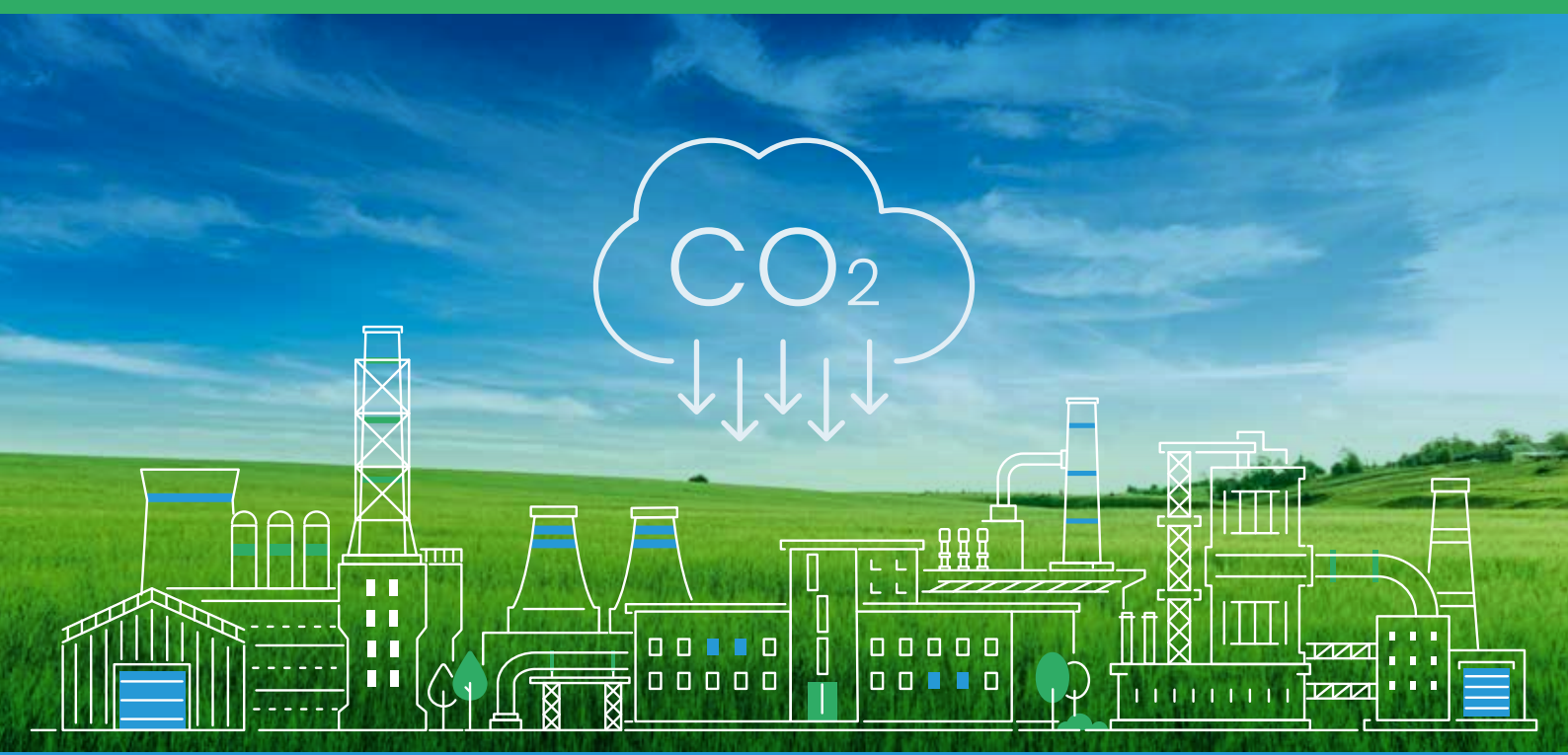




# Francegaz

ENSEMBLE, TRANSFORMONS L'ÉNERGIE



# Décarboner l'industrie avec les solutions gaz

natran

GRDF

 FRANCE  
GAZ LIQUIDES  
*L'énergie de tous les territoires*



***L***a décarbonation de notre économie, indispensable pour répondre aux enjeux du changement climatique, concerne au premier chef le monde industriel, aujourd'hui contributeur à hauteur d'environ 20 % des émissions de gaz à effet de serre de la France.

