



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



DÉCARBONATION  
DE L'INDUSTRIE

# FEUILLE DE ROUTE DE LA FILIÈRE CHIMIE

NOVEMBRE 2023



## Feuille de route de décarbonation de la Chimie en France – Novembre 2023

### Sommaire

1 -	Introduction .....	4
2 -	Profil du secteur de la Chimie en France .....	5
A)	Un secteur majeur de l'économie et de la transition énergétique .....	5
B)	Inventaire des émissions de gaz à effet de serre de scope 1.....	5
C)	Inventaire des émissions de gaz à effet de serre de scope 2.....	7
D)	Une industrie pionnière dans la transition énergétique.....	8
3 -	Trajectoire de réduction des émissions issue des travaux du CSF Chimie & matériaux.....	9
A)	Leviers de décarbonation mobilisés .....	9
B)	Scénario par levier de décarbonation.....	11
C)	Convergence avec le plan de sobriété énergétique national .....	12
D)	Différences méthodologiques dans la comptabilisation des émissions .....	13
4 -	Nouvelles trajectoires de décarbonation.....	14
A)	Évolution de la production de la filière.....	14
B)	Scénarios de décarbonation à l'horizon 2030.....	16
C)	Scénarios de décarbonation à l'horizon 2050.....	20
D)	Besoins correspondants.....	22
5 -	Recommandations de politiques publiques.....	23
6 -	Projets emblématiques .....	25
A)	Projets retenus dans le cadre de France Relance .....	25
B)	Guichet ASP.....	25
C)	ZIBAC.....	25
D)	Diag'Ecoflux.....	25
7 -	Annexes.....	27
A)	Décomposition de la trajectoire centrale à 2030 et 2050 .....	27
B)	Décomposition de la trajectoire ambitieuse à 2030 et 2050 .....	28
C)	Détail de la trajectoire de décarbonation de la Chimie en France .....	29

**Les scénarios de décarbonation de la Chimie en France correspondent à une réduction de 39 % à 49 % en 2030 par rapport à 2015, soit :**

- -7,9 Mt<sub>éq.CO2</sub>/an d'émissions de gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 2015, soit une réduction de 39 %, dans le scénario issu des travaux du CSF Chimie & matériaux sur la décarbonation de la filière ;
- -8,3 Mt<sub>éq.CO2</sub>/an et -15,4 Mt<sub>éq.CO2</sub>/an d'émissions de gaz à effet de serre en 2030 et en 2050 respectivement par rapport à 2015, soit des réductions de 41 % et 76 %, dans le scénario central ;
- -9,9 Mt<sub>éq.CO2</sub>/an et -17,2 Mt<sub>éq.CO2</sub>/an d'émissions de gaz à effet de serre en 2030 et en 2050 respectivement par rapport à 2015, soit des réductions de 49 % et 84 %, dans le scénario le plus ambitieux.

**Cette réduction des émissions de gaz à effet de serre sera rendue possible par :**

- L'efficacité énergétique et l'électrification des procédés industriels ;
- L'utilisation de chaleur bas-carbone issue de la biomasse ou des déchets ;
- La réduction des émissions résiduelles de protoxyde d'azote ;
- La substitution des gaz frigorigènes à fort pouvoir de réchauffement ;
- La production et l'utilisation d'hydrogène bas-carbone produit par électrolyse de l'eau ;
- La capture et stockage de CO<sub>2</sub> ;
- L'utilisation de biométhane, éventuellement auto-produit.

L'économie circulaire et la chimie biosourcée auront un effet sur l'empreinte carbone de la France, toutefois elles ne se traduiront pas nécessairement par une réduction des émissions de gaz à effet de serre sur le périmètre de la Chimie. Elles entraîneront certes une substitution du carbone fossile par du carbone biogénique ou recyclé dans les matériaux, mais pas forcément de baisse d'émissions dans l'énergie utilisée, d'autant que ces nouvelles activités engendreront des consommations d'énergie supplémentaires. En revanche, l'économie circulaire et la chimie biosourcée auront des répercussions positives sur les émissions d'autres secteurs de l'économie.

**Le montant des investissements estimés pour la décarbonation de la filière se situe entre 4 et 6 Mds€ à l'horizon 2030 et entre 14 et 19 Mds€ à l'horizon 2050.** Ces montants devront être réévalués à la lumière des études de faisabilité technique engagées (notamment via les projets Zibac).

**La réalisation de cette feuille de route dépend principalement des conditions suivantes :**

- 1- La disponibilité d'énergies bas-carbone en quantités suffisantes et à un prix compétitif :
  - entre 7 et 8 TWh/an de biomasse et de déchets non-recyclables supplémentaires seront nécessaires à l'horizon 2030, par rapport à 2015 (+12 à +13 TWh/an en 2050, par rapport à 2015) ;
  - entre 7 à 12 TWh/an d'électricité bas-carbone supplémentaire à l'horizon 2030, par rapport à 2015 (+19 à +27 TWh/an en 2050, par rapport à 2015), à un prix net rendu site en ligne avec la concurrence internationale.
- 2- Un cadre de concurrence équitable entre l'industrie française et ses concurrents européens et extra-européens, incluant un mécanisme d'ajustement carbone aux frontières de l'Union européenne qui soit efficace, même si ce dernier ne suffira malheureusement pas à rétablir le level-playing field entre l'Europe et les autres grandes économies.
- 3- Un soutien public à la décarbonation de l'industrie pour accélérer les investissements supplémentaires (soutiens au CAPEX) et compenser les éventuels surcoûts de fonctionnement des technologies bas-carbone par rapport aux technologies traditionnelles (Carbon Contracts for Difference).
- 4- Des compétences adaptées pour engager cette transformation des activités (ex : projet DecarboChim lauréat de France 2030).

Synthèse des baisses d'émissions de gaz à effet de serre anticipées dans chaque scénario, ainsi que des investissements et les besoins en énergie bas-carbone nécessaire.

	Trajectoire issue des travaux précédents	Trajectoire centrale	Trajectoire ambitieuse
<b>Emissions Chimie 2015 (Mt<sub>éq.CO2</sub>)</b>	20,4		
<b>Trajectoire à l'horizon 2030</b>			
<b>Emissions Chimie 2030 (Mt<sub>éq.CO2</sub>)</b>	12,5	12,1	10,5
<b>Variation relative d'émissions de gaz à effet de serre</b>	<b>-39%</b>	<b>-41%</b>	<b>-49%</b>
<b>Variation absolue d'émissions de gaz à effet de serre (Mt<sub>éq.CO2</sub>)</b>	-7,9	-8,3	-9,9
<b>CAPEX (Mds€)</b>	4	4	6
<b>Consommation de déchets et de biomasse supplémentaire (TWh)</b>	7	7	8
<b>Consommation d'électricité supplémentaire (TWh)</b>	7	9	12
<b>Trajectoire à l'horizon 2050</b>			
<b>Emissions Chimie 2050 (Mt<sub>éq.CO2</sub>)</b>	/	4,9	3,2
<b>Variation d'émissions de gaz à effet de serre</b>	/	<b>-76%</b>	<b>-84%</b>
<b>Variation absolue d'émissions de gaz à effet de serre (Mt<sub>éq.CO2</sub>)</b>	/	-15,4	-17,2
<b>CAPEX (Mds€)</b>	/	14	19
<b>Consommation de déchets et de biomasse supplémentaire (TWh)</b>	/	13	12
<b>Consommation d'électricité supplémentaire (TWh)</b>	/	19	27

## 1 - Introduction

Du fait des procédés de transformation de la matière qu'elles mettent en œuvre, les entreprises de la Chimie consomment d'importantes quantités d'énergie, sous forme d'électricité, de gaz ou d'autres produits énergétiques. Une grande part de cette énergie provient encore de ressources d'origine fossile, ce qui engendre des émissions de CO<sub>2</sub>. Par ailleurs, certaines réactions chimiques produisent aussi des émissions de gaz à effet de serre, notamment du CO<sub>2</sub> et du protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O). D'après les données du CITEPA, le secteur représentait ainsi près de 5 % des émissions de gaz à effet de serre nationales en 2021, soit 18,7 Mt<sub>éq.CO2</sub>.

Depuis 1990, la Chimie en France a réduit ses émissions de 65 %, grâce à une forte amélioration de l'efficacité énergétique, d'un abattement des émissions de protoxyde d'azote et, dans une moindre mesure, d'une substitution des énergies les plus carbonées par du gaz et des énergies renouvelables ou de récupération. Les entreprises de la Chimie ont ainsi contribué à 30 % de la réduction des émissions de gaz à effet de serre constatée au niveau national.

Au travers de sa feuille de route de décarbonation publiée le 7 mai 2021, la Chimie Matériaux a estimé, en première approche, que ses émissions de gaz à effet de serre pourraient être réduites de 26 % en 2030 par rapport à 2015, en mobilisant des technologies matures. Cette transition s'appuierait sur l'utilisation de combustibles bas-carbone pour la production de la chaleur nécessaire aux procédés, l'efficacité énergétique, l'abattement des émissions résiduelles de protoxyde d'azote et la substitution des gaz réfrigérants à fort pouvoir de réchauffement global.

De nombreux projets de décarbonation sont d'ailleurs en cours de déploiement aujourd'hui, en particulier grâce aux politiques publiques lancées au travers de France Relance. Entre 2020 et 2022, les soutiens proposés dans les appels à projets visant la décarbonation de l'industrie ont permis à la Chimie d'activer les leviers de décarbonation matures au travers de 27 projets d'envergure, qui aboutiront à une réduction d'émissions de gaz à effet de serre de plus de -600 000 t<sub>éq.CO2</sub>/an. En complément, 47 autres projets de décarbonation de taille plus modeste sont en cours de mise en œuvre dans les PME. Le plan d'investissement France 2030 doit poursuivre cet accompagnement tout en étendant le soutien public aux grands projets de décarbonation dans les sites industriels les plus difficiles à décarboner.

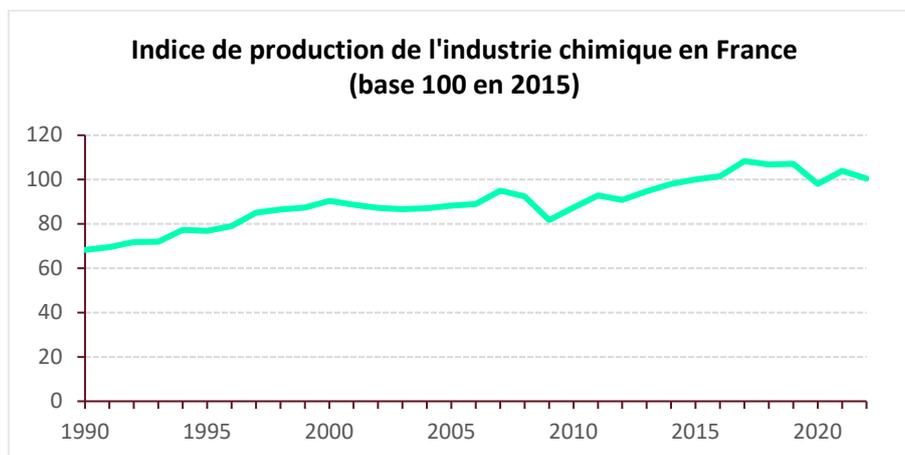
Dans le cadre du Contrat Stratégique de Filière Chimie & Matériaux, amendé en octobre 2021, les fédérations de la Chimie, du Papier/carton et de l'Ingénierie en France ont étudié le potentiel de décarbonation que représentaient les technologies de rupture telles que l'électrification des procédés, la capture et stockage de CO<sub>2</sub> et l'hydrogène bas-carbone produit par électrolyse de l'eau. Ce travail a permis de rehausser le potentiel de baisse des émissions de gaz à effet de serre dans la Chimie à 36 % à l'horizon 2030 par rapport à 2015.

Enfin, au cours des 6 derniers mois, les sites de la Chimie qui font partie des 50 sites industriels les plus émetteurs de gaz à effet de serre ont construit des feuilles de route de décarbonation individuelle. L'objectif était d'identifier les leviers de décarbonation à déployer, les financements à mobiliser et les infrastructures à mettre en place pour assurer la transition énergétique de leurs procédés particulièrement difficiles à décarboner. Sur la base de ces trajectoires de décarbonation, qui couvrent 60 % des émissions de gaz à effet de serre de la Chimie en France, et avec une analyse plus fine des projets de décarbonation des autres sites couverts par le marché du carbone européen, France Chimie a établi les nouveaux scénarios de décarbonation présentés dans cette note.

## 2 - Profil du secteur de la Chimie en France

### A) Un secteur majeur de l'économie et de la transition énergétique

Avec près de 4 000 entreprises, 129 milliards d'euros de chiffres d'affaires et 225 000 salariés, l'industrie de la Chimie est le premier secteur manufacturier exportateur de France. Il participe à la croissance économique française avec, depuis 1990, une progression de sa valeur ajoutée de +2,1 %/an, contre +0,6 %/an pour l'ensemble industrie manufacturière.

