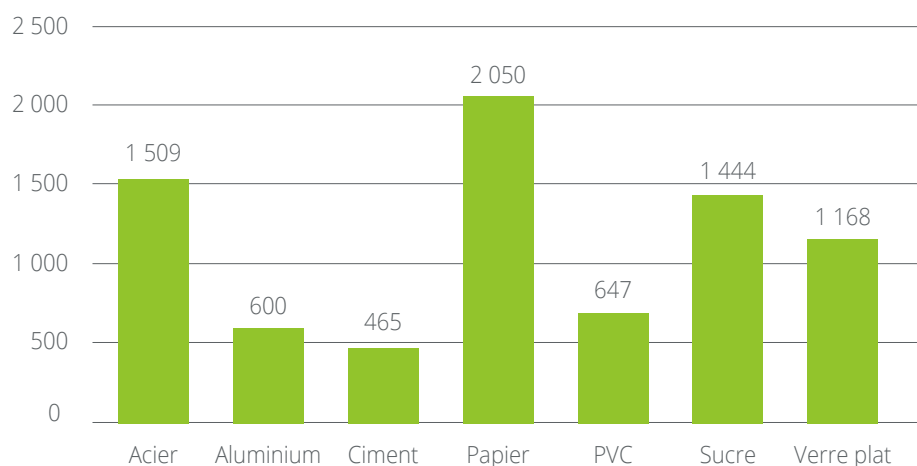
La filière sucre est celle qui enregistre le plus de pertes en termes de valeur ajoutée en 2035. Celles-ci sont de 273 M€. L'aluminium enregistre des gains de 226 M€ et la filière papier 198 M€. Au total, les effets sur la valeur ajoutée en 2035 sur la totalité des filières s'élèvent à 1 147 M€.

Impacts en termes d'emplois

Les impacts potentiels en termes d'emplois de la réindustrialisation sont récapitulés sur la figure 68⁵³.

Les résultats sur les emplois estiment que la filière papier gagnerait 2050 en réduisant le déficit commercial de 50 %. La filière acier, quant à elle, en gagne 1 509 et est suivie de près par la filière sucre qui enregistre des gains en emplois ETP de plus de 1 400 à horizon 2035. Les filières verre plat, PVC et ciment enregistrent pour leur part, des gains d'emplois respectifs de 1168, 647 et 465 emplois ETP.

53. Les impacts emploi pour la filière aluminium ont été estimés de façon ad hoc.

Figure 68. Gains d'emplois de la désindustrialisation en 2035 (ETP)

Sources : Données UN-Comtrade, Insee, GTP, Calculs Deloitte

Tout comme pour la désindustrialisation, ces gains d'emplois sont réalisés sur le périmètre des branches pour chacune des filières sélectionnées, en dehors de la filière aluminium. En effet, les interlocuteurs de la filière aluminium estiment des gains sur le périmètre de l'aluminium primaire de près de 600 emplois.

Une réindustrialisation des filières françaises intensives en énergie pourrait ainsi permettre de créer près de 7 900 emplois directs (équivalent ETP), sans même prendre en compte les effets induits sur les acteurs situés en amont et en aval.

Le tableau 34 rappelle les impacts économiques positifs attendus d'une réindustrialisation en matière de production, de valeur ajoutée et d'emplois⁵⁴.

Tableau 34. Récapitulatif des impacts en 2035

Filière	Gains de production	Gains en valeur ajoutée (M €)	Gains en emplois (ETP)
Acier	574	141	1 509
Aluminium	892	226	600
Ciment	185	45	465
Papier	807	198	2050
PVC	467	150	647
Sucre	395	273	1 444
Verre plat	465	114	1 168
Total filières	3 785	1 147	7 883

Sources : Calculs Deloitte

54. Les résultats en termes de valeur ajoutée et d'emplois ont été comparés aux ratios statistiques de chaque filière. Les ratios valeur ajoutée/production sont similaires aux ratios issus des données Insee (32 % en moyenne dans nos résultats comme dans les données Insee). Les ratios emplois/production sont, comme attendu, inférieurs en moyenne aux ratios emplois/production de l'Insee : une fois encore, un choc marginal de production supplémentaire n'entraîne pas des évolutions d'emplois à hauteur de l'intensité moyenne en emploi (en raison notamment des économies d'échelles sur les fonctions support, ainsi que les gains de productivité possibles sur la main d'œuvre directe).

