

Décarbonation de l'industrie française : convertir l'impératif en opportunité

Enseignements d'une analyse comparative entre les industries françaises et allemandes sur les scopes 1 et 2.

*Par Matthieu Dussud, Peter Crispeels et Hugues Lavandier
En collaboration avec La Fabrique de l'industrie*



Comparer les émissions de gaz à effet de serre de l'industrie en France et en Allemagne permet d'identifier les opportunités qui s'offrent à l'industrie française d'accélérer sa transition vers une économie bas-carbone tout en renforçant sa compétitivité sur la scène internationale.

Dans la perspective de l'application du Pacte Vert européen à horizons 2030 et 2050, le rôle du secteur industriel apparaît déterminant, puisqu'il pèse 21 % des émissions de gaz à effet de serre de l'UE¹. A ce titre, il paraît assez pertinent de comparer les performances environnementales entre la France et l'Allemagne, deux acteurs industriels majeurs en Europe. Cette analyse fait émerger un paradoxe : malgré un mix électrique largement décarboné, l'industrie manufacturière française présente une intensité d'émissions directes de gaz à effet de serre (scope 1) supérieure à celle de son homologue allemande (323 gCO₂eq / € de valeur ajoutée en France en 2022 contre 254 gCO₂eq / € de valeur ajoutée en Allemagne). Comment expliquer cette apparente contradiction ?

Il convient tout d'abord de bien distinguer les scopes 1 et 2. Les émissions de scope 1 résultent des activités directes d'une entreprise, qu'il s'agisse de combustion dans un but énergétique ou de processus industriels. Les émissions de scope 2 sont quant à elles liées aux consommations d'électricité et de chaleur du réseau, hors combustion sur site.

Si l'écart est perceptible au détriment de la France s'agissant du scope 1, en revanche, pour le scope 2, le mix électrique moins carboné de la France joue en sa faveur. En 2022, le nucléaire représentait 62 % du mix de production brute d'électricité en France, et les combustibles fossiles environ 12 %, contre 47 % en Allemagne². Ainsi, le facteur d'émission moyen de la production d'électricité est 5 fois supérieur en Allemagne (368 gCO₂eq / kWh d'électricité produite contre 74 en France³), constituant un avantage significatif sur le scope 2 pour la France. Si l'on agrège les scopes 1 et 2, les intensités carbone des industries françaises et allemandes sont équivalentes.

Dans le détail, si l'on regarde le scope 1, l'écart d'émissions est essentiellement lié à un mix de production différent entre les deux pays. En France, les industries les plus carbo-intensives (cokéfaction et raffinage, métallurgie, ciment, verre, chimie, industries alimentaires) représentent une part plus importante de la valeur ajoutée industrielle. À l'inverse, en Allemagne certaines industries moins carbo-intensives sont surreprésentées, à l'instar de l'industrie automobile ou de la fabrication de machines et équipements. En revanche, l'étude ne révèle pas de différence majeure en termes de technologie ou d'efficacité des procédés industriels entre la France et l'Allemagne pour les principales industries émettrices : la chimie, la cimenterie et la sidérurgie. Au-delà du mix de production, les écarts observés à l'échelle sectorielle s'expliquent également par des positions distinctes sur la chaîne de valeur ou encore de simples biais statistiques. Par exemple, dans la chimie allemande, la production plus importante de chlore, procédé particulièrement électrifié, explique sa meilleure efficacité. Dans l'industrie cimentière française, le recours plus important aux importations de clinker place hors du périmètre d'analyse une partie des émissions. Concernant la sidérurgie, l'intégration, dans la comptabilisation des émissions, des gaz sidérurgiques transférés a considérablement rehaussé l'intensité d'émission du secteur en Allemagne, sous l'effet d'une modification des modes de calcul statistiques.

Comment faire progresser l'industrie française sur la voie de la décarbonation ? A court terme, un changement de positionnement sectoriel est difficilement envisageable pour réduire le différentiel de scope 1.

¹ Eurostat, 2022.

² Eurostat, 2022.

³ Agence Européenne de l'Environnement, 2022.

De multiples efforts sont déjà engagés. A l'échelle nationale, la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC2 en vigueur à ce jour) vise à réduire les émissions de gaz à effet de serre de l'industrie française de 35 % d'ici 2030 et de 81 % d'ici 2050 par rapport à 2015. Entre 2015 et 2023, celles-ci ont déjà baissé de 23 %. A l'échelle sectorielle, la chimie, le ciment, la métallurgie et le papier-carton ont publié leurs feuilles de route de décarbonation alignées sur ces objectifs. Enfin, à l'échelle des entreprises, des projets à grande échelle sont en cours : par exemple, l'investissement de 1,8Mds€ d'ArcelorMittal à Dunkerque vise à réduire ses émissions de 4,4 MtCO₂eq par an.

A plus long terme, l'électrification des procédés industriels semble être un levier majeur pour la décarbonation française. Bien que complexe à mettre en œuvre en raison des coûts élevés et des contraintes techniques liées aux processus industriels eux-mêmes, une adoption plus large de l'électrification permettrait aux industriels français de tirer parti du mix électrique national. Elle aurait également pour avantage d'agir à la fois sur les émissions directes et indirectes. Pour financer cet effort, les redistributions du système européen des enchères de quotas carbone peuvent être mobilisées.

Au-delà de ces aspects, notre étude aborde une question fondamentale : comment la reconstruction industrielle s'inscrit-elle dans l'équation de la décarbonation en France ? Bien qu'augmentant le volume d'émissions nationales, elle pourrait réduire l'empreinte carbone globale en permettant aux industriels de valoriser l'avantage compétitif que représente un mix électrique moins carboné tout en réduisant la "fuite de carbone" liée aux délocalisations. C'est ici qu'entre en ligne de compte le périmètre des émissions de scope 3 qui, depuis le 1^{er} janvier 2023, font l'objet d'une publication obligatoire dans les bilans carbone des entreprises de plus de 500 salariés.

Le présent article s'attache à répondre aux questions suivantes :

- Comment expliquer l'écart d'émissions directes de gaz à effet de serre entre les industries manufacturières française et allemande ?
- Le mix électrique de la France permet-il de rattraper cet écart à l'échelle du scope 2 ?
- Constate-t-on ce même différentiel dans les secteurs les plus émetteurs, et si oui, comment l'expliquer ?
- Quel potentiel l'électrification offre-t-elle en matière de décarbonation ?
- Quels autres leviers de décarbonation peut-on envisager ?
- Quels modèles de financement mobiliser ?
- Comment convertir l'impératif de décarbonation en opportunité de compétitivité accrue ?

Comment se comparent les émissions industrielles de la France et de l'Allemagne ?

1. Qu'en est-il à l'échelle de toute l'industrie manufacturière ?

Nos analyses portent sur les émissions de scopes 1 et 2. Les premières résultent des activités de l'entreprise, pouvant provenir de combustion dans un but énergétique ou de processus industriels. Les secondes sont liées aux consommations d'électricité et de chaleur du réseau.

Nous excluons volontairement le scope 3 de cette analyse, à savoir les émissions indirectes non incluses dans les scopes 1 et 2 mais liées à la chaîne de valeur complète de l'organisation⁴. Les données relatives aux émissions de scope 3, complexes à chiffrer car nécessitant des données de sources multiples, sont peu disponibles à l'échelle nationale ou de l'ensemble de l'industrie manufacturière, et les méthodologies peu harmonisées entre les différents pays. De plus, les économies nationales impliquant des chaînes de valeur complexes, l'attribution des émissions par secteur est particulièrement difficile à réaliser (du fait, par exemple, d'un risque de double comptabilisation). Au sein de l'Union européenne, les entreprises de plus de 500 salariés sont cependant tenues de publier les émissions de scope 3 dans leur bilan carbone depuis le 1^{er} janvier 2023. Cette obligation devrait favoriser la réalisation d'analyses plus complètes dans les années à venir.

Il ressort de notre étude que la France et l'Allemagne se retrouvent en position inversée sur les deux scopes : la France est proportionnellement plus émettrice en scope 1 que sa voisine, là où l'Allemagne est moins vertueuse sur le scope 2.

Sur le scope 1, en valeur absolue (c'est-à-dire en volume), les émissions de l'industrie manufacturière de l'Allemagne sont sensiblement supérieures (figure 1) : 182 MtCO₂eq contre 81. Une telle différence s'explique par une plus forte industrialisation, la valeur ajoutée de l'industrie allemande étant 2,7 fois supérieure à celle de la France. Cependant, si l'on observe l'intensité d'émissions directes, autrement dit la performance environnementale des deux industries, on relève qu'elle est plus élevée en France qu'en Allemagne : 254 gCO₂eq/€ de valeur ajoutée en Allemagne en 2022, contre 323 gCO₂eq/€ en France⁵. Certes, l'intensité diminue dans les deux pays sur les 10 dernières années, à un rythme annuel légèrement plus élevé en France qu'en Allemagne (-3,9 % contre -3,6 %). Pourtant, à l'échelle de la moyenne de l'UE-27, la baisse d'intensité est nettement plus rapide (-5,1 %), si bien que son intensité, qui était en 2013 supérieure à celle de la France, est aujourd'hui légèrement inférieure⁶. Ce constat soulève une nouvelle interrogation quant à la trajectoire européenne de décarbonation, que nous avons décidé de ne pas traiter dans cet article car elle excède son cadre.

Sur le scope 2, les situations sont inversées. La production électrique et de chaleur est moins carbonée en France qu'en Allemagne. Le mix électrique national joue en effet en faveur de la France. Ainsi, en 2022, le nucléaire représentait 62 % du mix de production brute d'électricité et les combustibles fossiles (solides, gaz naturel, produits pétroliers) environ 12 %, contre 47 % en Allemagne. Les hydrocarbures représentaient 41 % des combustibles servant à la production de chaleur en France contre 71 % en Allemagne⁷ (figure 2).

⁴ Par exemple, l'achat de matières premières, de services ou autres produits, les déplacements des salariés, le transport amont et aval des marchandises, la gestion des déchets générés par les activités de l'entreprise, l'utilisation et la fin de vie des produits et services vendus, l'immobilisation des biens et équipements de production...

⁵ Eurostat, 2022.

⁶ Eurostat, 2022.

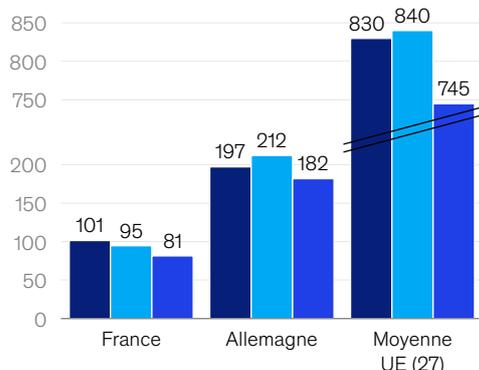
⁷ Eurostat, 2022.

Figure 1

Les données d'Eurostat montrent une intensité d'émissions plus élevée pour l'industrie manufacturière française qu'allemande

■ 2013
■ 2017
■ 2022

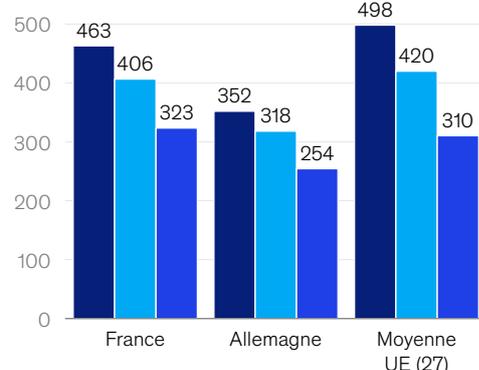
Volume d'émissions directes de gaz à effet de serre, MtCO₂eq



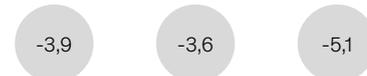
CAGR 2013-2022 (%)



Intensité d'émissions directes de gaz à effet de serre, gCO₂eq/€ de valeur ajoutée



CAGR 2013-2022 (%)



Note : Gaz à effet de serre = CO₂ + N₂O, CH₄, HFC, PFC, SF₆ et NF₃ en équivalent CO₂ ; Emissions directes = émissions de scope 1 ; valeur ajoutée brute en prix courants.