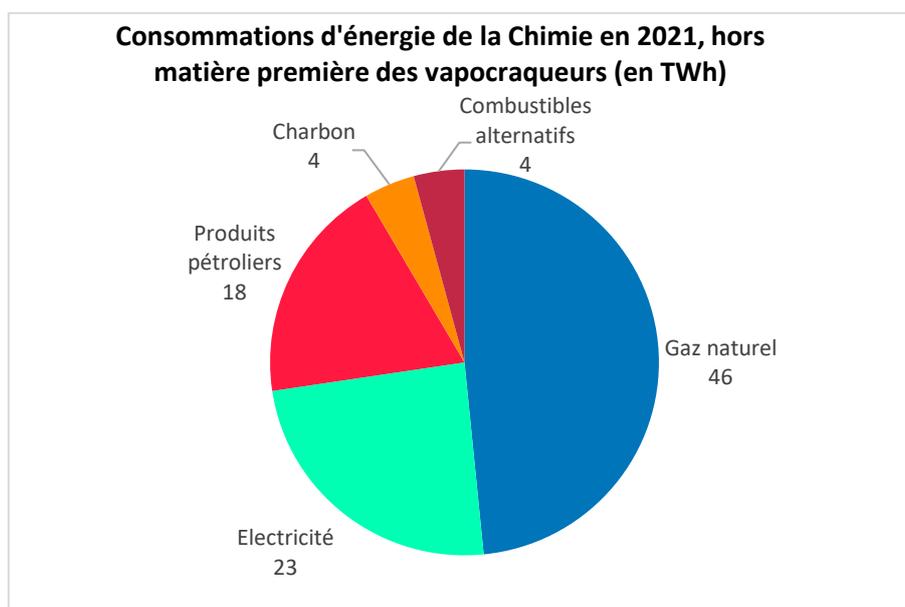


Source : INSEE

La Chimie est un acteur-clé de la transition énergétique. Ses produits et ses innovations apportent des solutions pour les énergies nouvelles, le stockage d'énergie, la mobilité durable, l'habitat économe en énergie ou encore l'économie circulaire. Elle est ainsi un acteur incontournable dans le développement des batteries, de l'hydrogène bas-carbone, des matériaux légers et innovants, des isolants thermiques, de la chimie du végétal, etc.

### B) Inventaire des émissions de gaz à effet de serre de scope 1

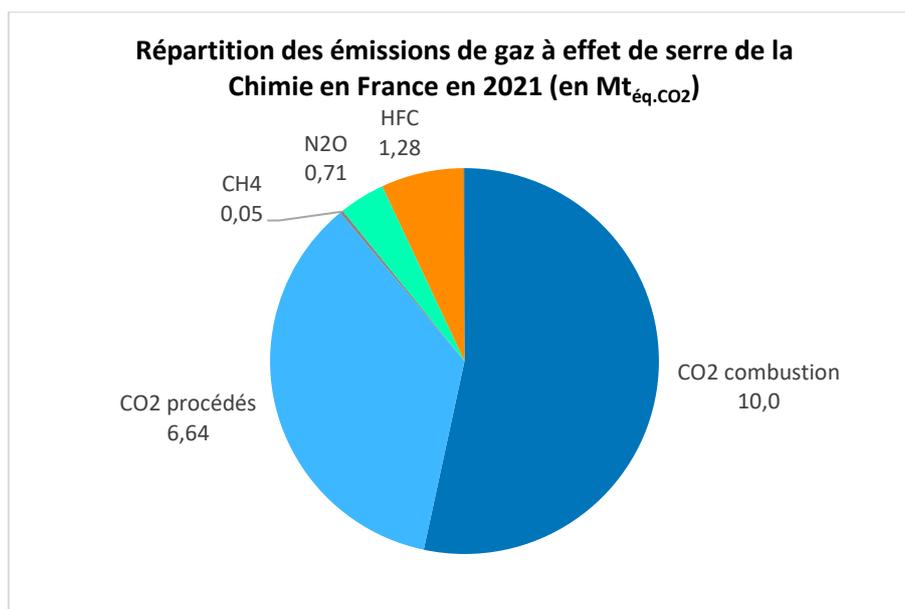
Du fait des procédés qu'elle met en œuvre, la Chimie est, de manière inhérente, un secteur grand consommateur de produits énergétiques, à la fois comme sources d'énergie et comme matières premières. Elle consomme ainsi environ 33 % du gaz (près de 50 TWh/an) et 20 % de l'électricité (près de 23 TWh/an) utilisés dans l'industrie en France.



Source : France Chimie

L'approvisionnement en énergie représente donc un facteur de compétitivité de premier ordre pour les sites chimiques, et les émissions de gaz à effet de serre, engendrées par l'utilisation de ces produits énergétiques, constituent un enjeu majeur.

Selon le CITEPA, les émissions de la Chimie s'élevaient, en 2021, à 18,7 Mt<sub>éq.CO<sub>2</sub></sub><sup>1</sup>. Il s'agit principalement d'émissions de CO<sub>2</sub>, comme en témoigne le graphe ci-dessous. 60 % de ces émissions de CO<sub>2</sub> sont dues à la combustion de produits énergétiques fossiles pour la production de chaleur nécessaire aux procédés industriels. Le reste des émissions de CO<sub>2</sub> est engendré par les réactions chimiques autres que la combustion sur les installations chimiques.



Source : CITEPA

Plus de 80 % des émissions de gaz à effet de serre de la Chimie sont issues d'installations couvertes par le système communautaire d'échange de quotas d'émission de gaz à effet de serre (SCEQE ou EU ETS pour Emission Trading System), soit un peu plus de 100 sites.

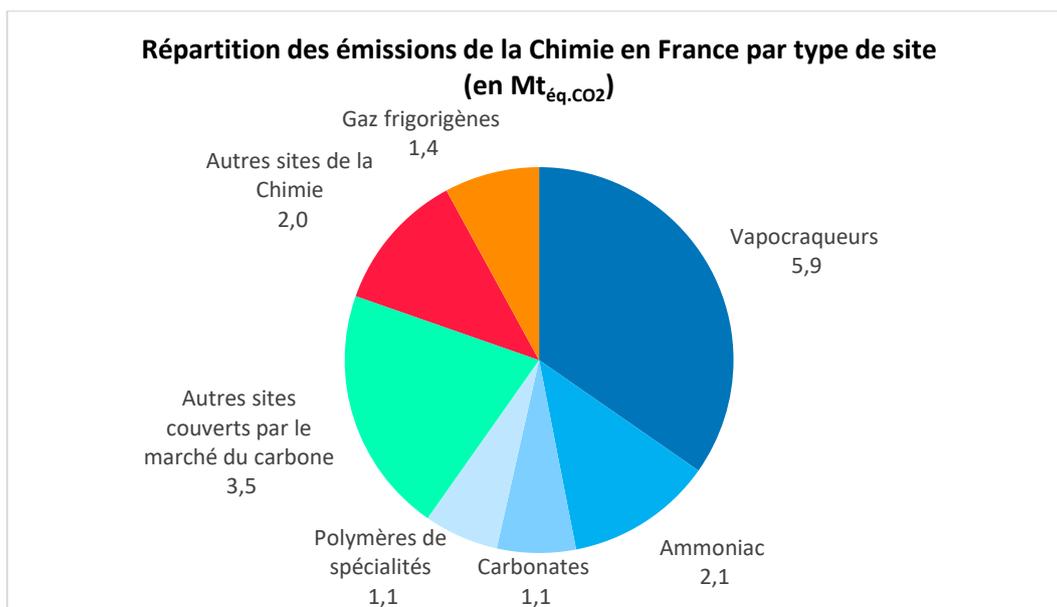
Les 16 sites les plus émetteurs concentrent 60 % des émissions de gaz à effet de serre de la Chimie en France :

- 6 vapocraqueurs : 35 % des émissions ;
- 4 sites producteurs d'ammoniac : 12 % des émissions ;
- 2 soudières productrices de carbonates : 7 % des émissions ;
- 4 grands sites producteurs de polymères de spécialité : 6 % des émissions.

100 autres sites de la Chimie sont couverts par le marché du carbone et représentent 21 % des émissions de gaz à effet de serre. Le reste des émissions de gaz à effet de serre est réparti entre les autres sites de la Chimie et l'utilisation de gaz frigorigènes.

Il existe donc une forte concentration des émissions de gaz à effet de serre sur un nombre réduit de sites chimiques. Schématiquement, on peut répartir les émissions de la Chimie par typologie de sites de la façon suivante :

<sup>1</sup> NOTA : en 2021, le CITEPA a modifié sa méthodologie de comptabilisation des émissions, et revu entièrement les séries de données de 1990 à 2020. Les nouveaux chiffres devant encore être affinés, nous conservons les évaluations de 2020. Les objectifs de la Stratégie Nationale Bas-Carbone n'ont pas été ajustés non plus aux nouveaux chiffres du CITEPA.



*Source : France Chimie à partir de données CITEPA et EU Transaction Log*

### C) Inventaire des émissions de gaz à effet de serre de scope 2

Les émissions indirectes de la filière Chimie & Matériaux, dites de scope 2, correspondent aux achats/ventes de chaleur ou d'électricité par les sites de la Chimie.

#### Consommation et production d'électricité

La Chimie consomme environ 23 TWh/an d'électricité. Multiplié par le facteur d'émission moyen de la production d'électricité en France d'environ 0,0474 t<sub>CO2</sub>/MWh<sup>2</sup>, cela implique des émissions scope 2 d'environ **1,4 Mt<sub>CO2</sub>/an**.

La Chimie est également productrice d'électricité par cogénération, au gaz ou à la biomasse, qui est revendue sur le réseau. Ces émissions de gaz à effet de serre associées sont comptabilisées dans le scope 1 de la Chimie en France. Les quantités d'électricité vendues par ces cogénérations sont très variables, mais on peut les estimer à environ 3 TWh/an environ, lorsque les conditions économiques sont favorables, sur la base d'une puissance de 800 MW et d'une durée de fonctionnement couvrant la moitié de l'année. En prenant en compte le facteur de 0,352 t<sub>éq.CO2</sub>/MWh utilisé par RTE, cela implique des émissions scope 2 de **-1,2 Mt<sub>éq.CO2</sub>/an**.

#### Achats et ventes de vapeur

La plupart des achats et ventes de vapeur sont essentiellement réalisés entre les sites de la filière Chimie & matériaux, de sorte que les émissions scope 2 de l'acheteur correspondent aux émissions scope 1 du vendeur. Elles sont donc déjà prises en compte dans les émissions scopes 1 et 2 de la filière.

Les émissions liées aux achats de vapeur auprès des incinérateurs de déchets et des installations de combustion de CSR doivent être comptabilisées dans le scope 2 de la filière Chimie & matériaux, mais elles sont très difficiles à estimer. D'une part, parce que les quantités de chaleur achetées sont très mal connues. D'autre part, parce que le facteur d'émission de cette chaleur dépend de nombreux facteurs, dont les émissions de l'installation et la répartition de ces émissions entre l'activité de traitement de déchet et l'activité de vente de vapeur.

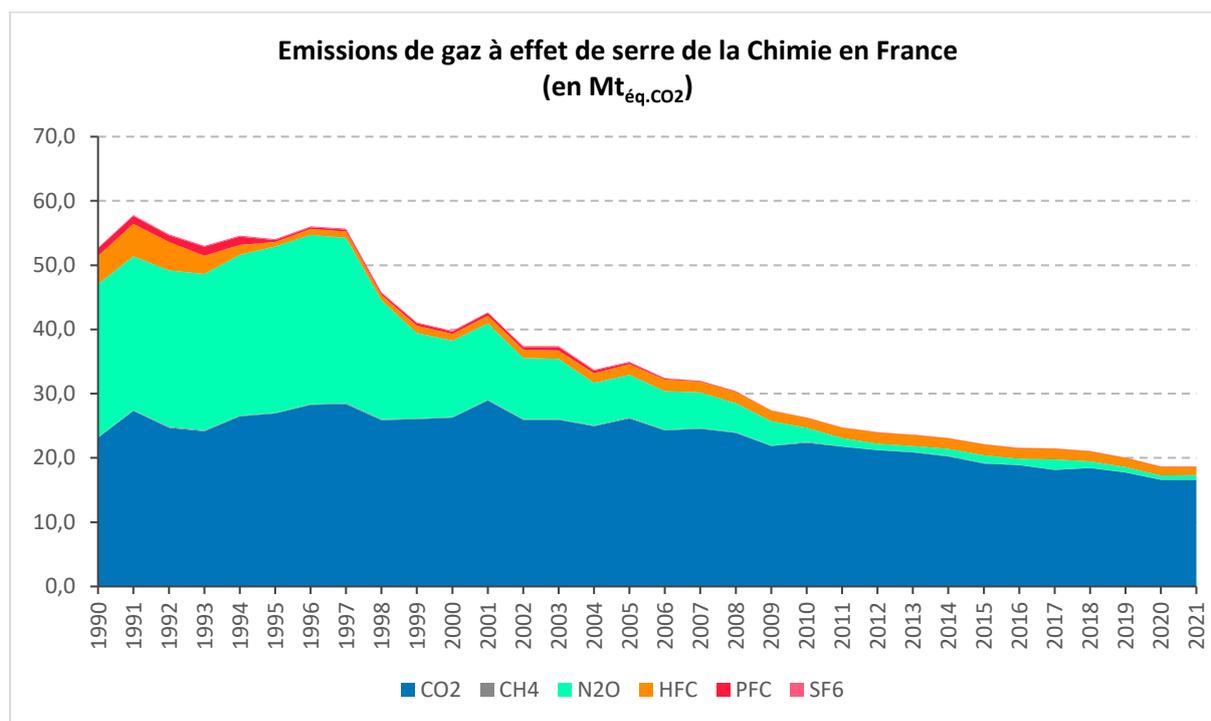
Il faudrait par ailleurs retrancher du scope 2 les émissions correspondant aux ventes de vapeur des sites et plateformes chimiques à des réseaux de chaleur urbains ou à d'autres industriels. Comme pour

<sup>2</sup> Valeur de la base carbone de l'ADEME pour 2021.

les achats de vapeur auprès d'incinérateurs et d'installation de combustion de CSR, il est très difficile de connaître les émissions liées à ces ventes de vapeur, étant donné que les quantités de chaleur vendues et les facteurs d'émission ne sont pas publics.