5.3 Impacts environnementaux de la réindustrialisation

La réindustrialisation au niveau des filières intensives en énergie aurait donc des conséquences économiques positives et significatives, mais elle pourrait également contribuer aux efforts en termes de réductions d'émissions.

L'impact climatique de la réindustrialisation a été estimé suivant la même méthodologie utilisée pour quantifier les impacts de la désindustrialisation. La substitution d'importation par les productions domestiques permet de réduire les émissions associées à ces productions, à chaque fois que l'industrie française en question est plus vertueuse en termes d'émissions que celle du partenaire commercial concerné.

Le tableau ci-dessous présente les émissions évitées et donc l'impact de la réindustrialisation sur l'empreinte carbone (en distinguant entre ciment et clinker au sein de la filière cimentière⁵⁵).

La réindustrialisation de la Italie conduirait donc à 5 138 ktCO₂e évités.

Ces gains se concrétiseraient notamment dans les filières acier, aluminium et clinker en raison du fort différentiel d'émission entre les industries européennes et les industries extraeuropéennes. Mais l'ensemble des filières contribue à ce gain environnemental, qui viendrait renforcer les avantages attendus en termes d'activité économique et d'emplois.

Tableau 35. Impacts de la réindustrialisation de la France sur l'empreinte carbone

Filière	Production concernée (kt)	Émission (équivalent France)	Écart moyen avec les partenaires	Impact empreinte CO ₂ (ktCO ₂ e)
Acier	705	1 573	138 %	– 2 168
Aluminium	440	1 100	129 %	– 1 414
Clinker	553	458	190 %	– 867
Ciment	2 318	1 421	2,8 %	– 40
Papier	1 046	366	85 %	– 312
PVC	211	142	119 %	– 168
Verre plat	172	110	153 %	– 168
Total	5 444	5 170	99 %	– 5 138

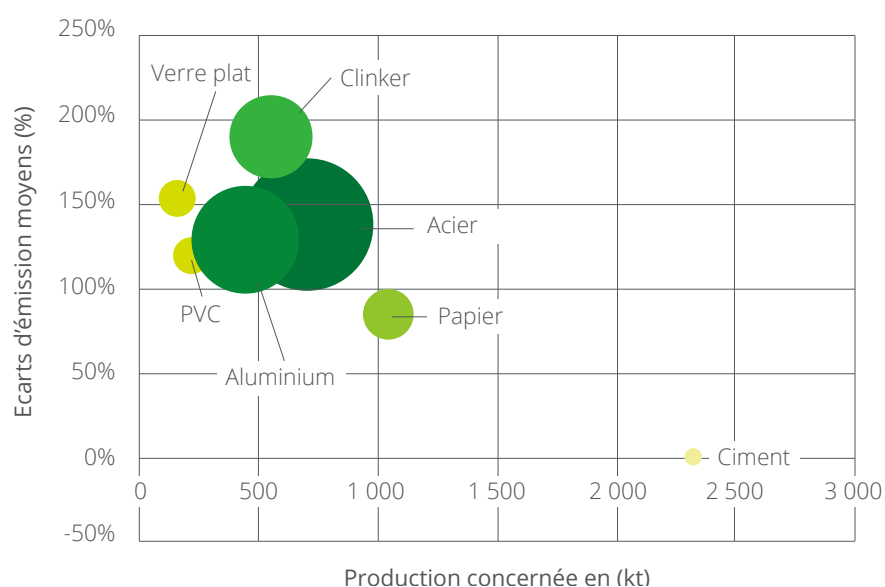
Sources : Données UN-Comtrade, Calculs Deloitte

55. Les gains pour la filière sucre correspondant à des gains d'export, ils sont sans impact sur l'empreinte carbone de la France, et ne sont donc pas considérés ici, même s'ils peuvent effectivement limiter les émissions associées aux volumes en question, dans le cas où ils se substitueraient à des productions domestiques plus émettrices.

