

# LE COÛT RÉEL DES INDUSTRIES CIMENTIÈRE, SIDÉRURGIQUE ET CHIMIQUE

Rapport définitif  
juillet 2021



LESVERTS / ALE  
au Parlement européen

# LE COÛT RÉEL DES INDUSTRIES CIMENTIÈRE, SIDÉRURGIQUE ET CHIMIQUE

Rapport définitif  
juillet 2021

Rédigé par



## CONFIDENTIALITÉ ET AVERTISSEMENT

Les informations, données et schémas présentés dans le présent document sont confidentiels. Nous remercions leurs destinataires de bien vouloir en respecter la confidentialité et de ne pas les communiquer à des tiers sauf accord écrit préalable de True Price.

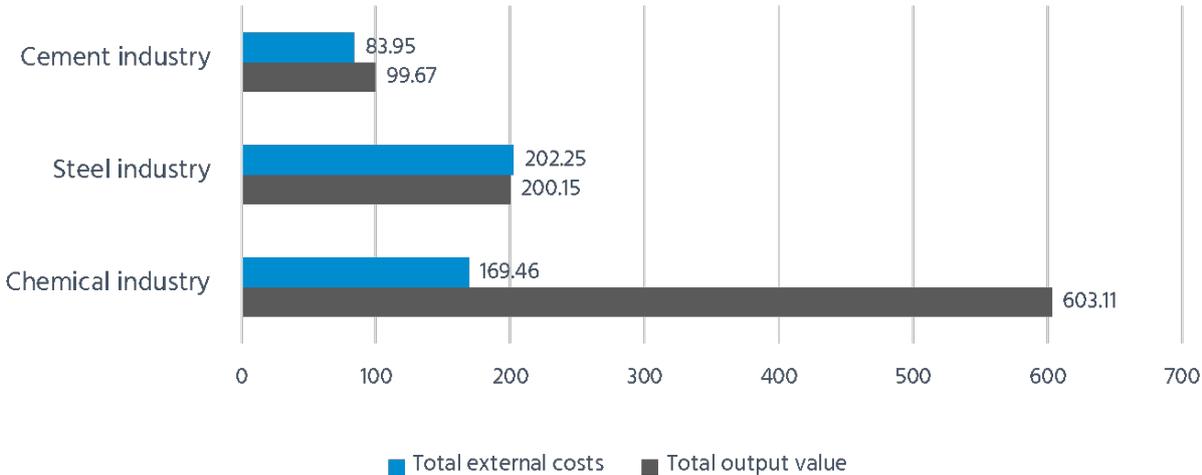
# TABLE DES MATIÈRES

<b>1 SYNTHÈSE</b>	<b>4</b>
<b>2 INTRODUCTION</b>	<b>6</b>
<b>3 MÉTHODE</b>	<b>9</b>
3.1 APPROCHE	9
3.2 PÉRIMÈTRE, HYPOTHÈSES & LIMITES, ET PROVENANCE DES DONNÉES	11
3.2.1 PÉRIMÈTRE	11
3.2.2 HYPOTHÈSES ET LIMITES	15
3.2.3 PRINCIPALES SOURCES DE DONNÉES	17
3.3 MÉTHODOLOGIE ET CHIFFRAGE	18
3.3.1 MÉTHODOLOGIE TRUE PRICE	18
3.3.2 CHIFFRAGE	20
<b>4 RÉSULTATS</b>	<b>22</b>
4.1 RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DU COÛT RÉEL DES INDUSTRIES	22
4.1.1 TOTAL DES DOMMAGES CAUSÉS EN 2019	22
4.1.2 IMPACTS PAR INDUSTRIE	24
4.1.3 POLLUTION DE L'AIR PAR PAYS	24
4.1.4 INDICATEURS DE POLLUTION DE L'AIR	26
4.1.5 IMPACT DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE	26
4.1.6 IMPACT DIRECT DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE	27
4.2 RÉSULTATS DES ÉTUDES APPROFONDIES	28
4.2.1 INDUSTRIE CIMENTIÈRE	28
4.2.2 INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE	30
4.2.3 INDUSTRIE CHIMIQUE	31
4.2.4 ESTIMATIONS DU COÛT RÉEL DES PRODUITS CIMENTIERS, SIDÉRURGIQUES ET CHIMIQUES	33
<b>5 RECOMMANDATIONS</b>	<b>36</b>
5.1 STIMULER LA TRANSITION POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS CLIMAT	36
5.2 LES COÛTS EXTERNES DES INDUSTRIES CIMENTIÈRE, SIDÉRURGIQUE ET CHIMIQUE DE L'UE EN 2019	37
5.2.1 L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE	37
5.2.2 L'INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE	37
5.2.3 L'INDUSTRIE CHIMIQUE	38
5.3 OPPORTUNITÉS D'AMÉLIORATION	38
<b>6 ANNEXE</b>	<b>40</b>
6.1 COÛTS EXTERNES PAR INDUSTRIE	40
6.2 RÉPARTITION DES INDICATEURS DE POLLUTION DE L'AIR PAR INDUSTRIE EN 2019	43
6.3 MATIÈRES PREMIÈRES ALTERNATIVES POUR L'INDUSTRIE CHIMIQUE	45
<b>7 BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>46</b>

# 1. SYNTHÈSE

Les produits des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE27, tels que les matériaux utilisés dans le bâtiment ou la construction automobile, alimentent aujourd'hui une grande partie de son actuel système économique. Ces activités particulièrement énergivores portent cependant sévèrement atteinte aux êtres humains et à la planète. Or, contrairement au principe du « pollueur-payeur », ce ne sont pas les industries elles-mêmes qui paient le prix de ces dommages sociaux et environnementaux (CE Deft, 2021), mais bien la société et les futures générations.

Dans le présent rapport, commandé par le Groupe des Verts/Alliance Libre Européenne au Parlement européen (Verts/ALE), True Price évalue le coût réel des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE27 pour l'année 2019. Rentrent dans le champ de son analyse tant les industries dans leur ensemble que leurs impacts directs et en amont. L'étude s'attache également à examiner le maillon le plus polluant de la chaîne de valeur de chaque secteur, de façon à mieux comprendre leurs coûts externes pour la société et l'environnement dans notre actuel système économique.



**Total des coûts externes et de la valeur de production des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE27 en 2019 (en milliards d'euros)**

True Price établit qu'en 2019, les industries cimentière, sidérurgique et chimique ont respectivement causé 84, 202 et 169 milliards d'euros de dommages à la société<sup>1</sup>. Leur contribution au changement climatique, à l'épuisement des combustibles fossiles et à la pollution de l'air représente une large part de ces coûts externes. Des trois secteurs, c'est l'industrie sidérurgique qui nuit le plus à la société, principalement en matière de pollution atmosphérique. Les coûts externes que cette pollution engendre varient en fonction des pays, les nations les plus peuplées (Allemagne, France, Italie et Espagne) y contribuant le plus. En moyenne, les coûts externes des industries cimentière, sidérurgique et chimique des pays de l'UE27 s'élèvent respectivement à 0,84 €, 2,01 € et 2,52 € par euro produit. Des coûts dont l'impact sur les êtres humains et la planète se traduisent par exemple par des effets néfastes sur la santé ou la perte de biodiversité.

Un examen plus approfondi des chaînes de valeur des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE a révélé en outre les avantages indus dont bénéficient les entreprises polluantes de ces secteurs<sup>2</sup>. En Italie, les producteurs de ciment respectueux de l'environnement pourraient demander jusqu'à 400 € par tonne de ciment, et tout de même proposer un produit moins onéreux que celui des producteurs traditionnels (sur la base du prix de marché de 2019 de 109 €/par tonne) si les coûts externes de production étaient pris en compte. De même, le prix d'un acier vert pourrait monter jusqu'à 1 900 € par tonne, et tout de même se positionner en deçà de l'offre conventionnelle au prix de marché de 470 € par tonne si les coûts externes étaient inclus. Quant à l'industrie chimique, les plastiques respectueux de l'environnement pourraient coûter jusqu'à 50 % de plus, et demeurer moins chers que les autres une fois les coûts environnementaux comptabilisés.

Les résultats de cette étude montrent que notre actuel système économique n'est pas capable de répondre aux besoins de notre société. Tourné vers les gains financiers et économiques, il néglige d'accorder de la valeur et la priorité aux droits humains, à l'environnement et au bien-être, en faveur du profit. Ce rapport nous invite à nous poser des questions essentielles : Comment adapter notre système économique pour qu'il crée de la valeur pour les êtres humains et la planète ? De quoi avons-nous besoin pour nous défaire des pratiques polluantes propres à notre système actuel ? Et comment inscrire la création de valeur pour les êtres humains et la planète au cœur de la nouvelle économie de l'UE27 ?

Les conclusions du présent rapport proposent de nombreuses pistes d'amélioration pour la transition des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE vers un modèle juste pour la société et respectueux de l'environnement. Premièrement, il s'agira pour ces secteurs de réduire leur consommation d'énergie par une production plus efficace. Deuxièmement, de passer d'une énergie fossile à une énergie verte. Troisièmement, d'optimiser l'usage de matériaux recyclés de façon à minimiser le recours à des matières vierges. Quatrièmement, d'abandonner l'usage des combustibles fossiles comme matière première. Cinquièmement, d'amener les entreprises de ces secteurs à intégrer leurs coûts externes à leurs cycles de prise de décision, de façon à ce qu'elles rendent compte et agissent en conséquence des pertes et profits de nature tant non financière que pécuniaire.

La transition des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE vers un mode opératoire conforme aux objectifs climatiques de l'Union nécessite qui plus est une évolution systémique. Le système communautaire d'échange de quotas d'émission SCEQE devra par exemple être révisé pour appuyer la transition vers des industries vertes. Les cadres réglementaires tendant à un tel but devront être régulièrement évalués, pour garantir qu'ils remplissent effectivement leur fonction. En qualité d'organe de gouvernance, le Parlement européen est à même d'exiger de ces industries qu'elles rendent compte des coûts externes qu'elles engendrent. En amenant cette transparence et en faisant en sorte que les industries supportent leurs propres coûts externes, le Parlement européen pourra accélérer la transition socioécologique des secteurs énergivores de l'Union.

---

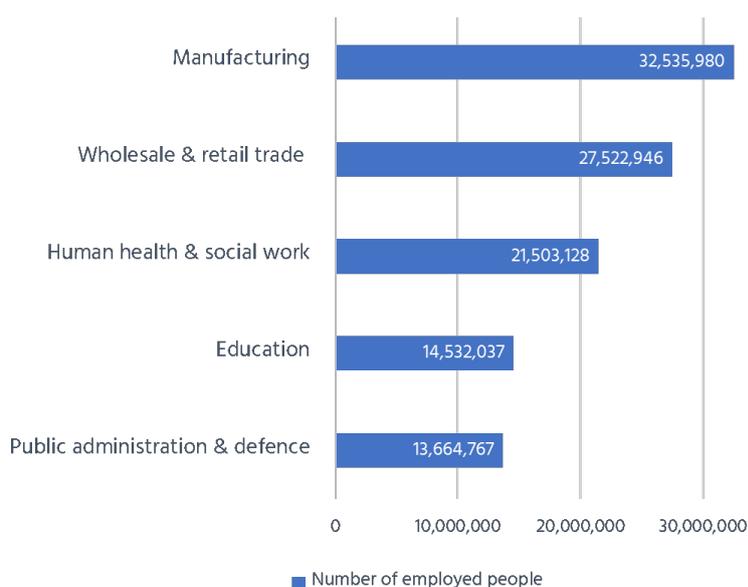
1 Le périmètre, les hypothèses et les limites de l'étude sont exposées au chapitre 3 « Méthode ».

2 Prix valables pour l'année 2019 et calculés selon l'hypothèse que les coûts externes de production des fabricants respectueux de l'environnement ou écologiques sont négligeables. Seuls les coûts externes de pollution de l'air et de contribution au changement climatique sont pris en compte dans ces études approfondies. En y ajoutant d'autres impacts (comme l'épuisement des combustibles fossiles), l'écart se creuserait davantage.

## 2. INTRODUCTION

Le présent rapport fournit une évaluation des coûts environnementaux et sociaux des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE<sup>3</sup> dans le but d'en examiner les impacts. Le rapport vise en outre à établir si les entreprises de ces secteurs qui s'appuient sur des pratiques polluantes bénéficient d'un avantage indu par rapport à celles qui s'efforcent de proposer des produits socialement justes et durables pour l'environnement.

La production européenne de ciment est estimée représenter 61 000 emplois directs (Commission européenne, s.d.-a), et l'industrie sidérurgique 330 000 pour l'année 2019 (EUROFER, 2020). L'industrie chimique (produits pharmaceutiques, en caoutchouc et plastique compris) de l'UE28 (UE27 plus le Royaume-Uni) était quant à elle estimée employer directement 3,3 millions de personnes en 2015 (CEFIC, 2020-b). À titre de comparaison, près de 200 millions d'Européens disposaient d'un emploi en 2019 (Eurostat, 2020). D'après les estimations, 55 % d'entre eux travaillaient dans l'industrie manufacturière (16 %), le commerce de gros et de détail (14 %), la santé humaine et l'action sociale (11 %), l'éducation (7 %), ou l'administration publique et la défense (7 %) (Eurostat, 2021).



**Figure 1 : Nombre de citoyens de l'UE employés par les 5 premiers secteurs employeurs (Eurostat, 2021)**

3 Sauf mention expresse du contraire, l'abréviation UE fait référence à l'UE27.

Bien qu'elles soient moins représentées dans les chiffres sur l'emploi direct, les industries cimentière, sidérurgique et chimique sont étroitement liées à d'autres industries, et constituent de précieux piliers de l'économie de l'UE<sup>27</sup>. Le secteur du bâtiment, par exemple, repose fortement sur les industries cimentière et sidérurgique, avec 35 % de l'acier de l'UE utilisé pour la construction. La demande en acier du secteur automobile, responsable de 7 % du PIB de l'UE (Commission européenne, s.d.-b), compte pour 19 % de la consommation européenne (EUROFER, 2020). L'industrie chimique fabrique quant à elle plus de 70 000 produits différents destinés à toute sorte de domaines d'activité, comme la santé et l'agriculture (CEFIC, 2020). Les industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE contribuent donc indéniablement de multiples façons directes ou indirectes à l'économie de l'UE.

Ces secteurs énergivores sont cependant aujourd'hui remis en cause, en raison de leurs impacts néfastes sur les personnes et la planète. En effet, le coût de ces impacts, en plus de leur ampleur et contrairement au principe du « *pollueur-payeur* », n'est pas supporté par les industries elles-mêmes, mais bien par la société et les futures générations. Parmi ces coûts sociétaux, citons entre autres la contribution au changement climatique (due par exemple aux émissions en équivalent CO<sup>2</sup> engendrées par l'importante consommation énergétique et l'usage de combustibles fossiles de ces industries). Des travaux de recherche entrepris par CE Delft ont montré que le SCEQE, déployé dans le but de mitiger les émissions de gaz à effets de serre, ne parvient pas à encourager les secteurs énergivores à réduire leurs empreintes environnementales (CE Delft, 2021). Les pratiques actuelles des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE doivent par conséquent impérativement changer pour que l'UE atteigne ses objectifs climatiques (Commission européenne, s.d.-c). Des objectifs qui ne seront atteints que si les besoins de la société sont satisfaits par une offre de produits et services fournis par des entreprises et organisations investies dans une démarche de devoir de diligence fondé sur le risque conçue pour éviter et contrer les effets négatifs de leurs opérations, chaînes d'approvisionnement et relations commerciales sur le progrès économique, environnemental et social (OCDE, 2018).

Le Groupe des Verts/Alliance Libre Européenne au Parlement européen (Verts/ALE) souhaite comprendre les dommages causés aux personnes et à la planète par les industries énergivores et accélérer leur transition vers un modèle socialement responsable et durable pour l'environnement. Les Verts/ALE entendent contrer l'argument selon lequel la production durable serait plus coûteuse que la production conventionnelle. Une fois les externalités négatives prises en compte, les résultats démontrent que ce postulat est faux. En termes d'impact sur les personnes et la planète, les technologies durables coûtent en effet moins cher que les pratiques conventionnelles polluantes. Ce rapport vient appuyer ce propos par une évaluation de l'impact social et environnemental des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE. Pour en dresser le bilan, True Price a chiffré le coût réel de chacune de ces industries. L'organisation a également réalisé des études approfondies sur les étapes les plus polluantes de la chaîne de valeur d'une sélection de produits des industries cimentière, sidérurgique et chimique, de façon à aider les Verts/ALE à comprendre comment transformer l'économie de l'UE.

La démarche True Pricing contribue à cette transition dans la mesure où elle propose une méthodologie unique de quantification et de présentation des coûts externes de production. Celle-ci apporte un éclairage chiffré sur les coûts externes directs qui ne sont pas reflétés dans le prix de vente d'un produit, mais qui pèsent néanmoins sur la société, par exemple sur les communautés locales (pollution de l'air et de l'eau), les générations futures (changement climatique), ou le personnel (risques pour la santé et la sécurité). L'objectif du True Pricing est de minimiser les coûts externes des produits, en y amenant la transparence et en montrant comment les industries peuvent être transformées pour améliorer leur impact sociétal. En parallèle, les organes de gouvernance peuvent faciliter et accélérer la réduction de ces coûts externes par des mesures incitatives (taxes ou subventions).

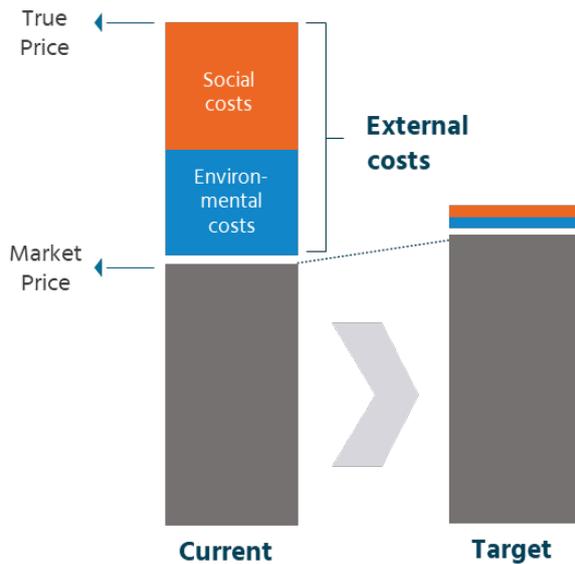


Figure 2 : Explication des coûts externes



Figure 3 : Publications sur le True Pricing

**Ces informations peuvent être utilisées pour :**

- Identifier les coûts externes les plus importants des industries cimentière, sidérurgique et chimique et les leviers d'amélioration pour chacune d'entre elles ;
- Élaborer une feuille de route pour la transition des industries à haute intensité énergétique de l'UE vers un avenir vert et durable ;
- Appuyer les campagnes en faveur d'alternatives écologiques en fournissant des arguments factuels et concrets ; et
- Informer les décideurs politiques et les autorités de réglementation sur les bénéfices de l'internalisation des coûts externes.

Ce rapport permet aux Verts/ELA d'accélérer la transition des industries énergivores de l'UE vers des industries vertes. Dans un premier temps, il décrit la méthode appliquée à l'étude, notamment l'approche, le périmètre, les hypothèses et limites, les données et la méthodologie adoptés. Il présente ensuite les résultats de l'évaluation au chapitre 4, qui se compose lui-même de deux sous-chapitres : le premier dédié aux résultats de l'étude de référence, le second à ceux des études approfondies. Enfin, le chapitre 5 propose des recommandations pour l'instauration d'industries durables sur la base des conclusions du présent rapport.

## 3. MÉTHODE

L'objectif du présent chapitre est de détailler l'approche, le périmètre, les hypothèses et les limites, les principales sources de données, la méthodologie globale et le mode de chiffrage (en d'autres termes comment mettre un prix sur les empreintes environnementales et sociales) appliqués dans l'étude de référence et les trois études approfondies. Ce chapitre est composé de trois sous-chapitres :

- **3.1 Approche** : Décrit les étapes suivies pour mener les quatre études présentées dans le présent document.
- **3.2 Périmètre, hypothèses & limites, et provenance des données** : Pose le périmètre et les hypothèses sous-jacentes à chacune étude, et les limites qui en découlent. Les principales sources de données y sont également abordées.
- **3.3 Méthodologie et chiffrage** : Explique la méthodologie appliquée à l'ensemble des études, y compris comment la valeur monétaire des empreintes sociales et environnementales a été calculée.