#### D) Une industrie pionnière dans la transition énergétique

L'industrie de la chimie en France a réduit ses émissions de gaz à effet de serre (scope 1) de 65 %, entre 1990 et 2021, notamment grâce à une amélioration substantielle de l'efficacité énergétique de sa production d'énergie et de ses procédés, et à une diminution drastique des émissions de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O), liées à la production d'acides adipique et nitrique.



Les émissions de gaz à effet de serre de la Chimie ont ainsi été divisées par près de 3 en 30 ans. Les émissions de N<sub>2</sub>O ont été abattues à 97 % et les émissions de CO<sub>2</sub> ont été réduites de près de 30 %.

	1990	2015	2021
CO <sub>2</sub>	23,2	19,1	16,6
CH <sub>4</sub>	0,1	0,1	0,1
N <sub>2</sub> O	23,8	1,2	0,7
HFC	4,4	1,7	1,3
PFC	1,2	0,0	0,0
SF <sub>6</sub>	0,1	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>52,7</b>	<b>22,1</b>	<b>18,7</b>

Source : France Chimie à partir de données CITEPA et EU Transaction Log

### 3 - Trajectoire de réduction des émissions issue des travaux du CSF Chimie & matériaux

#### A) Leviers de décarbonation mobilisés

Pour réduire leurs émissions de gaz à effet de serre, les entreprises de la Chimie vont mobiliser de nombreux leviers, dont :

##### **L'efficacité énergétique**

Dans une industrie très intensive en énergie comme celle de la Chimie, l'efficacité énergétique est un enjeu de compétitivité de premier ordre. Les économies d'énergies s'imposent depuis longtemps comme l'une des priorités des entreprises de la Chimie et l'un des piliers de leur transition énergétique. Ces 15 dernières années, le secteur a ainsi réduit son intensité énergétique d'environ 1,5%/an. La Chimie s'inscrit ainsi dans la même dynamique que l'ensemble de l'industrie en France, qui a diminué de 40 % son intensité énergétique depuis 1990.

Le potentiel d'économies d'énergie a donc déjà été largement exploité. La plupart des usines mettent déjà en œuvre les meilleures techniques disponibles, notamment les sites grands consommateurs d'énergie. Il existe toutefois quelques gisements d'économies d'énergie qui seront exploités d'ici la fin de la décennie, notamment en matière de valorisation de la chaleur fatale industrielle. L'efficacité énergétique continuera donc de jouer un rôle dans la décarbonation de la Chimie en France.

##### **L'électrification des procédés**

L'électrification des procédés et des utilités industrielles consiste à remplacer la production de chaleur ou d'énergie mécanique fondée sur la combustion d'énergies fossiles par l'utilisation d'équipements fonctionnant à l'électricité. Ce levier de décarbonation est particulièrement pertinent dans un pays comme la France, qui bénéficie d'un mix électrique fortement décarboné. Au gain environnemental associé à l'utilisation d'une énergie moins émettrice de gaz à effet de serre s'ajoute souvent une meilleure efficacité énergétique des technologies mises en œuvre.

Plusieurs technologies fonctionnant à l'électricité peuvent, lorsque les conditions techniques l'autorisent, se substituer la combustion d'énergies fossiles :

- Les pompes à chaleur : celles-ci captent l'énergie d'un fluide caloporteur ou d'un milieu industriel pour en transférer l'énergie vers un autre fluide caloporteur ou milieu industriel tout relevant la température.
- La recompression mécanique de vapeur : cette technologie récupère la chaleur fatale contenue dans les vapeurs issues d'un procédé.
- Les chaudières électriques : la chaleur résistive correspondant à l'utilisation directe de l'énergie électrique pour chauffer un fluide avec une résistance électrique.

##### **La chaleur bas-carbone issue de la biomasse et des déchets non-recyclables**

Dans le cadre du Contrat Stratégique de Filière Chimie & Matériaux signé en 2018, une étude intitulée « pour une chaleur décarbonée et compétitive » a été lancée en 2018 par la Direction Générale des Entreprises, l'ADEME, France Chimie, COPACEL, l'USIPA et l'UNIDEN, en lien avec la DGEC.

Cette étude a confirmé l'existence d'un potentiel de décarbonation de la chaleur significatif pour les secteurs de la Chimie, du Papier/carton et de l'Amidon, dont la facture énergétique représente un levier de compétitivité majeur. Les déchets, notamment sous forme de combustibles solides de récupération (CSR), et la biomasse apparaissent comme les principales sources d'énergie bas-carbone qui se substitueraient aux combustibles fossiles. Ces énergies sont pertinentes pour des raisons de volumes disponibles et de coût.

Dans une moindre mesure, le biogaz autoproduit pourrait aussi contribuer à la décarbonation de la production de chaleur des sites industriels qui ont un accès privilégié à des déchets méthanisables. La

chaleur solaire pourrait être déployée sur certains sites, mais ne sera pas généralisable en raison de sa faible puissance, de sa variabilité et de sa consommation de foncier.

### **L'abattement des émissions de N<sub>2</sub>O**

Dans l'industrie de la Chimie, les émissions de N<sub>2</sub>O résultent de la production :

- D'acide nitrique (production d'engrais) ;
- D'acide adipique (polymères nylon) ;
- D'acide glyoxylique (principes actifs).

Le N<sub>2</sub>O possède un pouvoir de réchauffement climatique 298 fois plus élevé que le CO<sub>2</sub>. Des technologies existent et sont mises en œuvre depuis de nombreuses années pour abattre ces émissions : 95 % du N<sub>2</sub>O produit est désormais capté et détruit. La mise en place de nouvelles technologies et la fiabilisation des installations existantes permettront de parvenir à un taux de 99 % dans les prochaines années.

### **La substitution des gaz frigorigènes à fort pouvoir de réchauffement**

Les hydrofluorocarbures HFC sont des gaz fluorés utilisés dans les secteurs du froid et de la climatisation, mais aussi dans les mousses d'isolation, les aérosols et les équipements d'extinction d'incendie. Leur manipulation peut entraîner des fuites qui, bien que minimes en termes de tonnage, représentent des émissions de gaz à effet de serre importantes, étant donné le pouvoir de réchauffement global élevé de ces gaz (jusqu'à 14 800 fois le pouvoir de réchauffement du CO<sub>2</sub> à 100 ans). Des alternatives existent et vont progressivement remplacer les anciennes technologies dans les prochaines années.

### **L'hydrogène bas-carbone produit par électrolyse de l'eau**

La Chimie produit et consomme environ 300 000 tonnes d'hydrogène par an, dont environ 250 000 tonnes sont produites par vaporeformage de méthane. Ce procédé est privilégié du fait de sa compétitivité, mais il entraîne des émissions de CO<sub>2</sub> conséquentes : entre 8 et 10 tonnes de CO<sub>2</sub> par tonne d'hydrogène produite.

Ainsi, la production d'hydrogène par vaporeformage représentait, en 2019 et pour la filière Chimie & Matériaux, des émissions de CO<sub>2</sub> d'environ 2,5 Mt<sub>CO2</sub>/an. La décarbonation de cette production d'hydrogène constitue donc un axe important de la transition énergétique de la filière. L'électrolyse de l'eau est la voie privilégiée par la stratégie nationale sur l'hydrogène. Toutefois, dans certains cas, la capture et le stockage de CO<sub>2</sub> sera une voie de décarbonation plus rapide et plus compétitive.

### **La capture et stockage de CO<sub>2</sub>**

La capture et le stockage de CO<sub>2</sub> est une solution déjà mise en œuvre dans d'autres pays et relativement disponible, même si elle nécessite des infrastructures importantes et des investissements substantiels. Il s'agit parfois de la seule option de décarbonation à court terme pour certains sous-secteurs de la Chimie en France, les autres voies de décarbonation étant soit insuffisamment matures soit confrontées à un manque de disponibilité d'énergie et de matière première bas-carbone.

La Chimie en France représente un secteur pertinent pour le déploiement de la capture et stockage de CO<sub>2</sub> :

- Une concentration géographique des émissions sur un nombre limité de sites industriels ;
- Des procédés engendrant des émissions de CO<sub>2</sub> à forte concentration dans les effluents gazeux ;
- Des compétences, un savoir-faire et une capacité d'innovation pour la mise en œuvre de ce type de technologie.

### Emissions de CO<sub>2</sub> difficilement abattables

Certains procédés et certaines installations dans la Chimie en France peuvent difficilement se passer du gaz naturel comme combustible :

- Cogénérations ;
- Torches de sécurité, en particulier sur les vapocraqueurs ;
- Incinération de solvants ou de déchets dangereux sur les sites industriels ;
- Traitement thermique du protoxyde d'azote ou de composés organiques volatiles.

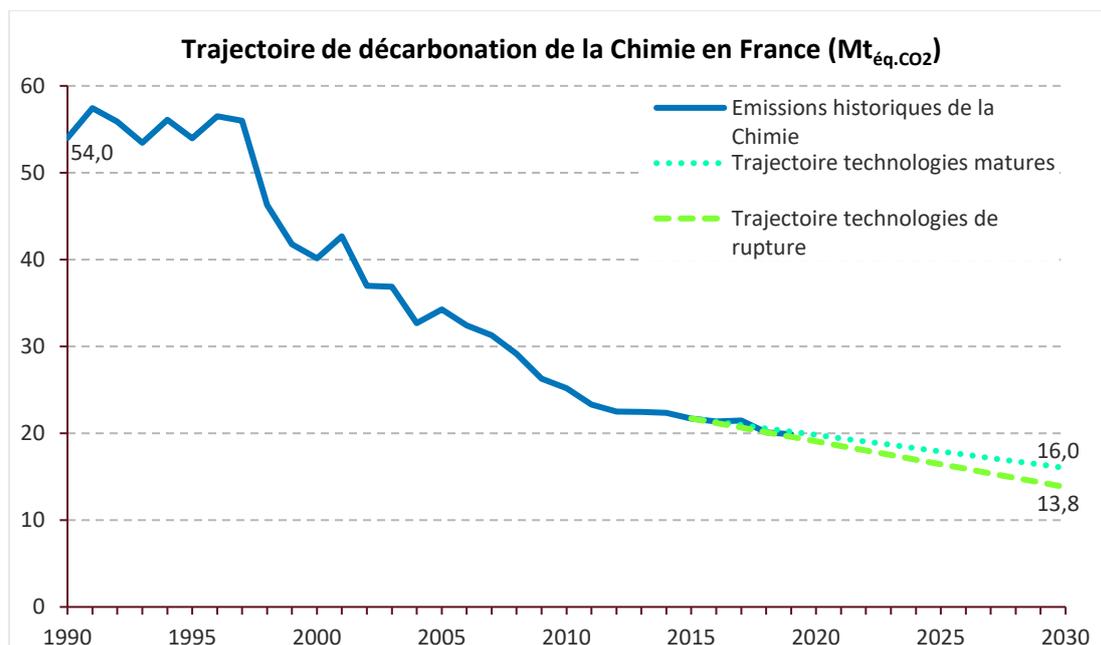
S'il est techniquement possible de substituer ce gaz naturel par du biométhane, les coûts et les volumes associés rendent cette solution difficilement accessible à court et moyen terme.

Par ailleurs, certaines sources de CO<sub>2</sub> sont aujourd'hui captées et utilisées, notamment pour la production d'urée, ou dans des secteurs comme l'agroalimentaire, la chaîne du froid et les principes actifs. Elles restent comptabilisées comme des émissions de la Chimie.

### B) Scénario par levier de décarbonation

En première approche, dans sa feuille de route de décarbonation publiée le 7 mai 2021, France Chimie avait estimé que les émissions de gaz à effet de serre du secteur de la Chimie pourraient être réduites de **26 % entre 2015 et 2030, soit -5,7 Mt<sub>éq.CO2</sub>**, en s'appuyant sur :

- La chaleur bas-carbone, principalement issue de la biomasse et des déchets non recyclables ;
- L'efficacité énergétique des utilités et des procédés ;
- L'abattement des émissions résiduelles de protoxyde d'azote ;
- La substitution des gaz frigorigènes à fort pouvoir de réchauffement.