La figure 69 présente le positionnement de chacune des filières en fonction de la quantité de production substituée et des différentiels d'émissions moyens avec leurs pays partenaires. Le tableau 36 présente la répartition de ces gains en termes d'empreinte carbone par filière et par pays partenaire.

Parmi les partenaires, les tonnes de CO₂ évitées proviennent principalement des pays du Maghreb, mais également de la Chine.

Figure 69. Positionnement des impacts par filière en termes de production concernée par la réindustrialisation et des différentiels d'émissions



Source : Deloitte

Tableau 36. Impacts de la réindustrialisation sur l'empreinte carbone par partenaire (ktCO₂e)

Partenaire	Acier	Aluminium	Ciment	Clinker	Papier	PVC	Verre plat	Total
Allemagne	N/A	0	0	0	62	39	1	103
Espagne	N/A	16	29	63	0	1	5	115
Italie	N/A	-5	8	0	0	15	-1	16
Pologne	N/A	3	0	0	5	1	4	13
EU-23	N/A	25	0	0	199	14	10	248
Russie	95	182	0	0	0	0	0	277
Chine	267	0	N/A	N/A	0	52	125	444
États-Unis	24	0	0	0	16	1	2	43
Maghreb	0	0	2	804	0	0	4	811
Turquie	128	0	0	0	0	0	9	137
Reste du monde	1 653	1 193	1	0	30	45	8	2 931
Total	2 168	1 414	40	867	312	168	168	5 138

Sources : Calculs Deloitte

Tableau 37. Impact empreinte carbone et volume en %

Partenaires	% de l'impact empreinte carbone	% de l'impact volume
Maghreb	16 %	2 %
Brésil	9 %	4 %
EU-23 (autres)	9 %	42 %
Émirats	8 %	1 %
Chine	5 %	2 %
Russie	5 %	5 %
Turquie	4 %	1 %
Espagne	3 %	18 %
Allemagne	2 %	5 %
États-Unis	2 %	1 %
Canada	1 %	0 %
Italie	1 %	7 %
Inde	0 %	1 %
Reste du monde	36 %	11 %
Total	100 %	100 %

Sources : Données UN-Comtrade, Calculs Deloitte

La relation entre les volumes de CO₂ évités par pays partenaire et les volumes de CO₂ importés n'est pas proportionnelle. En effet, comme l'indique le tableau ci-contre, le Maghreb représente 2 % de l'impact volume alors que son impact sur l'empreinte carbone est de 16 %. De la même façon, l'Espagne représente 18 % de l'impact volume, alors que son impact sur l'empreinte carbone n'est que de 3 % de l'impact total. Concernant la Chine, celle-ci représente 2 % de l'impact volume, alors que son impact sur l'empreinte carbone est de 5 %.

5.4 Réindustrialisation et politiques publiques de soutien

L'analyse combinée des effets économiques et environnementaux d'une réindustrialisation confirme le caractère vertueux d'un tel mouvement de relocalisation de la production, non

seulement pour l'économie française, mais également pour sa contribution à la réduction de l'impact de la France sur le changement climatique.

Les scénarios retenus sont des scénarios crédibles, au sens où les filières concernées disposeraient des capacités de production et des débouchés de marchés nécessaires pour réaliser et écouler ces productions supplémentaires.

Mais ce sont également des scénarios volontaristes, au sens où l'atteinte de ces scénarios n'est en rien garantie, et repose au contraire sur la conjonction d'investissements de la part des industries concernées et de politiques publiques de soutien à différents niveaux.

La présente étude n'a pas pour objet l'analyse détaillée de ces politiques publiques de soutien.