Source : Eurostat

McKinsey & Company

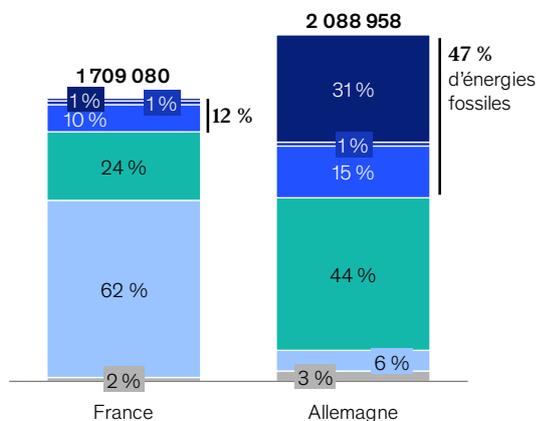
Figure 2

Le mix de consommation d'énergie des industriels est similaire à l'échelle nationale en France et en Allemagne

- Combustibles fossiles solides
- Pétrole et produits pétroliers (part de biocarburant non comprise)
- Gaz naturel
- Renouvelables, biocarburants, déchets
- Nucléaire
- Autres combustibles

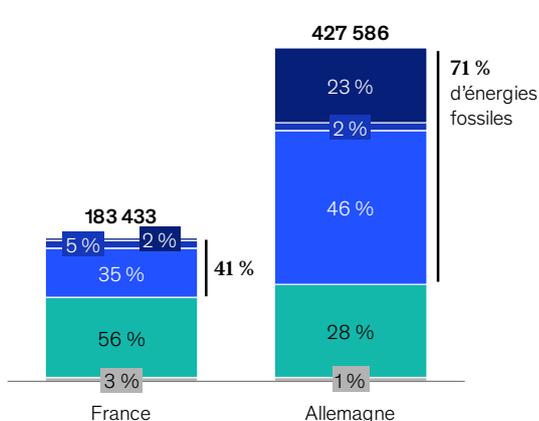
Production brute d'électricité

En térajoules (pouvoir calorifique inférieur), 2022



Production de chaleur

En térajoules (pouvoir calorifique inférieur), 2022



Source : Eurostat

McKinsey & Company

Ainsi, le facteur d'émission moyen de la production d'électricité est 5 fois supérieur en Allemagne en 2022⁸ : 368 gCO₂eq / kWh d'électricité produite contre 74 en France. Cela offre à la France un net avantage en scope 2.

Par application de facteurs d'émissions moyens, nous pouvons estimer, pour 2021, l'intensité de scope 2 de l'industrie manufacturière française à environ 36 gCO₂eq/€ de valeur ajoutée contre environ 126 en Allemagne⁹. L'électricité décarbonée du mix français compense ainsi son désavantage observé en scope 1. Si l'on agrège les scopes 1 et 2, les intensités carbone des industries françaises et allemandes se révèlent quasi équivalentes, avec même un très léger avantage pour la France : environ 359 gCO₂eq/€ contre 380 pour l'Allemagne (figure 3).

2. Comment expliquer ce différentiel ?

Deux principales hypothèses permettraient d'expliquer cet écart d'intensité en scope 1. D'une

part, une spécialisation de la France sur des segments industriels plus carbo-intensifs que ceux sur lesquels l'Allemagne est positionnée, et, d'autre part, l'usage d'outils et la mise en place de procédés productifs plus vertueux en Allemagne.

Hypothèse 1 : les industries françaises et allemandes sont spécialisées sur des segments manufacturiers différents

Les différents segments industriels présentent une hétérogénéité marquée en termes d'intensité d'émissions de gaz à effet de serre. Trois catégories peuvent être distinguées :

- **Les industries à forte intensité carbone :** la cokéfaction et le raffinage, la métallurgie, ou encore la fabrication de produits minéraux non métalliques (principalement le ciment et le verre) se caractérisent par une empreinte carbone particulièrement élevée, à hauteur de plus de 1 000 gCO₂eq/€ de valeur ajoutée.

Figure 3

Intensité d'émissions GES de scope 1 et 2 de l'industrie manufacturière

En gCO₂eq par euro courants de VA, 2022, estimations en scope 2



¹ Chiffres Agence Européenne de l'Environnement (AEE) pour la production nationale d'électricité. Facteurs estimés pour la chaleur, à partir du mix de combustibles (Eurostat), et des facteurs d'émissions par combustibles (GIEC).

² Secteur NAF D. Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné.

Source : Eurostat, Agence Européenne de l'Environnement, GIEC, ADEME, Electricity Maps, traitements internes

McKinsey & Company

⁸ En moyenne sur 2013-2021, le facteur d'émission moyen de la production d'électricité est 6,6 fois supérieur en Allemagne par rapport à la France. En 2022, le facteur français a été légèrement plus élevé que sa moyenne 2013-2021 (62g CO₂eq/kWh) car la production nucléaire a alors atteint son plus bas niveau depuis 1990, affectée par l'arrêt de plusieurs réacteurs pour rénovation ou réparation.

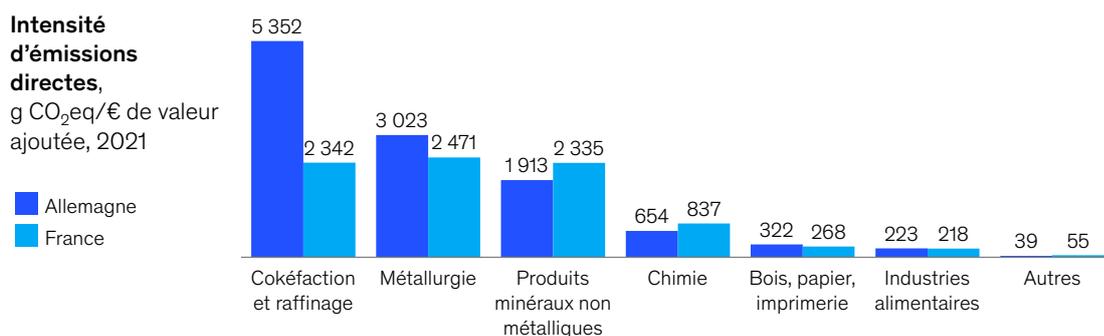
⁹ Estimation par moyenne sur plusieurs méthodes. Selon les méthodes, intensité française de 25 à 44 gCO₂eq/€, et allemande de 112 à 154 gCO₂eq/€. Méthode 1 : calculs de facteurs d'émissions moyens pour l'électricité (chiffres Agence Européenne de l'Environnement), et pour la chaleur (estimés à partir du mix d'énergie primaire et de leur propre facteur d'émission, d'après les données du GIEC et de l'ADEME). Méthode 2 : même approche, mais utilisant les chiffres Electricity Maps pour les facteurs d'émissions de l'électricité. Méthode 3 : Calcul du ratio consommation d'électricité et de chaleur de l'industrie manufacturière / production nationale d'électricité et de chaleur, avec données Eurostat. Ratio appliqué aux émissions directes du secteur de l'énergie (NAF D, données Eurostat). Méthode 4 : même approche que la méthode 3, mais utilisant les données CCNUCC (Nations Unies) pour les émissions directes du secteur de l'énergie.

- **Les industries à intensité carbone modérée** : les industries chimique, agroalimentaire, du bois et du papier-carton ont une intensité d'émissions comprise entre 100 et 1 000 gCO₂eq/€ de valeur ajoutée.
- **Les industries à faible intensité carbone** : les autres industries, notamment automobile, construction navale, industrie pharmaceutique et textile se distinguent par une intensité carbone nettement inférieure, en deçà de 100 gCO₂eq/€ de valeur ajoutée.

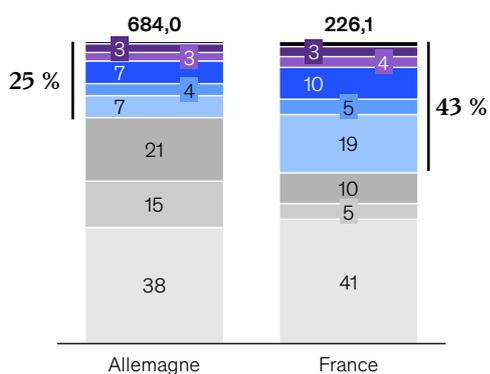
Notre analyse établit que les industries les plus intensives en émissions de gaz à effet de serre (i.e., les deux premiers groupes) représentent une part plus importante de la valeur ajoutée industrielle en France (43 %) qu'en Allemagne (25 %)¹⁰. La France connaît notamment une spécialisation plus marquée dans les secteurs de la chimie et de l'agroalimentaire.

À l'inverse, l'industrie automobile et la fabrication de machines et équipements, relativement moins intensives en émissions, sont surreprésentées en Allemagne, totalisant 36 % de la valeur ajoutée contre 15 % en France¹¹ (figure 4).

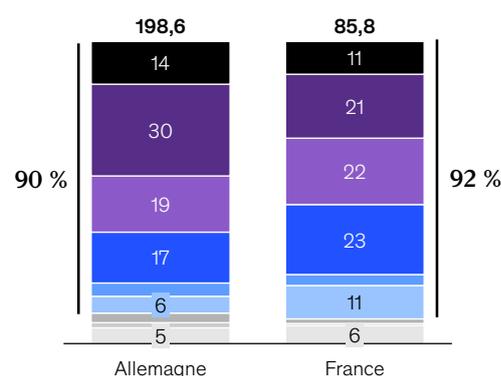
Figure 4
Les industries les plus carbo-intensives ont un poids plus élevé dans la valeur ajoutée industrielle française



Ventilation de la valeur ajoutée par industrie manufacturière, %, total en Md€ courants de VA, 2021



Ventilation des émissions GES directes par industrie manufacturière, %, total en MtCO₂eq, 2021



- Cokéfaction et raffinage
- Industrie chimique
- Industrie automobile et navale
- Métallurgie
- Bois, papier, imprimerie
- Machines et équipements
- Produits minéraux non métalliques
- Industries alimentaires
- Autres¹

¹ Industries textile, produits en caoutchouc et plastique, informatiques, électroniques, optiques, équipements électriques, meubles, bijouterie, autres industries manufacturières.

Source : Eurostat

McKinsey & Company

¹⁰ Eurostat, 2021.

¹¹ Eurostat, 2021.

L'hypothèse d'un mix industriel davantage orienté vers les secteurs les plus émetteurs en France est donc validée. On peut d'ailleurs la vérifier à travers une projection théorique : si l'on applique la répartition de la valeur ajoutée industrielle allemande à l'industrie française, on obtient alors une intensité hypothétique de GES directe de 285 gCO₂eq/€ de valeur ajoutée, soit un niveau équivalent à l'intensité allemande (290 gCO₂eq/€ en 2021). Cependant, est-ce le seul facteur explicatif ?

Hypothèse 2 : l'outil productif allemand est plus vertueux

Les émissions de scope 1 se divisent entre d'une part les émissions liées à la combustion d'énergies¹² et d'autre part les émissions liées aux procédés industriels (par ex., co-produits chimiques).

En ce qui concerne les émissions liées à la combustion d'énergie, la France émet environ autant de CO₂ par térajoule d'énergie consommée

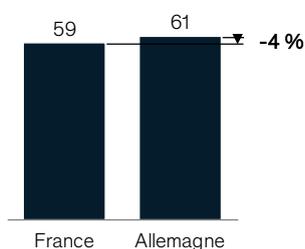
dans l'industrie manufacturière (59 tCO₂ eq en 2021) que sa voisine allemande (61 tCO₂eq)¹³. L'industrie française utilise notamment un peu plus de gaz naturel que l'Allemagne (72 % du mix hors électricité et chaleur, contre 68 %). L'industrie allemande consomme, quant à elle, plus de produits pétroliers et combustibles fossiles solides, notamment les briquettes de lignite, et plus de gaz manufacturés.