### 3.1 APPROCHE

L'évaluation du coût réel des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE présentée dans ce rapport est constituée de quatre études complémentaires, à savoir une étude de référence et trois études approfondies (une pour chaque secteur). L'étude de référence a pour objectif de mesurer l'impact global des industries en question (tant leur impact direct au sein de l'UE que leur impact en amont à l'intérieur ou à l'extérieur de l'UE).

Pour la compléter, les études approfondies se focalisent sur certains procédés des industries, sélectionnés car ils constituent des étapes particulièrement fréquentes et polluantes de la chaîne de valeur. Ces études approfondies évaluent en sus des alternatives possibles à ces éléments de la chaîne de valeur. Toutes les études ont été réalisées en cinq étapes : définition du périmètre, construction du modèle, collecte des données, analyse et validation, et reporting.

#### Étape 1 : Définition du périmètre

L'évaluation commence par délimiter l'étendue du projet. Ces limites ont été fixées en consultation avec les Verts/ELA lors d'une réunion de cadrage.

## Étape 2 : Construction du modèle

True Price a développé un modèle pour chacune des quatre études. Les études approfondies sont réalisées au moyen de l'outil True Price. Celui-ci permet d'établir le véritable coût d'un produit et de convertir les externalités en valeurs monétaires grâce à des facteurs de monétarisation. True Price s'est basé sur la littérature du secteur pour cartographier une chaîne de valeur claire et adapter son outil aux étapes sélectionnées pour chacune des études approfondies.

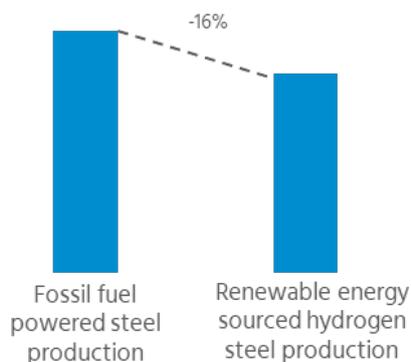
L'étude de référence a quant à elle nécessité un autre type de modèle. Les données qui y sont exploitées proviennent de la version 2.4.12 de la Global Impact Database (GID). Développée par True Price, celle-ci rassemble des données sur de nombreux types d'impacts, secteurs et pays. True Price a adapté le modèle de l'étude de référence aux données de la GID.

## Étape 3 : Collecte des données

La troisième étape consiste à collecter des données. Pour l'ensemble des études (l'étude de référence et les trois études approfondies), des données et de la littérature secondaires ont contribué à l'évaluation des impacts. Ces sources secondaires comprennent par exemple des rapports sectoriels, des statistiques nationales, et des données d'ACV issues de ReCiPe 2016/2008 et Ecoinvent 3.6 (2016)<sup>4</sup>.

## Étape 4 : Analyse et validation

True Price a procédé à une analyse détaillée de chacun des quatre modèles. Pour l'étude de référence, les données de la GID ont été examinées sous de multiples angles, pour en extraire des informations telles que le coût réel des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE, leurs causes sous-jacentes et indicateurs, et les coûts externes par euro produit. Pour les études approfondies, les modèles ont été évalués de façon à établir le coût réel des étapes étudiées, ainsi qu'un comparatif entre production conventionnelle et alternative verte. Ensemble, ces analyses apportent de nouvelles perspectives sur les éléments moteurs des coûts externes de la production cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE. Les modèles comme les analyses ont été validés par des experts qualité de True Price, pour garantir leur exactitude et l'absence d'erreur.



**Figure 4 : Les coûts externes de contribution au changement climatique de la production actuelle par rapport à une alternative verte - diagramme fictif (les valeurs représentées ne correspondent pas aux résultats de l'évaluation)**

## Étape 5 : Reporting

À l'étape de reporting, toutes les conclusions, méthodologies, hypothèses et limites ont été consignées. Le rapport ainsi produit présente le coût externe des étapes sélectionnées de la chaîne de valeur de certains produits des industries cimentière, sidérurgique et chimique, ainsi qu'une alternative verte pour chaque industrie. Il apporte également des éclairages sur les leviers de changement au sein de la chaîne de valeur, et des recommandations s'y rapportant.

<sup>4</sup> Voir section 3.2.3 « Principales sources de données » pour des informations plus détaillées sur l'origine des données utilisées dans chaque étude.

## 3.2 PÉRIMÈTRE, HYPOTHÈSES & LIMITES, ET PROVENANCE DES DONNÉES

### 3.2.1 PÉRIMÈTRE

Les quatre études visées au présent document, à savoir l'étude de référence et les trois études sectorielles approfondies, sont complémentaires. La section qui suit en établit le périmètre, et présente les hypothèses et les limites les plus importantes auxquelles elles sont soumises. Pour l'ensemble des études, les mesures correspondent à l'année 2019, sélectionnée car elle représente la dernière année complète à étudier avant l'influence de la pandémie de COVID-19. L'examen des coûts externes sur 2019 nous permet ainsi d'analyser la situation « habituelle ».

#### Étude de référence

Les secteurs inclus au périmètre de l'étude de référence sont les industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE27. Plus précisément, ces secteurs sont définis comme situés à l'intérieur des frontières géographiques de l'UE27. Un producteur de ciment basé en Allemagne sera par exemple inclus au périmètre. Les coûts externes des chaînes de valeur en amont de ces secteurs sont également pris en compte dans cette étude. Ainsi, si l'on reprend l'exemple du producteur de ciment basé en Allemagne (ou tout autre pays de l'UE27), ce dernier est susceptible de s'approvisionner (en matière première ou en énergie par exemple) dans des régions extérieures à l'UE27. Ces éléments de la chaîne de valeur, bien que situés en dehors de l'UE27, sont aussi inclus au périmètre de l'étude de référence. Un périmètre par ailleurs limité à la production des industries cimentière, sidérurgique et chimique, à l'exclusion par conséquent de l'impact causé par la consommation de leurs produits et services. Les impacts inclus au périmètre de l'étude de référence sont énumérés et définis dans le tableau 1.

**Tableau 1. Aperçu des impacts inclus au périmètre de l'étude de référence<sup>5</sup>**

Impacts environnementaux	Description
Contribution au changement climatique	Augmentation de la température moyenne mondiale de la Terre due à l'accroissement des émissions de gaz à effet de serre (GES) résultant des activités anthropiques
Utilisation de ressources hydriques rares	Utilisation d'eau de surface ou souterraine (eau bleue) de telle façon qu'elle s'évapore, est intégrée à des produits, transférée dans d'autres bassins versants ou s'écoule dans la mer, dans des lieux où les ressources hydriques sont rares
Pollution de l'eau	Impact des émissions sur l'eau contribuant à une écotoxicité et à une toxicité pour les êtres humains ainsi qu'à une eutrophisation de l'eau de mer et de l'eau douce
Épuisement des matériaux	Réduction des futures réserves de matériaux non renouvelables causée par l'extraction primaire de ressources matérielles rares et non renouvelables autres que les combustibles fossiles, telles que l'or, le zinc, le cuivre et bien d'autres
Utilisation des terres et biodiversité	Réduction des terres disponibles à d'autres fins que l'usage actuel due à leur occupation et à l'effet des changements d'affectation des sols sur les services écosystémiques et le système climatique (transformation des terres)
Pollution de l'air	Effets autres que le changement climatique des émissions toxiques dans l'air, comme la destruction de la couche d'ozone, l'acidification, la formation d'oxydants photochimiques et de matière particulaire, les dépôts azotés, l'écotoxicité terrestre et aquatique et la toxicité humaine.
Épuisement des combustibles fossiles	Réduction des futures réserves de combustibles fossiles due à leur extraction primaire liée à la consommation de carburant et d'énergie, et à la production d'autres intrants

5 La section 3.3.2 « Chiffrage » discute de ces impacts et de leur chiffrage (soit pourquoi et en quoi ils sont néfastes) plus en détail.

Impacts sociaux	Description
Sous-rémunération	L'écart entre la rémunération des travailleurs, le salaire minimum local et un salaire décent
Travail forcé	Présence de travail forcé au sein d'opérations en propres ou sur les chaînes de valeur
Travail des enfants	Présence de travail des enfants au sein d'opérations en propres ou sur les chaînes de valeur
Effets néfastes sur la santé et la sécurité des employés	Occurrence d'accidents sur la chaîne de valeur et coût du travail effectué dans des conditions dangereuses
Égalité des sexes	Montant de l'écart salarial entre les femmes et les hommes sur la chaîne de valeur

## ÉTUDES APPROFONDIES PAR INDUSTRIE

Les études approfondies se concentrent sur les étapes les plus significatives de la chaîne de valeur des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE27. Pour chacun de ces secteurs, elles s'attachent à évaluer les coûts externes de pollution de l'air et de contribution au changement climatique (voir tableau 2) attribuables aux étapes les plus polluantes de leur chaîne de valeur. Dans un deuxième temps, des alternatives vertes à ces étapes sont examinées, et leurs coûts externes chiffrés. Ces alternatives consistent par exemple à remplacer une source d'énergie non renouvelable par de l'énergie verte. Dans cette étude, est entendue par «verte» toute énergie produite à partir de sources renouvelables (éolienne, solaire, hydroélectrique, marine, géothermique et issue de la biomasse, ainsi que les biocombustibles) (Parlement européen, 2020).

Calculer les coûts externes tant de la production conventionnelle que des alternatives vertes permet de comparer l'étape de la chaîne de valeur actuellement dominante (et polluante) à une option plus respectueuse de l'environnement. Le périmètre de chaque étude approfondie est présenté dans les grandes lignes au tableau 3, puis discuté et illustré dans le détail plus avant.

**Tableau 2. Impacts inclus au périmètre des études approfondies**

Impacts environnementaux	Description
Contribution au changement climatique	Augmentation de la température moyenne mondiale de la Terre due à l'accroissement des émissions de gaz à effet de serre (GES) résultant des activités anthropiques
Pollution de l'air	Effets autres que le changement climatique des émissions toxiques dans l'air, comme la destruction de la couche d'ozone, l'acidification, la formation d'oxydants photochimiques et de matière particulaire, les dépôts azotés, l'écotoxicité terrestre et aquatique et la toxicité humaine.

**Tableau 3. Résumé du périmètre de chaque étude approfondie**

Industrie cimentière	Périmètre	Pays, année
Étape de la chaîne de valeur	Calcination (cuisson des matières premières de façon à former du clinker) pour la production de ciment Portland ordinaire en Italie en 2019	Italie, 2019
Alternative verte	Ciment géopolymère à base de cendres volantes et d'une solution alcaline	
Industrie sidérurgique		
Étape(s) de la chaîne de valeur	Production de bobines de laminé à chaud (un produit en acier plat) par convertisseur basique à oxygène en Allemagne en 2019	Allemagne, 2019
Alternative verte	Production d'acier par four à arc électrique au moyen de fer pré-réduit à l'hydrogène (sur la base d'une étude pilote suédoise)	
Industrie chimique		
Étape de la chaîne de valeur	Vapocraquage à base d'énergie fossile pour la production de PE-HD (un type de plastique) en France en 2019	France, 2019
Alternative verte	Vapocraqueur électrique consommant uniquement de l'énergie verte	

## ÉTUDE APPROFONDIE DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE

Les principaux producteurs de ciment de l'UE27 sont l'Allemagne, l'Italie, l'Espagne, la France et la Pologne (Commission européenne, 2018). En concertation étroite avec les Verts/ALE, c'est l'Italie qui a été sélectionnée pour former le périmètre géographique de l'étude approfondie sur l'industrie cimentière. Deuxième nation productrice de ciment de l'UE27, elle représente en effet l'un des acteurs majeurs de la filière. Le choix de l'Italie plutôt que de l'Allemagne s'est également imposé de façon à optimiser la diversité des pays objet des différentes études approfondies (l'Allemagne constituant le périmètre géographique de l'étude sur l'industrie sidérurgique).

Le ciment le plus communément produit dans l'UE27 est le ciment Portland ordinaire (CPO), composé en grande partie de clinker (Commission européenne, 2018). Le clinker résulte du concassage, malaxage et broyage de calcaire et d'autres matériaux rocheux (comme l'argile), puis de la cuisson à haute température de la mixture ainsi obtenue (Commission européenne, 2018). Désignée « calcination », cette étape s'effectue à des températures entre 1 400 et 1 500 degrés Celsius (Agence européenne pour l'environnement, 2019). Au vu de sa forte demande en énergie (nécessaire à la cuisson) et du volume de combustibles fossiles utilisés lors du processus, c'est cette étape de calcination qui a été sélectionnée pour l'étude approfondie sur l'industrie cimentière. La figure 5 ci-dessous représente la chaîne de valeur du CPO<sup>6</sup>.

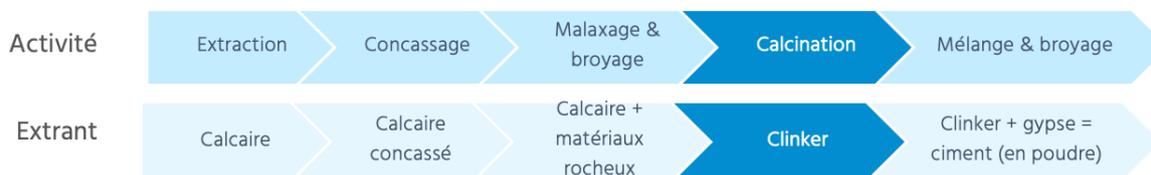


Figure 5. Chaîne de valeur simplifiée de la production de CPO

Une fois l'étape de la chaîne de valeur sélectionnée pour évaluation (en termes de pollution de l'air et de contribution au changement climatique), une alternative verte à la calcination devait être identifiée. Est ressorti de l'examen des potentielles alternatives un ciment géopolymère composé en grande partie de cendres volantes, un sous-produit industriel, mélangées à une solution alcaline. Notons ici le manque de littérature et de données secondaires facilement accessibles et exploitables de façon constructive et concluante sur les ciments alternatifs. En effet, si de nombreuses alternatives au CPO ont fait ou font actuellement l'objet de travaux de recherche scientifique, l'absence de terminologie établie et les résultats contradictoires des différentes études ont rendu la sélection d'une alternative verte à la chaîne de valeur du CPO difficile.

Pour éviter tout malentendu, précisons que cette difficulté n'était pas due à un manque d'alternatives vertes au CPO, mais à une confusion dans leur classification et leurs définitions. Comme précédemment mentionné, l'alternative verte au CPO choisie contient un sous-produit industriel (des cendres volantes), à savoir le résidu non utilisé (ou pas complètement utilisé) de processus existants. En ce sens, les sous-produits industriels constituent une alternative écologique aux produits vierges comme le calcaire composant le CPO. Autre avantage du ciment vert objet de l'étude approfondie : il ne nécessite pas de traitement à haute température, ce qui réduit considérablement l'énergie nécessaire à sa fabrication.

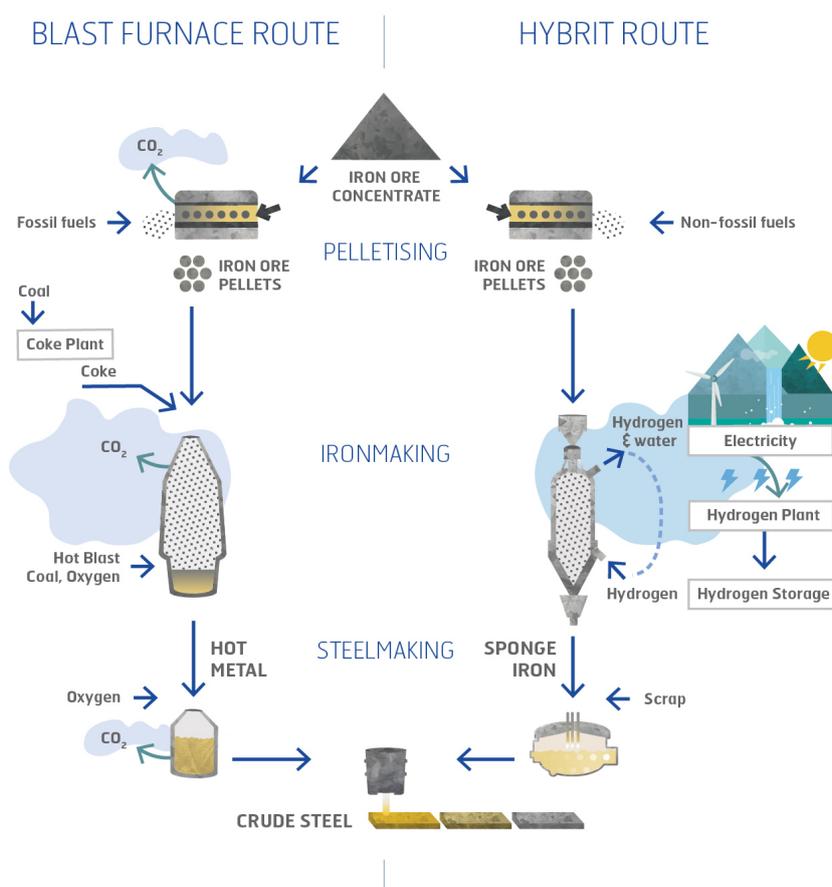
## ÉTUDE APPROFONDIE DE L'INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE

L'Allemagne est le premier pays producteur d'acier de l'UE27 (Eurofer, 2020). L'étude approfondie s'est par conséquent concentrée sur l'industrie sidérurgique dans ce périmètre géographique. Deux types d'installation sont utilisés pour produire de l'acier : les hauts-fourneaux et les fours à arc électrique. La première méthode étant plus répandue dans l'UE27 (Eurofer, 2020), c'est sur celle-ci que l'étude approfondie de l'industrie sidérurgique s'est penchée. Son périmètre a de plus été légèrement élargi pour inclure une série d'étapes de la chaîne de valeur plutôt qu'une seule, de façon à établir un parallèle avec l'alternative verte viable sélectionnée

<sup>6</sup> Veuillez noter que la chaîne de valeur a été simplifiée dans cette illustration, dans le but de la rendre accessible à tous. Pour des informations plus détaillées sur la chaîne de valeur du CPO, merci de vous référer au rapport de l'Agence européenne pour l'environnement (2019).

(la méthode dite « Hybrit » [HYBRIT, s.d.]). Les étapes comprises au périmètre sont présentées dans la figure 6. Comme celle-ci le montre, les deux processus débutent par la transformation de minerai de fer en acier brut (liquide). Cet acier brut peut ensuite être transformé en produits sidérurgiques comme les produits laminés à chaud utilisés dans les secteurs du bâtiment et de l'automobile (Eurofer, 2020).

La figure 6 illustre les intrants requis (autres que le minerai de fer) pour une fabrication d'une part avec un haut-fourneau, et d'autre part avec la technologie Hybrit<sup>7</sup>. Cette dernière est le fruit d'une initiative menée par des entreprises suédoises, dont l'objectif est de produire de l'acier sans recourir aux énergies fossiles (Hybrit, s.d.). Si la méthode au haut-fourneau consomme de grandes quantités de combustibles fossiles pour chauffer et transformer le minerai de fer en acier brut, la méthode Hybrit les remplace par des alternatives renouvelables et vertes. Autre facteur important, Hybrit utilise de l'hydrogène (extrait de l'eau au moyen d'électricité verte) pour soumettre le minerai de fer à un processus dit de réduction directe, évitant ici aussi l'usage de combustibles fossiles.