Les différentes filières ont par ailleurs communiqué de manière détaillée sur leurs préconisations et attentes en matière de politiques publiques de soutien, dans le cadre de plusieurs processus d'échanges entre les pouvoirs publics et les industries.

Cette section s'appuie sur ce travail préalable d'identification des politiques publiques pertinentes, en soulignant les suggestions de politiques publiques qui sont en lien avec la problématique de la concurrence internationale des pays à forte intensité d'émission carbone.

Les politiques publiques peuvent jouer un rôle structurant, qui peut être articulé autour de trois objectifs.

Objectif 1 : Donner les moyens aux industries françaises de conserver et renforcer leur avantage en termes d'intensité carbone

Notre étude a démontré les déficits rencontrés en raison de la désindustrialisation sur la période 1995-2015, et des gains potentiels d'une réindustrialisation concomitants à une efficacité environnementale des industries françaises émettrices en énergie. Au vu des objectifs ambitieux de réduction des émissions de la France, il est clé que les industries françaises puissent encore améliorer leurs performances environnementales et limiter leurs émissions.

Les politiques publiques à l'appui de ce premier objectif peuvent être distinguées en deux volets.

Volet 1 : Politiques publiques de soutien aux investissements de décarbonation

Les efforts associés à la décarbonation des processus sont à la fois très coûteux, difficiles à valoriser auprès des consommateurs, et porteurs d'externalités pour l'ensemble de la société. Il est donc clé que les politiques publiques jouent un rôle de soutien et de catalyseur de ces investissements, par différentes mesures de soutien.

Concernant plus spécifiquement les industries intensives en énergies, les politiques de soutien les plus pertinentes à mettre en place pourraient être les suivantes :

#1. soutien à des projets de R&D pour le développement des technologies bas carbone ;

##1. mise en place de dispositifs incitatifs à la production compétitive de chaleur bas carbone ;

#2. investissement public dans l'efficacité énergétique via un fonds, qui compléterait le dispositif de CEE ;

#3. soutien à l'électrification des procédés, via l'aide aux coûts de raccordement et l'investissement dans la flexibilisation des processus (développement de capacités et technologies de stockage) afin de mieux assurer l'équilibre offre-demande ;

#4. soutien à l'investissement privé au travers de mécanisme de **dérisquage** des projets (first of its kind) sous la forme (i) de prêts garantis par l'État (ii) de mécanismes de type CfD (Contract for difference) indexé sur le prix du CO₂ qui permettrait de compenser les pertes si le prix du CO₂ dans le temps s'avérait inférieur au prix plancher permettant la rentabilisation de l'investissement ;

#5. intégration du critère d'empreinte carbone dans les critères de sélection des projets d'aides à l'innovation (type Innovation Fund européen), afin de diriger les ressources vers cet objectif.

Volet 2 : Politiques de soutien aux énergies peu émettrices de CO₂ et optimisation de l'accès à la ressource

À processus donné, un second volet d'amélioration consiste à assurer le mix énergétique le moins émetteur. Plusieurs politiques publiques peuvent jouer un rôle de stimulation des énergies peu carbonées, notamment :

#6. assurer la pérennité et l'efficacité du parc nucléaire français, tout en maintenant l'accès à contrats de long terme permettant d'assurer des prix compétitifs de l'énergie bas carbone, en particulier pour les industries énérgo-intensives ;

#7. renforcement de la rémunération des services systèmes et notamment les dispositifs d'effacement et d'interruptibilité, afin d'éviter le recours à des moyens de production carbonés pour l'équilibre du réseau tout en incitant les industriels à électrifier les procédés en rendant le coût d'électricité plus compétitif par des revenus additionnels ;

#8. refonte de la réglementation en vue de faciliter l'utilisation de matières premières secondaires, en particulier concernant le statut de déchet et les conditions de transports de ces matières premières secondaires ;

#9. refonte de la réglementation pour soutenir l'autoconsommation de combustibles décarbonés au même niveau que l'injection de ces combustibles dans les réseaux.