*Cette décarbonation devra être orchestrée en tenant compte de la nécessité de maintenir la compétitivité de notre tissu industriel vis-à-vis du reste du monde, comme cela a largement été analysé dans les récents rapports européens publiés par Mario Draghi et Enrico Letta.*

*L'énergie est dans le contexte actuel un facteur clé, tant pour restaurer la compétitivité de l'industrie, que pour répondre aux enjeux environnementaux cruciaux de notre temps.*

*Le projet de programmation énergétique de la France en cours de préparation montre bien que la transition énergétique reposera sur deux leviers majeurs :*

- La sécurisation d'un mix énergétique diversifié et moins carboné à l'horizon 2035.*
- Le maintien des actions d'efficacité énergétique indispensables pour atteindre les objectifs de la neutralité carbone d'ici 2050.*

*Afin de répondre aux enjeux de la décarbonation, de nombreuses solutions gaz destinées au monde industriel sont disponibles, à commencer par le développement de la production de gaz verts dans nos territoires. Le biométhane est aujourd'hui une réalité industrielle avec des sites atteignant une capacité cumulée d'injection de 14 TWh avec une trajectoire proche de 50 TWh d'ici 2030. Cette réalité sera demain complétée par l'appui de technologies émergentes et performantes comme la pyrogazéification, la gazéification hydrothermale, le power-to-methane et le biopropane.*

*Cette mixité énergétique permet dans un premier temps d'établir des stratégies d'approvisionnements plus neutres en carbone et de transformer à terme le réseau de gaz historique en outil de valorisation des déchets issus de nos territoires.*

*D'autres voies de décarbonation en lien avec les process, propres aux secteurs industriels et aux entreprises, peuvent plus spécifiquement être étudiées afin de renforcer la performance environnementale des installations.*

*C'est l'ensemble de ces approches et de ces technologies que ce livre blanc « **Décarboner l'industrie avec les solutions gaz** », conjointement élaboré par NaTran, GRDF et France gaz liquides, propose de détailler afin de faciliter les choix des industriels et les guider sur la voie de la neutralité carbone d'ici 2050.*

***Ensemble, réussissons la décarbonation de votre industrie par les solutions gaz !***

**Frédéric Martin, président de France gaz**

Ont contribué à la rédaction de ce livre blanc :

Thierry Chapuis (GRDF), Benoit Domingos (GRDF), Benoit Hartmann (NaTran), Sylvie Jadoul (NaTran), Laurent Lantoine (GRDF), Jean-Marc Le Gall (NaTran), Bruno Lestrade (NaTran), Julien Moresmau (GRDF), Robert Mulhke (NaTran), Julien Prévotaux (France Gaz Liquides), Etienne Richon (GRDF), Jean-Victor Rotger (NaTran), Julien Schmit (NaTran), Jean Terrier (NaTran), Gregory Verbrugge (GRDF), Clotilde Villermaux (NaTran).

Livre blanc publié le 18 mars 2025

# SOMMAIRE

## [Partie 1]

<b>Les défis de la décarbonation de l'industrie</b> .....	4
1 • La nécessaire décarbonation de l'industrie.....	4
1.1 • 17 % des émissions de gaz à effet de serre en France sont émis par l'industrie.....	4
1.2 • Mesurer les émissions de gaz à effet de serre pour mieux les réduire.....	6
1.2.1 • Obligations réglementaires pour les entreprises.....	6
1.2.2 • Leviers d'action volontaires mis en œuvre par les entreprises.....	7
2 • Les atouts du gaz pour l'industrie.....	8
2.1 • L'énergie gaz, une énergie adaptée et pertinente pour l'industrie.....	8
2.2 • Les gaz liquides, une énergie indispensable à l'économie des territoires.....	9
3 • Quelle place pour les gaz dans l'industrie à horizon 2050 ?.....	12

## [Partie 2]

<b>Quels sont les leviers pour réduire drastiquement les émissions de CO<sub>2</sub> d'origine fossile de l'industrie ?</b> .....	14
---	----

### **LEVIER 1**

<b>Audit énergétique : mieux connaître pour mieux agir</b> .....	15
1.1 • Conformer son site industriel aux dispositions réglementaires.....	15
1.2 • Comment financer l'audit énergétique de son installation fonctionnant au gaz ?.....	16

### **LEVIER 2**

<b>Optimiser la sobriété et l'efficacité énergétique de son installation fonctionnant au gaz</b> .....	16
2.1 • Comment récupérer la chaleur fatale ?.....	17
2.2 • Comment financer l'efficacité énergétique de son installation fonctionnant au gaz ?.....	22