**Figure 6. Étapes sélectionnées de la chaîne de valeur de la production d'acier par haut-fourneau et par la méthode alternative verte Hybrit (image par Hybrit [s.d.])**

Cette étude approfondie s'est fixé l'Allemagne pour périmètre géographique. Elle part par conséquent de l'hypothèse que les installations de haut-fourneau et Hybrit sont toutes deux situées en Allemagne. S'agissant de l'évaluation de la méthode Hybrit, elle considère en outre que l'hydrogène est produit sans recourir aux combustibles fossiles (comme en Suède). Un scénario pour l'heure irréaliste, dans la mesure où 95 % de l'hydrogène utilisé en Europe proviennent actuellement de processus consommateurs d'énergie fossile (Hydrogen Europe, 2021). À l'avenir, on s'attend à ce que l'hydrogène devienne progressivement plus vert, et donc que l'on s'approche d'un mode d'approvisionnement reposant intégralement sur des sources d'énergie vertes (Hydrogen Europe, 2021). En ce sens, l'examen de ce scénario présente un intérêt pour l'étude approfondie.

7 HYBRIT est l'abréviation de Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology (Hybrit, s.d.)

## ÉTUDE APPROFONDIE DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE

L'industrie chimique forme un vaste secteur à l'origine d'une large gamme de produits. Parmi ceux-ci les plastiques, composante majeure de la catégorie des produits chimiques de base, laquelle représentait 60 % des ventes européennes de produits chimiques en 2018 (CEFIC, 2020-b ; Plastics Europe, 2020). L'étude approfondie de l'industrie chimique se penche par conséquent sur une étape de la chaîne de valeur pour la production de plastique. En 2019, les principaux producteurs de plastique dans l'UE27 étaient l'Allemagne, l'Italie et la France (Plastics Europe, 2020). Le périmètre géographique de cette étude approfondie se limite à la France.

Il existe différents types de plastique, conçus pour différents usages. Citons par exemple les bouteilles pour les boissons (généralement fabriquées en PET), les sacs distribués en caisse (par exemple en PE-HD [polyéthylène haute densité]), et les emballages alimentaires (en PP [polypropylène], entre autres) (Plastics Europe, 2020). Ensemble, le PP, le PE et le PET représentaient 57 % de la demande en plastique de l'UE en 2019 (Plastics Europe, 2020). Notre étude examine la chaîne de valeur du polyéthylène (PE), lequel peut à son tour être transformé en PE-HD ou autres produits en PE. La fabrication de plastiques a pour intrant principal le pétrole brut (Plastics Europe, 2020). L'étude approfondie examine l'étape de vapocraquage de la chaîne de valeur d'un produit en PE à base de pétrole brut (voir figure 7). Un processus répandu dans la fabrication de nombreux produits en plastique<sup>8</sup>, qui nécessite d'importantes quantités de combustibles fossiles pour atteindre les hautes températures qu'il implique. Comme nous l'avons vu pour l'étude approfondie de l'industrie cimentière, l'alternative verte au vapocraquage se devait de ne pas recourir à la combustion fossile pour générer les très hautes températures requises pour la transformation des matériaux. Les options disponibles étaient limitées, mais certaines expérimentations de vapocraquage à base d'électricité sont en cours (Amghizar et al., 2020). Elles permettent d'envisager le remplacement des énergies fossiles, l'électricité pouvant être produite à partir de sources renouvelables.



Figure 7. Chaîne de valeur simplifiée de la production de polyéthylène haute densité (PE-HD)

Pour évaluer ce qu'impliquerait le remplacement du vapocraquage conventionnel par un processus alimenté en électricité verte, la technologie de vapocraque électrique, encore non développée (Amghizar et al., 2020), a servi de modèle à l'alternative verte analysée dans l'étude approfondie de l'industrie chimique.

### 3.2.2. HYPOTHÈSES ET LIMITES

Dans l'ensemble des études, des hypothèses ont été posées dans une optique de faisabilité, de comparabilité et d'applicabilité. Conjointement à la méthodologie sous-jacente (présentée à la section 3.3 « Méthodologie et chiffrage »), elles présentent des limites à prendre en compte lors de l'interprétation des résultats des études.

8 Voir section 4.2.3 du chapitre 4 « Résultats » pour des informations plus détaillées.

**Tableau 4. Aperçu des hypothèses et limites les plus importantes des études**

Étude en question	Hypothèse
Toutes	Les données historiques relatives à l'impact et au commerce (sélectionnées sur la base de leur exhaustivité, granularité et année d'origine) peuvent être utilisées comme variables représentatives et ajustées si besoin aux niveaux de 2019. À titre d'exemple, si les taux d'émissions par tonne produite n'étaient disponibles que pour l'année 2017, True Price aura recoupé différentes sources pour obtenir la meilleure estimation des taux applicables à 2019.
Étude de référence	Les indicateurs d'impact de la pollution de l'air (formation de matière particulaire et autres) n'influent pas exclusivement sur l'atmosphère, mais aussi, par exemple, sur l'eau. La Global Impact Database (GID) n'établit pas de distinction entre leurs effets sur la pollution de l'air et sur d'autres formes de pollution. Ils sont par conséquent présumés contribuer intégralement à la pollution de l'air, leur impact étant en toute probabilité majoritairement ressenti dans l'atmosphère.
Étude approfondie de l'industrie sidérurgique	Ce rapport part du principe qu'aucun débris métallique n'est utilisé pour produire l'acier, et considère pour seul intrant des matières vierges (minerai de fer). Substituer des débris métalliques aux matières vierges pourrait réduire l'énergie nécessaire à la transformation des intrants en acier liquide et ainsi générer moins d'émissions par tonne produite.
Étude approfondie de l'industrie chimique	La technologie sélectionnée en tant qu'alternative verte pour cette étude en est encore à ses balbutiements. Aucune donnée n'est par conséquent encore disponible quant à sa demande en énergie et ses taux émissions. Dans ce rapport, l'alternative verte (vapocraquage au moyen d'électricité verte) est présumée nécessiter la même quantité d'énergie (en MJ) que le vapocraqueur de naphta conventionnel.
Étude en question	Limite
Étude de référence	L'étude de référence repose sur les chiffres de la Global Impact Database (GID) (version 2.4.12) de True Price. Celle-ci utilise les données d'Exiobase, Eora26, ILOSTAT et WageIndicator pour estimer l'impact de 49 pays et 163 secteurs de l'économie mondiale. En d'autres termes, la GID adopte une approche descendante pour évaluer l'empreinte environnementale et sociale de ces nations et secteurs. Une démarche limitée lorsque des données primaires fiables sont disponibles (par exemple sur l'empreinte d'entreprises, de secteurs ou de pays donnés), dans la mesure où celles-ci permettraient une approche ascendante et dresseraient de fait un portrait plus précis de la situation concernée.
Étude de référence	En l'absence de données commerciales pour l'année 2019, l'étude de référence se fonde sur les données de l'année 2015, ajustées aux niveaux de 2019.
Études approfondies	En raison du manque de données fiables sur les émissions dues à l'usage de combustibles fossiles à chaque étape des chaînes de valeur, les données d'analyse du cycle de vie (ACV) de Ecoinvent 3.6 ont servi de base à leur estimation. Ecoinvent 3.6 fournit de solides données sur les émissions des chaînes de valeur dans leur intégralité. Une estimation des facteurs d'attribution applicables aux différentes étapes de ces chaînes de valeurs a permis le calcul de leur empreinte environnementale individuelle.
Études approfondies	Les données d'ACV d'Ecoinvent 3.6 utilisées dans le cadre des études approfondies sont spécifiées à l'échelle européenne, et pas nationale.
Études approfondies	Dans le but de rendre les processus et résultats accessibles au public, ce rapport vulgarise parfois la terminologie ou schématise les chaînes de valeur sous une forme simplifiée. Les résultats n'en sont pas pour autant imprécis.
Étude approfondie de l'industrie cimentière	Les données relatives aux alternatives vertes au CPO demeurent limitées, la littérature s'inscrivant principalement dans une démarche de recherche scientifique usant d'une terminologie peu normée. Une situation qui complique l'exploitation des données et résultats disponibles par les entreprises et les acteurs non universitaires. À titre d'illustration, si l'on recense de nombreux travaux de recherche sur différents types de ciment (à base de proportions différentes de sous-produits industriels, par exemple), aucun nom ou liste de caractéristiques n'est proposé pour les définir. Ces études ne se complètent de fait pas suffisamment pour pouvoir être utiles aux entreprises.

### 3.2.3. PRINCIPALES SOURCES DE DONNÉES

Les études s'appuient sur cinq sources de données principales. La première, ReCiPe (Huijbregts et al., 2017), est utilisée dans le cadre de la méthodologie True Price. L'étude de référence repose quant à elle majoritairement sur la Global Impact Database (version 2.4.12) et EXIOBASE (2016 et 2018). Les études approfondies se fondent principalement sur Ecoinvent 3.6 (2016). Hybrit (s.d.) a servi exclusivement à l'étude approfondie de l'industrie sidérurgique.

**Tableau 5. Aperçu des principales sources de données**

Source	Description
ReCiPe (2016)	La méthodologie d'analyse du cycle de vie ReCiPe a été développée par Huijbregts et al. (2017). Elle constitue une importante composante de la méthodologie True Price.
Global Impact Database 2.4.12	<p>La Global Impact Database (GID) est une base de données composée d'informations collectées, analysées et maintenues par l'Impact Institute. Elle permet d'estimer rapidement l'impact d'une activité donnée grâce à un panorama quantitatif de l'économie mondiale, et l'estimation des impacts économiques, sociaux et environnementaux de 49 pays et 163 secteurs, pour un total de 7 987 combinaisons de secteur/pays (version 2.4.12).</p> <p>La GID estime ces impacts à partir de données sur l'interconnectivité des industries de divers pays et leur performance économique, environnementale et sociale issues de bases de données mondiales (principalement EXIOBASE). Les résultats du modèle GID peuvent servir à l'estimation descendante de l'impact des chaînes de valeur.</p>
EXIOBASE (2016 et 2008)	EXIOBASE est une base de données internationale détaillée issue de l'harmonisation et de l'affinage des tableaux des ressources et des emplois de nombreux pays, qui propose une estimation des émissions et des extractions de ressources par industrie. Elle sert à l'analyse des impacts environnementaux associés à la consommation finale de groupes de produits.
Ecoinvent 3.6 (2016)	Ecoinvent est un inventaire d'analyse du cycle de vie (ACV) contenant des données relatives à l'empreinte environnementale de milliers de produits et de chaînes de valeur à l'échelle européenne. Les données d'Ecoinvent sont utilisées dans chacune des trois études approfondies.
Hybrit (s.d.)	Source utilisée spécifiquement dans le cadre de l'étude sur l'industrie sidérurgique, elle correspond à l'évaluation par les chercheurs du projet pilote suédois HYBRIT des quantités d'intrants et d'extrants nécessaires à la production conventionnelle (en haut-fourneau) et à son alternative verte (Hybrit). Ces données ont servi à évaluer l'empreinte environnementale et l'impact monétarisé des deux méthodes.

## 3.3 MÉTHODOLOGIE ET CHIFFRAGE

L'évaluation du coût réel des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE est effectuée conformément à la méthodologie True Price. Celle-ci nécessite entre autres des données sur l'empreinte environnementale (par exemple en kilogrammes d'équivalent CO<sub>2</sub>) de toutes les composantes des chaînes de valeur étudiées. Cette section détaille ce qu'implique cette méthodologie, et comment elle permet de traduire les empreintes environnementales et sociales en valeurs monétaires.

### 3.3.1 MÉTHODOLOGIE TRUE PRICE

L'évaluation du coût réel des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE est effectuée conformément à la méthodologie True Price.

#### **Qu'entendons-nous par prix réel ?**

La notion de prix réel ou « true price » permet de rendre explicites les coûts externes liés à la production et à la consommation d'un produit donné. Ces derniers correspondent aux coûts associés aux externalités négatives, à savoir aux effets néfastes sur les parties prenantes externes qui ne participent pas à la production ou à la consommation dudit produit (ou qui y contribuent, mais pas par un choix suffisamment libre). Ces externalités englobent les impacts sur l'environnement, tels que le changement climatique et la pollution de l'eau, et sur les personnes, comme les incidences sur la santé et la sécurité ou le travail des enfants. Le prix réel met ainsi les coûts externes en lumière en les évaluant pour une unité produite, et en les exprimant en termes monétaires (par exemple en euros ou en dollars), au même titre que les coûts conventionnels.

#### **Comment quantifier et monétariser les coûts externes ?**

L'ampleur de chacun des impacts pertinents à l'étude en cours peut être mesurée ou estimée en unités naturelles (leur « empreinte ») grâce à des sources primaires ou secondaires. Citons parmi ces empreintes le volume de gaz à effet de serre émis (déterminant pour le calcul de la contribution au changement climatique) ou le nombre d'heures de travail effectué par des enfants pour chaque unité produite. Pour obtenir ensuite la valeur monétaire de l'impact exprimé en unités naturelles (ou indicateurs d'empreinte), un facteur de monétarisation lui est appliqué.

#### **Comment établir les facteurs de monétarisation ?**

Le document intitulé Principles for True Pricing énonce le principe de réparation sur lequel repose la monétarisation. Inspiré entre autres par les Principes directeurs relatifs aux entreprises et aux droits de l'homme publiés par l'ONU, il s'inscrit directement dans la lignée d'une approche fondée sur les droits (voir Principles for True Pricing pour plus de détails).

Les principes de réparation s'appliquent en identifiant les quatre types de coûts qui, combinés selon le cas d'espèce, représentent le coût de réparation d'un impact donné : coûts de restauration, coûts d'indemnisation, coûts de non-répétition, et coûts de répression.

Les facteurs de monétarisation d'un impact donné sont établis de la façon suivante :

1. Premièrement, les différents types de dommages associés à l'impact sont identifiés sur la base de la littérature existante. Sont pris en compte ceux qui affectent les êtres humains ou l'environnement. Dans certains cas, le dommage est déjà fait (événements passés ou irréversibles). Dans d'autres, il pourrait survenir à moins d'être évité (futur dommage réversible), ou surviendra quoi qu'il arrive (futur dommage irréversible).
2. Les dommages sont également classés selon leur sévérité (grave ou non). Nous déterminons ensuite quels coûts de réparation doivent être appliqués (voir [Monetisation Factors for True Pricing](#) pour plus de détails), sachant qu'ils ne sont pas mutuellement exclusifs : peuvent être pertinents tant les coûts d'indemnisation que

les coûts de non-répétition, par exemple. Dans certains cas, la sélection des coûts pourra varier en fonction du pays ou de la région frappée par l'impact, ce qui génère des facteurs de monétarisation distincts pour différentes zones géographiques.

3. Deuxièmement, à l'aide des modèles économiques et données disponibles dans la littérature, les coûts pertinents sont quantifiés de façon à les affecter directement à une unité d'impact, telle que mesurée par les indicateurs d'empreinte.

4. Enfin, les coûts ainsi quantifiés sont additionnés de façon à obtenir les facteurs de monétarisation. Les impacts qui ne comptent qu'un indicateur d'empreinte n'auront donc qu'un seul facteur de monétarisation. En revanche, ceux qui en ont plusieurs se verront attribuer un facteur par indicateur.

## ENCADRÉ 1 : LES QUATRE TYPES DE COÛTS DE RÉPARATION

### Coûts de restauration

Les coûts de restauration correspondent aux dépenses nécessaires au rétablissement de la santé, de la richesse, des circonstances, et des capacités des personnes ou des ressources et qualités environnementales aux niveaux où ils se situeraient en l'absence des dommages sociaux et environnementaux associés à un impact donné (tels que les coûts de restauration d'un écosystème). Les coûts de restauration sont appliqués dès lors qu'une telle remise en état est possible, ou possible et plus efficace du point de vue économique que l'indemnisation lorsque le dommage pour les personnes ou les communautés est jugé non grave.

### Coûts d'indemnisation

Les coûts d'indemnisation correspondent aux coûts de dédommagement des populations affectées économiquement ou de toute autre manière par les impacts sociaux et environnementaux de la production et la consommation d'un produit. Ils sont parfois également désignés dommages dans la littérature sur l'évaluation (dans le sens d'indemnités pour pertes de revenus ou dégradation de la santé). Les dommages non économiques peuvent être évalués au moyen des meilleures méthodes de préférences déclarées et révélées disponibles. Les coûts d'indemnisation sont inclus aux coûts de réparation d'un impact lorsque la restauration est estimée impossible.

### Coûts de non-répétition

Les coûts de non-répétition représentent les frais qui seraient engagés à l'avenir pour éviter, empêcher ou prévenir la réapparition des impacts sociaux et environnementaux identifiés d'un produit (par exemple, ce que coûterait l'intégration d'audits sur le respect des droits de l'homme dans une chaîne d'approvisionnement). Les coûts de non-répétition s'ajoutent aux coûts de restauration et d'indemnisation pour le calcul des coûts de réparation lorsque le dommage est jugé plus grave et irréversible. Si les autres types de coûts concernent des dommages réalisés, celui-ci a trait à la prévention des futurs dommages. Il trouve ses racines entre autres dans les Principes directeurs de l'ONU cités plus haut, qui reconnaissent aux états et aux entreprises la responsabilité de prévenir toute répétition des atteintes aux droits de l'homme.

### Coûts de répression

Les coûts de répression renvoient aux dépenses liées à l'émission de contraventions, sanctions ou pénalités imposées par les gouvernements en cas de certains manquements à des obligations légales ou largement acceptées. Ils représentent les dommages subis par la société lorsque la loi est violée. Lorsque les impacts sont dus à un manquement à une obligation légale ou largement acceptée, les coûts de répression sont inclus aux coûts de réparation, en sus des coûts de restauration, d'indemnisation et/ou de non-répétition.

### 3.3.2 CHIFFRAGE

À chaque impact correspond une méthode de chiffrage, qui décrit comment en établir le coût<sup>9</sup>. Ces méthodes sont présentées au tableau 6. Le chiffrage de la pollution de l'air contenant de nombreux termes techniques, merci de vous référer au tableau 7 pour plus d'informations sur cet impact et son chiffrage.