Toutefois, le maintien et/ou l'approfondissement de cet avantage des industries françaises en termes d'émission ne suffira pas, s'il ne se traduit pas par une valorisation de cet avantage, ou a minima par la prise en compte des coûts associés à cet effort. Cette condition constitue donc le deuxième objectif structurant des politiques publiques nécessaires à la réussite d'une réindustrialisation.

Objectif 2 : Garantir une concurrence qui intègre pleinement l'objectif de maîtrise de l'empreinte carbone et les coûts associés

La minimisation des émissions associées aux productions industrielles est indispensable pour répondre aux objectifs de la France en termes de réduction des émissions, mais s'accompagne de coûts significatifs, qui sont de nature à affecter la position concurrentielle de l'industrie française vis-à-vis de ses concurrents. Si la maîtrise de l'empreinte carbone est un objectif prioritaire, il convient donc de s'assurer que l'atteinte de cet objectif ne pénalise pas les producteurs dans la concurrence internationale, sous peine d'un mécanisme d'antisélection, dans lequel les moins vertueux profiteraient en réalité des politiques climatiques, au rebours de l'objectif attendu :

#10. au sein de l'espace européen, harmonisation des taxes énergie et/ou prise en compte des différences en matière d'émission, pour garantir que le critère d'empreinte carbone, qui préside à la mise en place d'un Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières (MACF) vis-à-vis de l'espace extra-ETS, soit également le critère pris en compte au sein de l'espace européen ;

#11. mise en place d'un MACF pour certaines filières sur la base du volontariat, avec comme principe clé le fait que le design permette de faire effectivement supporter aux producteurs hors-ETS moins vertueux le coût carbone de leur production, et éviter ainsi que la compétitivité environnementale de l'industrie française et européenne ne se paye par un déficit de compétitivité commerciale. Ce, à condition que le dispositif n'entraîne pas de mesures de rétorsion de la part des partenaires commerciaux, et qu'il soit complémentaire à des dispositifs existants de protection contre les fuites carbone ;

#12. intégration du critère d'empreinte carbone dans les critères de sélection des marchés publics français et européens.

5.5 Conclusion sur les impacts de la réindustrialisation

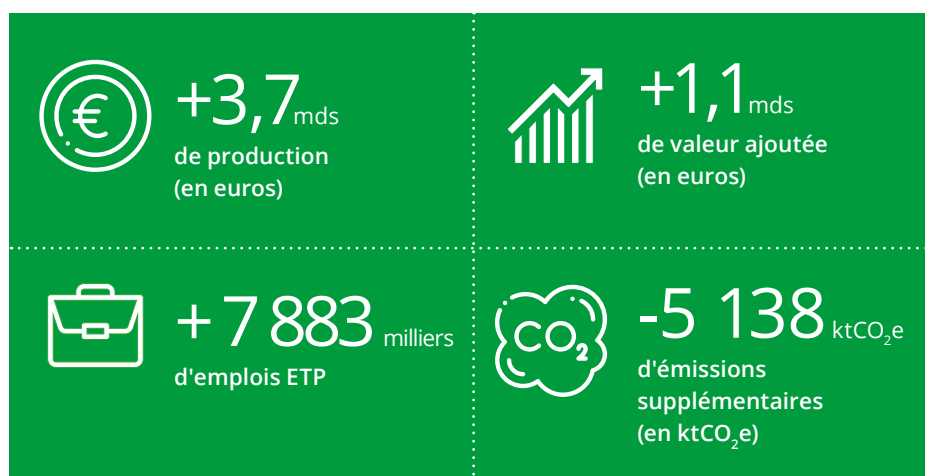
La réindustrialisation de la France sur la période 2018-2035 donnerait donc lieu à des gains à la fois économiques et environnementaux très significatifs, qui sont rappelés dans la figure ci-dessous.

Cet exercice de quantification illustre à nouveau l'importance de raisonner en empreinte carbone au moment d'évaluer la pertinence des politiques industrielles. Sous ce prisme, les pouvoirs publics peuvent, en soutenant les industries intensives en énergie, poursuivre à la fois des objectifs de relance économique et de réduction des émissions à l'échelle globale.