### **LEVIER 3**

<b>Diversifier et optimiser le mix énergétique grâce aux solutions gaz verts</b> .....	23
3.1 • Comment transformer les déchets en gaz renouvelables ?.....	25
3.1.1 • La méthanisation.....	25
3.1.2 • La pyrogazéification.....	29
3.1.3 • La gazéification hydrothermale.....	30
3.1.4 • Le power-to-methane.....	31
3.1.5 • Le biopropane (bioGPL).....	32
3.2 • La mobilité verte : le bioGNV.....	32
3.3 • L'hydrogène renouvelable et bas-carbone pour d'autres voies de décarbonation.....	34
3.4 • Capturer le CO <sub>2</sub> pour le valoriser ou le stocker.....	36

<b>Vous aussi, accélérez la décarbonation de votre industrie grâce aux solutions gaz verts !</b> .....	38
--	----

<b>Nos experts engagés à vos côtés</b> .....	40
--	----

<b>Glossaire</b> .....	41
------------------------	----

<b>Ressources utiles</b> .....	43
--------------------------------	----

# LES DÉFIS DE LA DÉCARBONATION POUR L'INDUSTRIE

## 1 • La nécessaire décarbonation de l'industrie

### Décarbonation, défossilisation, de quoi parle-t-on ?

« La **décarbonation** définit l'ensemble des mesures et des techniques permettant de réduire les émissions de dioxyde de carbone d'origine fossile. »<sup>(1)</sup>

**Défossilisation** : « Mise en place, dans une industrie ou un secteur d'activité, de mesures et de techniques visant à limiter l'utilisation des combustibles fossiles comme source d'énergie. »<sup>(2)</sup>

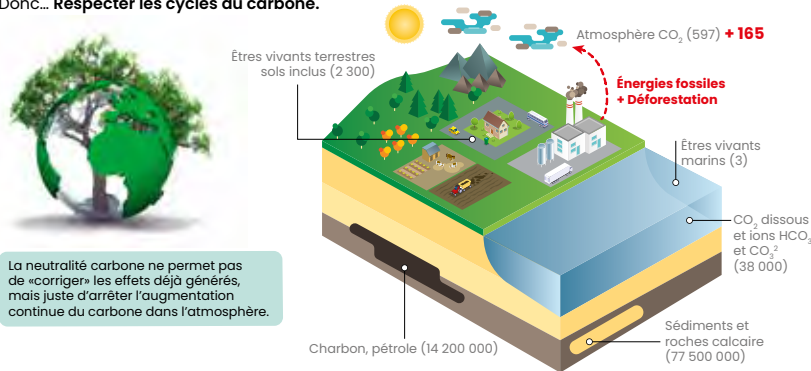
Dans ce livre blanc, nous utiliserons le terme de **décarbonation** en incluant **tous les gaz à effet de serre**.

### Cycle court et cycle long du carbone : comment atteindre la neutralité carbone ?

#### Neutralité carbone

**Neutralité carbone ne veut pas dire «ne pas émettre de carbone».**

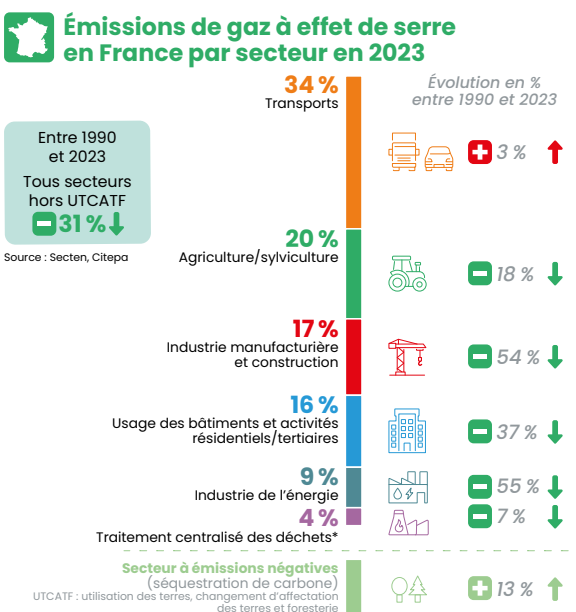
Mais simplement ne pas augmenter la teneur en carbone de l'atmosphère. Donc... **Respecter les cycles du carbone.**



La neutralité carbone ne permet pas de «corriger» les effets déjà générés, mais juste d'arrêter l'augmentation continue du carbone dans l'atmosphère.