**Tableau 6. Aperçu des impacts inclus au périmètre de l'étude de référence et de leur chiffrage**

Impacts environnementaux	Chiffrage
Contribution au changement climatique	Les coûts de restauration et de non-répétition liés à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES), exprimant le coût des mesures nécessaires pour éviter les émissions de GES supplémentaires (coût marginal de réduction)
Utilisation de ressources hydriques rares	Les coûts de restauration liés à l'eau extraite d'écosystèmes d'eau douce dans les lieux où elle est rare, exprimant le montant total annualisé du coût du dessalement
Pollution de l'eau	Les coûts d'indemnisation liés aux émissions toxiques, exprimant l'incidence négative sur la santé, l'économie et la société de la pollution, ET les coûts de restauration et de non-répétition liés à l'eutrophisation de l'eau douce et marine, exprimant le coût marginal moyen des mesures de rétablissement des niveaux de nutriment (coût marginal de réduction)
Épuisement des matériaux	Les coûts d'indemnisation liés à l'extraction de ressources non renouvelables, exprimant la future perte de prospérité économique au sein de la société due à l'augmentation à venir du coût de cette extraction (raréfaction croissante)
Utilisation des terres et biodiversité	Les coûts d'indemnisation liés à l'utilisation des terres, exprimant le coût d'opportunité engendré par l'usage des terres et le déplacement des services écosystémiques, ET les coûts de restauration liés à la transformation des terres, exprimant le coût des projets de restauration des écosystèmes
Pollution de l'air	Les coûts d'indemnisation liés aux émissions toxiques, à la formation de matière particulaire et d'oxydants photochimiques, à l'acidification et à la destruction de la couche d'ozone, soit l'incidence négative de la pollution sur la santé, la société et l'économie.
Épuisement des combustibles fossiles	Les coûts d'indemnisation liés à l'extraction de ressources non renouvelables, exprimant la future perte de prospérité économique au sein de la société due à l'augmentation à venir du coût de cette extraction (raréfaction croissante)
Impacts sociaux	Chiffrage
Sous-rémunération dans la chaîne de valeur	Les coûts de restauration pour l'écart salarial, les coûts de non-répétition pour éviter de futures violations, et les coûts d'indemnisation selon la taille de l'écart salarial
Travail forcé	Les coûts de restauration pour les intérêts et l'endettement existants, le coût du traitement en cas d'abus et le coût de réintégration, les coûts d'indemnisation selon la gravité de la violation, et les coûts de non-répétition pour éviter de futures violations
Travail des enfants	Les coûts de restauration pour l'éducation non reçue, les coûts d'indemnisation pour la perte de revenus futurs et les coûts de non-répétition pour éviter tout futur recours au travail des enfants
Effets néfastes sur la santé et la sécurité des employés	Les coûts de restauration pour les dépenses médicales, les coûts d'indemnisation pour les accidents mortels et non mortels et les coûts de non-répétition pour éviter tout manquement futur à la santé et la sécurité
Égalité des sexes	Les coûts de restauration pour l'inégalité salariale entre les hommes et les femmes et les coûts d'indemnisation proportionnels à cet écart

**Tableau 7. Informations détaillées sur les indicateurs de pollution de l'air sélectionnés et leurs conséquences sur la santé humaine**

Indicateur	Chiffrage
Formation de matière particulaire (PM pour Particulate Matter)	Les particules fines, d'un diamètre de moins de 2,5 µm et composées de substances organiques et inorganiques, nuisent à la santé humaine car elles pénètrent les voies respiratoires supérieures et les poumons lors de l'inhalation (Huijbregts et al., 2017).
Acidification des sols	L'acidification provient de l'émission de polluants acidifiants dans l'atmosphère. Celle-ci provoque des précipitations acides qui augmentent l'acidité des sols, et modifient ainsi l'occurrence des espèces (Huijbregts et al., 2017).
Formation d'oxydants photochimiques	La formation d'oxydants photochimiques ou « smog » correspond à la formation d'ozone résultant de la réaction photochimique d'oxydes d'azote (NOx) et de composés organiques volatils non méthaniques (COVNM). L'ozone n'est pas directement émis dans l'atmosphère, mais présente un risque pour la santé humaine dans la mesure où elle peut causer des inflammations des voies aériennes et des lésions pulmonaires.
Destruction de la couche d'ozone	Les concentrations d'ozone augmentent la fréquence et la gravité des troubles respiratoires chez les êtres humains, tels que l'asthme ou la bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO). L'ozone peut également affecter la végétation, en causant notamment une réduction de la croissance et de la production de graines, l'accélération de la sénescence des feuilles, et une baisse de la résistance aux agents stressants (Huijbregts et al., 2017).
Destruction de la couche d'ozone	Certaines substances émises appauvrissent la couche d'ozone stratosphérique, ce qui augmente le niveau de rayons UVB à la surface de la Terre, et de fait le risque de cancer de la peau et de cataracte (Huijbregts et al., 2017).

## 4. RÉSULTATS

Ce chapitre présente les résultats de l'étude de référence, en commençant par les résultats totaux par industrie pour l'ensemble des impacts inclus au périmètre. Le rapport constate dans un premier temps que pour chaque industrie étudiée, la pollution de l'air est un facteur moteur des coûts externes. Il s'attache ainsi dans un second temps à examiner cet impact de plus près, plus précisément en discutant de ses coûts externes par pays et de ses causes profondes. Enfin, le rapport présente les coûts externes de tous les impacts inclus au périmètre pour l'un des secteurs (l'industrie cimentière)<sup>10</sup> à l'échelle du produit (plutôt que le total des coûts externes en 2019), de façon à bien comprendre les différences entre les résultats pour la moyenne pondérée de l'UE27, l'Allemagne et la France.

Le sous-chapitre 4.2 se penche plus en détail sur les industries cimentière, sidérurgique et chimique, en proposant une analyse des résultats des études approfondies. Ensemble, ces résultats apporteront aux citoyens européens des connaissances plus pointues sur les dommages sociaux et environnementaux de ces trois industries de l'UE.

### 4.1 RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DU COÛT RÉEL DES INDUSTRIES

#### 4.1.1 TOTAL DES DOMMAGES CAUSÉS EN 2019

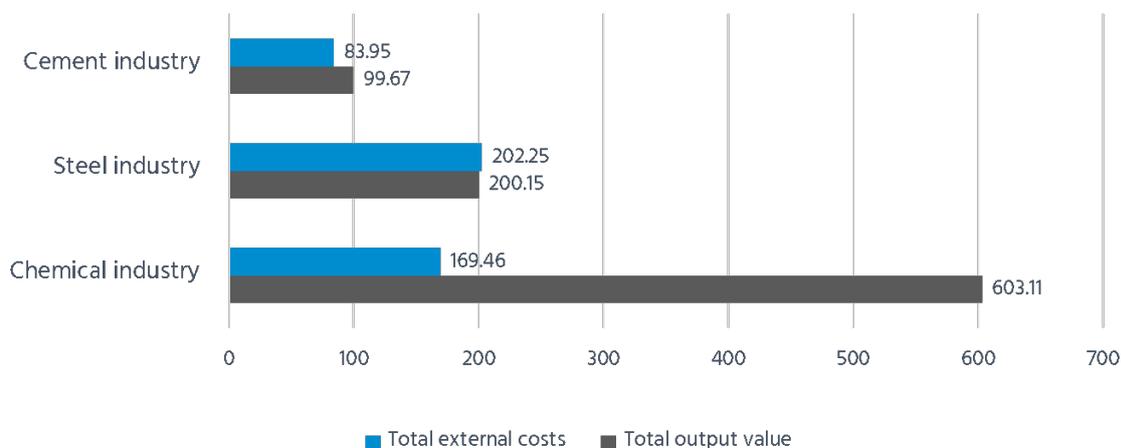
Les dommages engendrés par les industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE en 2019 sont estimés à plus de 455 milliards d'euros<sup>11</sup>. En d'autres termes, l'étude a déterminé qu'il faudrait 455 milliards d'euros pour remédier aux coûts externes des dommages sociaux et environnementaux (tels que les atteintes à la santé humaine de la pollution atmosphérique) causés par ces secteurs de l'UE en 2019. Rappelons que pour l'heure, les industries n'ont pas à assumer le coût des dommages, notamment à la santé humaine, dont elles

---

10 Les résultats obtenus pour les deux autres industries sont disponibles à l'Annexe 6.1.

11 Le montant précis s'élève à 455 664 830 091 € de coûts externes en 2019.

sont responsables<sup>12</sup>. Ces 455 milliards de dommages en 2019 correspondent par exemple à la pollution de l'air, la contribution au changement climatique, la pollution de l'eau et la perte de biodiversité due à l'utilisation des terres causés par ces industries.



**Figure 8 : Total des coûts externes et de la valeur de production par industrie de l'UE27 en 2019 (en milliards d'euros)**

La figure 8 montre que l'industrie sidérurgique de l'UE était responsable de la plus grande partie des dommages sociaux et environnementaux engendrés en 2019 par les secteurs analysés, à savoir 202 milliards d'euros. Les industries chimique et cimentière ont pour leur part causé respectivement 169 et 84 milliards de dommages aux êtres humains et à la planète.

Pour se faire une idée plus concrète de ces chiffres, voyons ce qu'ils impliquent. Les 202 milliards d'euros de dommages aux personnes et à l'environnement attribuables aux entreprises sidérurgiques en 2019 représentent la somme qu'il faudrait investir pour réparer leurs effets, comme la pollution de l'environnement ou les incidences néfastes sur la santé des communautés résidant à proximité des sociétés polluantes. Il s'agirait par exemple de faire en sorte que la santé d'une personne affectée ne se dégrade pas davantage, de traiter les troubles dont elle souffre ou souffrira, et de l'indemniser pour les années de vie perdues en raison de sa condition. Les entreprises n'assument pas les coûts de restauration, d'indemnisation ou de non-répétition de ces atteintes à la santé. Elles ne payent pas non plus pour la perte de biodiversité ou l'épuisement des combustibles fossiles découlant de leur modèle commercial. C'est bien la société (et les futures générations) qui paye le prix des impacts sociaux et environnementaux de ces industries polluantes.

True Price a évalué ces dommages en analysant tant l'impact direct de chaque industrie que leur impact en amont. L'impact direct d'un secteur donné renvoie aux effets de sa chaîne de valeur en son sein même, tandis que l'impact en amont<sup>13</sup> fait référence aux effets de la production des intrants utilisés. En les englobant l'un comme l'autre, le rapport garantit que le calcul des coûts externes prend chaque étape en compte, de l'extraction des matières premières à la mise sur le marché du produit fini. Sauf mention explicite du contraire, le terme « impact » fait référence dans ce chapitre à la somme des impacts directs et en amont.

12 Contrairement au principe du « pollueur-payeur » et en dépit de l'actuel SCEQE (dont l'objectif est de réduire les émissions), ce ne sont pas les industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE elles-mêmes qui paient le prix des dommages sociaux et environnementaux qu'elles engendrent. La recherche a en outre démontré que le SCEQE a non seulement échoué dans son objectif, mais a également contribué à enrichir les entreprises polluantes (CE Delft, 2021).

13 Les activités en amont font référence aux opérations commerciales touchant à l'exploration des ressources naturelles et des matières premières (Singer & Donoso, 2008).

## 4.1.2 IMPACTS PAR INDUSTRIE

La figure 9 représente les coûts externes en 2019 de tous les impacts inclus au périmètre par industrie. Pour chacune d'entre elles, les impacts environnementaux (les 7 derniers) prédominent sur les impacts sociaux (les 5 premiers). Parmi les impacts environnementaux, la pollution de l'air, l'épuisement des combustibles fossiles et la contribution au changement climatique dénotent par leur ampleur. Les coûts externes de pollution de l'air de l'industrie sidérurgique sont trois fois supérieurs à ceux des industries chimique et cimentière (qui affichent des valeurs similaires). Les coûts externes liés à l'occupation des terres de l'industrie chimique paraissent en outre importants. Par rapport aux autres industries, cette dernière enregistre également les coûts externes les plus élevés en matière d'impacts sociaux. Pour chacune des trois industries, l'occupation des terres et les impacts sociaux sont principalement attribuables à l'impact en amont. Globalement parlant, les coûts externes de l'industrie cimentière sont relativement réduits pour tous les impacts. Comme nous le verrons à la section 4.2.1 « Industrie cimentière », cette dernière affiche un impact par euro produit relativement bas par rapport aux deux autres.

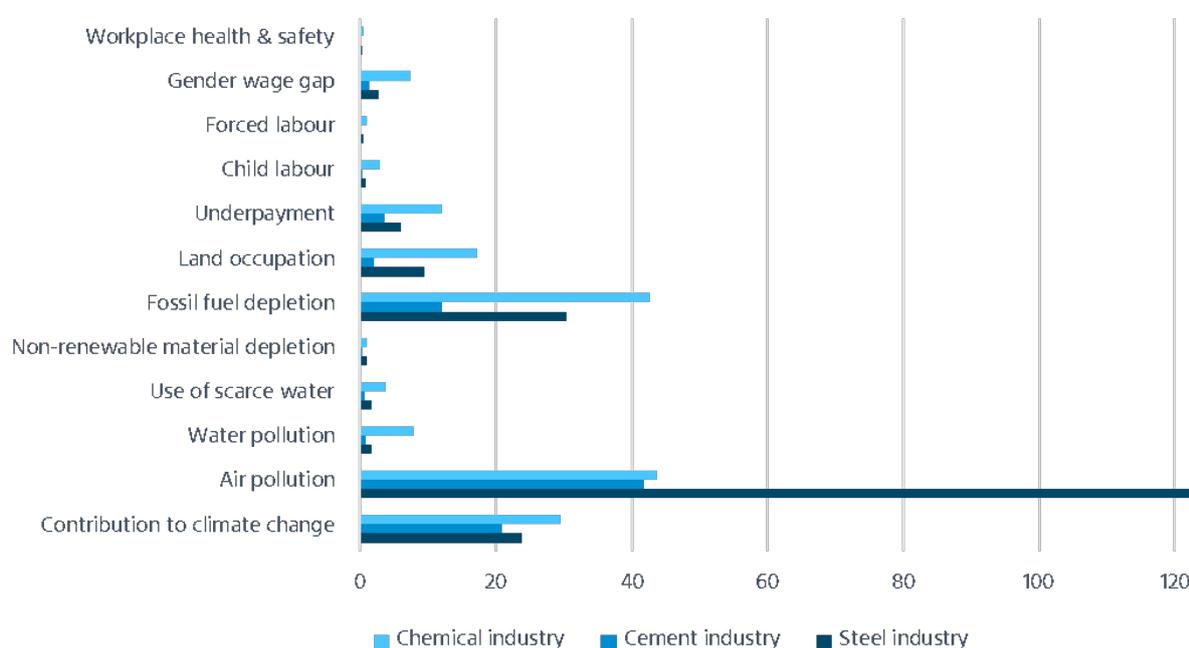
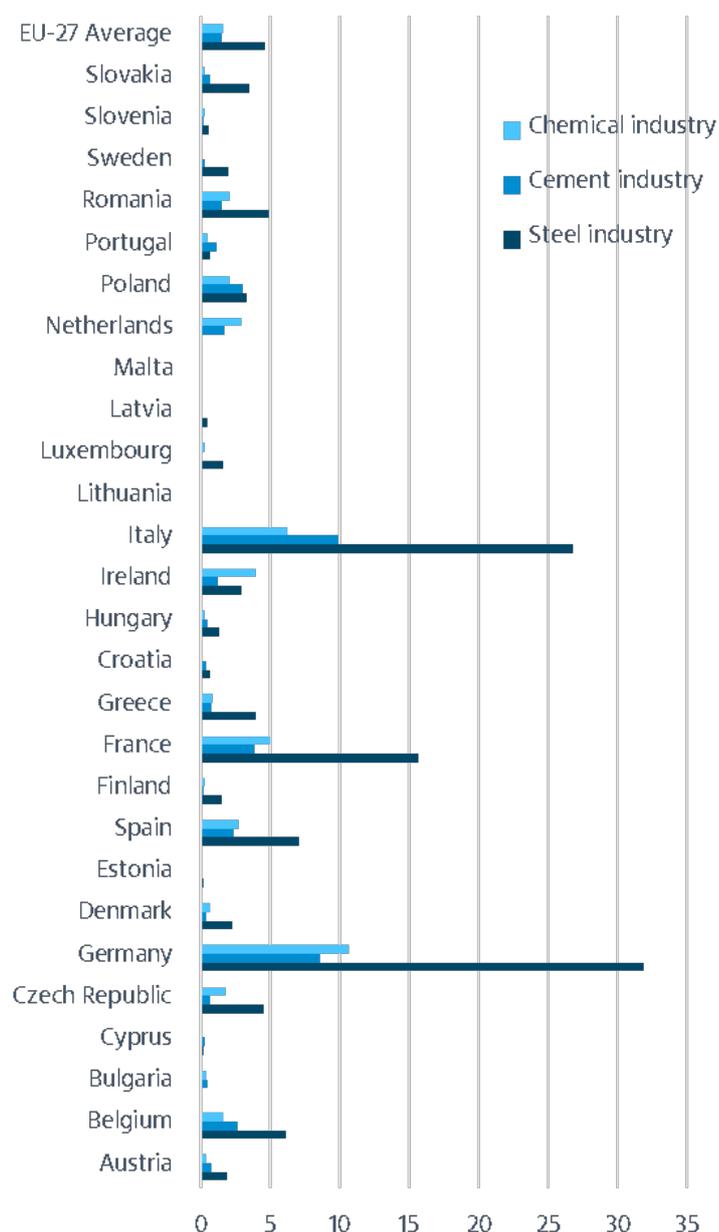


Figure 9 : Coûts externes par impact des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE27 en 2019 (en milliards d'euros)

## 4.1.3 POLLUTION DE L'AIR PAR PAYS

Au vu de l'ampleur de la pollution atmosphérique générée par les industries objet de notre étude, le présent rapport s'y penchera plus en détail. Comme le montre la figure 9, la pollution de l'air constituait la plus grande partie des coûts externes des industries cimentière, sidérurgique et chimique en 2019. Parmi elles, c'est cette seconde qui aura le plus contribué à ce dommage. Pour aller plus loin dans l'analyse, la figure 10 permet de constater que les coûts externes de pollution de l'air émanaient principalement de l'Allemagne, de l'Italie et de la France pour les trois industries. La figure 10 présente également la moyenne non pondérée de ces coûts externes pour l'ensemble de l'UE (sous l'intitulé « Moyenne de l'UE27 »). Pour la plupart des pays de l'UE, les coûts externes de pollution de l'air sont inférieurs à cette moyenne, à l'exception de l'Allemagne, la France, l'Italie et l'Espagne, qui la tirent vers le haut. Grandes économies de la région, ces quatre pays sont également les plus peuplés de l'UE, avec 58 % de la population de l'UE27 en 2019 (Eurostat, 2019).



**Figure 10 : Coûts externes dus à la pollution de l'air par pays en 2019 (en milliards d'euros)**

Si la figure 10 montre que le total des coûts externes dus à la pollution de l'air varie en fonction du pays, on constate qu'il diffère également selon le produit. Il dépend en effet de l'efficacité des processus de fabrication, et du type de combustibles fossiles qu'ils emploient.

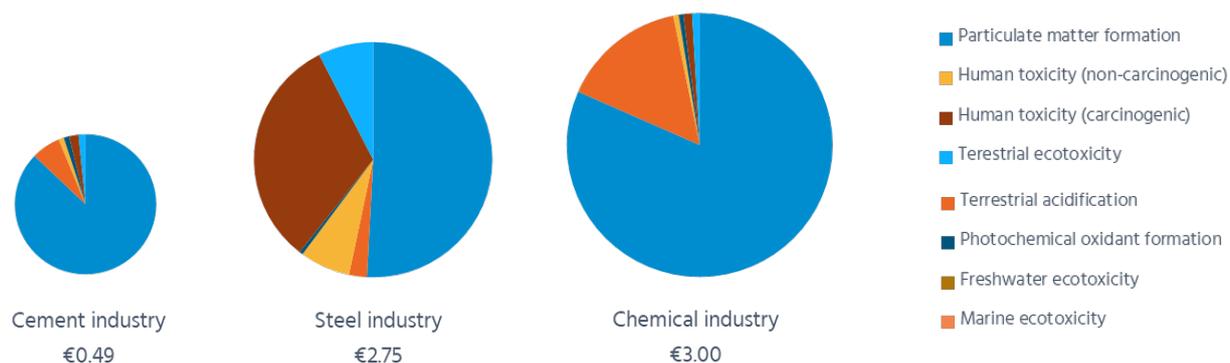
La section qui suit explique comment et pourquoi la pollution de l'air varie pour les industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE. Elle s'y attache en présentant l'impact individuel de ces industries par euro produit<sup>14</sup> pour chaque indicateur de pollution de l'air, à savoir la formation de matière particulaire, la toxicité humaine (cancérogène et non cancérogène), l'écotoxicité terrestre, l'acidification des sols, la formation d'oxydants photochimiques, l'écotoxicité de l'eau douce et l'écotoxicité marine<sup>15</sup>. Ces phénomènes sont dus, par exemple, à la combustion de combustibles fossiles, et nuisent à l'environnement et à la santé humaine.

14 L'impact par euro produit fait référence au total des coûts externes d'une industrie dans son ensemble (tels qu'établis sur la base des impacts sélectionnés) divisé par la valeur totale (en euros) des produits de cette industrie.

15 Pour une définition de chaque indicateur de pollution de l'air, voir l'Annexe 6.5.

#### 4.1.4 INDICATEURS DE POLLUTION DE L'AIR

La figure 11 montre la composition, en 2019, de la pollution de l'air pour la moyenne des pays de l'UE, ventilée par indicateur pour chaque industrie incluse au périmètre<sup>16</sup>. L'unité de mesure est l'impact par euro produit, laquelle, en d'autres termes, exprime l'impact généré par chaque euro investi dans un produit d'une industrie donnée. Cette figure révèle des tendances similaires pour les industries cimentière et chimique. L'impact de la pollution de l'air qu'elles génèrent a pour principaux moteurs la formation de matière particulaire et l'acidification des sols, tous deux résultant en plus grande partie de la combustion. Comme précédemment mentionné à la section 3.3.2, la formation de matière particulaire a des effets néfastes sur la santé humaine, tandis que l'acidification nuit aux sols et à la biodiversité.