Les conséquences économiques et climatiques sont d'ailleurs interdépendantes. Il est clé de pouvoir assurer aux industries et aux entreprises qui les composent des perspectives économiques de long terme, via un soutien à la réindustrialisation en France, afin de les convaincre d'engager de lourds investissements de décarbonation, qui seront nécessaires pour diminuer de manière encore plus significative l'empreinte carbone des biens consommés en France, et au-delà dans l'Union européenne.

C'est dans ce contexte que les politiques publiques sont une composante nécessaire de cet effort de réindustrialisation, afin d'assurer les trois objectifs que sont (i) l'approfondissement de l'avantage des industries françaises en matière d'émissions (ii) la mise en place de mécanismes de concurrence qui intègrent pleinement ce critère d'empreinte carbone et, à défaut, (iii) la limitation des distorsions qui handicapent les industries françaises au détriment de l'objectif d'empreinte carbone.

Figure 70. Résumé des impacts de la relocalisation des activités de la France



Sources : Deloitte



6. Conclusion générale

L'étude visait à évaluer l'impact économique et climatique des dynamiques de production des industries intensives en énergie réunies au sein de l'UNIDEN, en se focalisant sur l'impact du commerce international et son influence sur l'empreinte carbone des biens consommés en France.

L'analyse des dynamiques de production, de consommation et de commerce international sur la période 1995-2015 confirme la désindustrialisation survenue pour chacune des filières étudiées.

Pour la plupart des filières, **un décrochage de la production industrielle est observé sur la période**, alors que la consommation finale et les importations sont en croissance. Pour les autres filières, la production industrielle croît à un rythme inférieur à la croissance du PIB et surtout à celle de la consommation, sous l'influence de la dégradation de la balance commerciale et de la substitution de production domestique par des importations.

Cette dégradation de la compétitivité internationale se traduit notamment par une augmentation significative des importations. Au niveau intraeuropéen, qui concentre l'essentiel du commerce de la France, la France subit une dégradation de la balance commerciale vis-à-vis de la plupart de ses partenaires, en particulier l'Europe du Sud et l'Allemagne. Mais l'étude démontre également l'émergence et la croissance rapide des importations en provenance de partenaires extra-Union européenne dans certaines filières, notamment la Chine, qui contribuent significativement à l'essor des importations et au recul de la production domestique.

Une autre caractéristique commune à toutes les filières, est **la baisse de la compétitivité** de la France à l'exportation. En effet, alors que d'autres pays européens ont su stabiliser leurs parts de marché à l'exportation, celles de la France ont drastiquement baissé au profit de la Chine

notamment, confortant le constat d'une baisse de la compétitivité de la France par rapport à ses partenaires.

Le déficit de production imputable à cette dégradation du commerce international est estimé à plus de **3 milliards d'euros à l'issue de la période 1995-2015, correspondant à une perte de 778 millions d'euros en valeur ajoutée, et de plus de 13 000 d'emplois.**

Mais l'étude démontre également qu'au-delà des conséquences économiques, la désindustrialisation a également eu un coût environnemental. L'analyse comparée des intensités d'émissions des productions domestiques et des productions importées a mis en évidence la plus grande efficacité environnementale des productions domestiques, et donc l'impact négatif sur l'empreinte carbone de la substitution de production domestique par des productions importées.

L'analyse de l'impact climatique de la désindustrialisation, en retenant les mêmes chocs de production utilisés pour le calcul des impacts économiques, met en évidence une augmentation de l'empreinte carbone de près de **2 263 ktCO₂e supplémentaires**. Cette dégradation de l'empreinte carbone est à la fois imputable au transfert de grands volumes de production vers d'autres pays européens et aux transferts, plus limités en volume, mais très pénalisants en termes d'empreinte carbone, vers des pays extraeuropéens.