En revanche, l'industrie française recourt à davantage d'énergie (hors électricité et chaleur) par euro de valeur ajoutée que l'Allemagne (3 TJ/M€ contre 1,8 TJ/M€)¹⁴. Cela rend, au global, les émissions énergétiques de scope 1 par euro de valeur ajoutée supérieures en France (150 tCO₂eq/M€ de valeur ajoutée contre 111 tCO₂eq/M€ de valeur ajoutée). L'industrie manufacturière française est donc plus énergivore que son homologue allemande, hors électricité et chaleur (figure 5).

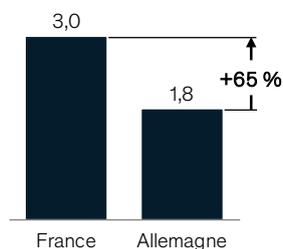
Figure 5

L'industrie française dispose d'un mix de combustibles moins carboné, mais davantage énergivore par euro de valeur ajoutée

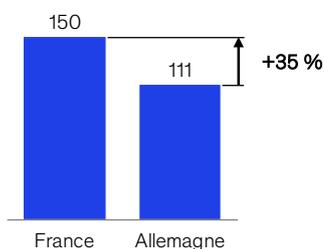
Emissions par térajoule consommé, hors électricité et chaleur achetée¹
En t CO₂eq / TJ, 2021



Consommation par euro de valeur ajoutée de l'industrie manufacturière, hors électricité et chaleur achetée
En TJ / mn€ de VA, 2021



Emissions énergétiques par euro de VA, hors électricité et chaleur achetée
En t CO₂eq / mn€ de VA, 2021



¹ Estimations par application des facteurs d'émissions moyens du GIEC par type de sources énergétiques. Ici uniquement pour le CO₂, CH₄ et NO₂, exclut les autres gaz à effet de serre.

Source : Eurostat, GIEC, ADEME, traitements internes McKinsey & Company

¹² Par exemple, gaz naturel utilisé comme combustible sur site, gazole ou gaz de pétrole liquéfié utilisés comme carburant, déchets utilisés comme combustibles... On exclut ici l'électricité et la chaleur, qui sont principalement produites hors du périmètre de l'entreprise et entrent donc dans les émissions de scope 2.

¹³ Estimations sur base de la consommation énergétique hors électricité et chaleur (Eurostat, 2021) et des facteurs d'émissions moyens du GIEC et de l'ADEME.

¹⁴ Eurostat, 2021.

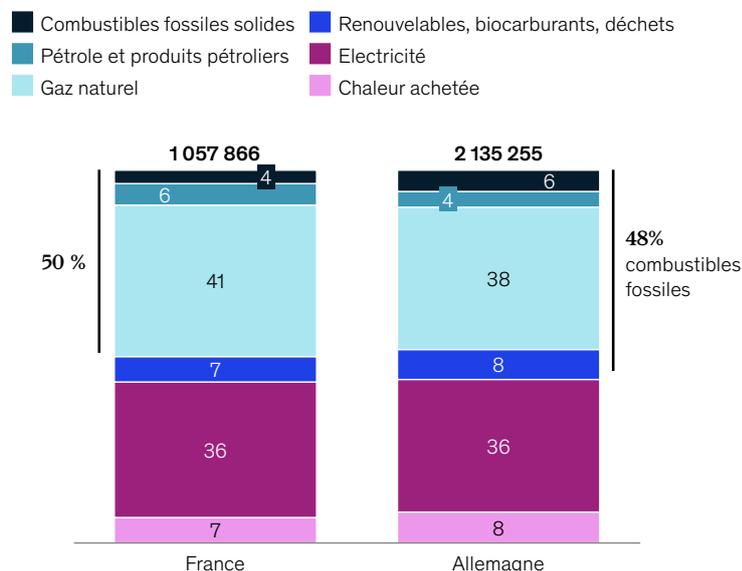
Si l'on réintègre l'électricité et la chaleur dans l'analyse, le mix de consommation énergétique des industriels français et allemands est similaire pour l'ensemble de l'industrie manufacturière. La part de combustibles fossiles primaires est équivalente (respectivement 50 % et 48 %), tout comme la part d'électricité (36 % dans les deux pays)¹⁵. Cela invalide l'hypothèse d'une moindre électrification des industriels français à l'échelle de l'ensemble du secteur manufacturier. En revanche, l'industrie manufacturière française apparaît 66 % plus énergivore, avec une intensité énergétique supérieure de 5,3 TJ par M€ de valeur ajoutée, contre 3,2 TJ/€ en Allemagne¹⁶ (figure 6). Cela s'explique en partie par son positionnement sur des secteurs plus consommateurs (par ex., industries alimentaires, chimie).

A l'échelle nationale, ces analyses ne permettent donc pas de conclure à un outil industriel allemand plus vertueux du point de vue des combustions énergétiques. Si la France bénéficie d'un mix de sources énergétiques moins carboné, elle semble néanmoins plus consommatrice, en partie car positionnée sur des secteurs plus consommateurs. Les données des Nations Unies, bien que sur un périmètre légèrement différent, semblent confirmer ce constat : les intensités des émissions énergétiques directes pour l'industrie et la construction sont proches entre la France et l'Allemagne¹⁷.

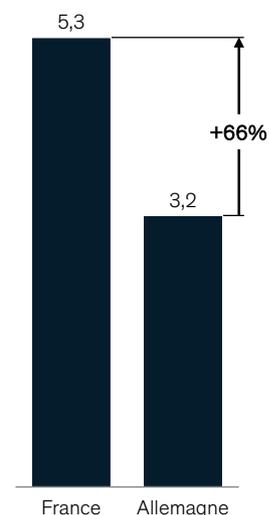
Figure 6

Le mix de consommation d'énergie des industriels est similaire à l'échelle nationale, mais l'industrie française est plus énergivore

Mix de consommation énergétique finale de l'industrie manufacturière
En % du total, total en térajoules (pouvoir calorifique inférieur), 2021



Intensité énergétique
En TJ / mn€ de VA, 2021



Note : Hors cokéfaction et raffinage, hors réparation de machines et équipements (données indisponibles).

Source : Eurostat

McKinsey & Company

¹⁵ Eurostat, 2021.

¹⁶ Eurostat, 2021. Cette intensité énergétique est cependant impactée par le même biais de composition sectorielle que celui relevé en Hypothèse 1.

¹⁷ Données des Nations Unies (CCNUCC), 2021, sur le périmètre Industrie Manufacturière + Construction. Les données pour l'industrie manufacturière seule ne sont pas disponibles. Des différences d'allocation entre émissions énergétiques et de procédés sont cependant à noter entre France et Allemagne, invitant à la prudence sur l'utilisation de ces données.

En revanche, si l'on regarde la seconde composante des émissions de scope 1, à savoir l'intensité carbone des procédés industriels, celle-ci semble structurellement très supérieure en France sur les dix dernières années (figure 7).

A quoi tient un tel écart dans les émissions des procédés industriels entre les deux pays ?

Si l'on regarde les investissements verts¹⁸ dans l'industrie manufacturière, destinés à décarboner les processus, on constate que, sur la période 2018-2022, ils représentaient 23 Mds€ en Allemagne contre 8 Mds€ en France. Bien que différents en valeur absolue, ils sont très similaires en valeurs relatives : dans les deux

pays, ils représentent 25 % des investissements industriels totaux ("verts" et non "verts") sur la période et un ratio équivalent à 7 € investis en projets verts pour 1 000 € de valeur ajoutée. Bien que des analyses plus approfondies soient nécessaires concernant les investissements industriels, il semble inexact d'affirmer qu'il existe un manque global d'investissements en France par rapport à l'Allemagne.

Il est cependant difficile de comparer l'efficacité des émissions à l'échelle de l'ensemble de l'industrie manufacturière, tant les secteurs diffèrent en termes d'équipement, de processus, de matières premières, et donc de sources d'émissions. Par exemple, la métallurgie affiche

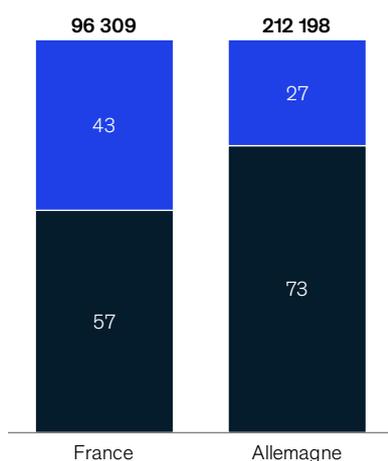
Figure 7

L'intensité des émissions énergétiques des industries françaises et allemandes sont similaires, en revanche l'intensité des procédés est inférieure en Allemagne

Répartition des émissions directes de l'industrie et de la construction¹

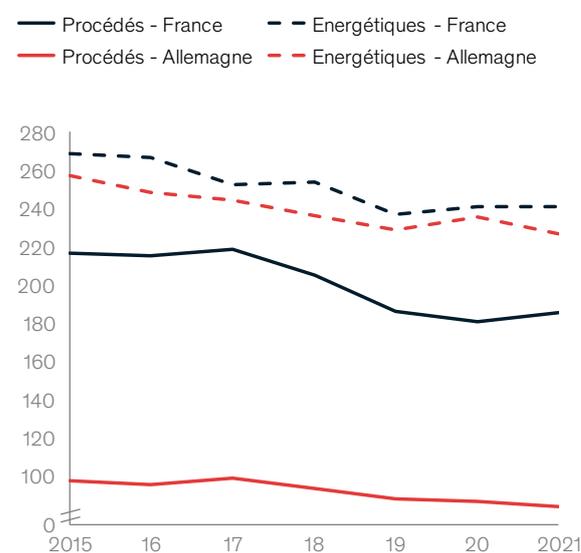
En %, total en ktCO₂eq, 2021

- Emissions de procédés
- Emissions énergétiques incl. cokéfaction et raffinage



Intensité des émissions de l'industrie et de la construction¹

En gCO₂eq par euro de valeur ajoutée



¹ Répartition des émissions de procédés vs énergétiques seulement disponibles à cette granularité. N/A pour industrie manufacturière seule.

Note : Hors cokéfaction et raffinage, hors réparation de machines et équipements (données indisponibles).

Source : UNFCCC, Eurostat

McKinsey & Company

¹⁸ Données issues de l'Observatoire de l'Emploi et de l'Investissement de Trendeo. Sont considérés comme "verts" les investissements de score "Environnement" = 2 (sur une échelle de 0 à 2), selon la classification proposée par Trendeo.

une intensité de scope 1 très similaire entre les deux pays, mais une intensité de scope 1 + 2 favorable à la France, qui bénéficie de son électricité décarbonée en scope 2. En ce qui concerne la chimie, l'écart d'intensité en scope 1¹⁹ n'est pas compensé en scope 2. Enfin, pour ce qui est des produits minéraux non métalliques comme le ciment et le verre, la France semble disposer d'un avantage dès le scope 1 (figure 8). Une analyse sectorielle plus approfondie est nécessaire pour identifier les sources de ces écarts.