**Figure 11 : Coûts externes dus à la pollution de l'air par industrie en 2019 (moyenne non pondérée des pays) (par euro produit)**

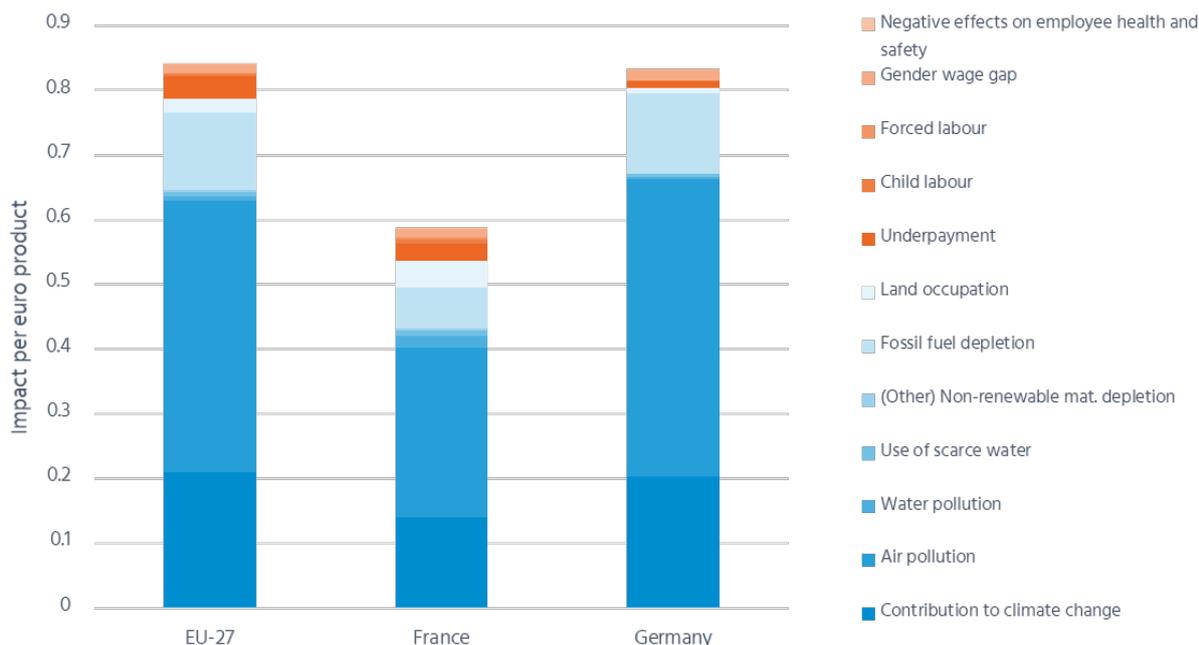
En 2019, l'impact de la pollution de l'air engendrée par l'industrie cimentière s'élevait à 0,49 € par euro produit, dont 0,42 € attribuables à la formation de matière particulaire et 0,03 € à l'acidification des sols. À titre de comparaison, l'impact de la pollution de l'air pour l'industrie chimique atteignait 3,00 € par euro produit sur la même période, dont 2,45 € pour la formation de matière particulaire et 0,46 € pour l'acidification des sols. Au vu des proportions représentées par la formation de matière particulaire, les résultats montrent que, parmi les autres, les industries cimentière et chimique étaient particulièrement nuisibles à la santé humaine en 2019.

La figure 11 indique que l'industrie sidérurgique de l'UE ne s'inscrit pas dans la même tendance que les industries cimentière et chimique. Si la pollution de l'air qu'elle génère est elle aussi largement dominée par la formation de matière particulaire, la toxicité humaine (cancérogène) en représente également une part importante. Dans l'industrie sidérurgique, la formation de matière particulaire résulte à 60 % des processus d'agglomération (par lesquels le minerai de fer est transformé en matière fine plus facile à utiliser dans les hauts-fourneaux [Küttner, s.d.]). La toxicité humaine cancérogène est principalement due aux émissions (de chrome et d'arsenic) rejetées dans les fourneaux. Tant la formation de matière particulaire que la toxicité humaine (cancérogène) ont des incidences négatives sur la santé humaine. Au total, l'impact de la pollution de l'air engendrée par l'industrie sidérurgique s'élevait à 2,75 € par euro produit en 2019. La formation de matière particulaire en représentait 1,40 € et la toxicité humaine (cancérogène) 0,88 €. Sur les deux prochaines pages, le rapport prend un peu de recul pour examiner aussi les impacts autres que la pollution de l'air.

#### 4.1.5 IMPACT DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE

La figure 12 montre l'impact par euro produit de l'industrie cimentière pour l'ensemble des impacts environnementaux et sociaux inclus au périmètre de l'étude de référence. Elle se concentre sur trois géographies notables : la moyenne des pays de l'UE27, la France et l'Allemagne (deux grands contributeurs). Le coût externe de l'industrie cimentière de l'UE s'élève à 0,84 € par euro produit, un impact largement environnemental (à hauteur de 0,79 €)

<sup>16</sup> Voir l'Annexe 6.2 pour une ventilation par pays de l'UE.



**Figure 12 : Coûts externes de l'industrie cimentière en 2019 (impact par euro produit)**

Pour la France et l'Allemagne, c'est également sur l'environnement que l'impact est le plus fort. Le coût externe de l'industrie cimentière est de 0,59 € par euro produit pour la France et de 0,83 € pour l'Allemagne (dont respectivement 0,54 € et 0,80 € sont attribuables à des impacts environnementaux). Ces coûts sont engendrés principalement par la pollution de l'air et la contribution au changement climatique. Les écarts régionaux sont probablement dus aux différents mix énergétiques, niveaux d'efficacité et techniques présentés par chaque pays. En moyenne, les pays de l'UE affichent des coûts externes de 2,01 € par euro de production sidérurgique et de 2,52 € par euro de production chimique<sup>17</sup>. Pour chacune des trois industries, les coûts externes résultent principalement de la pollution de l'air, de l'épuisement des combustibles fossiles et de la contribution au changement climatique.

#### 4.1.6 IMPACT DIRECT DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE

La figure 13 affiche une certaine ressemblance à la figure 12. L'impact en amont de l'industrie cimentière est cependant exclu des résultats présentés en figure 13, qui n'illustrent que son impact direct sur l'année 2019. Ceci permet de restreindre l'analyse aux activités intérieures à l'UE, l'impact en amont étant souvent généré en dehors des frontières de l'Union.

Les coûts externes liés aux impacts sociaux sont relativement bas. Dans les trois industries, la pollution de l'air et la contribution au changement climatique forment les composantes les plus importantes de l'impact par euro produit. À titre d'illustration, le coût externe de l'industrie cimentière de l'UE s'élève à 0,45 €, dont 0,28 € attribuables à la pollution de l'air et 0,15 € à la contribution au changement climatique. Les principales émissions de la production cimentière en Europe sont issues de réactions chimiques et de la combustion de combustibles (fossiles) dans des fours (Agence européenne de l'environnement, 2019).

<sup>17</sup> Les résultats relatifs aux industries sidérurgique et chimique (et leur impact direct et en amont) sont présentés à l'Annexe 6.1.

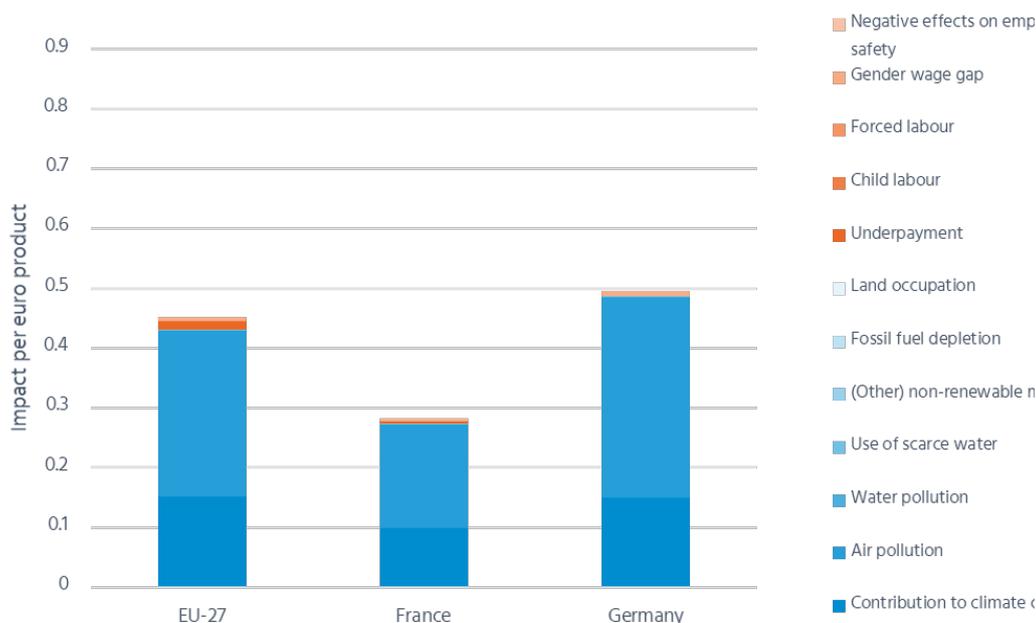


Figure 13 : Coûts externes (hors impact en amont de la chaîne de valeur) de l'industrie cimentière en 2019 (impact par euro produit)

## 4.2 RÉSULTATS DES ÉTUDES APPROFONDIES

### 4.2.1 INDUSTRIE CIMENTIÈRE

#### Production conventionnelle

Au vu des résultats de l'étude de référence, True Price s'est attaché à examiner dans le détail l'étape la plus polluante de la chaîne de valeur de la production cimentière, à savoir la calcination. Ce processus fait partie de la chaîne de valeur du ciment Portland ordinaire (CPO). En 2016, le CPO représentait environ 83 % du ciment produit dans l'UE28 (Commission européenne, s.d.-c). Le CPO, qui domine le secteur cimentier de l'UE, est constitué de clinker (petites particules de roche) et de gypse. La calcination consiste à chauffer du calcaire à haute température dans un four, ce qui produit de l'oxyde de calcium (importante composante du clinker) et du CO<sub>2</sub>. Ce dernier est notamment émis de deux façons : par la combustion de combustibles fossiles et la réaction chimique dans le four. Le CPO s'avère de fait problématique tant en matière environnementale que sur la question de la durabilité (Gevaudan et al., 2019). Même si ses alternatives font par conséquent l'objet de nombreux travaux de recherche, elles demeurent difficiles à appréhender, faute de définitions précises et arrêtées des différents types de ciment et d'informations destinées aux utilisateurs finaux. Un terrain fertile à l'élaboration de lignes directrices claires.

#### Alternative verte

L'alternative au CPO évaluée dans le cadre de cette étude approfondie correspond à un type de ciment géopolymère. Ces derniers peuvent se substituer au CPO dans l'infrastructure, la construction ou des applications offshore, et se composent de sous-produits industriels comme le laitier de haut-fourneau<sup>18</sup> ou les cendres volantes de charbon<sup>19</sup>, d'un réactif alcalin (une substance chimique) et d'eau (Davidovits, 2013). En ce qui le concerne, le ciment géopolymère objet de cette étude approfondie est composé de cendres volantes

18 Le résidu qui reste dans les hauts-fourneaux suite à la combustion de combustibles fossiles.

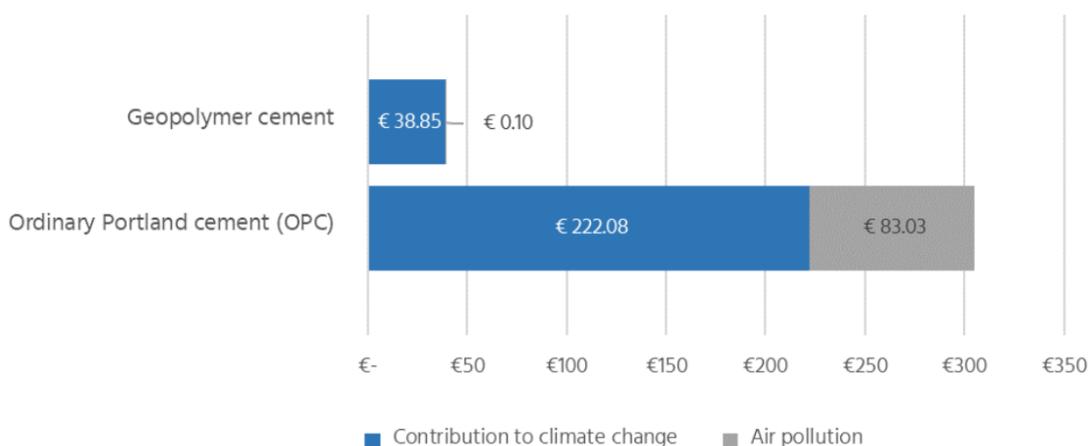
19 Fines particules de poussière ou de cendre produites par la combustion de combustibles tels que le charbon ou le pétrole.

et d'une solution de silicate alcalin. Comme les cendres volantes contiennent de l'oxyde de calcium (Fauzi et al., 2016), la calcination de cet intrant n'est pas nécessaire. Il est donc moins énergivore que le calcaire utilisé pour produire du CPO, et présente une alternative à ce dernier. Notons d'ailleurs que des cendres volantes sont parfois mélangées au clinker du CPO de façon à réduire son empreinte environnementale (Zulaiha Razi et al., 2020).

## Résultats

En 2019 en Italie, l'étape de calcination propre à la production de CPO a généré des coûts externes de 222,08 € par tonne produite dus à sa contribution au changement climatique, et de 83,03 € par tonne produite dus à la pollution de l'air. Pour mettre ces chiffres en perspective, notons que la même année aux États-Unis, le prix de marché du CPO s'élevait à environ 109 € par tonne (Statista, 2021). En d'autres termes, les coûts externes attribuables à la contribution au changement climatique et à la pollution de l'air générées par la calcination (à l'exclusion de tout autre coût environnemental ou social) sont 2,8 fois plus importants que le prix de marché du CPO. Lorsque ces dommages environnementaux sont pris en compte, une alternative écologique au CPO vendue à moins de 400 € par tonne serait tout de même moins chère que le CPO (en partant du principe que les coûts externes de ladite alternative sont négligeables).

Les coûts externes dus à la contribution au changement climatique de l'étape de calcination du processus de fabrication de CPO sont principalement causés par deux phénomènes : la réaction chimique dans le four (dont le CO<sub>2</sub> est un sous-produit), et la combustion de combustibles fossiles, respectivement à l'origine de 66 % et 27 % de ces coûts. Une part relativement modeste des coûts attribuables à la contribution au changement climatique (7 %) est liée à l'usage d'électricité grise.



**Figure 14 : Coûts externes de la contribution au changement climatique et de la pollution de l'air dues au processus de calcination de la production cimentière en Italie en 2019 (en euros par tonne produite)**

L'alternative verte au CPO sélectionnée pour cette étude est un ciment géopolymère composé de cendres volantes (un sous-produit industriel), d'eau et d'un réactif alcalin. Issues de la combustion du charbon, les cendres volantes sont disponibles en grandes quantités (Basham et al., 2007) et peuvent être ajoutées au CPO en substitut partiel du clinker, ou utilisées pour fabriquer du ciment géopolymère. Les coûts externes engendrés par ce ciment géopolymère s'élèvent à 38,85 € par tonne pour la contribution au changement climatique (due à la production du réactif alcalin) et à 0,10 € par tonne pour la pollution de l'air (due à l'usage d'électricité [verte]).

Bien que cette question ne soit pas l'objet de la présente étude, notons que les fabricants de ciment souhaitant réduire leur empreinte environnementale en remplaçant le clinker par des sous-produits industriels comme les cendres volantes doivent également prendre en compte l'impact du transport de ces sous-produits jusqu'au site de production (dans le cas où ce dernier n'en produirait pas suffisamment [McLellan et al., 2011]).

## 4.2.2 INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE

### Production conventionnelle

En partant des résultats de l'étude de référence, le rapport s'est focalisé sur le maillon le plus polluant de la chaîne de valeur (en termes de contribution au changement climatique et de pollution de l'air) d'un produit de l'industrie sidérurgique, les bobines de laminé à chaud. Leur processus de fabrication, représenté ci-dessous sous le nom de Filière haut-fourneau, est utilisé dans environ 60 % des sites de production d'acier (Eurofer, 2020). Cette filière, composée d'une usine d'agglomération, d'un haut-fourneau et d'un convertisseur basique à oxygène, consiste à transformer en le brûlant le minerai de fer en pellets, qui sont ensuite chauffés et traités avec de l'oxygène de façon à obtenir de l'acier brut liquide. D'importants niveaux de contribution au changement climatique et de pollution de l'air étaient attendus sur cette partie de la chaîne de valeur, au vu de la combustion fossile et des hautes températures qu'elle nécessite.

### Alternative verte

Dans une optique de réduction de l'impact environnemental, la filière haut-fourneau est comparée à la méthode HYBRIT (HYBRIT, s.d.). Cette dernière nous vient d'un projet pilote suédois, qui remplace une partie des combustibles fossiles utilisés dans la production d'acier par de l'électricité verte et traite le minerai de fer à l'hydrogène, réduisant ainsi l'énergie thermique requise. L'acier produit ainsi à partir de concentré de minerai de fer est identique à celui issu de la filière haut-fourneau. Le projet HYBRIT s'approvisionne en outre en hydrogène produit à partir d'énergies renouvelables de façon à éviter les émissions.

### Production conventionnelle

Notons que si la présente étude part du principe que l'hydrogène est obtenu au moyen d'énergies renouvelables, ce scénario est improbable. En effet, ce gaz provient actuellement à 95 % de processus consommateurs de combustibles fossiles (Hydrogen Europe, 2021). En outre, si la méthode HYBRIT affiche un impact environnemental plus réduit que celui de la filière haut-fourneau, l'une comme l'autre dépendent du minerai de fer (une ressource non renouvelable), et ne sauraient en ce sens être estimées véritablement respectueuses de l'environnement.

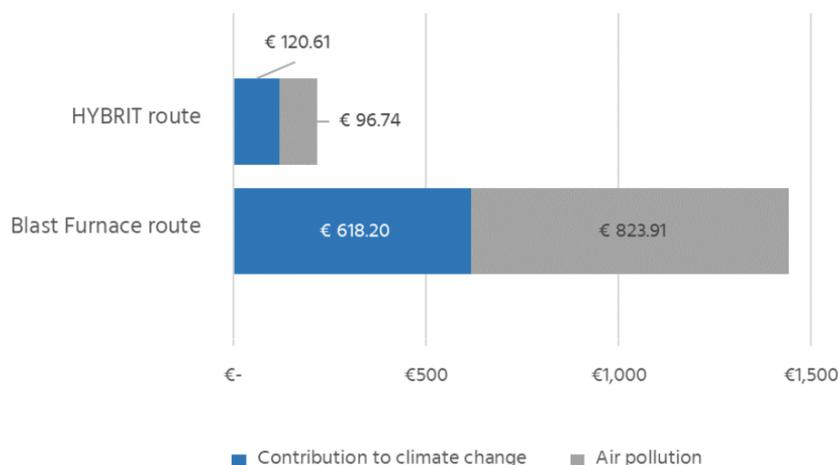


Figure 15 : Coûts externes de la contribution au changement climatique et de la pollution de l'air dues à la chaîne de valeur partielle des bobines de laminé à chaud en Allemagne en 2019 (en euros par tonne produite)

## Résultats

En 2019, la production d'acier par la filière haut-fourneau en Allemagne a généré 618,20 € de coûts externes par tonne produite au titre de sa contribution au changement climatique, et 823,91 € attribuables à la pollution de l'air. Pour comparaison, le prix des bobines de laminé à chaud en Europe s'élevait à 470 € par tonne en 2019 (World Steel Prices, 2020). Les coûts externes engendrés par la contribution au changement climatique et la pollution de l'air causées par la filière hauts-fourneaux sont ainsi à eux seuls (à savoir hors autres coûts environnementaux ou sociaux) 3,1 fois supérieurs au prix des bobines de laminé à chaud sur le marché. Lorsque ces dommages environnementaux sont pris en compte, une alternative écologique vendue à moins de 1 900 € par tonne serait tout de même moins onéreuse que l'acier produit par cette méthode conventionnelle (en partant du principe que les coûts externes de ladite alternative sont négligeables).