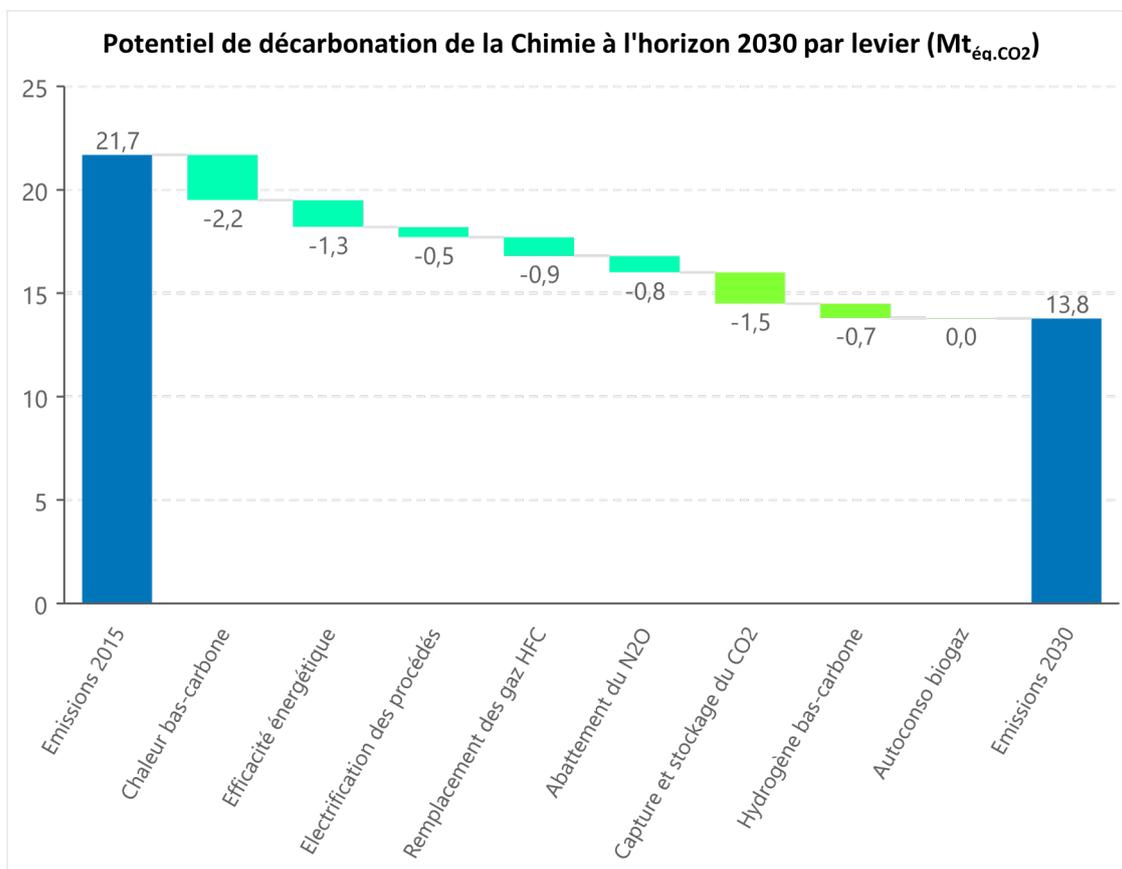


Dans le cadre d'un projet structurant du Contrat Stratégique de Filière Chimie & Matériaux amendé, France Chimie et COPACEL, en partenariat avec le Syntec Ingénierie ont étudié le potentiel de décarbonation que représentaient les technologies de rupture. Cette étude, finalisée en mai 2022, a conclu qu'il existait un potentiel d'accélération de sa transition énergétique et qu'il serait possible d'atteindre une réduction d'émissions de gaz à effet de serre de **36 % entre 2015 et 2030, soit -7,9 Mt<sub>éq.CO2</sub>/an**, en déployant les technologies de décarbonation suivantes :

- La capture et stockage de CO<sub>2</sub> ;
- L'hydrogène bas-carbone, produit par électrolyse de l'eau ;

- La production de chaleur par recompression mécanique de vapeur, par pompe à chaleur haute température ou par chaleur résistive ;

Dans une moindre mesure, l'autoconsommation de biogaz et la chaleur solaire pourront être ponctuellement pertinentes sur les sites disposant des ressources nécessaires.



### C) Convergence avec le plan de sobriété énergétique national

Dans le contexte actuel de graves tensions sur l'approvisionnement de l'Europe en gaz et en électricité la Chimie poursuit ses efforts en matière d'efficacité énergétique et de substitution d'énergies fossiles importées à moyen terme et investit dans le déploiement de nouveaux projets et la mise en œuvre de technologies de rupture à plus long terme. Cela conduira à une réduction sensible de ses consommations de gaz (mais aussi de charbon) à moyen et long-terme.

Dans l'immédiat, les baisses de consommation d'énergie actuellement constatées dans la Chimie sont surtout le résultat d'une contraction brutale de l'activité. La production de la Chimie de base a diminué de 10 % en 2022 par rapport à 2021. Cela se traduit par une baisse de près de 15 % des consommations de gaz et d'électricité. Une telle contraction de la demande en énergie n'est pas souhaitable puisqu'elle affecte négativement le PIB et la balance commerciale nationale, assombrit les perspectives de réindustrialisation et détériore l'empreinte carbone de la France.

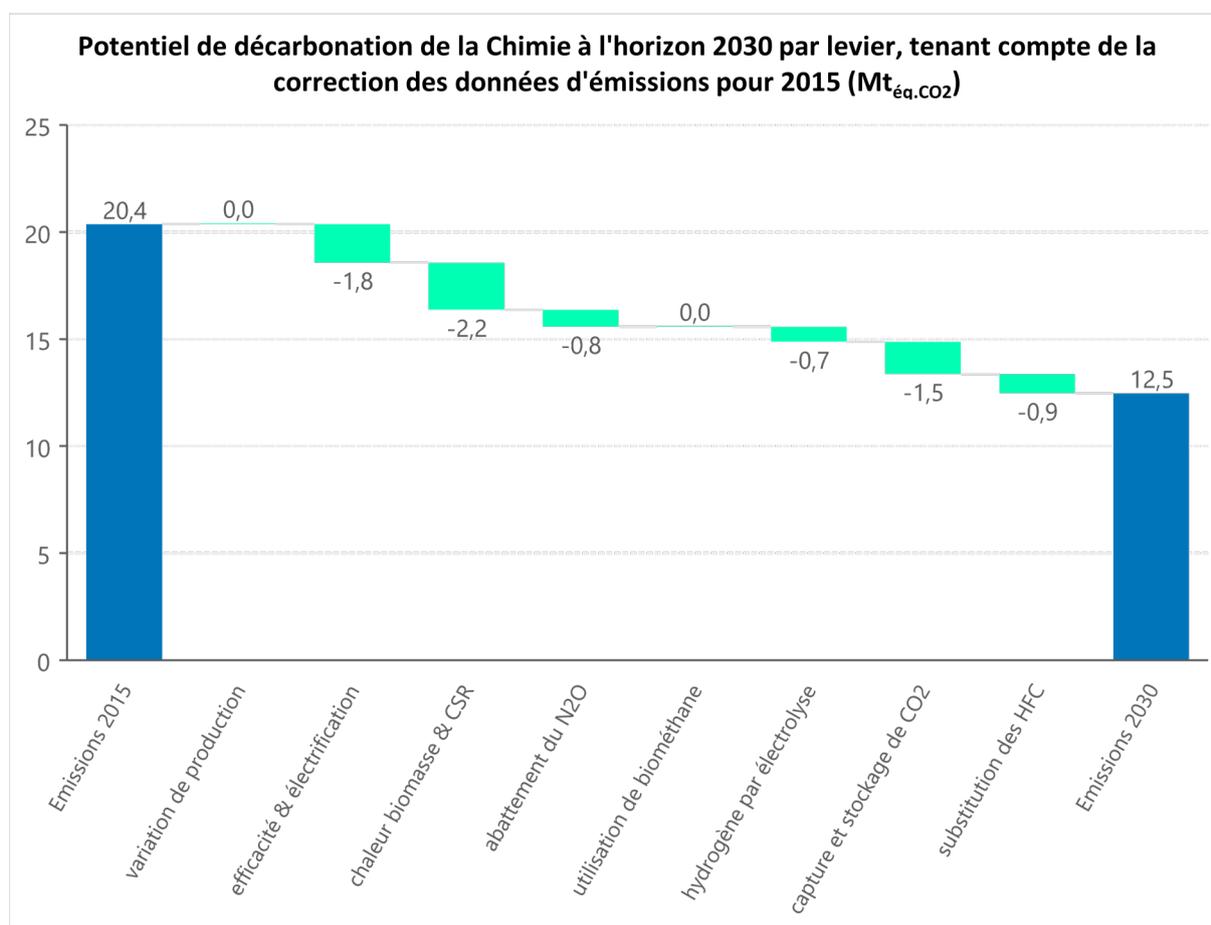
Des économies d'énergies fossiles, en particulier de gaz, seront essentiellement réalisées à moyen ou long terme, en poursuivant les projets de récupération de la chaleur fatale, de chaleur bas-carbone et d'efficacité énergétique et en investissant dans des technologies de rupture. Ainsi, France Chimie estime que les projets de chaleur bas-carbone et d'efficacité énergétique déjà engagés au sein du secteur, en particulier avec le soutien de France Relance, réduiront les consommations d'énergies fossiles de 7,1 TWh/an à l'horizon 2025, dont 4,3 TWh/an pour le gaz et 2,8 TWh/an pour le charbon, à condition que les investissements ne soient pas remis en cause par l'inflation des coûts.

A plus long terme, à l'horizon 2030, le déploiement plus large de projets de chaleur bas-carbone et d'efficacité énergétique, ainsi que la mise en œuvre de technologies de rupture (électrification, hydrogène bas-carbone et autoconsommation de biogaz) suivant la feuille de route de décarbonation du secteur de la Chimie, entraîneront des économies additionnelles d'énergies fossiles de 11,4 TWh/an, dont 10,2 TWh/an en substitution du gaz et 1,3 TWh/an pour le charbon.

La Chimie développe également des produits plus performants et plus économes en énergie. Il s'agit par exemple de détergents plus efficaces, qui nécessitent une température de lavage du linge plus faible, ou encore d'encres d'imprimantes, dont la température de fusion est abaissée de manière à rendre les photocopieurs moins gourmands en énergie.

#### D) Différences méthodologiques dans la comptabilisation des émissions

La comptabilisation des émissions par France Chimie diffère de celle du CITEPA. Pour l'année 2015, France Chimie calcule des émissions totales de 20,4 Mt<sub>éq.CO2</sub>. C'est cette référence qui sera utilisée dans le reste de ce document. La baisse d'émissions de gaz à effet de serre de 7,9 Mt<sub>éq.CO2</sub> évaluée dans le cadre de la feuille de route de décarbonation de la Chimie reste valide, ce qui aboutit donc à **une baisse d'émissions de gaz à effet de serre de -39 %**.



#### 4 - Nouvelles trajectoires de décarbonation

##### A) Évolution de la production de la filière

IHS Markit/S&P Global, missionné par France Chimie au premier semestre 2022, a déterminé les tendances suivantes en matière de production de produits issus de la Chimie :

	2030 vs 2019	2040 vs 2019	2050 vs 2019
<b>Oléfines et aromatiques</b>	-6%	-7%	-6%
<b>Polymères vierges</b>	-1%	+1%	+2%
<b>Chlore/PVC</b>	-1%	+1%	+1%
<b>Ammoniac</b>	+1%	+3%	+2%
<b>Hydrogène</b>	+25%	+54%	+90%
<b>Chimie de spécialité</b>	+11%	+22%	+32%

Source : IHS Markit/S&P Global, France Chimie

##### **Ethylène**

En 2019, la France a consommé 2,5 Mt d'éthylène et en a produit à peu près la même quantité (capacité de 2,7 Mt/an), notamment pour la production de polyéthylène (60 % de la demande) et pour le marché du dichloroéthylène (20 % de la demande). Quand bien même les politiques publiques favorisent la réduction des consommations d'emballages plastiques et la substitution des plastiques par d'autres matériaux, la demande en polyéthylène et donc en éthylène devrait légèrement augmenter à l'horizon 2050, de l'ordre de 10 %. Cette croissance devrait être absorbée par la hausse du taux de recyclage mécanique des plastiques. La production d'éthylène par les vapocraqueurs devrait donc rester stable en France à court, moyen et long terme.

##### **Propylène**

En 2019, la France a consommé 2,1 Mt d'éthylène et en a produit 2 Mt (capacité de 2,2 Mt/an), notamment pour la production de polypropylène (1,3 Mt, soit 63 % de la demande). La production de polypropylène devrait baisser à court terme, avec la conversion de la raffinerie de Grandpuits (capacité de 45 000 t/an), puis rester stable à l'horizon 2050.

##### **Benzène**

550 000 tonnes de benzène ont été consommées en France en 2019, pour une production de 600 000 tonnes (capacité de 680 000 tonnes par an). Surtout pour les besoins de la production d'éthylbenzène, transformé ensuite en styrène puis en polystyrène, ou pour les besoins de la production de cumène, transformé ensuite en phénol et en acétone. La demande de benzène devrait se contracter légèrement à court terme, du fait que la légère baisse de la demande de styrène en France, puis rester stable.

##### **PVC**

En 2019, la France a consommé 650 000 tonnes de PVC, dont 15 % provenait de matériaux recyclés, et en a produit 1,3 Mt (capacité de 1,5 Mt/an). Le secteur du bâtiment est le principal débouché du PVC et les politiques nationales de rénovation et de construction viendront soutenir la demande à long terme. Nous pouvons donc anticiper une légère croissance dans ce secteur. Cette croissance devrait être largement absorbée par l'augmentation du recyclage de PVC, quoique ce recyclage restera limité du fait de la longue durée de vie des produits.

A noter : la France est un exportateur majeur de PVC (650 000 tonnes d'exportations nettes) et devrait maintenir cette position d'exportateur net si son niveau de compétitivité se maintient sur la durée.

### Chlore/soude

En 2019, la France a consommé 1 Mt de chlore et en a produit 1,1 Mt (capacité de 1,3 Mt/an). La production de PVC est le principal débouché de ce chlore (2/3 des volumes). Etant donné le peu d'importations/exportations de chlore, la production de chlore sera conditionnée par la production de PVC vierge en France. Elle devrait donc rester stable à long-terme.

### Ammoniac

La France a consommé, en 2019, 1,6 Mt d'ammoniac, tandis que la production s'établissait à 1,1 Mt (pour une capacité installée de 1,3 Mt/an). La France est donc largement importatrice de ce produit, avec des importations nettes de près de 500 000 tonnes.

La fertilisation azotée des cultures représente près de 80 % du marché de l'ammoniac. Le reste de la demande concerne d'autres produits chimiques comme les polyamides. La consommation d'ammoniac est donc largement influencée par les pratiques agricoles et les politiques publiques encadrant la fertilisation des sols. Les initiatives visant à réduire la fertilisation minérale pourraient donc peser sur la demande en ammoniac.

Toutefois, l'ammoniac pourrait devenir dans le même temps un vecteur énergétique important pour la transition énergétique : il pourrait notamment être utilisé comme carburant pour les navires. A plus long terme, dans un scénario où la production d'ammoniac serait fondée sur l'hydrogène bas-carbone ou renouvelable, les usines pourraient devenir des leviers d'intégration des énergies renouvelables : elles agiraient alors comme des batteries géantes grâce à leur capacité d'effacement de consommation, voire de production d'électricité à partir d'ammoniac bas-carbone.