3. Quelles performances respectives pour les secteurs les plus émetteurs ?

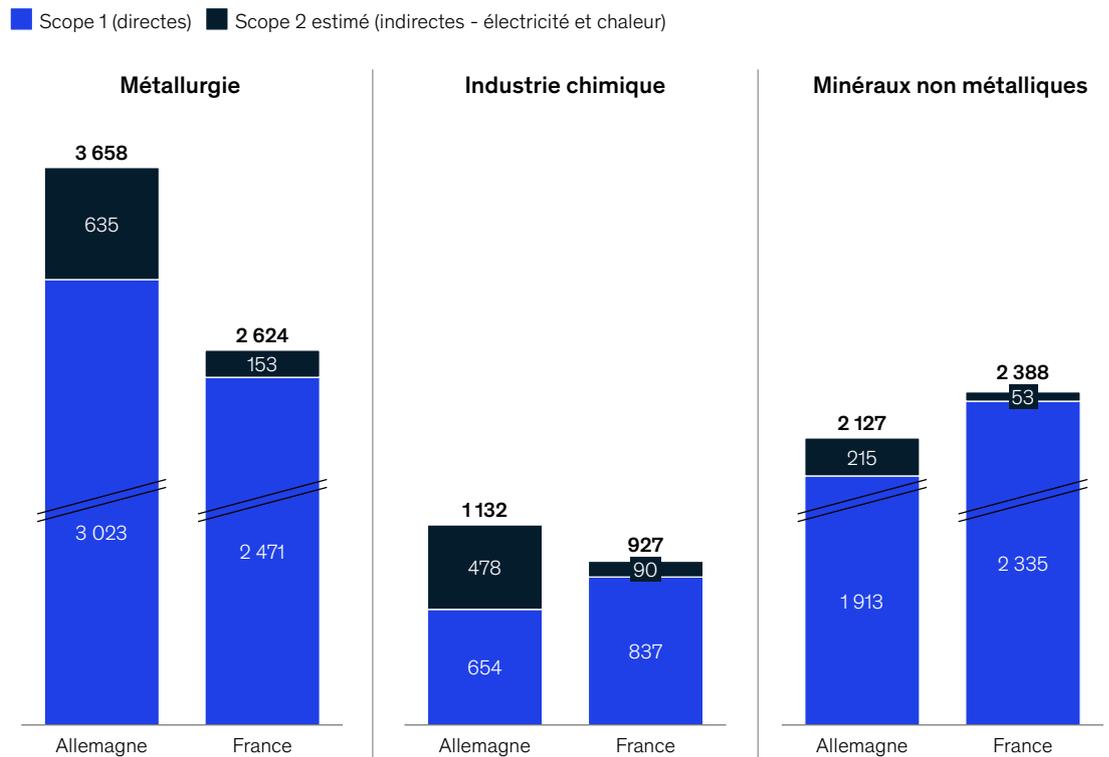
Dans le cadre de cette analyse, nous avons donc examiné de manière plus détaillée trois secteurs industriels particulièrement carbo-intensifs : la sidérurgie, la chimie et le ciment, afin d'identifier les sources des écarts constatés entre la France et l'Allemagne.

Figure 8

Les performances en termes d'émissions sont à apprécier à l'échelle sectorielle, tant les industries présentent des profils différents

Intensité d'émissions directes et indirectes des principales industries émettrices

En gCO₂eq / euro de valeur ajoutée (brute, euros courants), 2021¹



¹ Scope 1 : données Eurostat. Scope 2 : estimations par moyenne de deux méthodes. Méthode 1 : application de facteur d'émissions moyens à la consommation d'électricité et de chaleur de chaque industrie. Méthode 2 : ratio consommation d'électricité et de chaleur de l'industrie / production totale d'électricité et de chaleur du pays appliqué aux émissions GES du secteur de l'énergie.

Source : Eurostat, Agence Européenne de l'Environnement, traitements internes

McKinsey & Company

¹⁹ Eurostat, 2021 pour les valeurs ajoutées et émissions de scope 1 ; estimations pour le scope 2 selon données Eurostat, 2021 (consommations d'électricité et de chaleur) et Agence Européenne de l'Environnement, 2021 (facteurs d'émissions moyens).

La sidérurgie

Depuis 2015, l'intensité d'émissions de la sidérurgie française en scope 1 est légèrement plus basse qu'en Allemagne, en volume comme en part de valeur ajoutée. L'industrie allemande produisait en effet 40,1 Mt d'acier brut en 2021 contre 13,9 Mt pour son homologue française, soit une intensité de 1,2 tCO₂eq/t en France contre 1,4 tCO₂eq/t en Allemagne. Avant 2015, ces indicateurs étaient en moyenne relativement similaires dans les deux pays²⁰ (figure 9).

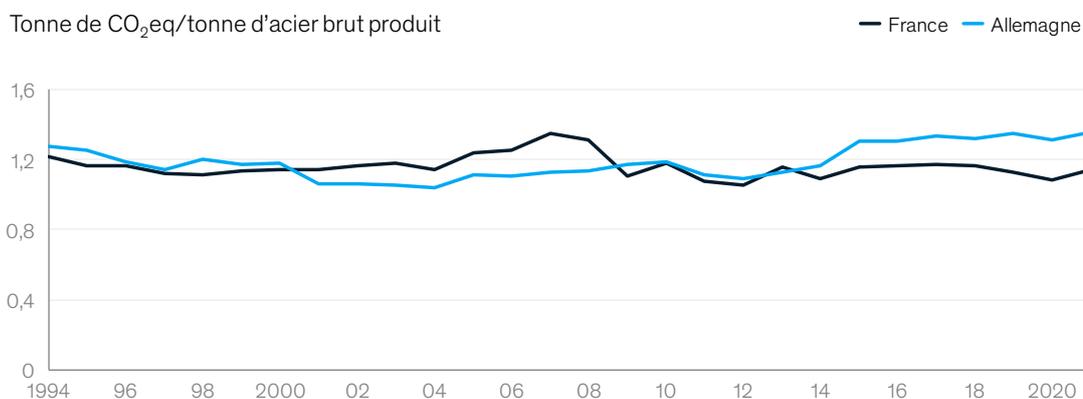
Une première explication à cet écart constaté depuis 2015 réside dans la différence en matière de technologies de production entre les deux pays : la production sidérurgique française repose en effet davantage sur les fours électriques, moins émetteurs que les hauts-fourneaux²¹. 32,6 % de la production d'acier était ainsi effectuée par filière électrique en 2022 en France contre

29,8 % en Allemagne²². La filière électrique²³ émet, en scopes 1 et 2, entre 0,4 et 0,5 tonnes de CO₂ par tonne d'acier produit, contre 1,7 à 1,8 tonnes en moyenne, en scope 1 uniquement, pour la filière intégrée²⁴. La filière électrique, qui fabrique notamment les aciers longs utilisés en construction et les aciers spéciaux (tels que les alliages), est historiquement importante en France.

« L'importance de la filière électrique en France s'explique par la présence de sidérurgistes spécialisés et de débouchés nationaux importants dans l'aéronautique ou le nucléaire. »

Matthieu Jehl, directeur général
d'ArcelorMittal France

Figure 9
Intensité carbone de la production d'acier



Source : CITEPA, World Steel Associate, inventaires nationaux d'émissions CCNUCC, traitement La Fabrique de l'industrie McKinsey & Company

²⁰ La Fabrique de l'industrie d'après Citepa, World Steel Association et inventaires nationaux d'émissions (format CCNUCC). Pour information, la méthode Tier 2 (consommation de chaque combustible x facteur d'émission de chaque combustible) est utilisée pour l'Allemagne, et la méthode Tier 2/3 (somme des émissions individuelles de chaque site industriel, complétée par les estimations Tier 2 pour les données manquantes) est utilisée pour la France. Le choix de la méthode dépend de la disponibilité et de la qualité des données observées. La nomenclature du CCNUCC distingue, dans le cas de la sidérurgie, les émissions liées à la combustion des émissions de procédés. C'est la raison pour laquelle ce format est retenu ici.

²¹ Filière dite de "fonte" (ou "à oxygène" ou "intégrée"), produisant de l'acier par contact en haut-fourneau du minerai de fer et du coke (dérivé du charbon), puis en coulant la fonte dans un four à oxygène. Cette technique permet la production d'aciers plats.

²² World Steel Association, 2022.

²³ Cette filière recycle la ferraille de récupération dans un four électrique à arc et produit ainsi principalement des aciers longs.

²⁴ Conseil national de l'industrie, 2021.

Néanmoins, cette légère différence dans les technologies employées ne saurait expliquer la totalité de l'écart d'émissions constaté.

Une autre piste d'explication serait celle du biais statistique. Ainsi, lorsque les gaz sidérurgiques émanant de la filière hauts-fourneaux sont valorisés en tant que combustibles, les émissions associées sont en principe comptabilisées par les inventaires nationaux dans les secteurs qui les consomment. Cela induit la sortie d'une part variable des émissions du périmètre de la sidérurgie et peut fausser la comparaison entre deux pays. En effet, il existe une différence d'approche statistique en matière de comptabilisation des émissions entre la France et l'Allemagne à partir de 2015. En Allemagne, les émissions des centrales thermiques alimentées en gaz sidérurgiques, jusqu'alors attribuées au secteur énergétique (production d'électricité), ont été rebasculées dans le secteur industriel (sidérurgie). Ce changement comptable se répercute dans l'indicateur allemand d'intensité carbone. Si on comptabilise les émissions à la source²⁵ afin d'adopter une même approche dans les deux pays, on retrouve un niveau d'intensité carbone très similaire entre les deux pays en ce qui concerne le secteur sidérurgique²⁶.

L'écart d'intensité relevé dans les données des inventaires de la sidérurgie semble donc tenir principalement aux différentes méthodes statistiques appliquées en France et en Allemagne et non à un différentiel réel d'équipement ou d'optimisation des procédés productifs, un fait confirmé par les experts et industriels interrogés.

« **En scope 1, il n'y a pas de différence technologique notable entre la sidérurgie française et la sidérurgie allemande.** »

Bruno Jacquemin, Marc Pleuvy et Maxime Lazard, représentants d'A3M

La chimie

La chimie est le premier secteur manufacturier émetteur en France (19 MtCO₂eq en 2022) et le quatrième en Allemagne (27 MtCO₂eq) en volume d'émissions directes. Si l'on regarde l'intensité d'émissions directes, l'industrie chimique française est également plus intense que la chimie allemande, avec 837 teqCO₂/M€ contre 654 teqCO₂/M€²⁷.

Cette industrie est particulièrement diversifiée en termes de produits et de débouchés. On distingue ainsi la chimie organique (produits pétrochimiques en aval des raffineries), la chimie inorganique (comprenant, par exemple, les gaz industriels, le chlore, les engrais...), la fabrication de polymères (plastiques, caoutchoucs, fibres synthétiques...), les produits de spécialité (colorants, pesticides...) et enfin les produits de consommation (savons, parfums).

²⁵ C'est-à-dire dans le secteur de la sidérurgie, en tant que gaz manufacturés.

²⁶ La Fabrique de l'industrie d'après World Steel Association et inventaires nationaux d'émissions. A noter : l'ETS (système européen d'échange de quotas carbone) autorise bien à déduire les émissions transférées dès lors que l'installation qui reçoit le gaz est dans le périmètre ETS. Cette comptabilisation permet notamment de valoriser le placement de gaz chez un producteur d'électricité. L'exercice de réintégration des émissions transférées conduit ici à pour seul but de comparer les émissions françaises et allemandes sur un même périmètre, et n'a pas pour visée de préconiser une méthode de comptabilisation particulière.

²⁷ Eurostat, 2022.

Alors que l'Allemagne est davantage positionnée sur la pétrochimie et la chimie de spécialité (respectivement 30 % et 36 % du mix de valeur ajoutée de la chimie allemande en 2021 contre 16 % et 21 % en France), l'Hexagone est davantage positionné sur la chimie de consommation, qui représente 37 % du mix contre 10 % en Allemagne²⁸ (figure 10).

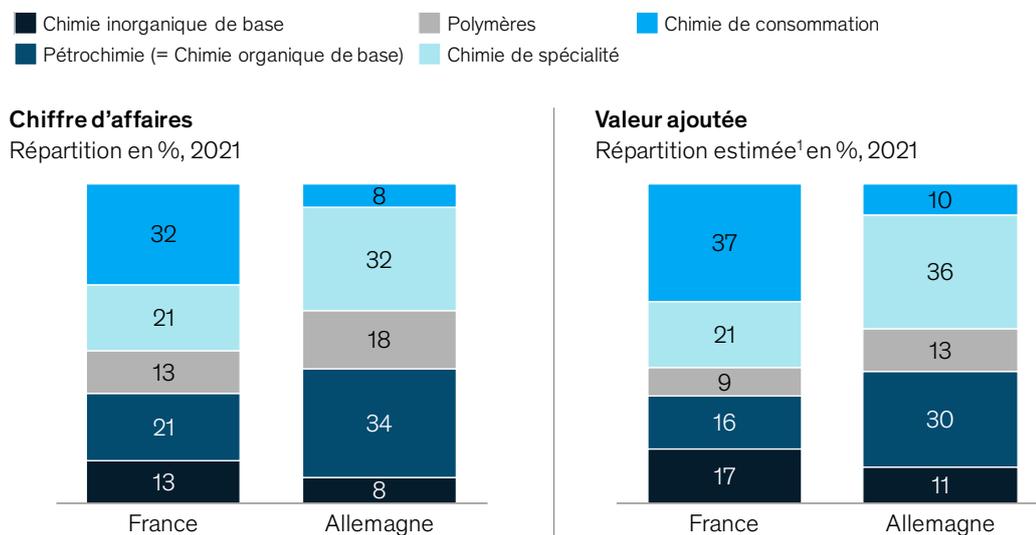
Or, la chimie de base (pétrochimie et chimie inorganique de base) ainsi que la fabrication de polymères sont les secteurs à plus forte intensité carbone. Cette dernière varie d'environ 1 à 1,5 tCO₂eq/t (pour le propylène) à plus de 3,5 tCO₂eq/t (pour le polyuréthane)²⁹. Les chimies de spécialité et consommation, quant à elles, présentent des intensités carbone très variables en fonction des produits, mais sont globalement moins émettrices (moins de 50 gCO₂eq/€ de valeur ajoutée). L'analyse de la granularité des produits ne permet donc pas de conclure à un positionnement français sur des produits chimiques plus carbo-intensifs.