Tant la contribution au changement climatique que la pollution de l'air générées par la fabrication conventionnelle d'acier sont majoritairement dues aux émissions résultant de la combustion fossile. L'usage d'électricité grise occupe également une part mineure dans la contribution au changement climatique. En Allemagne, l'électricité provient en grande partie du charbon et d'autres combustibles fossiles, ce qui la rend relativement polluante comparée à l'électricité verte. Les coûts externes liés à la pollution de l'air sont quant à eux dus à 63 % à la formation de matière particulaire et à 29 % à la toxicité humaine, qui nuisent tous deux à la santé humaine.

En comparaison, la production de bobines de laminé à chaud en Allemagne via la Filière HYBRIT aurait généré 120,61 € de coûts externes par tonne produite au titre de sa contribution au changement climatique, et 96,74 € attribuables à la pollution de l'air en 2019. Si cette alternative est considérablement plus consommatrice d'électricité, elle n'utilise que de l'électricité verte, pour laquelle la contribution au changement climatique et la pollution de l'air sont bien moindres. La Filière HYBRIT consomme également moins de combustibles fossiles, ce qui réduit ses niveaux de contribution au changement climatique et de pollution de l'air par rapport à la Filière haut-fourneau. Pour réduire encore davantage les coûts environnementaux de la production sidérurgique, l'industrie devra s'attacher à éliminer l'usage de combustibles fossiles et à minimiser celui des ressources non renouvelables telles que le minerai de fer.

## 4.2.3 INDUSTRIE CHIMIQUE

### Production conventionnelle

Sur la base des résultats de l'étude de référence, l'étude approfondie s'est attachée à examiner dans le détail l'étape la plus polluante de la chaîne de valeur de la production de PE-HD, à savoir le vapocraquage conventionnel. Le PE-HD, ou polyéthylène haute densité, est un type de plastique répandu<sup>20</sup>. Citons parmi ses applications les tubes utilisés dans le bâtiment.

Les plastiques sont fabriqués par l'industrie chimique, et forment une composante majeure de la catégorie des produits chimiques de base, laquelle représentait 60 % des ventes du secteur en Europe en 2018 (CEFIC, 2020-b). L'étape de la chaîne de valeur dite de « vapocraquage » objet de la présente étude approfondie est nécessaire à la production de nombreux produits chimiques. Pour faire simple, disons que ce processus repose sur l'exposition d'intrants tels que le naphta ou l'éthane (des hydrocarbures lourds ) à haute température (le « craquage ») de façon à obtenir de l'éthylène ou d'autres plus petits hydrocarbures. L'éthylène fait partie des grands intermédiaires de l'industrie chimique les plus produits au monde (en termes de volume)<sup>21</sup>.

### Alternative verte

Le vapocraquage est un processus intensif en énergie au vu des températures qu'il requière. Actuellement,

---

20 Les hydrocarbures sont des composés formés d'éléments de carbone et d'hydrogène.

21 En 2014, 167 millions de tonnes d'éthylène ont été produites à l'échelle mondiale (van Gijssel, 2017).

cette chaleur est générée par la combustion fossile. Dans le but de réduire les émissions de CO<sub>2</sub>, les entreprises du secteur cherchent des moyens d'atténuer leur impact environnemental. Le développement de vapocraqueurs alimentés uniquement en électricité (verte) fait partie des possibilités envisagées. Bien que cette technologie soit encore embryonnaire (Amghizar et al., 2020), la présente étude approfondie a procédé à l'estimation de ses coûts externes.

Pour ce faire, elle est partie de l'hypothèse que la quantité d'énergie requise par cette alternative électrique était identique à celle d'un vapocraqueur conventionnel, et a remplacé les combustibles fossiles nécessaires à la combustion par de l'électricité verte. Les résultats permettent de mieux comprendre l'impact environnemental de l'étape de vapocraquage conventionnel.

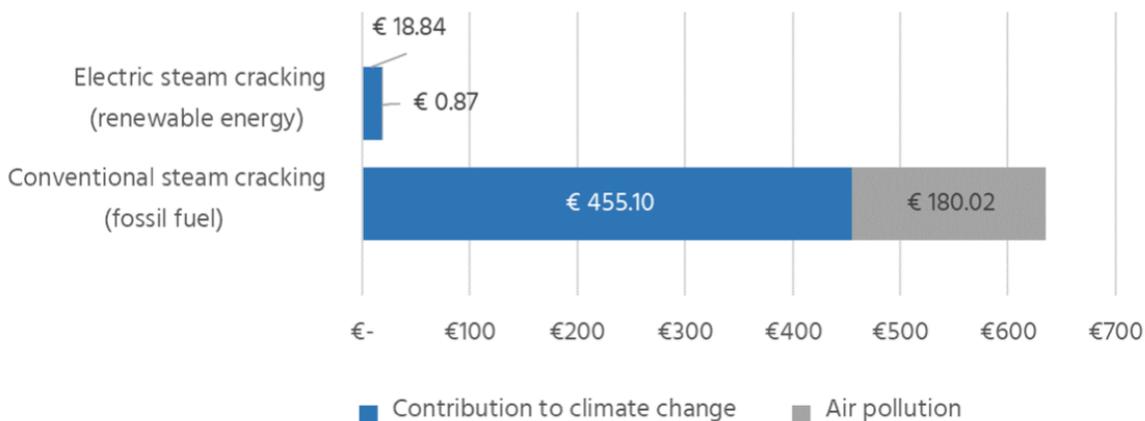
### Décarboner l'industrie chimique

Toute initiative visant à réduire l'impact environnemental des chaînes de valeur de l'industrie chimique en ignorant celui de ses matières premières (principalement fossiles) ne saurait constituer une tentative réaliste et sincère de décarbonation du secteur. L'industrie chimique fabrique une large gamme de produits destinés tant à d'autres filières qu'aux consommateurs, et est par conséquent perçue comme partie intégrante de la société. Cependant, pour qu'elle atteigne la neutralité carbone d'ici 2050, elle devra impérativement élargir sa vision pour non seulement réduire l'impact de ses processus industriels, mais également décarboner ses produits de départ. Si la production de l'industrie chimique repose actuellement en grande majorité sur les combustibles fossiles, les matières premières destinées à la fabrication de tubes pour le bâtiment telle qu'examinée dans la présente étude pourraient être remplacées par des alternatives plus respectueuses de l'environnement. En réalité, pour de nombreux produits chimiques, d'autres options comme les algues ou le maïs existent<sup>22</sup>.

*« L'industrie chimique se distingue par son usage des combustibles fossiles. Tandis que la plupart des secteurs en dépendent pour la production d'énergie, l'industrie chimique utilise environ la moitié de la demande de la filière en tant que produits de départ. Les combustibles fossiles constituent ainsi la matière première de toute une gamme de produits d'usage répandu tels les plastiques, les engrais, les détergents ou les pneus ».*

- DENA, 2019 (Agence de l'énergie allemande)

Ces produits de départ alternatifs peuvent servir à la fabrication, entre autres, de polypropylène (PP) (principale composante des emballages alimentaires, contenants, billets de banque et plus encore), de polyéthylène (PE) (présent dans les sacs plastiques, jouets et autres), et de PET (utilisé par exemple pour les bouteilles d'eau ou de boissons non alcoolisées). Ces matières renouvelables nécessitant en général d'être cultivées, elles pèsent elles aussi sur l'environnement par la perte de biodiversité entraînée par l'utilisation des terres, mais représentent néanmoins un bon moyen de réduire l'empreinte environnementale de l'industrie chimique.



**Figure 16 : Coûts externes de la contribution au changement climatique et de la pollution de l'air dues au vapocraquage pour la production de PE-HD en France en 2019 (en euros par tonne produite)**

## Résultats

En 2019, le processus de vapocraquage utilisé en France pour la production de tubes en PE-HD destinés à la construction a généré 455,10 € de coûts externes par tonne produite au titre de sa contribution au changement climatique, et 180,02 € attribuables à la pollution de l'air. Pour mettre ces chiffres en perspective, notons qu'en 2019, le prix moyen du tube en PE-HD sur le marché européen s'élevait à environ 1 260 € par tonne (PlasticPortal, 2019). En résumé, les coûts externes attribuables à la contribution au changement climatique et à la pollution de l'air générées par la production de PE-HD (tout autre coût environnemental ou social étant exclus) correspondent à environ la moitié du prix d'un tube en PE-HD sur le marché. Lorsque ces dommages environnementaux sont pris en compte, une alternative écologique proposée à moins de 1 890 € par tonne serait tout de même moins chère que le PE-HD produit au moyen d'un vapocraqueur conventionnel (en partant du principe que les coûts externes de ladite alternative sont négligeables).

Le vapocraquage nécessite de chauffer l'intrant à haute température, ce qui consomme d'importantes quantités d'énergie. Les coûts externes liés à la contribution au changement climatique et à la pollution de l'air causée par ce processus de production de PE-HD sont donc principalement dus à la combustion de combustibles fossiles et à leurs émissions respectives dans l'air. La consommation d'électricité représente une part relativement modeste de ces coûts externes. Son empreinte dépend de la quantité d'électricité utilisée et du type de ressources ayant servi à la générer. En France, l'électricité est en majorité issue de la fission nucléaire (World Nuclear Association, 2021), qui engendre peu d'émissions d'éq. CO2 comparé au charbon, au gaz et au pétrole. Dans les pays qui s'appuient davantage sur ces derniers pour leur production énergétique, les coûts externes du vapocraquage seront par conséquent plus élevés.

Dans le scénario alternatif étudié, le vapocraqueur fonctionne à l'électricité. Bien que cette technologie en soit encore à ses balbutiements, les travaux de recherches actuellement menés par les entreprises du secteur indiquent qu'elle représente une option viable (Amghizar et al., 2020). La présente étude part de l'hypothèse que l'ensemble de l'électricité consommée provient de sources renouvelables. Si le vapocraqueur à électricité (verte) avait été disponible en France en 2019, son impact en matière de contribution au changement climatique et de pollution de l'air aurait été bien inférieur à celui du processus de vapocraquage conventionnel, avec des coûts externes par tonne produite de 18,84 € et 0,87 € respectivement.

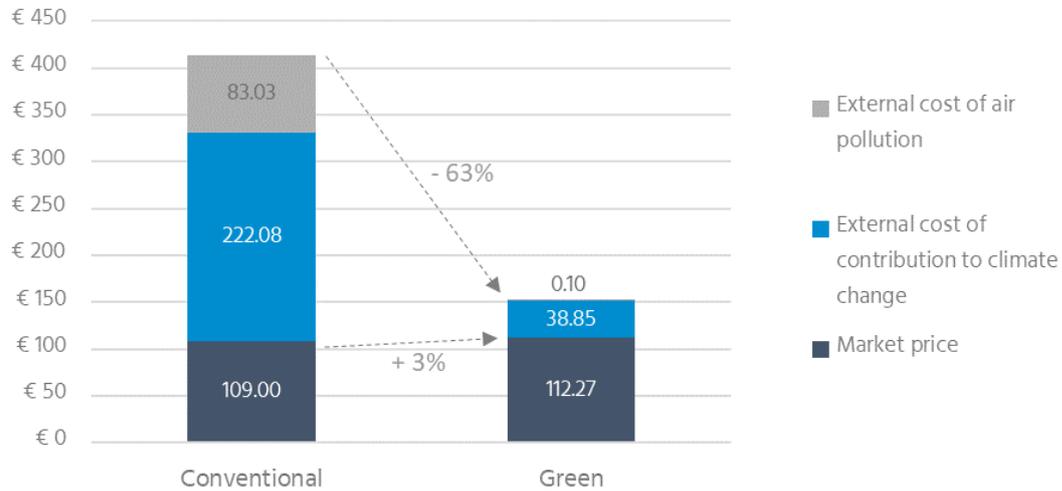
### 4.2.4 ESTIMATIONS DU COÛT RÉEL DES PRODUITS CIMENTIERS, SIDÉRURGIQUES ET CHIMIQUES

En 2018, le think tank Energy Transitions Commission (ETC) avait estimé que la hausse du coût des produits plastiques, sidérurgiques, et cimentiers une fois décarbonés serait faible (3 %). Comme l'illustre le tableau 8, l'ETC calcule qu'une bouteille en plastique décarbonée coûterait (hors coûts externes) moins de 1 % de plus qu'une bouteille fabriquée au moyen de techniques conventionnelles (polluantes). Pour les produits cimentiers et sidérurgiques, cette augmentation est estimée respectivement à + 3 % et + 1 %.

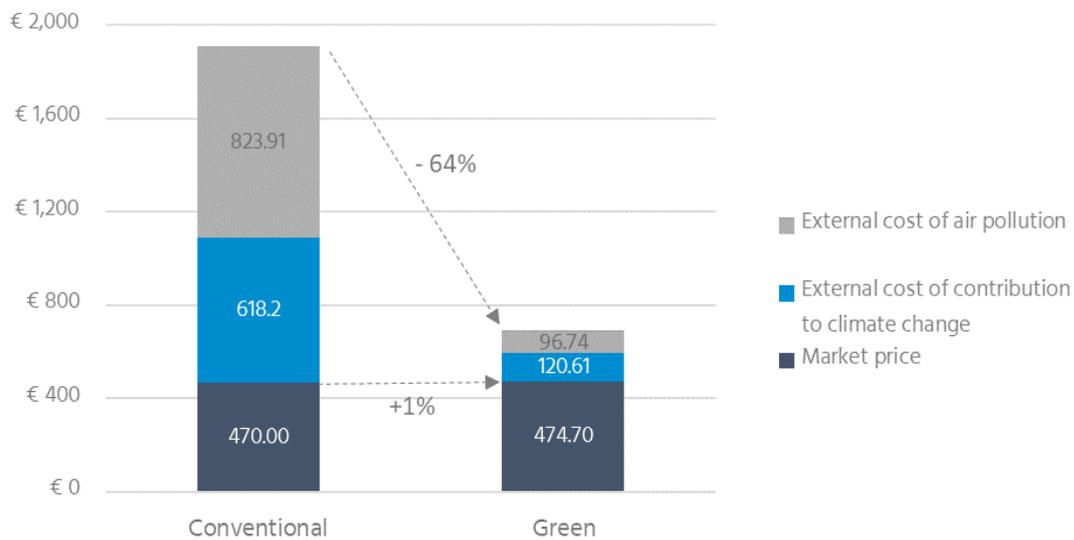
**Tableau 8. Répercussions d'une production décarbonée sur le coût des produits (Energy Transitions Commission, 2018)**

Industrie	Produit	Coût supplémentaire final du produit (absolu)	Coût supplémentaire final du produit (relatif)
Cimentière	Maison (estimée à 500 000 \$)	+ 15 000 USD	+ 3 %
Sidérurgique	Voiture	+ 180 USD	+ 1 %
Plastique	Bouteille de boisson gazeuse	+ 0,01 USD	< 1 %

Pour estimer le coût réel des produits cimentiers, sidérurgiques et chimiques, le présent rapport combine les conclusions d'ETC (2018) à ses propres résultats. Plus précisément, il compare le prix de marché et les coûts externes de contribution au changement climatique et de pollution de l'air<sup>23</sup> des produits conventionnels à ceux de leurs alternatives vertes<sup>24</sup>.



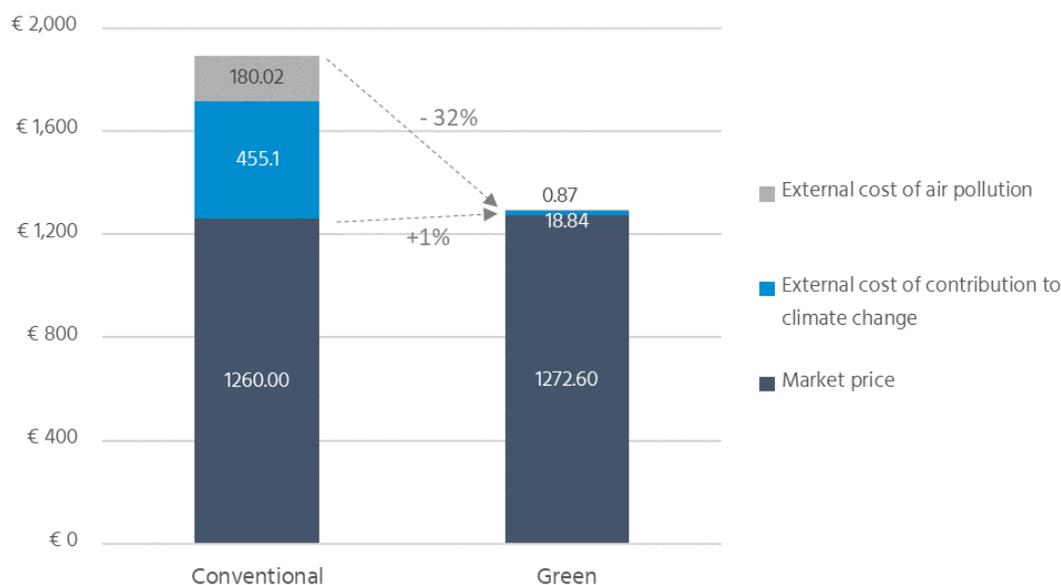
**Figure 17 : Estimation du coût réel d'un produit cimentier en 2019 (en euros par tonne produite)**



**Figure 18 : Estimation du coût réel d'un produit sidérurgique en 2019 (en euros par tonne produite)**

23 Il convient de rappeler que ces coûts externes ne reflètent que la contribution au changement climatique et la pollution de l'air dues à certaines étapes sélectionnées de la chaîne de valeur. Les coûts externes générés par l'ensemble des chaînes de valeur de la production cimentière, sidérurgique et chimique sont par conséquent susceptibles d'être plus élevés (à moins que les étapes hors périmètre n'engendrent aucun coût externe). Qui plus est, la contribution au changement climatique et la pollution de l'air ne sont pas les seuls effets négatifs des industries en question sur les êtres humains et la planète. Citons pour exemple parmi ces autres impacts hors périmètre l'utilisation des terres, ou la pollution des sols et de l'eau. Si ces incidences néfastes sur les êtres humains et la planète étaient incluses aux estimations, les coûts externes de la production cimentière, sidérurgique seraient sans doute plus importants.

24 Selon le think tank Energy Transitions Commission (2018), le coût supplémentaire final relatif d'un produit plastique est inférieur à 1%. Le taux précis étant inconnu, l'étude s'est basée sur une estimation de 1% pour ses calculs.



**Figure 19 : Estimation du coût réel d'un produit plastique en 2019 (en euros par tonne produite)**

Les figures 17, 18 et 19 montrent le coût réel des produits cimentiers, sidérurgiques et chimiques fabriqués conformément aux méthodes traditionnelles tel qu'estimé sur la base des résultats de la présente étude, et de leurs alternatives vertes majoré de l'augmentation précédemment présentée. Pour chacun des trois secteurs, le coût réel estimé du produit conventionnel est supérieur à celui de l'alternative verte.

En ce qui concerne l'industrie cimentière, le coût réel estimé d'un produit chute de 63 % lorsque les méthodes traditionnelles sont remplacées par des alternatives vertes. Pour l'industrie sidérurgique, cette baisse atteint les 64 %, tandis que pour les produits plastiques (qui représentent une part considérable de l'industrie chimique de l'UE), l'écart s'élève à 32 %.