Dans une perspective de renforcement de la souveraineté alimentaire, d'indépendance stratégique et de soutien à la transition énergétique, la production d'ammoniac pourrait donc croître à l'horizon 2050. Une hypothèse de production stable apparaît donc plutôt conservatrice.

### Hydrogène

La Chimie en France est à la fois productrice et consommatrice de grandes quantités d'hydrogène :

- 200 000 t<sub>H2</sub>/an pour la production d'ammoniac ;
- 50 000 t<sub>H2</sub>/an dans les procédés chlore/soude, fondés sur l'électrolyse de saumure ;
- 50 000 t<sub>H2</sub>/an dans d'autres secteurs comme les polyamides, la synthèse de méthionine, etc.

Au total, ce sont donc environ 300 000 t<sub>H2</sub>/an qui sont ainsi produites et consommées dans la Chimie en France.

Comme cela a été identifié dans la stratégie nationale hydrogène et les politiques européennes en matière d'énergie/climat, l'hydrogène est amené à jouer un rôle important dans la transition énergétique de l'industrie et de l'économie en général. La production d'hydrogène par électrolyse, dont les émissions de gaz à effet de serre directes sont nulles, se substituera au vaporeformage de méthane dans les usages actuels.

Lorsque la production de cet hydrogène est réalisée pour le compte d'acteurs de la Chimie, elle est comptabilisée dans le cadre de la trajectoire et identifiée comme levier de décarbonation dans la présente feuille de route. C'est notamment le cas pour la production d'ammoniac.

### Chimie de spécialité

Les autres sous-secteurs de la Chimie devraient connaître une croissance dynamique à long terme sous l'effet, entre autres :

- Des initiatives de relocalisation (ex : principes actifs) ;
- De la mise en œuvre de nouvelles filières de recyclage (ex : recyclage du polyuréthane) ;

- Des politiques de rénovation des bâtiments (ex : isolants, peintures, colles) ;
- De l'électrification des véhicules (ex : matériaux composites légers, enveloppes de batteries)...

La Chimie biosourcée et le recyclage devrait connaître aussi une forte croissance dans les prochaines années. Toutefois, leur impact sur les émissions de gaz à effet de serre de la Chimie est incertain. Certes, elles engendrent une substitution du carbone biosourcé ou recyclé au carbone fossile contenu dans les produits, ce qui évite des émissions de gaz à effet de serre lors de la fin de vie de ces produits, mais les réductions d'émissions correspondantes seraient comptabilisées dans le secteur du traitement des déchets. En revanche, il s'agit aussi de nouvelles activités économiques, potentiellement intensives en énergies, qui pourraient donc créer de nouvelles sources d'émissions de gaz à effet de serre.

### Conclusion

En première approche, France Chimie avait retenu un niveau de production constante dans le cadre de sa feuille de route de décarbonation. D'après les hypothèses d'IHS Markit/S&P Global, cette projection s'avère réaliste en ce qui concerne la Chimie de base. En revanche, il faudrait plutôt s'attendre à une croissance de l'activité de la Chimie de spécialité de 10 % à l'horizon 2030 et de 30 % à l'horizon 2050.

### B) Scénarios de décarbonation à l'horizon 2030

Le 8 novembre 2022, le Président de la République a réuni les représentants des 50 sites industriels les plus émetteurs de gaz à effet de serre en France, afin de leur demander d'établir une feuille de route de décarbonation à l'échelle de leurs sites. 16 sites de la Chimie, qui portent sur 60 % des émissions de gaz à effet de serre de la Chimie en France, étaient concernés par cet exercice et ont remis leurs scénarios de décarbonation entre mai et juin 2023.

Sur la base de ces trajectoires de décarbonation individuelles et d'études complémentaires sur les autres sites de la Chimie, France Chimie a déterminé des trajectoires de décarbonation par type de site.

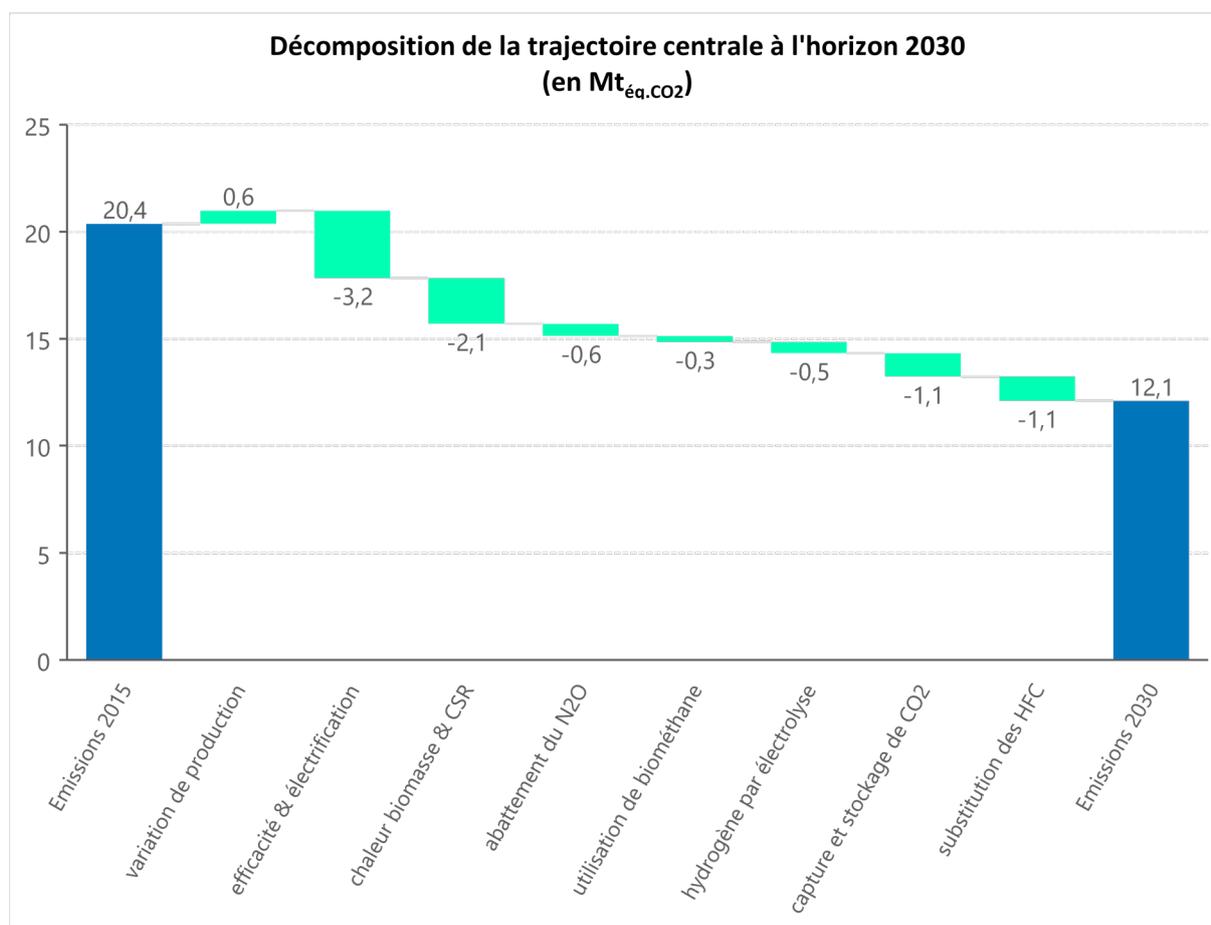
Cette approche est différente des études précédentes car fondée sur les remontées des entreprises. Il en ressort donc des résultats différents, comme le montre le tableau ci-dessous :

	Trajectoire issue des précédents travaux	Trajectoire centrale	Trajectoire ambitieuse
<b>Emissions Chimie 2015 (Mt<sub>éq.CO2</sub>)</b>	20,4		
<b>Trajectoire à l'horizon 2030</b>			
<b>Emissions Chimie 2030 (Mt<sub>éq.CO2</sub>)</b>	12,5	12,1	10,5
<b>Variation absolue d'émissions de gaz à effet de serre (Mt<sub>éq.CO2</sub>)</b>	-7,9	-8,3	-9,9
<b>Variation relative d'émissions de gaz à effet de serre vs 2015</b>	<b>-39%</b>	<b>-41%</b>	<b>-49%</b>
<b>Variation relative d'émissions de gaz à effet de serre vs 1990</b>	-77%	-78%	-80%

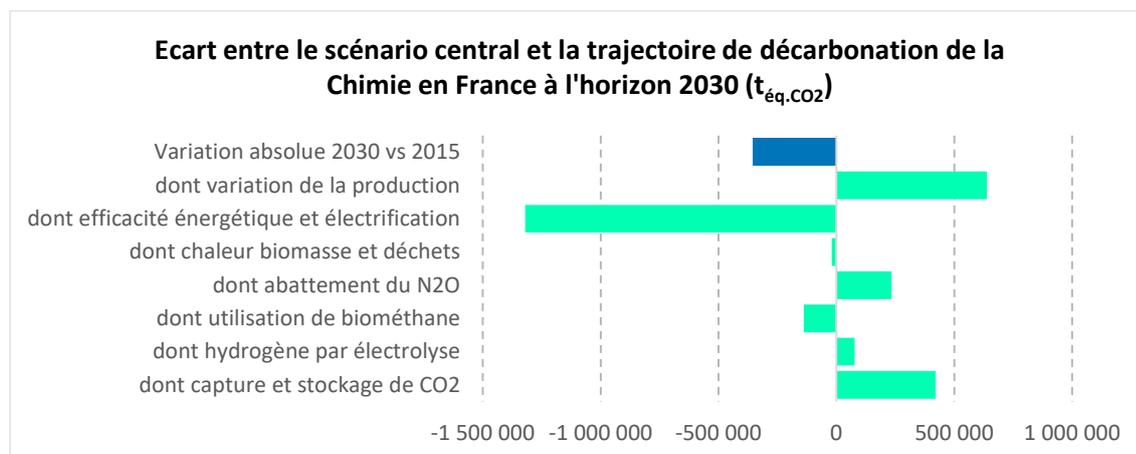
### Comparaison des leviers mobilisés par scénario

Comme anticipé par France Chimie, tous les leviers potentiels identifiés seront mobilisés dans le cadre de la transition énergétique de la Chimie en France. L'efficacité énergétique, l'électrification des

procédés et la chaleur bas-carbone issue de la biomasse ou des déchets auront toutefois l'impact le plus fort sur la baisse des émissions de gaz à effet de serre.



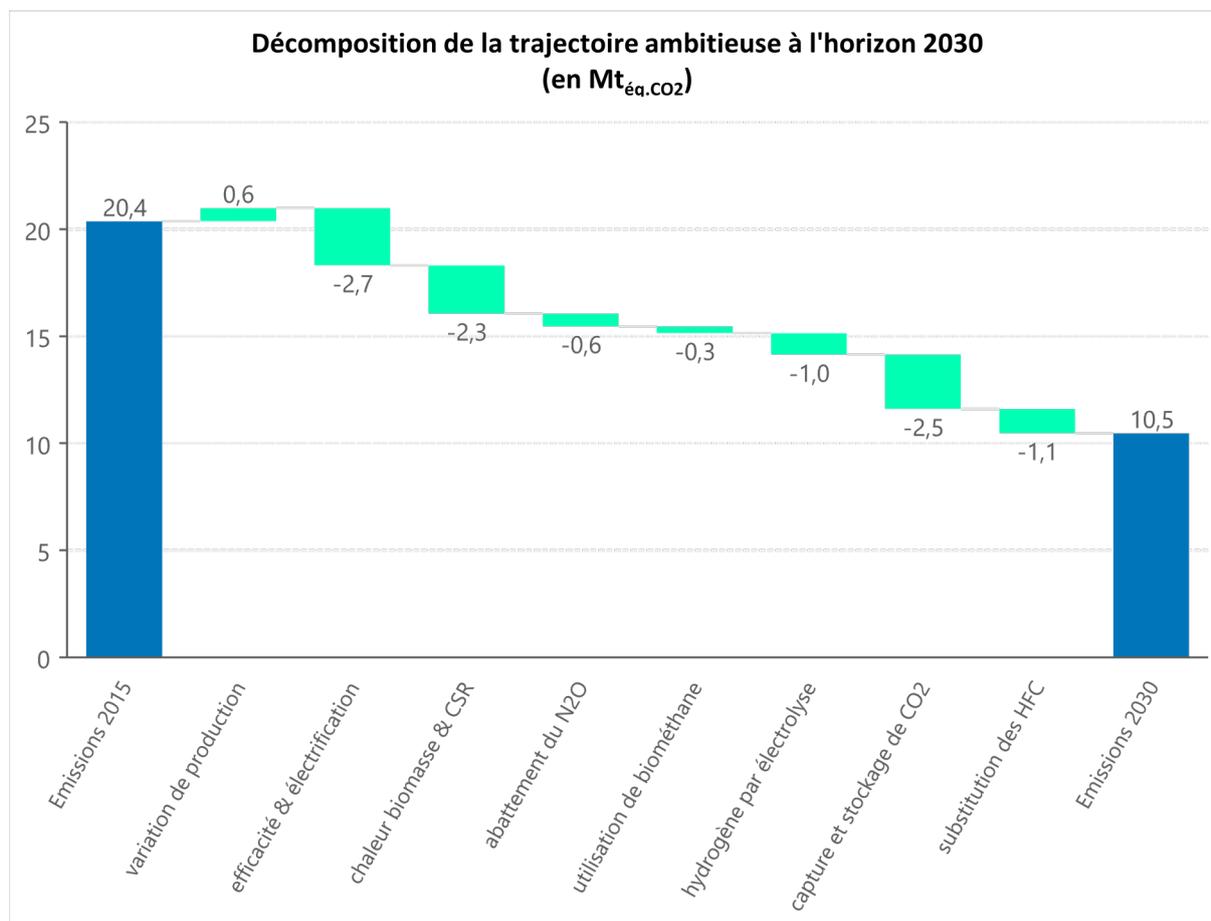
En revanche, comme le montre le graphe ci-dessous, les estimations de potentiel de décarbonation réalisées dans le cadre de la feuille de route de décarbonation de France Chimie présentent un écart significatif avec les données du scénario central de décarbonation en matière d'électrification des procédés. Plusieurs sites, notamment dans la pétrochimie, envisagent de remplacer des compresseurs et des turbines par des moteurs électriques.