« Le mix produit est très différent entre la France et l'Allemagne, avec une forte pondération des savons, parfums et cosmétiques dans l'Hexagone. »

Sylvain Le Net, responsable Énergie au sein de France Chimie

Figure 10

En valeur, l'Allemagne est davantage positionnée sur la pétrochimie et la chimie de spécialité, la France sur les produits de consommation



¹ Ratios de valeur ajoutée estimés sur la base du fichier ESANE (INSEE).

Source : INSEE, VCI

McKinsey & Company

²⁸ INSEE, 2021 et Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI), 2021.

²⁹ ADEME, "Plan de transition Sectoriel Chimie : Mémo sur les enjeux de décarbonation de la filière", 2021.

Si l'on regarde l'intensité énergétique des industries chimiques française et allemande, celle-ci s'avère proche, avec un léger avantage pour la France (9,3 TJ/M€ de valeur ajoutée en France contre 11,2 TJ/M€ de valeur ajoutée en Allemagne en 2021³⁰). En revanche, la chimie allemande est plus électrifiée, ce qui réduit l'intensité de scope 1. L'électricité représente en effet 33 % du mix de consommation de la chimie allemande en 2022, et 28 % en France³¹.

Cette plus forte électrification s'explique en partie par le positionnement allemand sur des produits particulièrement électro-intensifs. La production de chlore notamment, qui s'opère par électrolyse, est surreprésentée en Allemagne, avec une capacité de production de 5,5 Mt contre 1,3 Mt en France en 2022³².

« **La pétrochimie, la fabrication de chlore qui s'opère par électrolyse et qui est la matière première du PVC, ou encore la fabrication de pigments, sont des activités importantes en Allemagne.** »

Sylvain Le Net, responsable Énergie au sein de France Chimie

La plus forte électrification allemande s'explique également par un recours accentué aux installations de cogénération, c'est-à-dire de la combustion de gaz ou de biomasse produisant à la fois de l'électricité et de la chaleur. La cogénération représente ainsi environ 25 % de l'électricité consommée et environ 35 % de la chaleur utilisées en Allemagne, contre respectivement environ 20 % et 15 à 20 % en France³³.

« **Historiquement, la cogénération a été davantage soutenue par les pouvoirs publics en Allemagne qu'en France. Cela a été un choix politique dans le cadre de la décarbonation du mix énergétique national.** »

Sylvain Le Net, responsable Énergie au sein de France Chimie

La cogénération permet d'améliorer le rendement énergétique et donc la consommation d'énergie primaire. L'électricité issue de la cogénération peut être produite par des acteurs énergéticiens – hors du périmètre de la chimie – et donc comptabilisée en scope 2. Elle peut également être produite directement par les acteurs de la chimie. Dans ce cas, elle est autoconsommée ou vendue, et les émissions liées sont comptabilisées en scope 1 de l'industrie chimique, sauf pour la part vendue. Dans les deux cas, on introduit là un biais puisque la cogénération a pour effet de transférer des émissions de scope 1 vers le scope 2.

Ainsi, si la chimie allemande apparaît moins carbonée que de la chimie française en scope 1, ce constat est principalement lié à un positionnement sur des produits à la fabrication particulièrement électro-intensive et au développement plus avancé de la cogénération.

³⁰ Eurostat, 2021.

³¹ Eurostat, 2022.

³² Conseil européen de l'industrie chimique (CEFIC), 2022.

³³ Estimations sur la base de données INSEE, Verband der Chemischen Industrie e.V., et Scholz, A., Theisen, S., Schneider, C., & Kloo, Y. (2024). Structural analysis of petrochemical clusters in Germany: What can be learned for the transformation towards climate neutrality? *Journal of Business Chemistry*.

Le ciment

Le secteur du ciment est l'une des industries à plus forte intensité carbone, aussi bien en France qu'en Allemagne. Ses émissions émanent principalement du procédé de décarbonatation du calcaire par combustion pour la fabrication de clinker (matière première du ciment). Sur la dernière décennie, l'industrie cimentière allemande était en moyenne moins carbonée sur le scope 1 qu'en France. L'écart s'est cependant réduit sur les deux dernières années et, en 2021, l'intensité française était légèrement inférieure, à hauteur de 560 kg de CO₂ émis par tonne de ciment produit en France, contre 576 kg en Allemagne³⁴ (figure 11).

Pourtant, plusieurs éléments pourraient indiquer une intensité allemande plus faible ou équivalente à celle de la France.

En premier lieu, l'industrie cimentière allemande est plus consommatrice de combustibles alternatifs que la France (69 % du mix énergétique de l'industrie du ciment en 2021 contre 44 %

en France³⁵). Certes émetteurs de gaz à effet de serre, ces combustibles alternatifs (déchets, biomasse) sont en moyenne moins émetteurs que les combustibles fossiles. Quant à la France, elle progresse sur ce terrain. Un phénomène de rattrapage est déjà perceptible.

« La part des combustibles alternatifs progresse en France, elle est d'ailleurs passée à 50 % en 2022, avec l'ambition d'atteindre 80 % en 2030. »

Nicolas Mouchnino, Directeur des affaires économiques à France Ciment

La production de clinker, étape la plus énergivore, est plus intense en France, avec 4,1 GJ/tonne produite en 2021 hors électricité, contre 3,8 en Allemagne³⁶. Cette différence s'explique par l'utilisation de procédés différents, principalement l'usage de voies humide et semi-sèche en France, tandis que la voie sèche est très largement

Figure 11

Intensité carbone de la production de ciment en France et en Allemagne

Tonne de CO₂eq/tonne de ciment produit



Source : Eurostat (PRODCOM), France Ciment, VDZ, SEQE, traitements La Fabrique de l'industrie McKinsey & Company

³⁴ Traitements La Fabrique de l'industrie d'après France Ciment, VDZ et SEQE. Les périmètres d'activité et d'émissions de CO₂ en France correspondent aux adhérents de France Ciment. France Ciment couvre 95 % de la production nationale de ciment répartie entre 5 groupes adhérents (Heidelberg Materials, Imerys, Lafarge, Eciom et Vicat). La fédération professionnelle ne couvre pas l'activité des cimentiers non producteurs de clinker, à l'instar d'Ecocem.

³⁵ France Ciment, 2023.

³⁶ France Ciment et Verein Deutscher Zementwerke (VDZ), traitements La Fabrique de l'industrie.

majoritaire en Allemagne³⁷. En France, 45 % des fours fonctionnent par voie humide ou par voie semi-sèche (respectivement à hauteur de 5 % et 40 %), contre 55 % par voie sèche³⁸ en Allemagne, or ces technologies sont plus énergivores que la filière par voie sèche. La conversion est en cours pour la filière historique française.

« **Les cimenteries de nos adhérents font actuellement l'objet d'investissements pour remplacer les installations de voie humide et améliorer l'efficacité énergétique.** »

Nicolas Mouchnino, Directeur des affaires économiques à France Ciment

Depuis quelques années, l'industrie cimentière développe sa production de ciment bas-carbone, à faible teneur en clinker et donc moins émetteur

à la production. Les industries française et allemande semblent en être à des stades équivalents sur ce sujet, avec un taux de clinker de 0,7 t par tonne de ciment produite en 2020 dans les deux pays. Ce taux est en légère décroissance dans les deux pays depuis 2010³⁹.

Comment expliquer alors la plus faible intensité carbone de l'industrie cimentière française mise en évidence dans les statistiques sectorielles ? Si le taux de clinker semble similaire dans les mix de production français et allemand, l'industrie française du ciment consomme davantage de clinker importé dans son mix d'intrants : 15,8 % de la consommation de clinker du secteur contre 1 % en Allemagne⁴⁰ (figure 12). Cela s'explique en partie par la géographie, qui expose davantage les cimentiers français à la concurrence étrangère, notamment en provenance des pays méditerranéens. Depuis le début des années 2010, des cimentiers ne produisant pas leur propre clinker se sont développés, et les cimentiers intégrés historiques peuvent également avoir recours au clinker importé pour

Figure 12
Part du clinker importé



Source : Eurostat (PRODCOM), France Ciment, VDZ, SEQE, traitements La Fabrique de l'industrie McKinsey & Company

³⁷ La voie sèche consiste à préparer le cru (mélange de matières premières) sous forme de poudre. La voie semi-sèche agglomère la matière sous forme de granules. La voie humide la plus ancienne, transforme la matière en pâte fluide à forte teneur en eau. Elle nécessite ensuite une étape d'évaporation avant la cuisson. La voie sèche est deux fois moins énergivore que la voie humide d'après le site Infociments rattaché à France Ciment.

³⁸ France Ciment.

³⁹ Estimations La Fabrique de l'industrie d'après France Ciment, Verein Deutscher Zementwerke (VDZ), Citepa.

⁴⁰ Traitements La Fabrique de l'industrie d'après Eurostat (PRODCOM), VDZ, SEQE.

améliorer leur compétitivité-prix. Une partie des émissions liées à la production de clinker est ainsi reportée du scope 1 au scope 3. Toutefois, en l'absence de données disponibles, il est difficile de chiffrer la part des groupes intégrés dans les importations françaises de clinker, et donc de quantifier précisément l'impact de ce constat sur l'intensité carbone française.

La réduction ces dernières années de l'écart franco-allemand est donc à nuancer. Certes elle tient à un effet de rattrapage de l'industrie française cimentière en matière de performance énergétique, mais celui-ci est couplé à un recours plus important aux importations de clinker en France.

Encadré - Un biais statistique intrinsèque

L'élaboration des inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre est un exercice relativement récent, ayant émergé dans les années 1990 sous l'égide de l'ONU. Elle s'inscrit dans le cadre des efforts internationaux pour lutter contre le changement climatique, en visant à fournir une base de données fiable sur les émissions de chaque pays.

Les exigences en matière de reporting sont particulièrement strictes dans les pays développés, dits de l'Annexe I de la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), dont la France et l'Allemagne sont signataires. Les deux pays sont ainsi soumis à des obligations de déclaration régulière et détaillée de leurs émissions.

Cependant, l'estimation précise de ces émissions reste un défi complexe, fortement dépendant de la qualité et de la granularité des données disponibles dans chaque pays. Les systèmes statistiques nationaux jouent un rôle crucial dans ce processus et sont chacun dotés de leurs propres méthodes de recensement, d'extrapolation et de comptabilisation entre différents secteurs d'une même chaîne de valeur.

Comme nous l'avons observé dans notre étude du secteur de la sidérurgie, des effets de bords liés à la prise en compte ou non de ventes / achats spécifiques peuvent biaiser l'analyse.

La diversité des produits et de leurs unités de mesures peut également rendre les comparaisons ardues.

Malgré de constants efforts d'harmonisation, des disparités persistent inévitablement dans les approches de comptabilisation des émissions. Ces différences méthodologiques introduisent un biais statistique intrinsèque dans l'analyse comparative des émissions entre pays. Par conséquent, il convient d'interpréter avec prudence les écarts observés entre France et Allemagne, en particulier lorsqu'ils sont de faible amplitude, et de tenir compte dans l'analyse de ces disparités méthodologiques sous-jacentes.