Source : © NaTran

### 1.1 • 17 % des gaz à effet de serre en France sont émis par l'industrie



#### LE CHIFFRE

**17 %**

Selon les chiffres de juillet 2024 de l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), **l'industrie** représente en France environ **17 % des émissions de gaz à effet de serre (GES)** en 2023, soit **65 millions de tonnes par an**, ce qui en fait l'un des secteurs clés pour atteindre la neutralité carbone.

**Entre 1990 et 2023, les émissions de l'industrie ont diminué de 54 %, soit la plus forte baisse de tous les secteurs français.**

<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat-2024/fr/livre>

(1) Ministère de l'économie, des finances et de la souveraineté industrielle et numérique (2023). « Transition écologique : une planification pour accélérer la décarbonation des sites industriels. » URL : [Transition écologique : une planification pour accélérer la décarbonation des sites industriels](https://www.economie.gouv.fr/transition-ecologique/une-planification-pour-accelerer-la-decarbonation-des-sites-industriels)

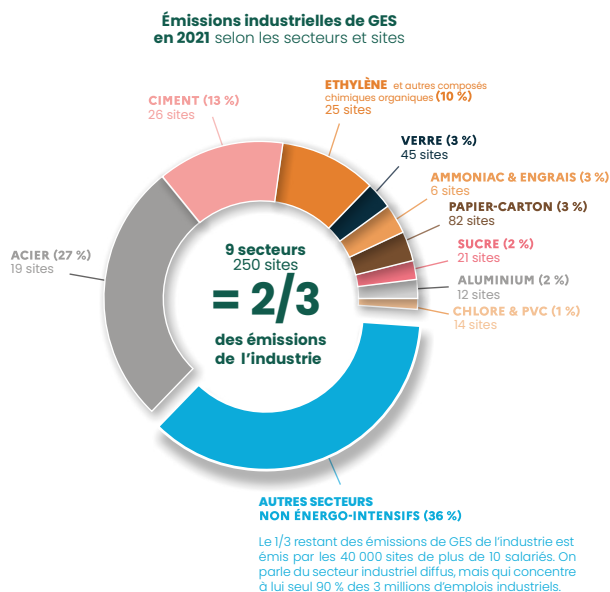
(2) Office québécois de la langue française (2021). « Défossilisation ». URL : [défossilisation](https://www.qlf.gouv.qc.ca/defossilisation)

## 9 SECTEURS

dits énérgo-intensifs, **concentrent les 2/3 des émissions** de GES de l'industrie.

## 250 SITES

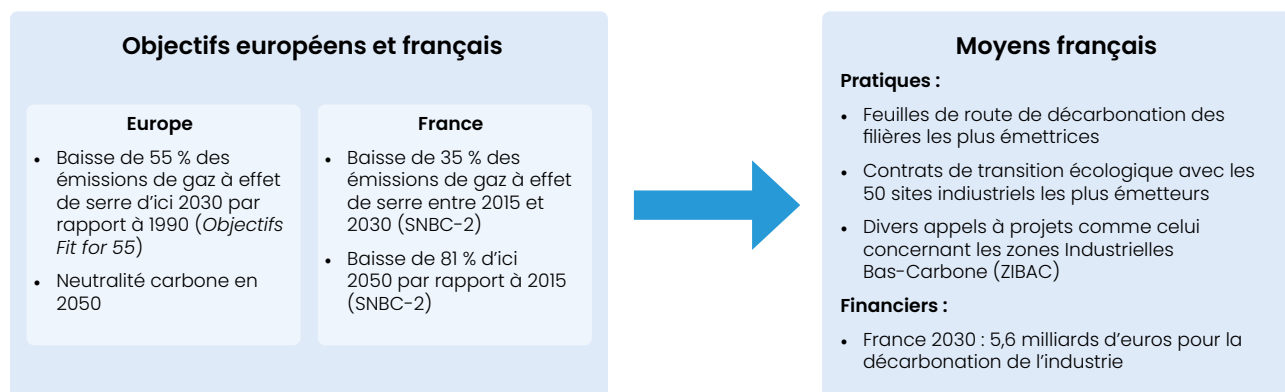
composent ces 9 secteurs. **50 de ces sites concentrent la moitié des émissions** de GES de l'industrie.



Ces émissions de GES se caractérisent par une forte concentration sur certains secteurs, sites et territoires.