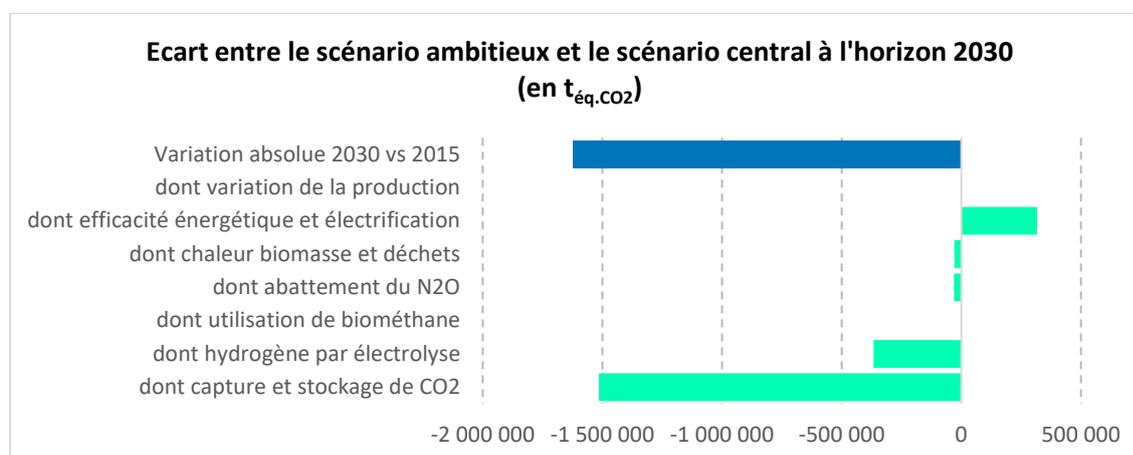
Ce levier de décarbonation n'a pas été approfondi dans les précédents travaux de France Chimie, car ils s'apparentent à une modification substantielle du business model des entreprises. De la même

manière, l'arrêt des cogénérations à gaz n'a pas été considéré comme une option dans les premières études sur la transition énergétique de la Chimie.

Dans une moindre mesure, le changement d'hypothèse d'évolution de la production et une ambition moindre sur la capture et le stockage de CO<sub>2</sub> affectent aussi les estimations du potentiel de décarbonation dans la Chimie en France.



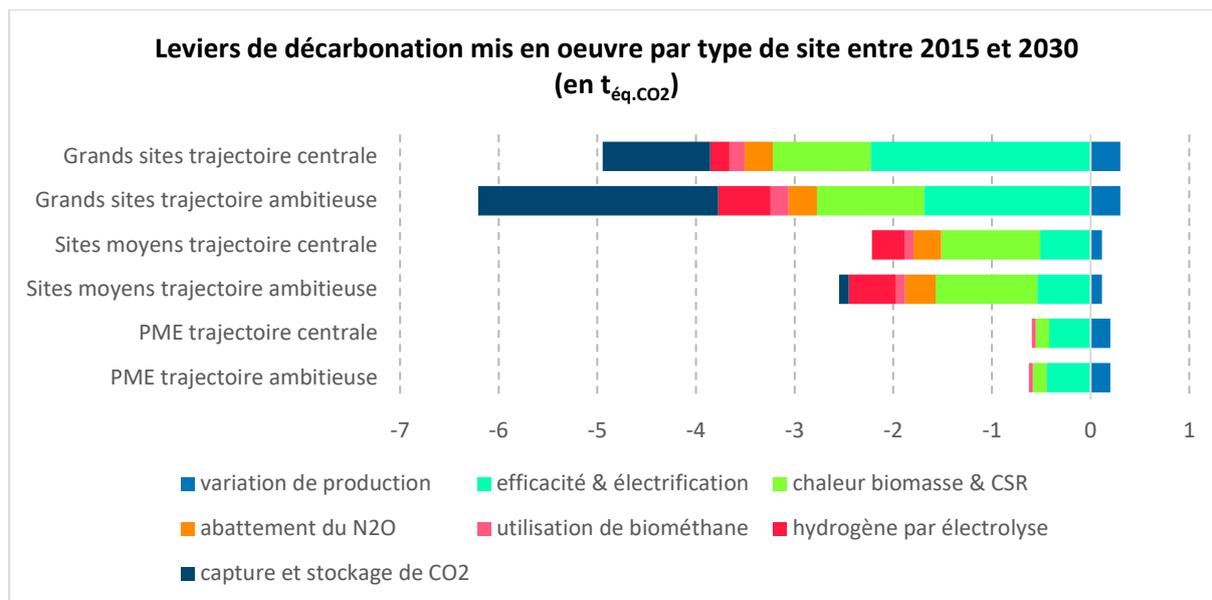
Pour passer du scénario central au scénario ambitieux, les leviers de l'hydrogène bas-carbone produit par électrolyse et la capture et stockage de CO<sub>2</sub> sont davantage mobilisés. A l'inverse, les objectifs d'efficacité énergétique sont revus à la baisse, en raison d'incompatibilité entre certaines options de décarbonation.



En résumé, on peut conclure que, même si tous les leviers apportent une contribution substantielle, la décarbonation de la Chimie en France à l'horizon 2030 sera principalement fondée sur la chaleur bas-carbone, l'efficacité énergétique et l'électrification des procédés. L'accélération de la transition énergétique reposera essentiellement sur la capture et stockage de CO<sub>2</sub>, la production d'hydrogène bas-carbone par électrolyse et l'électrification des procédés.

### Des potentiels de décarbonation différents en fonction du type de site

Les leviers de décarbonation pouvant être mis en œuvre dans les entreprises de la Chimie dépendent fortement des procédés mis en œuvre. Or ceux-ci varient fortement d'un site à l'autre dans un secteur aussi hétérogène que celui de la Chimie.



Les grands sites, qui font partie des 50 sites industriels les plus émetteurs de gaz à effet de serre en France, envisagent souvent de mettre en œuvre des technologies de rupture comme l'électrification des procédés, la capture et le stockage de CO<sub>2</sub> ou l'utilisation d'hydrogène bas-carbone. La substitution des énergies fossiles par de la biomasse ou des déchets préparés sous forme de combustibles solides de récupération apporte une contribution substantielle à la décarbonation de certains sites comme les carbonates ou les polymères. Les coûts de décarbonation sont généralement élevés, mais les effets sur les émissions de CO<sub>2</sub> est très important. Une baisse des émissions de 40 % à 50 % est envisagée selon le scénario retenu.

La capture et le stockage de CO<sub>2</sub> est moins accessible aux autres sites moyens, c'est-à-dire les autres sites couverts par le marché du carbone, qui ont plus fréquemment recours à la chaleur bas-carbone issue de la biomasse et des combustibles solides de récupération. Ces solutions étant matures, et en cours de mise en œuvre sur de nombreux sites, une décarbonation rapide est envisageable, avec une estimation de baisse d'émissions allant de 43 % à 50 % en fonction du scénario.

En dehors de la récupération de chaleur fatale et de l'efficacité énergétique, leviers communs à l'ensemble des sites de la Chimie, les options sont souvent beaucoup plus limitées pour les plus petits sites. Cela ne permet d'envisager que des améliorations incrémentales de leurs performances en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Une réduction des émissions de gaz à effet de serre de 20 à 21% est calculée pour ces sites.

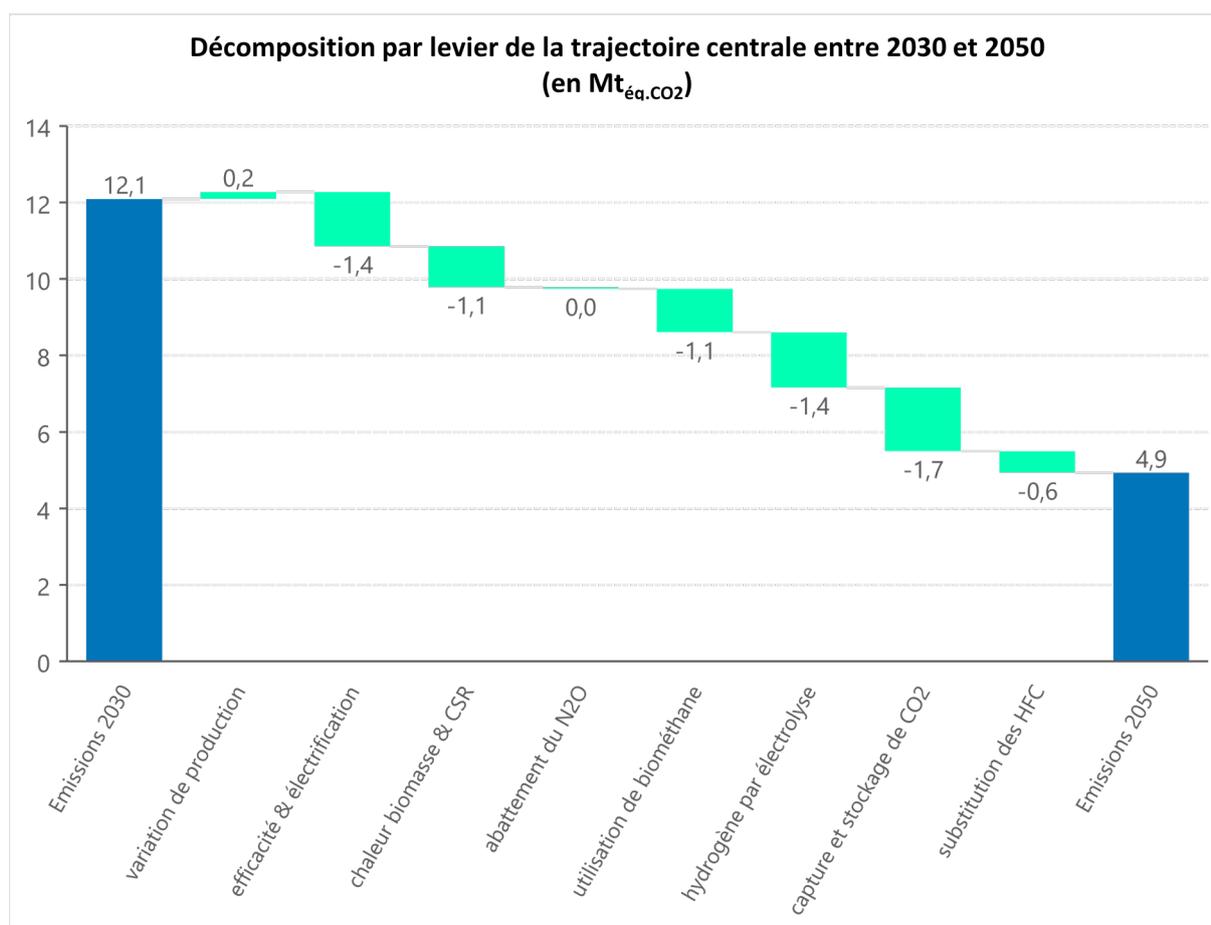
A l'intérieur même de ces catégories, de fortes disparités peuvent être observées en matière de potentiel de décarbonation à 2030. Celui-ci dépend des procédés mis en œuvre, mais aussi des infrastructures et des ressources à disposition.