Par ailleurs, chaque pays réalise ses exercices de chiffrage d'émissions de gaz à effet de serre sur la base de méthodologies distinctes. Inventaires nationaux ou bilan des émissions de gaz à effet de serre, empreintes carbone, émissions au sens du système européen d'échange de quotas d'émissions (ETS ou SEQE en anglais), émissions au format CCNUCC... Chaque mesure correspond à des périmètres et méthodologies spécifiques. Il est dans ce cadre crucial de s'accorder, ou tout du moins de clarifier, dans toute analyse, sur le référentiel à utiliser pour garantir la cohérence et la comparabilité des données entre pays et approches.

En conclusion, l'écart d'intensité des émissions de gaz à effet de serre observé sur le scope 1 entre la France et l'Allemagne s'explique principalement par des différences dans la structure de leurs secteurs manufacturiers respectifs. En France, les industries les plus carbo-intensives représentent une part plus importante de la valeur ajoutée industrielle, alors qu'en Allemagne, certaines industries moins carbo-intensives comme l'industrie automobile sont surreprésentées.

Il n'existe pas de différence majeure en termes de technologies ou d'efficacité des procédés industriels entre la France et l'Allemagne pour les principales industries émettrices. Les écarts observés, qu'ils soient en faveur d'un pays ou de l'autre, peuvent s'expliquer à l'échelle sectorielle par des positionnements produits différents (par exemple, dans le chlore dans le secteur de la chimie), des positions distinctes sur la chaîne de valeur (comme l'illustre la part des importations de clinker) ou encore du fait de biais statistiques propres aux méthodes de calcul distinctes employées dans chacun des pays (par exemple, l'intégration dans les émissions allemandes des gaz sidérurgiques transférés).

Cinq leviers pour faire progresser la France sur la voie de la décarbonation

La Stratégie nationale bas-carbone (SNBC2 actuellement en vigueur) fixe des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) pour l'industrie française en scope 1 à hauteur de -35 % en 2030 et -81 % en 2050, par rapport à 2015.

Dans ce contexte, quatre des principaux secteurs industriels émetteurs ont publié leur feuille de route en termes de décarbonation : la chimie, l'industrie cimentière, la métallurgie et l'industrie du papier-carton. Ces derniers ont défini des trajectoires compatibles avec les objectifs de la SNBC à horizon 2030, et même à horizon 2050 pour l'industrie cimentière. Ces trajectoires incluent des mesures quantifiées

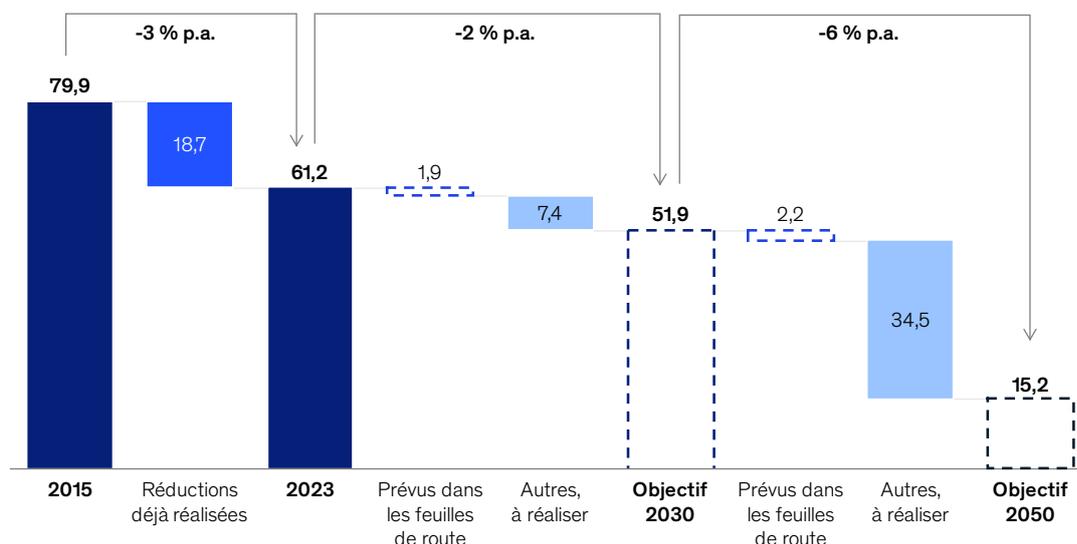
pour les différents leviers de décarbonation privilégiés. Par exemple, dans l'industrie chimique, l'amélioration de l'efficacité énergétique devrait permettre une réduction de 1,8 MtCO₂eq entre 2015 et 2030 et la production de chaleur bas-carbone⁴¹ une baisse de 2,2 MtCO₂eq à cette même échéance⁴². En 2023, d'autres secteurs industriels ont adressé leurs propositions de feuilles de route de décarbonation aux pouvoirs publics : la filière du bâtiment, la filière de l'automobile, la chaîne de valeur des véhicules lourds, le secteur maritime et le secteur aérien.

Des projets de décarbonation à grande échelle ont également vu le jour. Par exemple, ArcelorMittal a annoncé en 2024 un investissement de 1,8 Mds€ sur son site de Dunkerque afin de réduire ses émissions de 4,4 MtCO₂eq par an, soit environ 5 % des émissions industrielles nationales de 2022⁴³.

Figure 13

Objectifs de la Stratégie nationale bas-carbone et réduction d'émissions déjà réalisées

Emissions directes de l'industrie manufacturière française
Mt CO₂eq



Source : CITEPA, Stratégie Nationale Bas Carbone, feuilles de routes sectorielles
McKinsey & Company

⁴¹ Via l'utilisation de combustibles solides de récupération et de biomasse.

⁴² CITEPA, CNI et COPACEL, "Feuille de route de l'industrie papetière", 2022 ; CNI, "Feuille de route de la filière chimie", 2021, "Feuille de route de la filière mines et métallurgie", 2021, "Feuille de route de la filière ciment", 2021.

⁴³ Communiqué de presse du Ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique "FRANCE 2030 : Signature du contrat d'aide soutenant la décarbonation du site d'ArcelorMittal à Dunkerque", 15 janvier 2024.

Au-delà de ces feuilles de route déjà tracées, des efforts supplémentaires seront nécessaires dans l'ensemble des industries pour atteindre les objectifs de la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC). On estime à -7,4 MtCO₂eq la réduction d'émissions requise d'ici 2030, et à 34,5 MtCO₂eq d'ici 2050 (figure 13). Un tel effort conduira à changer d'échelle dans le rythme de décarbonation : en effet, celui-ci devra passer de 2 % par an à horizon 2030 à 6 % par an à horizon 2050. Cinq leviers principaux peuvent être actionnés en ce sens.

1. Tirer pleinement parti du potentiel de l'électrification

L'électrification représente un levier essentiel pour la décarbonation de l'industrie. Il répond en effet à plusieurs enjeux : contraintes réglementaires croissantes, volatilité des prix des énergies fossiles, attentes renforcées des parties prenantes en termes de durabilité, etc.

En la matière, l'industrie française dispose d'un atout majeur. Développer l'électrification lui permet à la fois de tirer parti de son mix électrique national bas-carbone et d'agir sur les émissions directes et indirectes (scopes 1 et 2).

En effet, son avance sur l'Allemagne demeure incontestable. Outre-Rhin, on observe certes une accélération de la décarbonation du mix électrique depuis 2010, avec une accélération de la baisse annuelle moyenne du facteur d'émission : celle-ci s'établit à -4,4 % entre 2011 et 2020, contre environ -1,7 % depuis 1990⁴⁴. Cette évolution résulte notamment d'une réduction de moitié de la production des centrales à charbon et du doublement de la production d'électricités renouvelables. Cependant, cette tendance reste à nuancer : la crise énergétique a entraîné en Allemagne la prolongation de l'activité de

plusieurs centrales à charbon afin de faire face à l'arrêt de l'approvisionnement en gaz naturel. Le développement des énergies renouvelables, quant à lui, fait face à des défis locaux tels qu'une opposition aux projets éoliens terrestres ou des contraintes géographiques pour l'éolien offshore (façade maritime allemande éloignée des bassins de consommation, plutôt situés au Sud du pays).

L'avantage de la France est indéniable, et au vu des enjeux précités concernant l'Allemagne, on peut se demander si et quand cette dernière serait capable de rattraper son retard actuel en matière de production d'une énergie décarbonée. Il y a urgence pour l'industrie française à capitaliser sur cet avantage comparatif, ce qui supposera de lever certains obstacles majeurs qui subsistent dans tous les secteurs très émetteurs. A titre d'exemples⁴⁵ :

- Dans la sidérurgie, l'électrification des procédés est freinée par l'ampleur des investissements requis et par le risque de pénurie de matériaux recyclés. En effet, alors que l'électrification exigera une part plus grande de ces matériaux, les approvisionnements actuels sont déjà en tension.
- Dans le secteur verrier, des solutions comme le *boosting* électrique⁴⁶ offrent des économies d'énergie, mais requièrent des investissements substantiels et une planification alignée sur les cycles de rénovation des fours.
- Pour la plupart des secteurs industriels, la durée de vie des équipements, longue de plusieurs décennies, ralentit l'adoption de nouvelles technologies. Au-delà des coûts d'investissement, l'adaptation des raccordements aux réseaux électriques et les contraintes normatives constituent des freins supplémentaires.

⁴⁴ Agence Européenne de l'Environnement, 2024.

⁴⁵ Les principales pistes pour lever ces obstacles sont abordées dans la partie 3.

⁴⁶ La capacité de fusion des fours à flammes est limitée par le transfert thermique entre la flamme et la surface du bain de verre. Il est possible d'augmenter cette capacité de fusion par adjonction d'un chauffage électrique d'appoint par électrodes plongeantes (appelé aussi "boosting").

2. Améliorer la performance énergétique, notamment en valorisant la chaleur fatale

Un second levier vise à améliorer la performance énergétique des installations existantes.

Cela peut passer par une modernisation de ces installations, notamment via l'optimisation de l'isolation thermique, comme dans le cas des fours de l'industrie verrière, ou via l'adoption d'équipements de production moins énergivores, tels que des fours électriques ou des compresseurs d'air à haute efficacité. Il apparaît également pertinent d'améliorer la récupération et la valorisation de la chaleur fatale⁴⁷ : en 2017, l'ADEME estimait le potentiel de récupération de chaleur fatale dans l'industrie française à 110 TWh. Bien que les solutions de valorisation de la chaleur basse température ne soient pas encore pleinement matures, les progrès techniques récents et les aides financières, notamment via le Fonds Chaleur, favorisent l'émergence de nouveaux projets. La rentabilité économique est actuellement plus élevée pour les sites générant d'importantes quantités de chaleur, à l'instar des verreries ou des cimenteries.

Enfin, accélérer l'autoproduction d'énergie décarbonée constitue une option prometteuse : des solutions telles que les centrales photovoltaïques, les chaufferies biomasse ou la géothermie peuvent être déployées via des offres clé en main, incluant financement, exploitation et maintenance. Elles permettent une réduction rapide des émissions de CO₂, notamment lorsqu'elles remplacent des installations fonctionnant aux énergies fossiles.

3. Utiliser des matières recyclées ou biosourcées comme intrants

L'utilisation de combustibles solides de récupération (CSR), issus du tri des déchets ménagers, est encore limitée en France au-delà de l'industrie cimentière. Ceux-ci peuvent pourtant être utilisés dans de nombreuses autres industries, au sein de chaudières dédiées, en remplacement des équipements recourant aux énergies fossiles.

Dans l'industrie chimique, la substitution des hydrocarbures par des matières premières alternatives constitue un axe majeur de décarbonation. De nouveaux procédés, tels que la pyrolyse ou l'oxydation partielle, permettent de transformer les plastiques recyclés en matières premières réutilisables. Dans les chaudières à vapeur, il est possible de remplacer des combustibles fossiles vierges par du biométhane ou de la biomasse.

Cependant, les difficultés d'approvisionnement et la complexité à maintenir des standards de qualité équivalents à ceux obtenus avec des matières vierges freinent actuellement l'adoption à grande échelle de ces pratiques, malgré un potentiel certain en termes de réduction de l'empreinte carbone.