## ENCADRÉ 2 : EXEMPLE D'INTERPRÉTATION D'UNE ESTIMATION DE COÛT RÉEL

### Le coût réel d'une voiture

Le coût réel d'un produit (tel qu'une voiture) est rarement communiqué en toute transparence aux consommateurs. Cette étude montre qu'un véhicule dont l'acier est produit au moyen de méthodes polluantes est susceptible de coûter plus cher en termes de coût réel qu'un véhicule fabriqué avec de l'acier obtenu grâce à des techniques vertes. Concrètement, lorsqu'un particulier cherche à acheter une voiture, une estimation des dommages causés par sa production aux êtres humains et à la planète pourrait l'intéresser. Une voiture contient en moyenne 900 kg d'acier environ (WorldSteel, 2021). Aux fins du présent exemple, nous partirons du principe qu'il s'agit d'acier vierge (à savoir non recyclé).

Les coûts externes liés à la contribution au changement climatique et à la pollution de l'air générées par un mode de production conventionnel ajouteraient  $(0,900 \times 618,20 \text{ €} + 0,900 \times 823,91 \text{ €} =) 1\,297,90 \text{ €}$  au prix d'une voiture. Si le fabricant avait investi dans des techniques vertes et fabriqué son acier d'une façon plus respectueuse de l'environnement, ces mêmes impacts représenteraient des coûts externes bien moindres, majorant de seulement  $(0,900 \times 120,61 \text{ €} + 0,900 \times 96,74 \text{ €} =) 195,62 \text{ €}$  le coût de la voiture.

## 5. RECOMMANDATIONS

### 5.1 STIMULER LA TRANSITION POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS CLIMAT

Les industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE fabriquent de nombreux produits aujourd'hui répandus dans notre société, comme les matériaux utilisés dans le bâtiment ou la construction automobile. Leurs modes de production actuels ont cependant un coût. Ces filières particulièrement énergivores nuisent notamment aux êtres humains et à la planète. Pourtant, ces coûts externes ne sont pas assumés par les industries elles-mêmes, mais bien répercutés sur la société et les générations futures.

Les citoyens de l'UE ignorent probablement l'ampleur de ce problème. Les coûts externes, tout particulièrement ceux qui pèsent sur l'environnement, demeurent souvent invisibles et peuvent par conséquent être difficiles à appréhender. Les étiquettes mentionnent en effet rarement en termes explicites le coût environnemental d'un produit donné, et le mécanisme de tarification de notre actuel système économique les exclut tout simplement du calcul.

En qualité d'organe de gouvernance, le Parlement européen est à même d'exiger des industries qu'elles rendent compte des coûts externes qu'elles engendrent. Pour le Parlement européen, rendre ces coûts transparents et laisser aux industries le soin de les assumer constituent en effet des moyens de stimuler la transition socioécologique des secteurs énergivores. La recherche a démontré que le SCEQE, qui vise à réduire les émissions, a non seulement échoué dans son objectif, mais également contribué à enrichir les entreprises polluantes (CE Delft, 2021). En bref, l'actuel SCEQE soutient ces entreprises et leurs pratiques polluantes. Si le Parlement européen souhaite stimuler la transition des industries cimentière, sidérurgique et chimique vers un modèle juste pour la société et durable pour l'environnement et conserver une chance d'atteindre ses objectifs climat, c'est le système qu'il doit changer.

## 5.2 LES COÛTS EXTERNES DES INDUSTRIES CIMENTIÈRE, SIDÉRURGIQUE ET CHIMIQUE DE L'UE EN 2019

Ce rapport constate que les industries cimentière, sidérurgique et chimique étaient respectivement responsables de 84, 202 et 169 milliards d'euros de dommages à la société en 2019. Leur contribution au changement climatique, à l'épuisement des combustibles fossiles et à la pollution de l'air représente une large part de ces coûts externes. Des trois secteurs, l'industrie sidérurgique est la plus néfaste pour la société, principalement en matière de pollution atmosphérique, notamment la formation de matière particulaire et la toxicité humaine (cancérogène). Les coûts externes imputables à la pollution de l'air varient en fonction des pays, les nations les plus peuplées (Allemagne, France, Italie et Espagne) y contribuant le plus. En moyenne, les coûts externes des industries cimentière, sidérurgique et chimique des pays de l'UE27 s'élèvent respectivement à 0,84 €, 2,01 € et 2,52 € par euro produit. Pour chacune des trois industries, les coûts externes découlent principalement de la pollution de l'air, de l'épuisement des combustibles fossiles et de la contribution au changement climatique.

### 5.2.1 L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE

L'industrie cimentière se caractérise par la production sur-site de matériaux lourds et volumineux largement utilisés dans le bâtiment. Le secteur cherche depuis un certain temps à remplacer ou à optimiser le mode de fabrication du ciment dominant du marché (le ciment Portland ordinaire ou CPO), dans l'optique d'améliorer tant la qualité du produit que son empreinte environnementale. Le présent rapport montre qu'il existe des alternatives ou des substituts partiels au CPO affichant une moindre empreinte environnementale. L'étude constate en outre qu'en 2019 en Italie, l'étape de calcination propre à la production de CPO a généré des coûts externes de 222,08 € par tonne produite dus à sa contribution au changement climatique, et de 83,03 € par tonne produite dus à la pollution de l'air. Pour mettre ces chiffres en perspective, notons que la même année aux États-Unis, le prix de marché du CPO s'élevait à environ 109 € par tonne (Statista, 2021).

Lorsque ces dommages environnementaux sont pris en compte, une alternative écologique au CPO vendue à moins de 400 € par tonne serait tout de même moins chère que le CPO (en partant du principe que les coûts externes de ladite alternative sont négligeables). L'alternative verte évaluée dans le cadre de l'étude approfondie est un ciment géopolymère composé entre autres de cendres volantes, un sous-produit industriel. À titre de comparaison, les coûts externes de ce ciment géopolymère s'élèvent à 38,85 € par tonne en ce qui concerne la contribution au changement climatique et à 0,10 € par tonne pour la pollution de l'air. En conclusion, optimiser l'usage des sous-produits industriels, réduire l'énergie consommée en améliorant l'efficacité de la production et passer à l'électricité verte représentent autant de moyens prometteurs d'atténuer les coûts externes engendrés par l'industrie cimentière.

### 5.2.2 L'INDUSTRIE SIDÉRURGIQUE

Le rapport établit qu'en 2019, la production d'acier par la filière haut-fourneau en Allemagne a généré 618,20 € de coûts externes par tonne produite au titre de sa contribution au changement climatique, et 823,91 € attribuables à la pollution de l'air. Pour comparaison, le prix des bobines de laminé à chaud en Europe s'élevait à 470 € par tonne en 2019 (World Steel Prices, 2020). Lorsque ces dommages environnementaux sont pris en compte, une alternative écologique vendue à moins de 1900 € par tonne serait tout de même moins onéreuse que l'acier produit par cette méthode conventionnelle (en partant du principe que les coûts externes de ladite alternative sont négligeables).

Certaines entreprises du secteur tâchent déjà de rendre les processus de leur chaîne de valeur plus durables en se fixant d'ambitieux objectifs. Citons parmi les possibilités envisagées l'usage d'hydrogène vert (c'est-à-dire obtenu grâce à des sources d'énergies exclusivement renouvelables) pour fondre le minerai de fer, de façon à abandonner la conventionnelle cuisson polluante en hauts-fourneaux. Si la route est encore longue,

le fait que les sociétés expérimentent de la sorte, à l'image de celles qui participent au projet pilote HYBRIT, est un signal positif.

Le rapport établit en outre qu'en 2019 en Allemagne, la méthode alternative de production d'acier évaluée (modélisée pour correspondre à l'identique au projet HYBRIT) aurait généré des coûts externes de 120,61 € par tonne produite au titre de sa contribution au changement climatique, et de 96,74 € attribuables à la pollution de l'air. Compte tenu de l'ampleur des dommages à la société causés par l'industrie sidérurgique, c'est à hauteur de leur responsabilité que les acteurs européens de la filière doivent s'investir pour réduire leur empreinte écologique, tant en matière de pollution de l'air que de contribution au changement climatique et d'usage de matières premières (minerai de fer). Pour répondre aux demandes de la société actuellement satisfaites par de l'acier produit de façon conventionnelle, l'économie nécessite davantage d'alternatives durables.

### **5.2.3 L'INDUSTRIE CHIMIQUE**

Les produits chimiques sont en demande partout. L'offre de l'industrie est en effet destinée tant aux consommateurs qu'à de nombreuses autres industries. Les plastiques figurent parmi les produits les plus fabriqués par l'industrie chimique de l'UE. Or, leur mode conventionnel de production nuit aux êtres humains et à la planète car il repose sur une importante consommation de combustibles fossiles. Le présent rapport montre que le processus de vapocraquage utilisé en France pour produire des tubes en PE-HD destinés à la construction a généré des coûts externes par tonne produite de 455,10 € au titre de sa contribution au changement climatique, et de 180,02 € attribuables à la pollution de l'air. Pour comparaison, le vapocraquage électrique (alimenté en énergie verte uniquement) aurait engendré des coûts de contribution au changement climatique et de pollution de l'air de seulement 18,84 € et 0,87 € respectivement par tonne de PE-HD produite en France en 2019. Pour mettre ces chiffres en perspective, notons qu'en 2019, le prix moyen du tube en PE-HD sur le marché européen s'élevait à environ 1 260 € par tonne (PlasticPortal, 2019). Lorsque ces dommages environnementaux sont pris en compte, une alternative écologique proposée à moins de 1 890 € par tonne serait tout de même moins chère que le PE-HD produit au moyen d'un vapocraqueur conventionnel (en partant du principe que les coûts externes de ladite alternative sont négligeables).

La production de plastique repose sur les combustibles fossiles en tant que matière première et combustible (pour produire de la chaleur par exemple). Des alternatives existent pour ces deux fonctions. L'industrie chimique ne manque donc pas d'opportunités de réduire ses coûts externes. Les actuelles tentatives d'introduction de vapocraqueurs électriques sont susceptibles de diminuer largement la contribution au changement climatique et la pollution de l'air qu'elle engendre. Cependant, pour que l'industrie chimique contribue à atteindre les objectifs climat de l'UE, son usage de matières premières fossiles doit faire l'objet d'une attention particulière. L'industrie doit se transformer pour adopter des matières premières alternatives et des pratiques durables.

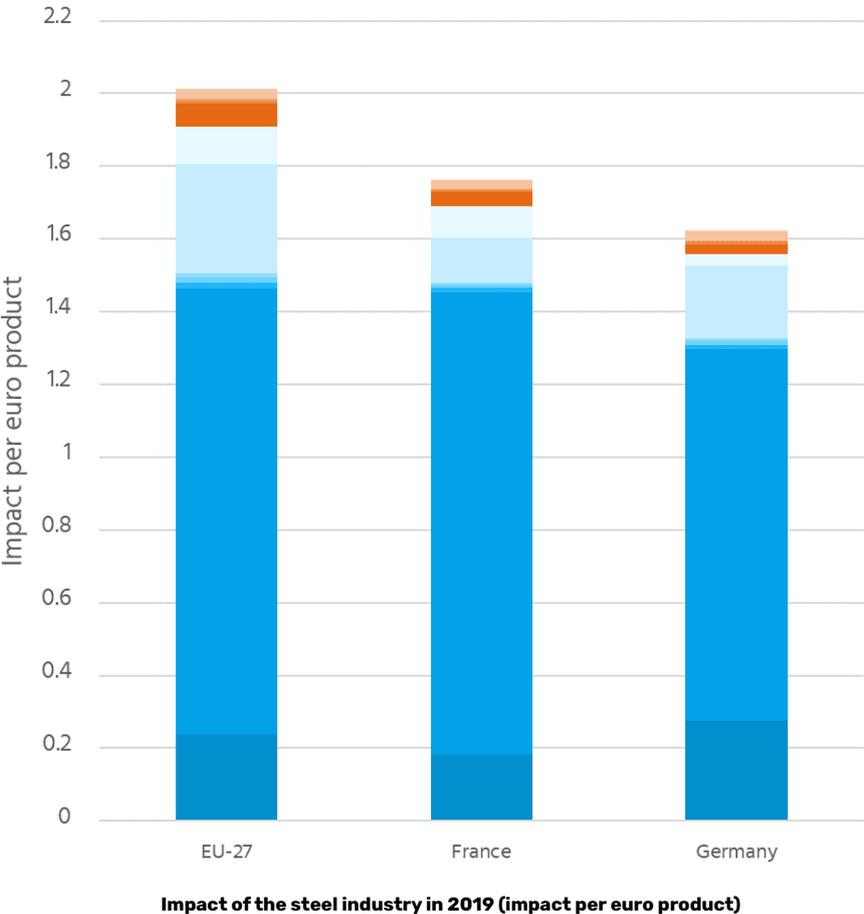
## **5.3 OPPORTUNITÉS D'AMÉLIORATION**

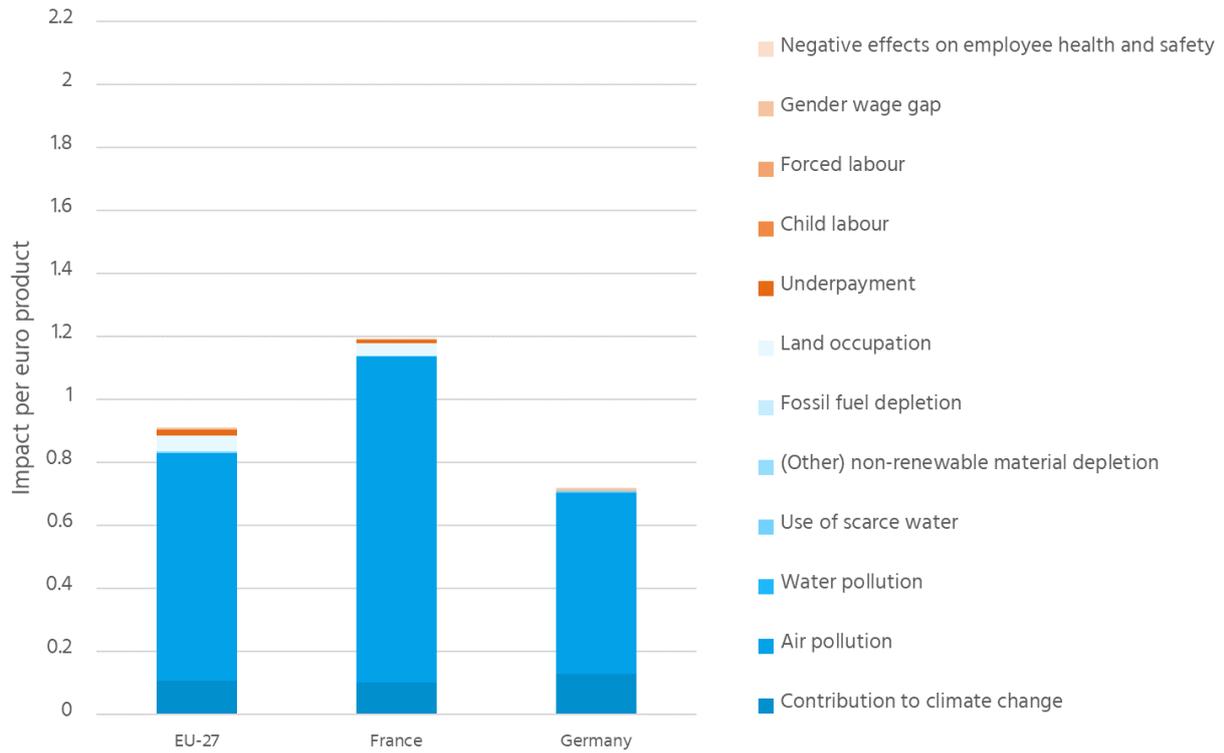
Les conclusions du présent rapport ouvrent de nombreuses pistes d'amélioration pour la transition des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE vers un modèle juste pour la société et respectueux de l'environnement. Premièrement, il s'agira pour ces secteurs de réduire leur consommation d'énergie par une production plus efficace. Deuxièmement, de passer d'une énergie fossile à une énergie verte. Troisièmement, d'optimiser l'usage de matériaux recyclés de façon à minimiser le recours à des matières vierges. Quatrièmement, d'abandonner l'usage des combustibles fossiles comme matière première. Cinquièmement, d'amener les entreprises de ces secteurs à intégrer leurs coûts externes à leurs cycles de prise de décision, de façon à ce qu'elles rendent compte et agissent en conséquence des pertes et profits de nature tant non financière que pécuniaire.

La transition des industries cimentière, sidérurgique et chimique de l'UE vers un mode opératoire conforme aux objectifs climatiques de l'Union nécessite qui plus est une évolution systémique. Le système communautaire d'échange de quotas d'émission SCEQE devra par exemple être révisé pour appuyer la transition vers des industries vertes. Les cadres réglementaires tendant à un tel but devront être régulièrement évalués, pour garantir qu'ils remplissent effectivement leur fonction. En qualité d'organe de gouvernance, le Parlement européen est à même d'exiger des industries qu'elles rendent compte des coûts externes qu'elles engendrent. En amenant cette transparence et en laissant ainsi le soin aux industries de supporter leurs propres coûts externes, le Parlement européen pourra accélérer la transition socioécologique des secteurs énergivores de l'UE.