- 2/3 de GES sont émis par 9 secteurs industriels sur 250 sites dont 50 concentrent 50 % des émissions de GES
- Le top 3 des secteurs industriels concentre 56 % des émissions de GES sur 102 sites :
  - 1 • Sidérurgie 29 % (23 Mt) 31 sites
  - 2 • Chimie, pétrochimie 14 % (11 Mt) 45 sites
  - 3 • Cimenterie 13 % (10 Mt) 26 sites

## La France et l'Europe s'engagent en faveur de la décarbonation



Sources des informations du graphique : Objectifs européens<sup>(3)</sup>, Objectifs français<sup>(4)</sup>

## LE CHIFFRE

# -31 % de GES en 2030

### En France, deux objectifs chiffrés ont été donnés par l'État à l'industrie :

- -31 % de GES en 2030 par rapport à 2015.
- -81 % de GES en 2050.

La trajectoire pour atteindre ces objectifs demandera de nouveaux efforts. La France, tout en s'engageant fermement dans une politique ambitieuse de relocalisation et de réindustrialisation, cherche à créer de nouvelles usines à très faibles émissions de gaz à effet de serre et à réduire significativement les émissions des industries lourdes historiques.

(3) Règlement (UE) 2021/1119

(4) Ministère de la transition écologique (2020). « Stratégie nationale bas-carbone » URL : [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/19092\\_strategie-carbone-FR\\_oct-20.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/19092_strategie-carbone-FR_oct-20.pdf)  
Feuilles de route filières : Article 30I - LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets (1) - Légifrance ([legifrance.gouv.fr](https://www.legifrance.gouv.fr))

Contrats 50 plus gros émetteurs : « appel du président de la République lorsqu'il a réuni les représentants des 50 sites industriels les plus émetteurs à l'Élysée le 8 novembre 2022 » URL : [Contrats de transition écologique des 50 sites industriels les plus émetteurs | entreprises.gouv.fr](https://www.entreprises.gouv.fr)

ZIBAC : France 2030 : stratégie d'accélération de la décarbonation de l'industrie | [entreprises.gouv.fr](https://www.entreprises.gouv.fr)

AMI décarbonation industrie : [Un appel à manifestation d'intérêt pour développer les capacités de stockage du carbone | economie.gouv.fr](https://www.entreprises.gouv.fr)

## 1.2 • Mesurer les émissions de gaz à effet de serre pour mieux les réduire

Afin de pouvoir réduire les émissions de gaz à effet de serre d'un process industriel, il est d'abord essentiel de connaître la quantité émise : c'est l'objectif de la **comptabilité carbone**. Elle a pour but, en s'appuyant sur des référentiels et des normes, de donner des méthodologies en vue d'aider les différents acteurs dans leur démarche.

Ces comptabilités se répartissent en deux catégories :

- Obligatoires : BEGES, EU-ETS I et II, CSRD.
- Volontaires : GHG Protocol, Bilan Carbone®.

### 1.2.1 • Obligations réglementaires pour les entreprises

#### Bilan des émissions de gaz à effet de serre ou BEGES

Le BEGES a pour objectif de réaliser un **diagnostic des émissions de gaz à effet de serre** des acteurs privés et publics. Ce bilan doit être accompagné d'un plan d'action visant à réduire les émissions. L'article L 229-25 du code de l'environnement rend obligatoire pour les **entreprises de plus de 500 salariés** la réalisation de ce bilan qu'elles doivent renouveler **tous les quatre ans**.

Par ailleurs, la Corporate Sustainability Directive (CSRD), réglementation extra-financière européenne entrée en vigueur le 1er janvier 2024, obligera progressivement dès 2025, toutes les entreprises de plus de 250 salariés et les PME cotées en bourse à réaliser un bilan et un plan de transition<sup>(5)</sup>.

 [Comment établir le bilan carbone d'une entreprise ? | economie.gouv.fr](https://www.economie.gouv.fr)


#### Système d'échange de quotas d'émission de l'UE (SEQE-UE) ou EU Emissions Trading System (EU-ETS)

L'EU-ETS est un **système d'échange de quotas d'émissions**. Il impose un **plafond d'émissions** au niveau européen pour les secteurs les plus émetteurs. Les entreprises reçoivent ou achètent des quotas afin de pouvoir émettre des gaz à effet de serre. Pour atteindre les objectifs climatiques, **le plafond** ainsi que l'allocation des quotas gratuits **diminuent** chaque année. Ce système concerne actuellement **11 000 installations et centrales électriques** et couvrent **45 % des émissions de gaz à effet de serre de l'Union Européenne**. En France, elles sont environ **1 000 installations concernées**. En 2022, les émissions couvertes par l'EU ETS s'élevaient à 1 284 MtCO<sub>2</sub> à l'échelle européenne pour les installations, dont 84 MtCO<sub>2</sub> en France et 349 MtCO<sub>2</sub> en Allemagne<sup>(6)</sup>.