⁴⁷ La chaleur de récupération (ou chaleur fatale) est la chaleur générée par un procédé dont l'objectif premier n'est pas la production d'énergie, et qui de ce fait n'est pas nécessairement récupérée. Il s'agit de capter puis transporter cette chaleur, qui serait perdue, pour favoriser son exploitation sous forme thermique.

4. Investir dans les procédés "verts" spécifiques à chaque filière

De nouveaux procédés peuvent être mobilisés pour réduire les émissions. Ils sont très variables entre les industries et leur développement se situe à des niveaux de maturité différents.

Dans l'acier par exemple, l'utilisation de l'hydrogène pour produire du DRI (direct reduced iron) est l'une des pistes les plus prometteuses, mais nécessite d'importants coûts opérationnels et s'avère très intense en énergie.

Dans la chimie, de nouveaux procédés catalytiques favorisent la réduction du N_2O dans les usines d'acide nitriques et donc des émissions fugitives, ou même de l'ensemble des émissions sur l'entièreté du processus, à l'instar de l'ammoniac vert, produit en utilisant de l'hydrogène décarboné (c'est-à-dire par électrolyse de l'eau avec une électricité renouvelable) combiné avec de l'azote. De nouveaux procédés biotechnologiques peuvent également être mis en place, tels que le biomanufacturing : c'est-à-dire l'utilisation d'enzymes et de micro-organismes pour la production de produits chimiques.

5. Capturer et stocker le carbone

Le développement des techniques de captage et de stockage du CO_2 (CSC) en est encore à ses débuts, mais plusieurs acteurs majeurs de l'industrie française ont déjà manifesté leur intérêt pour celles-ci, à l'instar d'Air Liquide ou de TotalEnergies. Selon les prévisions de l'Agence Internationale de l'Énergie, les volumes de CO_2 capturés pourraient passer de 35 Mt en 2020 à 840 Mt en 2030 au niveau mondial. Cette expansion du marché du CSC dépendra des avancées technologiques et de la réduction des coûts de captage. L'un des enjeux majeurs en termes de viabilité économique réside dans la capacité à valoriser le CO_2 séquestré (par exemple, en gaz carbonique pour la réfrigération, via une transformation en minéraux, en engrais ou en carburant, ou encore via une utilisation en intrant industriel).

Si certaines de ces applications permettent une séquestration durable des émissions (comme par exemple la minéralisation en matériaux de construction, immobilisant le CO_2 pour plusieurs décennies), il est toutefois à noter que d'autres constituent davantage un recyclage (par exemple la transformation en carburant). Dans l'industrie chimique, l'intégration de technologies CSC aux chaudières à vapeur et aux fours de craquage pourrait jouer un rôle clé dans le traitement des sous-produits. Cette approche est d'autant plus pertinente que les sources d'émissions françaises sont bien identifiées et concentrées sur un nombre limité de sites industriels.

La pertinence des leviers de décarbonation précités varie selon l'intensité carbone des industries concernées. Dans les secteurs fortement émetteurs, des investissements conséquents dans les technologies de ruptures sont pertinents. En revanche, dans les industries moins intensives en carbone, comme l'automobile, des progrès significatifs peuvent être réalisés en misant sur des mesures d'efficacité énergétique conventionnelles plus matures. Un potentiel de réduction important existe en effet dans l'adoption de solutions éprouvées (LED, isolation, logiciels de gestion énergétique...).

Faire de la décarbonation un facteur de compétitivité future

Alors que l'industrie française a comblé en grande partie son déficit en matière de compétitivité-coût⁴⁸, elle dispose à travers la décarbonation d'une opportunité décisive d'améliorer sa compétitivité hors coût. L'avantage comparatif dont elle dispose, notamment au regard de son homologue allemande sur les scopes 1 et 2, lui permet de renforcer sa position concurrentielle. Au-delà des atouts structurels dont elle peut se prévaloir⁴⁹, elle peut faire de ses performances comparativement supérieures en matière d'émissions de CO₂ un facteur déterminant pour consolider et accroître ses capacités de production.

1. Réunir les conditions d'une exécution optimale

Quel modèle de partenariat ou de logique écosystémique, mais aussi quels axes de financement envisager pour consolider l'avantage bas-carbone de l'industrie française ?

Penser à l'échelle des grands bassins industriels

Les émissions de gaz à effet de serre dans l'industrie française sont marquées par une forte concentration géographique, avec trois zones industrielles principalement concernées : Dunkerque, Fos-Berre et Le Havre. Il existe ainsi une réelle opportunité de transformer ces zones en hubs industriels bas-carbone, via le développement de collaborations étroites à l'échelle locale.

Des co-investissements ou une mutualisation des moyens peuvent être imaginés dans les infrastructures, par exemple en termes de production d'énergie sur site, de recyclage ou de réseaux de récupération de la chaleur. Parmi les projets existants : l' "Autoroute de la chaleur", mise en service en 2021 dans le Nord, vise à valoriser la chaleur résiduelle grâce à la proximité entre producteurs et consommateurs de chaleur. La chaleur produite par l'incinération des déchets dans les unités de valorisation autour de Lille est récupérée pour alimenter les réseaux de chauffage urbain de la Métropole lilloise (MEL). Ce partenariat public-privé impliquant notamment la MEL et Veolia, co-financé par l'ADEME et l'Union européenne⁵⁰, permet d'éviter l'émission de plus de 50 ktCO₂ par an et de chauffer environ 26 000 logements. Autre exemple, le projet D'Artagnan d'exportation de CO₂ mené par Air Liquide et Dunkerque LNG s'appuie sur des technologies de capture du CO₂ particulièrement adaptées à la concentration géographique de grands sites émetteurs. Un réseau de canalisations sera construit pour transporter, sous forme liquide, le CO₂ capté depuis les sites de Lumbres et Réty vers le port de Dunkerque. Un terminal sera implanté sur la plateforme de l'ancien terminal méthanier. Ce projet, qui représente un investissement global de 200 M€, co-financé par des fonds européens, pourrait atteindre une capacité de 1,5 MtCO₂ en 2027 et 4 Mt à moyen terme⁵¹. Enfin, l'investissement collectif dans l'hydrogène décarboné permet la réalisation de projets d'ampleur et des économies d'échelle substantielles pour les acteurs impliqués. Le projet GravitHy, localisé à Fos-sur-Mer, prévoit l'implantation d'une usine de production de fer pré-réduit (DRI) à partir d'hydrogène bas-carbone. Plus de 2 Mt pourraient être produites annuellement, pour une réduction des émissions à hauteur d'environ 4 MtCO₂ par an. L'investissement global représente 2,2 Mds€ et devrait générer 3 000 emplois directs et

⁴⁸ Banque de France, Antoine Berthou et Guillaume Gaulier, "Quel bilan de la compétitivité prix et coût dans les exportations de la France depuis le début des années 2000 ?", mai-juin 2021.

⁴⁹ Ces atouts structurels comprennent la force de traction qu'exercent ses grands champions mondiaux, l'accès aux marchés grâce à une situation géographique très favorable au cœur de l'UE et une connexion très performante aux divers flux d'échanges transfrontaliers, la qualité de ses infrastructures, son vivier des talents et en particulier la qualité de la formation de ses ingénieurs et diplômés en STEM, l'excellence de ses foyers de recherche et d'innovation, la force de la French Tech et de ses 27 licornes dont plusieurs sont positionnées sur les technologies de rupture de l'industrie du futur, en enfin la présence très marquée des grandes entreprises françaises dans les alliances stratégiques récemment conclues pour les méga-investissements dans la tech et l'économie décarbonée. Voir McKinsey, "Redéfinir les stratégies industrielles à l'aune des grandes mutations récentes", juin 2023.

⁵⁰ Métropole Européenne Lilloise, 2023.

⁵¹ Cap Décarbonation, 2023.

indirects⁵². Il associe six acteurs industriels et institutionnels : Forvia, Engie, Plug Power, Idec, Primetals et l'Institut Européen de Technologies InnoEnergy. A Dunkerque, ArcelorMittal s'est associé à Air Liquide pour réduire les émissions de ses aciéries en utilisant de l'hydrogène décarboné et le captage de CO₂. Le projet, en partie financé par des subventions publiques de la Commission Européenne, permettrait de réduire les émissions d'environ 2,85 MtCO₂ à horizon 2030. Il est présenté comme la première étape dans la "création d'un écosystème à l'avant-garde" et "une source de compétitivité et d'attractivité pour les différents acteurs du bassin industriel et portuaire de Dunkerque".

Cette réflexion à l'échelle collective est d'ailleurs encouragée par les pouvoirs publics. Dans le cadre du plan France 2030, l'appel à projets ZIBAC (Zones Industrielles Bas-Carbone) vise à accélérer la décarbonation de grandes zones industrielles, incitant à développer les synergies et coopérations entre acteurs. Ouvert exclusivement aux consortiums, il a désigné 4 projets lauréats dans les bassins industriels de Dunkerque, Fos-sur-Mer, du Havre et de Loire Estuaire.

Assurer le financement en mobilisant les redistributions du système SEQE

Depuis 2005, le système européen d'échange de quotas d'émission (SEQE ou EU ETS en anglais) fixe un plafond d'émissions de gaz à effet de serre pour les installations couvertes par le système⁵³. Les obligations SEQE couvrent plus de 11 000 installations au sein de l'Union européenne et des pays de l'Espace économique européen, dont environ 1 200 sites en France.

Dans les années 2010, le SEQE s'est retrouvé en excès d'offre, avec pour conséquence un prix très bas de la tonne de CO₂ et une faible incitation à la décarbonation. Entre 2021 et 2023, ce prix évolue entre 80 et 100 €, soit 3 fois plus que celui constaté entre 2018 et 2021, sous l'influence notamment du Pacte Vert pour l'Europe (ou Green Deal européen), renforçant les objectifs de réduction d'émissions de GES et les conditions d'allocation des quotas gratuits. Les nouvelles réductions de gaz à effet de serre décidées par le Parlement et le Conseil Européens mèneront à deux vagues de diminutions du nombre de quotas mis sur le marché : -90 millions en 2024 et -27 millions en 2026⁵⁴, renforçant le signal-prix du système. Bien que le prix du carbone ait récemment baissé (environ 70 € par tonne en juillet 2024⁵⁵), les estimations s'accordent sur une tendance à la hausse significative à horizon 2030. Le prix par tonne s'établirait alors entre 140 et 200 €⁵⁶, dépendant de plusieurs facteurs tels que la demande et la production industrielle, le prix de l'énergie ou encore les changements de réglementation. Le rapport Quinet II prévoit, quant à lui, qu'il faudra une valeur tutélaire d'environ 250 € en 2030 et jusqu'à 775 € en 2050 pour respecter les objectifs de la Stratégie nationale bas-carbone⁵⁷. Il est donc complexe d'avancer un chiffre précis ou d'établir que le système actuel sera suffisant pour permettre l'atteinte des objectifs de réduction des émissions. Mais il est incontestable que pour les industriels, la nette augmentation du coût des émissions carbone dans les années à venir va considérablement améliorer l'équation de retour sur investissement des projets de décarbonation.

⁵² CCI Aix-Marseille Provence, 2024.

⁵³ Ce plafond est progressivement abaissé pour réduire les émissions globales. Sous ce plafond, les installations industrielles reçoivent ou achètent des quotas d'émission qu'elles peuvent s'échanger. Chaque année, elles doivent restituer autant de quotas que leurs émissions vérifiées de l'année précédente.

⁵⁴ Communiqué de presse du Parlement Européen, "Changement climatique : Accord sur un système d'échange de quotas d'émission plus ambitieux (SCEQE)", 18 décembre 2022.

⁵⁵ Sandbag Carbon Price Viewer, 2024.

⁵⁶ Homaio, 2024 ; EcoAct, 2022 ; EuroActiv, 2023.

⁵⁷ "La valeur de l'action pour le climat", Alain Quinet pour France Stratégie, 2019.

En 2022, les enchères de quotas ont représenté 38,8 Mds€ de revenus⁵⁸. 23,5 % de ces revenus sont affectés au Fonds d'innovation de l'Union européenne et au Fonds de modernisation de l'UE⁵⁹. Le reste, soit 29,7 Mds€ en 2022, est redistribué aux États membres. Chaque pays reçoit un pourcentage fixe des recettes, déterminé en fonction des émissions passées dans les secteurs couverts par le système.