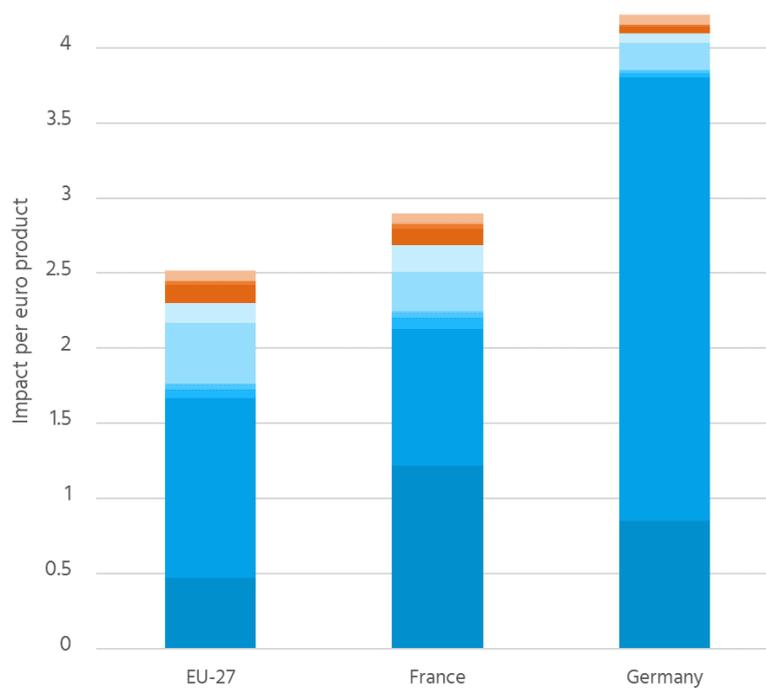
# 6. ANNEXE

## 6.1 COÛTS EXTERNES PAR INDUSTRIE

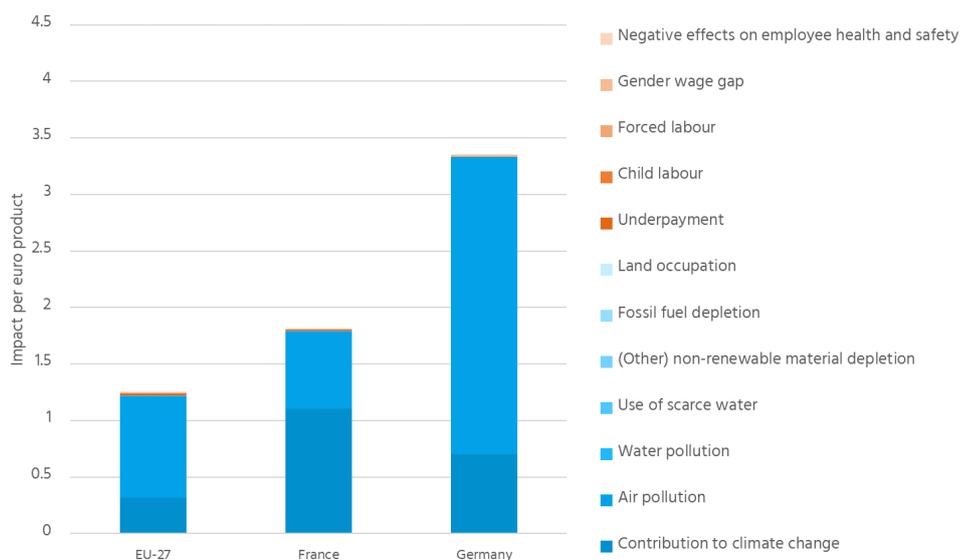




**Direct impact (excl. upstream value chain impact) of the steel industry in 2019 (impact per euro product)**



**Impact of the chemical industry in 2019 (impact per euro product)**

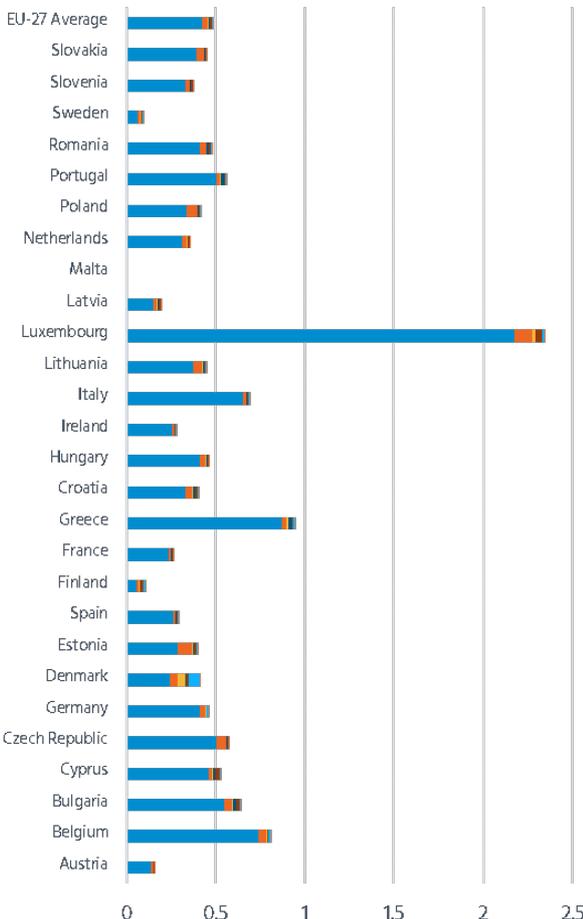


**Direct impact (excl. upstream value chain impact) of the chemical industry in 2019 (impact per euro product)**

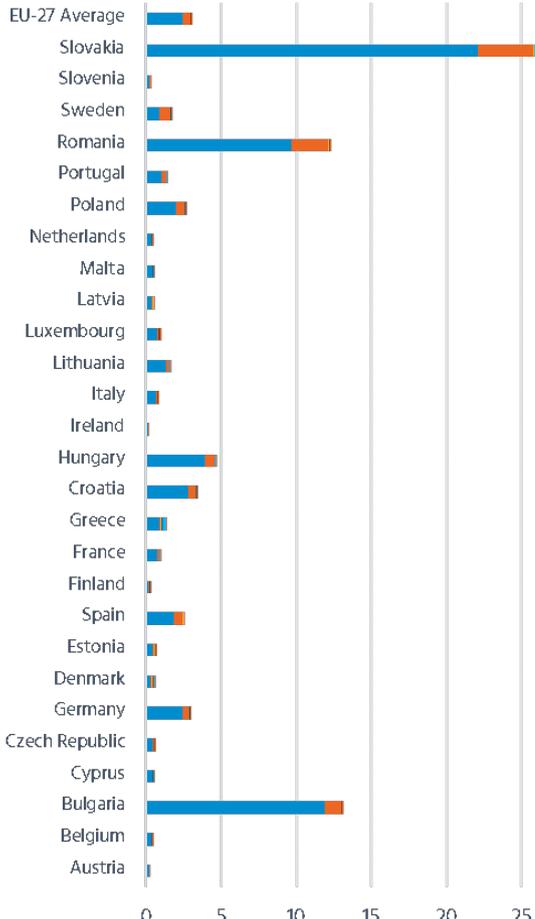
	Industrie cimentière			Industrie sidérurgique			Industrie chimique		
Coûts externes (unité : impact par euro produit)									
	UE27*	France	Allemagne	UE27*	France	Allemagne	UE27*	France	Allemagne
<b>Impact total</b>	<b>0,84</b>	<b>0,59</b>	<b>0,83</b>	<b>2,01</b>	<b>1,76</b>	<b>1,62</b>	<b>2,52</b>	<b>2,89</b>	<b>4,22</b>
Impact social	0,06	0,05	0,03	0,10	0,07	0,07	0,22	0,21	0,12
Impact environnemental	0,79	0,54	0,80	1,91	1,69	1,56	2,30	2,69	4,10
<b>Impact direct (hors impact en amont)</b>	<b>0,45</b>	<b>0,28</b>	<b>0,49</b>	<b>0,91</b>	<b>1,19</b>	<b>0,72</b>	<b>1,25</b>	<b>1,81</b>	<b>3,35</b>
Impact social	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02	0,01
Impact environnemental	0,43	0,27	0,49	0,88	1,18	0,71	1,22	1,79	3,33
Coûts externes (unité : impact total en milliards d'euros, 2019)									
	UE27*	France	Allemagne	UE27*	France	Allemagne	UE27*	France	Allemagne
<b>Impact total</b>	<b>83,95</b>	<b>8,71</b>	<b>15,62</b>	<b>202,25</b>	<b>21,58</b>	<b>49,97</b>	<b>169,46</b>	<b>27,55</b>	<b>26,65</b>
Impact social	5,49	0,75	0,53	10,28	0,88	2,06	23,93	4,84	2,77
Impact environnemental	78,46	7,96	15,09	191,97	20,71	47,91	145,53	22,71	23,89
<b>Impact direct (hors impact en amont)</b>	<b>52,28</b>	<b>0,57</b>	<b>2,51</b>	<b>154,45</b>	<b>2,71</b>	<b>67,87</b>	<b>40,57</b>	<b>0,29</b>	<b>7,95</b>
Impact social	3,34	0,02	0,11	5,24	0,04	0,90	9,93	0,04	0,60
Impact environnemental	48,94	0,55	2,40	149,20	2,67	66,97	30,64	0,25	7,35

\* Moyenne pondérée par pays

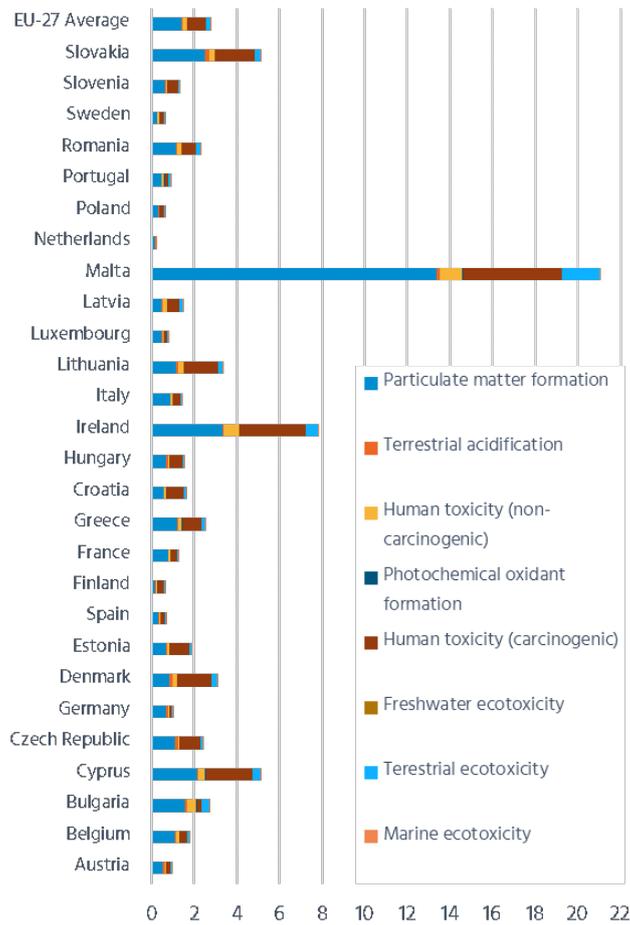
# 6.2 RÉPARTITION DES INDICATEURS DE POLLUTION DE L'AIR PAR INDUSTRIE EN 2019



**Cement industry (impact per euro product)**



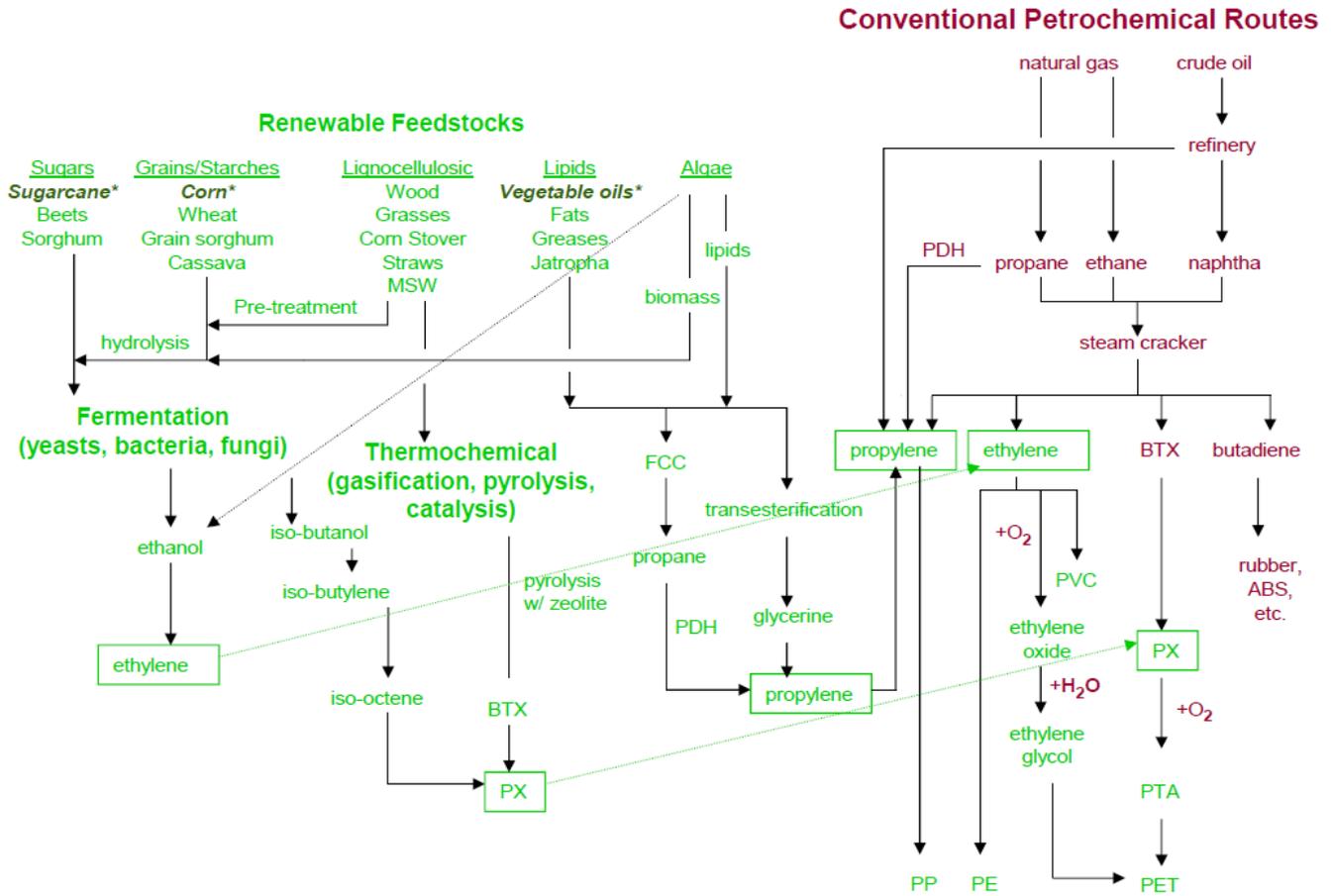
**Chemical industry (impact per euro product)**



**Steel industry (impact per euro product)**

# 6.3 MATIÈRES PREMIÈRES ALTERNATIVES POUR L'INDUSTRIE CHIMIQUE

Aperçu des diverses matières premières et de leurs modes de production et applications respectifs (Gizel, 2017).



Overview of various feedstocks, respective production process and applications

## 7. BIBLIOGRAPHIE

Amghizar, I., Dedeyne, J., Brown, D. & Marin, G.B. (2020). « Sustainable innovations in steam cracking: CO<sub>2</sub> neutral olefin production ». Reaction Chemistry & Engineering, 5(5): pp. 1-49.

Basham, K.D., Clark, M., France, T. & Harrison, P. (2007). « What is fly ash? ». Concrete Construction. Disponible sur [https://www.concreteconstruction.net/how-to/materials/what-is-fly-ash\\_o](https://www.concreteconstruction.net/how-to/materials/what-is-fly-ash_o)

CE Delft (2021). Additional profits of sectors and firms from the EU ETS (2008-2019). Disponible sur [https://carbonmarketwatch.org/wp-content/uploads/2021/06/CE\\_Delft\\_Additional\\_Profits\\_ETS.pdf](https://carbonmarketwatch.org/wp-content/uploads/2021/06/CE_Delft_Additional_Profits_ETS.pdf)

CEFIC (2020-a). « Landscape of the European Chemical Industry 2020 ». Disponible sur <https://www.chemlandscape.cefic.org/country/eu/>

CEFIC (2020-b). « Our contribution to EU industry ». Disponible sur <https://cefic.org/a-pillar-of-the-european-economy/facts-and-figures-of-the-european-chemical-industry/our-contribution-to-eu-industry/#h-the-chemicals-sector-contributes-12-of-eu27-uk-manufacturing-employment>

CEMBUREAU (s.d.). « Key Facts & Figures ». Disponible sur <https://cembureau.eu/about-our-industry/key-facts-figures/>

Davidovits, J. (2013). « Geopolymer cement: A review ». Disponible sur <https://www.geopolymer.org/wp-content/uploads/GPCement2013.pdf>

DENA (2019). « Feedstocks for the chemical industry ». Disponible sur [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/Feedstocks\\_for\\_the\\_chemical\\_industry.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2019/Feedstocks_for_the_chemical_industry.pdf)

Energy Transitions Commission (2018). « Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors ». Disponible sur <https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2020/08/ETC>

EUROFER (2020). « European Steel in Figures ». Disponible sur <https://www.eurofer.eu/assets/Uploads/European-Steel-in-Figures-2020.pdf>

Commission européenne (2018). « Competitiveness of the European Cement and Lime Sectors », Rapport final. Disponible sur [http://publications.europa.eu/resource/cellar/07d18924-07ce-11e8-b8f5-01aa75e-d71a1.0001.01/DOC\\_1](http://publications.europa.eu/resource/cellar/07d18924-07ce-11e8-b8f5-01aa75e-d71a1.0001.01/DOC_1)

Commission européenne (s.d.-a) « Cement and lime ». Disponible sur [https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/non-metals/cement-lime\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/non-metals/cement-lime_en)

Commission européenne (s.d.-b) « Automotive industry » Disponible sur [https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive_en)

Commission européenne (s.d.-c). « Cadre d'action en matière de climat et d'énergie d'ici à 2030 ». Disponible sur [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework\\_fr](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_fr)

Commission européenne (s.d.-d). « Cement and Lime ». Disponible sur [https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/non-metals/cement-lime\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/industries/non-metals/cement-lime_en)

Agence européenne de l'environnement (2019). « Cement production ». Disponible sur [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiKylS6l5LvAhXCwKQKHc-ceCZsQFjABegQIARAD&url=https%3A%2F%2Fwww.eea.europa.eu%2Fds\\_resolveuid%2F8GQ4l0BVOF&usg=AOvVaw35wTioGvRBE-elPL\\_\\_QCij](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiKylS6l5LvAhXCwKQKHc-ceCZsQFjABegQIARAD&url=https%3A%2F%2Fwww.eea.europa.eu%2Fds_resolveuid%2F8GQ4l0BVOF&usg=AOvVaw35wTioGvRBE-elPL__QCij)

Parlement européen (2020). « Énergies renouvelables ». Disponible sur <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/fr/sheet/70/renewable-energy>

Eurostat (2021). « Emploi par profession et activité économique ». Enquête sur les forces de travail (EFT-UE). Disponible sur <https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/lfs/data/database>

Eurostat (2020). « Labour market statistics - professional status ». Disponible sur [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Labour\\_market\\_statistics\\_-\\_professional\\_status](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Labour_market_statistics_-_professional_status)

Eurostat (2019). « EU population up to over 513 million on 1 January 2019 ». Disponible sur <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/9967985/3-10072019-BP-EN.pdf/e152399b-cb9e-4a42-a155-c5de-6dfe25d1>

Fauzi, A., Nuruddin, M.F., Abdullah, M.M.A.B. & Malkawi, A. (2017). « Effect of alkaline solution to fly ash ratio on geopolymer mortar properties ». Key Engineering Materials, 733: pp. 85-88.

Gevaudan, J.P., Osio-Norgaard, J. & Srubar III, .(2019) W.V. « Alternative cements: Recent development and future directions ». AEI 2019.

Gijzel, R.A. (2017). « Energy analysis and plant design for ethylene production from naphtha and natural gas » (mémoire de master). Disponible sur [https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/118582087/Rhea\\_van\\_Gijzel.pdf](https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/118582087/Rhea_van_Gijzel.pdf)

Huijbregts, M. A., Steinmann, Z. J., Elshout, P. M., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., ... & van Zelm, R. (2017). « ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level ». The International Journal of Life Cycle Assessment, 22(2), 138-147.

HYBRIT (s.d.). « Fossil-free steel – A mutual opportunity ». Disponible sur <https://www.hybritdevelopment.se/en/>

Hydrogen Europe (2021). « Hydrogen Basics ». Disponible sur <https://hydrogeneurope.eu/index.php/hydrogen-basics-0>

Küttner (s.d.). « Agglomeration ». Disponible sur <https://www.kuettner.com/en/iron-and-steel/agglomeration>

McLellan, B.C., Williams, R.P., Lay, J., van Riessen, A. & Corder, G.D. (2011). « Costs and carbon emissions for geopolymer pastes in comparison to ordinary Portland cement ». Journal of Cleaner Production, 19(9-10): pp. 1080-1090.

OCDE (2018). Le devoir de diligence pour une conduite responsable des entreprises. Disponible sur <https://www.oecd.org/fr/gouvernementdentreprise/mne/duo-diligence-guidance-for-responsible-business-conduct.htm>

PlasticPortal.eu (2019). « Weekly commodity price report ». Disponible sur <https://www.plasticportal.eu/en/cenove-reporty?year=2019&week=30>

Plastics Europe (2020). « Plastics – the Facts 2020 ». Disponible sur <https://plasticseurope.org/fr/centre-de-ressources/>

Singer, M. & Donoso, P. (2008). « Upstream or downstream in the value chain? ». Journal of Business Research, 61(6): pp. 669-677.

Statista (2021). « Cement prices in the United States from 2007 to 2020 ». Disponible sur <https://www.statista.com/statistics/219339/us-prices-of-cement/>

True Price (2020). « Monetisation Factors for True Pricing ». Disponible sur <https://trueprice.org/monetisation-factors-for-true-pricing/>

World Nuclear Association (2021). « Nuclear power in France ». Disponible sur <https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>

World Steel Prices (2020). « European steel prices ». Disponible sur <https://worldsteelprices.com/european-steel-prices/>

World Steel (2021). « Steel in automotive ». Disponible sur <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/steel-markets/automotive.html>

Zulaiha Razi, P., Khalid, N.H.A. & Razak, H.A. (2016). « Sustainability, eco-point and engineering performance of different workability OPC fly-ash mortar mixes ». Materials, 9(341): pp. 1-28.









**LESVERTS/ALE**  
au Parlement européen

60 rue Wiertz/Wiertzstraat 60  
1047 Brussels, Belgium  
[www.greens-efa.eu](http://www.greens-efa.eu)  
[contactgreens@ep.europa.eu](mailto:contactgreens@ep.europa.eu)