L'étude démontre ainsi qu'un effort de réindustrialisation serait à la fois bénéfique d'un point de vue économique et climatique, dès lors que l'on retient le critère de l'empreinte carbone comme mesure pertinente des impacts en termes d'émissions.

Le scénario de réindustrialisation simulé, fondé sur le rééquilibrage partiel ou total de la balance commerciale des produits affectés par la désindustrialisation, aurait ainsi des retombées positives en

termes de production, de valeur ajoutée et d'emplois, mais aussi en termes d'émissions de CO₂ évitées. La plus grande efficacité environnementale des filières françaises (mix énergétique favorable, mix électrique peu carboné), qui devrait encore augmenter du fait des engagements de la France dans le cadre de sa stratégie énergie – climat, permettrait d'améliorer l'empreinte carbone par la relocalisation.

Le scénario modélisé aboutirait ainsi à des gains à horizon 2035 de **plus de 3,7 milliards d'euros de production supplémentaires**, induisant la création ou le maintien de 7 883 emplois. En termes d'empreinte carbone, **5 138 ktCO₂e seraient évités**, ce qui représente une amélioration de près de 99 % de l'empreinte carbone des produits en question.

Dans ces conditions, un soutien public aux industries intensives en énergies se justifie tant d'un point de vue économique que climatique. Notre analyse des politiques publiques préconisées par les filières permet de dégager trois objectifs à poursuivre :

- (i) aider ces industries à conserver et approfondir leur avantage en termes de performance environnementale, en soutenant les efforts de décarbonation et en facilitant l'accès à la ressource ;
- (ii) garantir une concurrence internationale qui intègre pleinement les coûts et bénéfices des efforts de limitation de l'empreinte carbone ou, à défaut ;
- (iii) limiter les distorsions de concurrence dont les industries écono-intensives peuvent être victimes, y compris au sein de l'Union européenne.

Bien plus qu'un changement d'indicateur, le raisonnement en termes d'empreinte carbone invite ainsi à une approche renouvelée des politiques industrielles relatives aux secteurs intensifs en énergie, qui prenne pleinement en compte l'ensemble des conséquences associées aux choix de localisation de production.



Deloitte fait référence à un ou plusieurs cabinets membres de Deloitte Touche Tohmatsu Limited (« DTTL »), à son réseau mondial de cabinets membres et à leurs entités liées (collectivement dénommés « l'organisation Deloitte »). DTTL (également désigné « Deloitte Global ») et chacun de ses cabinets membres et entités liées sont constitués en entités indépendantes et juridiquement distinctes, qui ne peuvent pas s'engager ou se lier les uns aux autres à l'égard des tiers. DTTL et chacun de ses cabinets membres et entités liées sont uniquement responsables de leurs propres actes et manquements, et aucunement de ceux des autres. DTTL ne fournit aucun service aux clients. Pour en savoir plus, consulter www.deloitte.com/about. En France, Deloitte SAS est le cabinet membre de Deloitte Touche Tohmatsu Limited, et les services professionnels sont rendus par ses filiales et ses affiliés.

Deloitte est l'un des principaux cabinets mondiaux de services en audit et assurance, consulting, financial advisory, risk advisory et tax, et services connexes. Nous collaborons avec quatre entreprises sur cinq du Fortune Global 500® grâce à notre réseau mondial de cabinets membres et d'entités liées (collectivement dénommés « l'organisation Deloitte ») dans plus de 150 pays et territoires. Pour en savoir plus sur la manière dont nos 330 000 professionnels make an impact that matters (agissent pour ce qui compte), consultez www.deloitte.com.

Deloitte France regroupe un ensemble de compétences diversifiées pour répondre aux enjeux de ses clients, de toutes tailles et de tous secteurs. Fort des expertises de ses 7 000 associés et collaborateurs et d'une offre multidisciplinaire, Deloitte France est un acteur de référence. Soucieux d'avoir un impact positif sur notre société, Deloitte a mis en place un plan d'actions ambitieux en matière de développement durable et d'engagement citoyen.