L'Allemagne, qui a reçu en 2022 6,8 Mds€ provenant des enchères, soit 22,9 % du total redistribué, est le plus grand bénéficiaire des revenus du système. La France a reçu quant à elle 1,9 Mds€ en 2022 soit 6,4 % du total. Cette part relativement faible allouée à la France (au regard par exemple de la part de son PIB représentant 17 % du PIB de l'UE-27) s'explique par sa moindre industrialisation et son mix électrique historiquement décarboné. Elle représente donc une proportion des émissions de l'Union européenne (dans le périmètre SEQE) plus faible que l'Allemagne⁶⁰.

Depuis 2024, les États Membres de l'Union européenne ont l'obligation de flécher 100 % des recettes d'enchères vers des dépenses pour le climat. En France, les revenus des enchères sont depuis 2013 affectés à l'Agence nationale de l'habitat (ANAH) dans la limite d'un plafond, et contribuent depuis 2022 au programme MaPrimRénov. Le reste est versé au budget général de l'Etat. En 2022, un peu moins de 500 M€ ont été affectés à l'ANAH, avec un plafond fixé à 700 M€ pour les années 2023 et 2024⁶¹. Les fonds générés par le SEQE pourraient à l'avenir être disponibles pour permettre de faciliter la décarbonation industrielle.

2. Fixer un niveau d'ambitions stratégiques élevé

Au-delà d'une logique de conformité aux contraintes réglementaires, l'enjeu de la décarbonation gagnerait à être pensé et planifié à l'aune du potentiel économique et compétitif qu'il représente pour les entreprises comme pour les grandes filières industrielles françaises.

Penser la décarbonation comme un marché porteur

Au-delà de l'émergence de nouvelles filières prometteuses, telles que les batteries et l'hydrogène, le marché de la décarbonation offre en lui-même un fort potentiel et donc une possibilité de développement significatif pour les industriels français. Au niveau mondial, les investissements nécessaires estimés pour atteindre le Net Zéro s'élèvent à 83 Mds\$ annuels jusqu'à 2050 uniquement pour l'industrie, et à 5 800 Mds\$ si on ajoute les secteurs de l'énergie et des carburants durables, du bâtiment et de la mobilité⁶². Le marché de la décarbonation attire déjà une large diversité d'acteurs, incluant les énergéticiens, les groupes du BTP et des services, les spécialistes des gaz industriels, ainsi que les fabricants d'équipements et de solutions spécialisées.

⁵⁸ Assemblée nationale, Rapport d'information n° 2160, déposé par la Commission des Affaires Européennes, "L'évolution du marché des crédits carbone au niveau européen", 2024.

⁵⁹ Le Fonds d'Innovation de l'UE aide les États membres à financer des initiatives visant à mettre en œuvre des technologies à zéro émission nette ; le Fonds de modernisation de l'UE soutient la modernisation des systèmes de production d'énergie et contribue à l'amélioration des technologies énergétiques dans 13 États membres de l'UE à faible revenu.

⁶⁰ Eurostat, 2022.

⁶¹ Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires, 2023.

⁶² Investissements basés sur le scénario Net Zéro du Réseau pour le Verdissement du Système Financier (NGFS). Source : McKinsey et Institute of International Finance, "[Financing the net-zero transition: From planning to practice](#)", janvier 2023.

Pour les industriels européens qui vont se positionner sur ce nouveau marché, tant au niveau national qu'international, l'enjeu est double : saisir de nouvelles opportunités de marché, mais aussi développer une expertise et une position concurrentielle avantageuse, qui pourront ensuite être valorisées dans d'autres régions du monde. Les acteurs français disposent d'ailleurs déjà de savoir-faire de pointe. Dans l'hydrogène bas-carbone, Air Liquide et Technip Energies sont parmi les leaders mondiaux. Engie via sa filiale CertiNergy & Solutions, se distingue dans la récupération de chaleur fatale. Sur le captage et stockage du CO₂, Air Liquide est là encore l'un des pionniers mondiaux, IFP Energies Nouvelles, établissement public de R&D, a développé sa filiale spécialisée Axens, et Veolia va déployer à grande échelle la technologie brevetée de Carbon Clean Solution, présentée comme leader mondial du captage carbone à faible coût. La technologie DAC (Direct Air Capture) d'Airbus, développée avec l'Agence Spatiale Européenne, lui permet de proposer des crédits de retrait de carbone aux compagnies aériennes. Un accord a notamment été signé avec Air Canada sur 2026-2029. Les compétences françaises s'étendent également à l'efficacité énergétique et à l'électricité bas-carbone. Dalkia a lancé en 2021 une technologie de valorisation des combustibles solides de récupération dans des chaufferies, ou encore des centrales de cogénération capables de traiter tous types de CSR. Schneider Electric est l'un des pionniers de l'optimisation automatisée de la gestion énergétique des infrastructures. Total Energies, classé premier développeur solaire mondial en 2023 avec un portefeuille de 41,3 GW, vise une production annuelle de 100 TWh en renouvelable (solaire et éolien), ce qui le placerait parmi les cinq premiers producteurs mondiaux. EDF se classe depuis plusieurs années déjà parmi les principaux acteurs mondiaux du nucléaire, et travaille aujourd'hui à l'exportation

de sa technologie EPR. Orano compte parmi les leaders mondiaux du recyclage de combustibles nucléaires et a lancé début 2024 un fonds de 50 M€ pour soutenir les deep tech de la décarbonation industrielle. En effet, les start-up de la greentech française ne doivent pas être oubliées. Elles sont nombreuses à déjà bénéficier d'un rayonnement international. C'est le cas de Metron, spécialiste de l'efficacité énergétique des sites industriels grâce à l'intelligence artificielle, de Carbonloop, qui propose des solutions de production sur site de chaleur ainsi que d'électricité et d'hydrogène à partir de biomasse, de Hoffmann Green, qui développe et produit des ciments décarbonés, ou encore de Water Horizon, qui récupère, stocke et redistribue la chaleur fatale industrielle grâce à des batteries thermiques.

Exploiter, par la reconstruction industrielle, l'avantage comparatif de la France

Les émissions de gaz à effets de serre de l'industrie manufacturière française ont baissé de 27,6 % entre 2010 et 2022, soit -2,7 % par an en moyenne⁶³. Ce résultat est certes dû aux efforts de décarbonation des entreprises hexagonales, mais aussi en partie à la désindustrialisation du pays, qui a accéléré le transfert à l'étranger d'activités polluantes, notamment dans les secteurs du raffinage, de la chimie ou du papier-carton. Les émissions liées aux importations de produits manufacturés ont en effet augmenté d'environ 43 % sur la même période, soit 3 % par an en moyenne⁶⁴, tandis que la part de l'industrie manufacturière dans le PIB diminuait de 0,6 % par an. Si l'emploi salarié dans le secteur s'est globalement maintenu (-0,4 % par an), certains secteurs particulièrement émetteurs ont été plus touchés, notamment ceux de la cokéfaction et du raffinage (-2,6 % par an) ou de la métallurgie (-1,8 % par an)⁶⁵. Or, d'un point de

⁶³ Eurostat, 2023.

⁶⁴ Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires, "L'empreinte carbone de la France de 1995 à 2022", 2023.

⁶⁵ URSSAF, 2024.

vue environnemental, la délocalisation d'activités françaises à l'étranger représente plus une "fuite de carbone" qu'une réelle baisse des émissions. Elle tend même à augmenter les émissions, car les industriels auprès desquels sont réalisés ces approvisionnements ne bénéficient pas des avantages du mix électrique décarboné français. S'ajoutent à cela les émissions liées au transport et à la livraison de marchandises.

RTE estime ainsi que les produits manufacturés importés ont une intensité carbone supérieure de 58 % comparée à une fabrication française, et que l'empreinte carbone annuelle diminuerait d'environ 75 MtCO₂eq si l'ensemble des consommations manufacturées importées étaient produites en France. Dans le scénario RTE de "réindustrialisation profonde", essentiellement orientée vers la demande intérieure et la réduction des importations – au contraire d'une renaissance industrielle tournée vers le commerce extérieur – l'empreinte carbone française diminuerait de 25 MtCO₂eq à horizon 2030, et de 45 MtCO₂eq en 2050. Au total, 900 MtCO₂eq seraient ainsi évités entre 2020 et 2050⁶⁶. Produire en France plutôt qu'à l'étranger accroîtrait donc le volume d'émissions sur le territoire national, mais diminuerait l'empreinte carbone du pays dans son ensemble. Le bilan carbone (ou inventaire), qui comptabilise les émissions réalisées à l'intérieur des frontières du pays, paraît donc défavorable. Mais en réalité, l'empreinte carbone, qui représente la somme des émissions produites sur le territoire et des produits importés et consommés, moins les produits exportés, serait quant à elle nettement plus favorable. Selon l'INSEE, la relocalisation d'activités manufacturières produisant 1 Md€ de valeur ajoutée augmenterait les émissions françaises de 530 ktCO₂eq, mais éviterait 1 270 ktCO₂eq dans les autres pays, soit un effet net de -740 ktCO₂eq sur les émissions mondiales et une réduction de 290 ktCO₂eq de l'empreinte carbone française⁶⁷.

D'un point de vue environnemental, à consommations inchangées, la relocalisation industrielle française aurait un effet favorable sur les émissions de scope 3 – du fait de normes européennes plus strictes que les normes internationales, de différences entre les mix énergétiques, et des émissions induites par le transport de marchandises.

⁶⁶ RTE, "Futurs énergétiques 2050 – Rapport Complet", février 2022. Le scénario "réindustrialisation profonde" correspond à une part de la valeur ajoutée de l'industrie manufacturière dans le PIB français égale à 12,3 % en 2050 (10,3 % en 2021), pour un PIB égal à 3 560 M€ (2 212,8 M€ en 2021).

⁶⁷ INSEE, Bourgeois, A., Montornes, J., "Produire en France plutôt qu'à l'étranger, quelles conséquences ?", 2023.

Notre analyse comparée des émissions des industries allemande et françaises sur les scopes 1 et 2 met en évidence un écart d'émissions de gaz à effet de serre défavorable à la France sur le scope 1 et un écart favorable à l'Hexagone sur le scope 2, du fait de son mix électrique particulièrement décarboné.

Cet avantage, qui gagnerait à être consolidé à travers des leviers supplémentaires tels que l'électrification, pourrait ainsi être mieux exploité par les industriels français en vue de réduire les émissions de GES mais aussi de renforcer leur avantage concurrentiel sur les marchés mondiaux. La reconstruction industrielle du pays, allant de pair avec la transition vers une économie bas-carbone, offre ainsi à la France l'opportunité de renforcer sa compétitivité industrielle sur la scène internationale.

Hugues Lavandier est directeur associé senior de McKinsey au bureau de Paris, où **Matthieu Dussud** est directeur associé. **Peter Crispeels** est directeur associé de McKinsey au bureau de Lyon.

Cette étude a été menée en collaboration avec La Fabrique de l'industrie. Les auteurs remercient David Lolo (économiste chargé d'études) et Vincent Charlet (directeur de La Fabrique de l'industrie) pour le travail mené ensemble. [Une analyse complémentaire menée par la Fabrique de l'industrie a été publiée sur ce même sujet](#) : Lolo, D. (2024). **L'industrie française est-elle plus verte ailleurs ? La France face à l'Allemagne. Les Notes de La Fabrique. Presses des Mines.**

Les auteurs remercient l'ensemble des experts externes interrogés dans le cadre de cette étude : Bruno Jacquemin, Marc Pleuvy et Maxime Lazard (A3M), Jacques Bordat (Fédération des industries du verre), Nicolas Mouchnino (France Ciment), Muriel Pignon (Ufip Énergies et Mobilités), Sylvain Le Net (France Chimie) et Matthieu Jehl (ArcelorMittal France).

Les auteurs tiennent également à remercier Franck Bekaert, Christophe François, Mélanie Gilavert, Lucie Bertholon, Alain Imbert, Marion Obadia et Xavier Lamblin pour leur contribution à cet article.

Copyright © 2024 McKinsey & Company. Tous droits réservés.