### C) Scénarios de décarbonation à l'horizon 2050

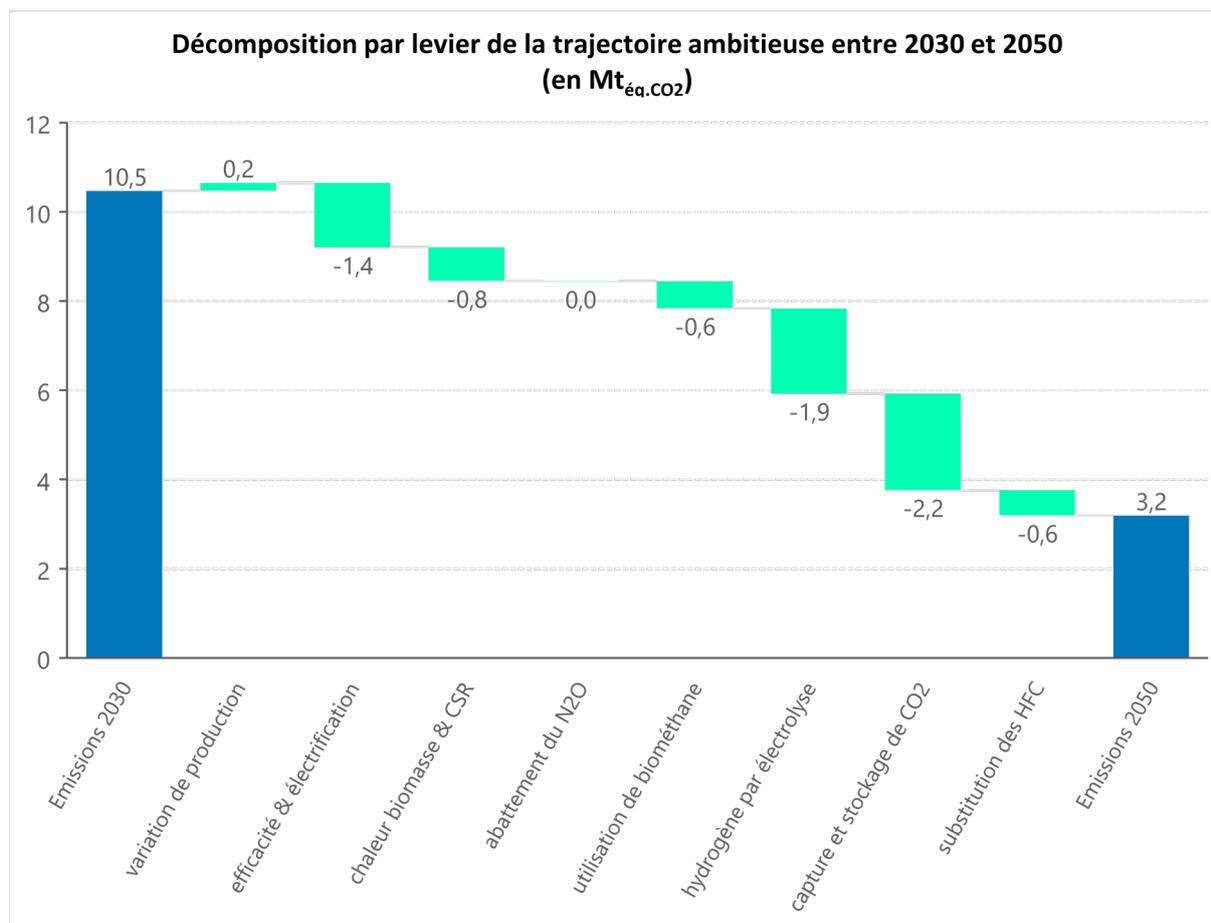
Le prolongement des trajectoires jusqu'en 2050 permet d'envisager une réduction des émissions de gaz à effet de serre de plus de 90 % par rapport en 1990.

	Trajectoire issue des précédents travaux	Trajectoire centrale	Trajectoire ambitieuse
<b>Emissions Chimie 2030 (Mt<sub>éq.CO2</sub>)</b>	12,5	12,1	10,5
<b>Trajectoire à l'horizon 2050</b>			
<b>Emissions Chimie 2050 (Mt<sub>éq.CO2</sub>)</b>	/	4,9	3,2
<b>Variation absolue d'émissions de gaz à effet de serre (Mt<sub>éq.CO2</sub>)</b>	/	-15,4	-17,2
<b>Variation relative d'émissions de gaz à effet de serre vs 2015</b>	/	<b>-76%</b>	<b>-84%</b>
<b>Variation relative d'émissions de gaz à effet de serre vs 1990</b>	/	-91%	-94%

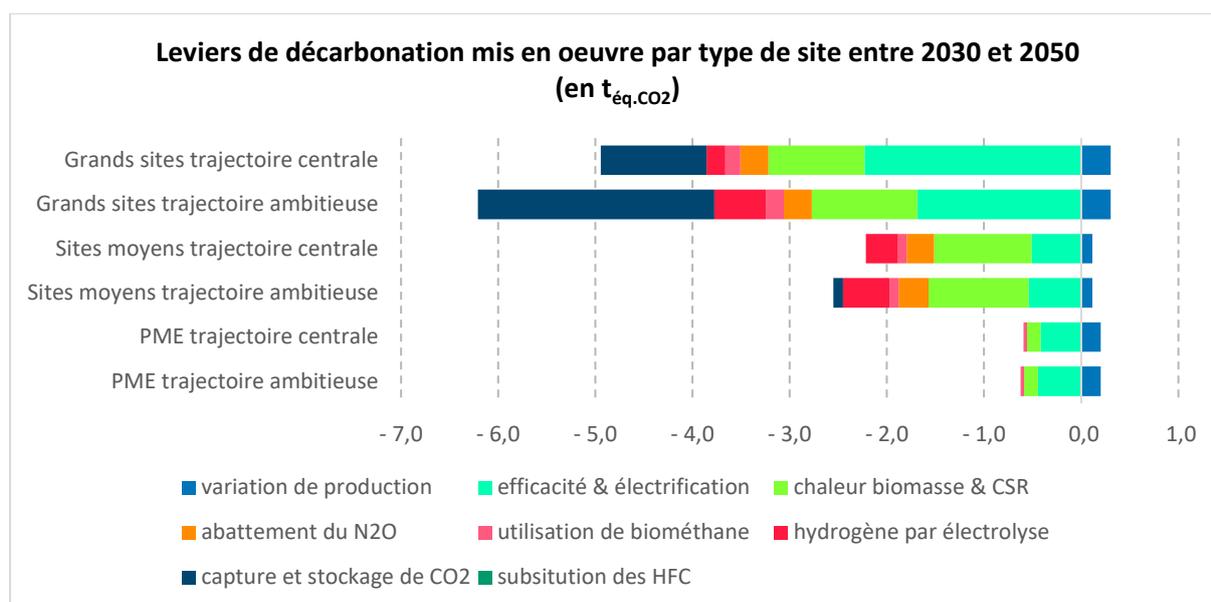
La quasi-totalité des leviers de décarbonation est à nouveau mobilisée entre 2030 et 2050.



Comme sur la période 2015-2030, le rehaussement de l'ambition est quasi-exclusivement fondé sur la capture et stockage de CO<sub>2</sub>, et l'hydrogène par électrolyse.



S'agissant des leviers de décarbonation mis en œuvre par type de site, on retrouve les mêmes différences que celles qui avaient été identifiées dans les scénarios de décarbonation entre 2015 et 2030.



#### D) Besoins correspondants

A l'horizon 2030, la mise en œuvre de la feuille de route de décarbonation de la Chimie en France nécessitera, par rapport à 2015 :

- Des investissements à hauteur de 4 à 6 milliards d'euros, dont 1 milliard d'euros sont déjà engagés ;
- Une consommation annuelle supplémentaire de 7 à 8 TWh de combustibles bas-carbone, principalement des déchets préparés sous forme de combustibles de récupération (environ 1 Mt/an) et du bois-déchets (environ 4 à 5 Mm<sup>3</sup>) ;
- Une consommation annuelle supplémentaire de 7 à 13 TWh d'électricité bas-carbone, en particulier pour la production de 60 à 115 000 tonnes d'hydrogène bas-carbone par électrolyse de l'eau.

A l'horizon 2050, le scénario central et le scénario ambitieux nécessiteront, par rapport à 2015 :

- Des investissements à hauteur de 14 à 19 milliards d'euros, dont 1 milliard d'euros sont déjà engagés ;
- Une consommation annuelle supplémentaire de 12 à 13 TWh de combustibles bas-carbone, principalement des déchets préparés sous forme de combustibles de récupération (environ 1 Mt/an) et du bois-déchets (environ 9 à 10 Mm<sup>3</sup>) ;
- Une consommation annuelle supplémentaire de 19 à 27 TWh d'électricité bas-carbone, en particulier pour la production de 225 à 330 000 tonnes d'hydrogène bas-carbone par électrolyse de l'eau.

	Trajectoire issue des précédents travaux	Trajectoire centrale	Trajectoire ambitieuse
<b>Trajectoire à l'horizon 2030</b>			
Variation relative d'émissions de gaz à effet de serre vs 2015	<b>-39%</b>	<b>-41%</b>	<b>-49%</b>
CAPEX (Md€)	4	4	6
Consommation de déchets et de biomasse supplémentaire (TWh)	7	7	8
Consommation d'électricité supplémentaire (TWh)	7	9	12
<b>Trajectoire à l'horizon 2050</b>			
Variation d'émissions de gaz à effet de serre vs 2015		<b>-76%</b>	<b>-84%</b>
CAPEX (Md€)		14	19
Consommation de déchets et de biomasse supplémentaire (TWh)		13	12
Consommation d'électricité supplémentaire (TWh)		19	27

## 5 - Recommandations de politiques publiques

La réalisation des scénarios de décarbonation exposés repose sur des conditions-clés de succès :

**La disponibilité d'énergies bas-carbone en quantités suffisantes et à un prix compétitif** : cela concerne en premier lieu la biomasse et la fraction non-renouvelable des déchets non-recyclables qui disposent d'un contenu énergétique suffisant entre 7 et 8 TWh/an supplémentaires seront nécessaires à l'horizon 2030 et environ 12 TWh/an supplémentaires devront être mobilisés en 2050, par rapport à 2015. Une mobilisation des gisements est donc indispensable pour faire face à ce besoin.

En second lieu, cela concerne l'électricité bas-carbone dont la consommation devra nécessairement augmenter de 7 à 12 TWh/an à l'horizon 2030 et de 19 à 27 TWh/an à l'horizon 2050. Cela implique d'accroître la disponibilité du parc nucléaire, d'accélérer le déploiement des énergies renouvelables et de renforcer l'efficacité dans les usages de l'énergie dans tous les secteurs de l'économie. Par ailleurs, dans la perspective de la fin de l'Accès Régulé à l'Electricité Nucléaire Historique (ARENH) et dans un contexte de prix de marchés extrêmement élevés et volatils, la mise en œuvre d'un cadre contractuel de long-terme pour l'approvisionnement de l'industrie en électricité bas-carbone est indispensable.

A ce titre, France Chimie soutient la proposition législative de la Commission européenne concernant la réforme du fonctionnement du marché européen de l'électricité. Elle préserve le fonctionnement du marché de gros, tout en introduisant des instruments contractuels de long terme, permettant de donner de la visibilité à la fois aux producteurs et aux consommateurs d'électricité.

**Un cadre de concurrence équitable entre l'industrie française et ses concurrents européens et extra-européens.** Il s'agit d'un prérequis incontournable pour assurer un débouché commercial aux produits bas-carbone de la filière Chimie & matériaux et un modèle économique compatibles avec le défi de la transition énergétique.

Le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières de l'Union européenne, qui vise à appliquer aux biens manufacturés importés en Europe la même tarification des émissions de gaz à effet de serre que celle qui pèse sur la production européenne, ne suffira malheureusement pas à rétablir le level-playing field entre l'Europe et les autres grandes économies. Sa portée reste insuffisante, puisqu'il ne permet pas d'assurer la compétitivité de nos exportations ni de maintenir l'intégrité de nos chaînes de valeur industrielles, et l'efficacité de sa mise en œuvre reste incertaine. Dans ce contexte, la compétitivité de l'approvisionnement en énergie est d'autant plus importante pour maintenir la compétitivité de la Chimie en France.

**Un soutien public à la décarbonation de l'industrie pour accélérer les investissements supplémentaires et compenser les éventuels surcoûts de fonctionnement des technologies bas-carbone par rapport aux technologies traditionnelles.** Les soutiens mis en œuvre dans le cadre de France Relance ont apporté la preuve de leur efficacité en ouvrant un potentiel de décarbonation important pour un coût modéré. D'autant que ces aides apportent des co-bénéfices substantiels à l'économie française en matière de création d'emplois, d'ancrage de l'activité industrielle dans les territoires, de réduction de la balance commerciale, d'indépendance énergétique, etc.

A court terme, il est donc indispensable de pérenniser les soutiens à la décarbonation de l'industrie mis en œuvre dans le cadre de France Relance portant sur :

- L'efficacité énergétique ;
- La chaleur issue de la biomasse ;
- La chaleur issue des Combustibles Solides de Récupération (CSR) ;
- La récupération de chaleur fatale industrielle ;
- L'abattement des émissions de protoxyde d'azote ;
- La substitution des gaz réfrigérants à haut pouvoir de réchauffement global ;

- L'électrification des procédés.

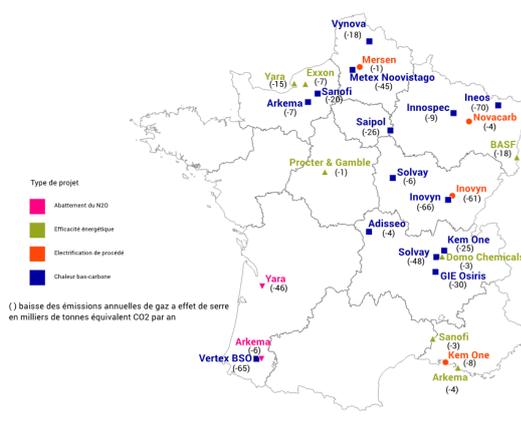
Les modalités de ces soutiens devraient d'ailleurs prendre en compte les impacts de la baisse des allocations de quotas gratuits d'une part, et de l'inflation sur les coûts d'investissement d'autre part. Ces paramètres ont négativement affecté l'économie des projets lancés ces dernières années.

S'agissant des aides envisagées dans le cadre de France 2030 pour les technologies de rupture, les contrats d'écart compensatoires (CCfD pour Carbon Contract for Difference), qui viennent en complément d'une aide à l'investissement, sont nécessaires pour combler l'écart de coûts entre les procédés bas-carbone et les procédés traditionnels.

## 6 - Projets emblématiques

### A) Projets retenus dans le cadre de France Relance

Les soutiens à la décarbonation de l'industrie inclus dans France Relance ont fait émerger de nombreux projets de décarbonation dans la Chimie en France, notamment dans les sites couverts par le marché du carbone européen autres que les sites les plus émetteurs. La mise en œuvre de ces projets aboutira à une réduction d'émissions de gaz à effet de serre de plus de 600 000 t<sub>éq.CO2</sub>/an.

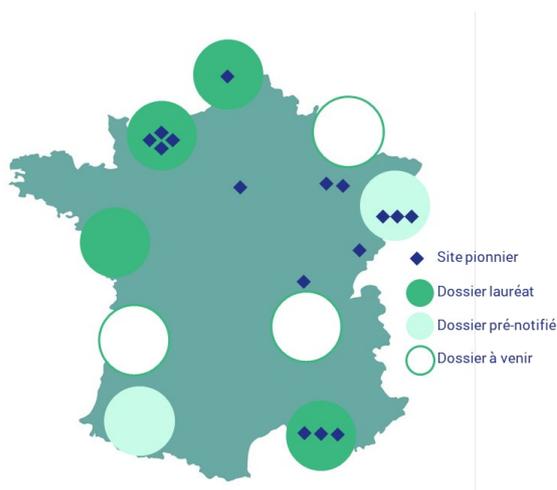


### B) Guichet ASP

47 projets de décarbonation, en cours de mise en œuvre dans les PME de la Chimie en France, ont bénéficié de l'aide en faveur des investissements de décarbonation des outils de production industrielle. Les principaux leviers de décarbonation mobilisés concernent :

- La mise en place d'outils de pilotage des équipements consommateurs d'énergie (suivi des performances énergétiques, commande centralisée des outils consommateurs d'énergie) ;
- Les équipements de récupération de chaleur fatale (échangeurs thermiques, réduction des pertes thermiques, préchauffage de produits par les rejets thermiques, valorisation énergétique de gaz fatals) ;
- L'électrification du chauffage (matériels de séparation autre que par voie thermique, fours électriques) ;
- Le remplacement de matériel de combustion.

### C) ZIBAC



Cinq bassins industriels regroupant plusieurs grands sites de la Chimie en France sont lauréats ou candidats à l'appel à projets ZIBAC, qui vise à favoriser le développement de Zones Industrielles Bas Carbone en finançant des études relatives à la décarbonation des territoires industriels. Les principaux axes d'étude envisagés concernent :

- L'efficacité énergétique ;
- L'écologie industrielle ;
- L'hydrogène bas-carbone ;
- Le biométhane ;
- La production d'électricité renouvelable ;
- La capture et stockage du CO<sub>2</sub> ;
- Et la résilience face au stress hydrique.

### D) Diag'Ecoflux

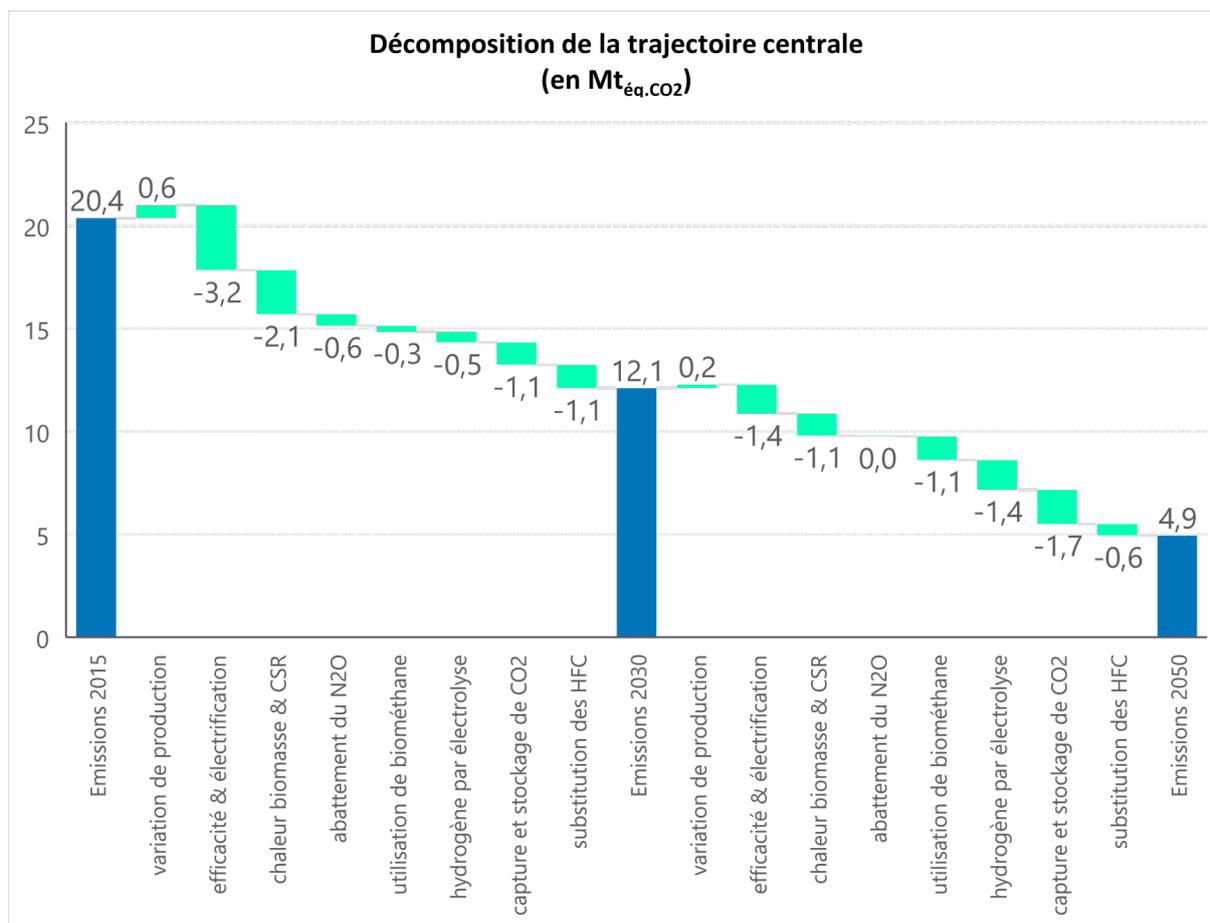
44 sites parmi les « petits » émetteurs de la Chimie en France ont participé au programme « TPE/PME gagnantes sur tous les coûts » ou au programme « Diag'ecoflux » dont l'objectif est de mettre en place des actions d'économies d'énergie, de matière et d'eau, à faible d'investissement.

Un objectif d'économies d'énergie moyen de 13 % a été identifié sur ces sites en mobilisant les leviers suivants :

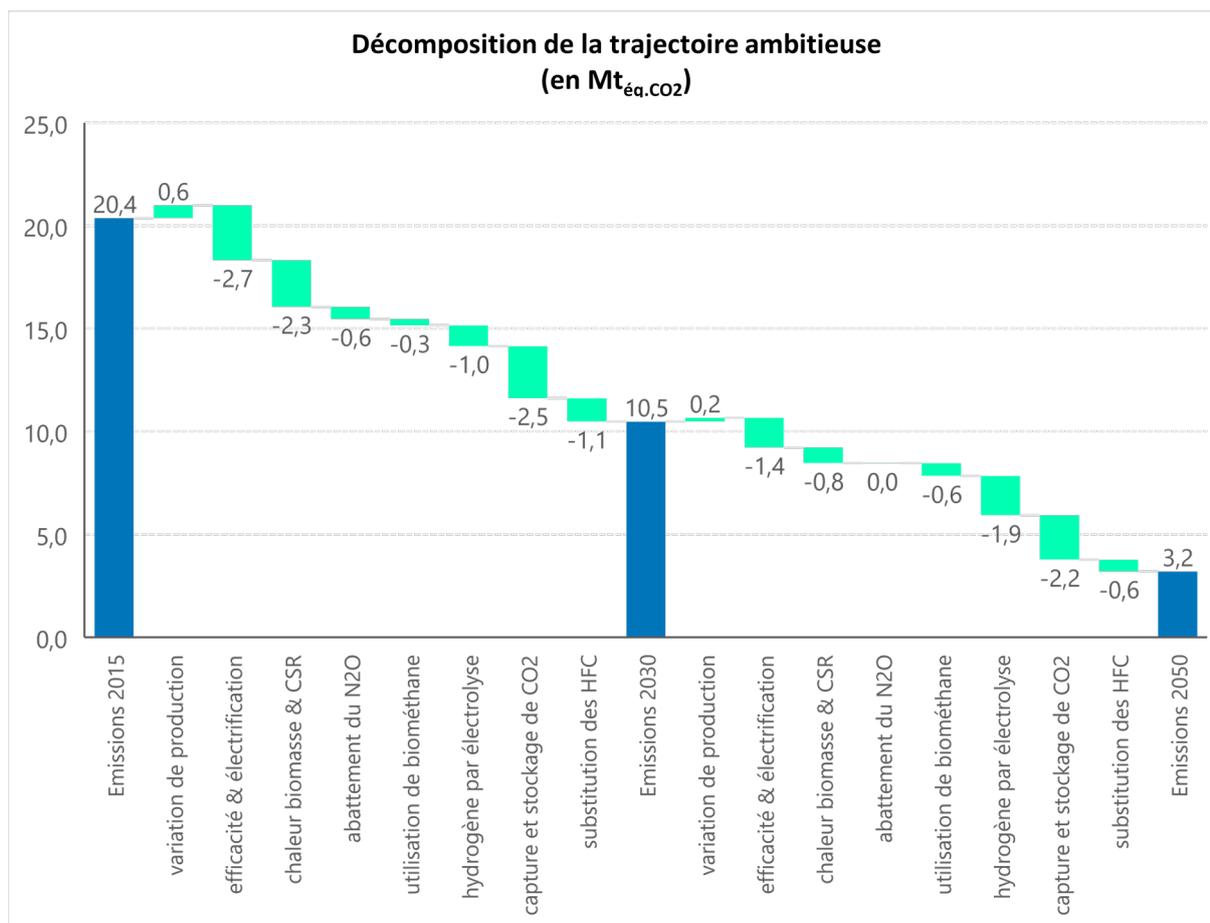
- Détecter et réparer des fuites d'air comprimé ;
- Mettre en place un système de pilotage efficace de l'énergie ;
- Quantifier et réduire le talon énergétique ;
- Calorifuger les points singuliers vapeurs ;
- Optimiser les puissances souscrites ;
- Mettre une installation d'éclairage performante ;
- Baisser la pression de service de l'air comprimé ;
- Récupérer la chaleur sur un compresseur ;
- Optimiser la durée de fonctionnement du compresseur selon les besoins ;
- Installer des panneaux photovoltaïques.

## 7 - Annexes

## A) Décomposition de la trajectoire centrale à 2030 et 2050



## B) Décomposition de la trajectoire ambitieuse à 2030 et 2050



## C) Détail de la trajectoire de décarbonation de la Chimie en France

	Trajectoire issue de la feuille de route de décarbonation	Trajectoire centrale	Trajectoire ambitieuse
<b>Emissions Chimie 2015</b>	20,4	20,4	20,4
<b>Trajectoire à l'horizon 2030</b>			
<b>Emissions Chimie 2030</b>	12,5	12,1	10,5
<b>Variation relative d'émissions de gaz à effet de serre vs 2015</b>	<b>-39%</b>	<b>-41%</b>	<b>-49%</b>
<i>dont grands sites</i>	-37%	-40%	-50%
<i>dont sites moyens couverts par le marché du carbone</i>	-46%	-43%	-50%
<i>dont sites du secteur diffus</i>	-20%	-20%	-21%
<i>dont gaz fluorés</i>	-50%	-63%	-63%
<b>Variation absolue d'émissions de gaz à effet de serre vs 2015</b>	<b>-7,9</b>	<b>-8,3</b>	<b>-9,9</b>
<i>dont variation de production</i>	0,0	0,6	0,6
<i>dont efficacité énergétique et électrification</i>	-1,8	-3,2	-2,7
<i>dont chaleur bas-carbone</i>	-2,2	-2,1	-2,3
<i>dont abattement du N2O</i>	-0,8	-0,6	-0,6
<i>dont utilisation de biométhane</i>	0,0	-0,3	-0,3
<i>dont hydrogène bas-carbone</i>	-0,7	-0,5	-1,0
<i>dont capture et stockage de CO2</i>	-1,5	-1,1	-2,5
<i>dont gaz fluorés</i>	-0,9	-1,1	-1,1
<b>CAPEX (Md€)</b>	<b>3,6</b>	<b>4,2</b>	<b>6,0</b>
<b>Consommation de déchets et de biomasse supplémentaire (TWh)</b>	<b>7,3</b>	<b>7,3</b>	<b>7,9</b>
<b>Consommation d'électricité supplémentaire (TWh)</b>	<b>6,8</b>	<b>8,8</b>	<b>12,4</b>
<b>Trajectoire à l'horizon 2050</b>			
<b>Emissions Chimie 2050</b>		4,9	3,2
<b>Variation d'émissions de gaz à effet de serre vs 2015</b>		<b>-76%</b>	<b>-84%</b>
<i>dont grands sites</i>		-81%	-95%
<i>dont sites moyens couverts par le marché du carbone</i>		-70%	-70%
<i>dont sites du secteur diffus</i>		-45%	-45%
<i>dont gaz fluorés</i>		-95%	-95%
<b>Variation absolue d'émissions de gaz à effet de serre vs 2015</b>		<b>-15,4</b>	<b>-17,2</b>
<i>dont variation de production</i>		0,8	0,8
<i>dont efficacité énergétique et électrification</i>		-4,6	-4,1
<i>dont chaleur bas-carbone</i>		-3,2	-3,0
<i>dont abattement du N2O</i>		-0,6	-0,6
<i>dont utilisation de biométhane</i>		-1,4	-0,9
<i>dont hydrogène bas-carbone</i>		-2,0	-2,9
<i>dont capture et stockage de CO2</i>		-2,8	-4,7
<i>dont gaz fluorés</i>		-1,7	-1,7
<b>CAPEX (Md€)</b>		<b>14,1</b>	<b>19,1</b>
<b>Consommation de déchets et de biomasse supplémentaire (TWh)</b>		<b>12,6</b>	<b>11,7</b>
<b>Consommation d'électricité supplémentaire (TWh)</b>		<b>18,5</b>	<b>26,9</b>