#### C'EST BON À SAVOIR



Dans le cadre des révisions de 2023 de la directive EU-ETS, **un nouveau système d'échange de quotas d'émissions appelé ETS2 a été créé**. Complémentaire et distinct du système d'échange existant, ce nouveau mécanisme devrait démarrer en **2027** et couvrirait les émissions de CO<sub>2</sub> du chauffage des bâtiments, du transport routier et des industriels non concernés par le SEQE-UE 1 (EU-ETS1).

 [Marchés du carbone - SEQE-UE 2 | Ministère du Partenariat avec les territoires et de la Décentralisation Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques Ministère du Logement et de la Rénovation urbaine \(ecologie.gouv.fr\)](https://www.ecologie.gouv.fr)

Le mécanisme EU-ETS entraînant un biais concurrentiel avec les produits importés, l'Europe a mis en place un **Mécanisme d'ajustement carbone aux frontières** (MACF), également connu sous l'acronyme anglais CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism).

Entré en vigueur en 2024, le MACF sera effectivement **mis en place à partir de 2026**. Ce mécanisme vise à imposer à certains produits importés dans l'UE une **tarification du carbone équivalente à celle appliquée aux industriels européens fabriquant ces produits**. Il a pour but de **protéger les entreprises européennes** soumises à une réglementation environnementale exigeante face à la concurrence internationale souvent moins contraignante. En parallèle, les secteurs concernés par le MACF **ne recevront plus d'allocations de quotas gratuits** dans le système EU-ETS. Ce système montera en puissance **jusqu'en 2034**. Les **secteurs du fer et acier, de l'aluminium, du ciment, de l'engrais, de l'électricité et de l'hydrogène**<sup>(7),(8)</sup> seront les premiers concernés dès 2026.

(5) [Bilan GES \(BEGES\) obligatoire : pourquoi et comment le réaliser ? | Big média | S'inspirer, S'informer, S'engager \(bpi.france.fr\)](https://www.bpi.france.fr)

(6) [Marchés du carbone - SEQE-UE | Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires \(ecologie.gouv.fr\)](https://www.ecologie.gouv.fr)

(7) Le portail de la direction générale des douanes et droits indirects. Comprendre le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières.

URL : [https://www.douane.gouv.fr/fiche/comprendre-le-mecanisme-dajustement-carbone-aux-frontieres#:~:text=le%20m%C3%A9canisme%20dajustement%20carbone%20aux%20fronti%C3%A8res%20\(MACF%20%2D%20CBAM,de%20%E2%80%9Cfuite%20de%20carbone%E2%80%9D](https://www.douane.gouv.fr/fiche/comprendre-le-mecanisme-dajustement-carbone-aux-frontieres#:~:text=le%20m%C3%A9canisme%20dajustement%20carbone%20aux%20fronti%C3%A8res%20(MACF%20%2D%20CBAM,de%20%E2%80%9Cfuite%20de%20carbone%E2%80%9D)

(8) Toute l'Europe. Climat : qu'est-ce que le mécanisme d'ajustement carbone aux frontières, ou « taxe carbone européenne ».

URL : <https://www.touteleurope.eu/environnement/changement-climatique-qu-est-ce-que-le-mecanisme-dajustement-carbone-aux-frontieres-ou-taxe-carbone-europeenne/>

## Corporate Sustainability Reporting Directive ou CSRD

Entrée en vigueur le 1er janvier 2024, la réglementation européenne CSRD fixe de nouvelles normes et obligations de **reporting extra-financier**, concernant la transparence en matière de durabilité des entreprises. Cette directive a pour objectif d'harmoniser les pratiques des différentes entreprises européennes. Le reporting porte sur les **facteurs environnementaux, sociaux et de gouvernance de l'entreprise**. Sa mise en place progressive, de 2024 à 2026, permet aux entreprises concernées, à savoir les **grandes entreprises et PME cotées en bourse**, de s'adapter aux nouvelles réglementations.<sup>(9)</sup> La discussion de mars 2025 de la Commission européenne sur la loi omnibus et le Clean Industrial Deal aura un impact sur le contenu et les dates de mise en application de ces directives.

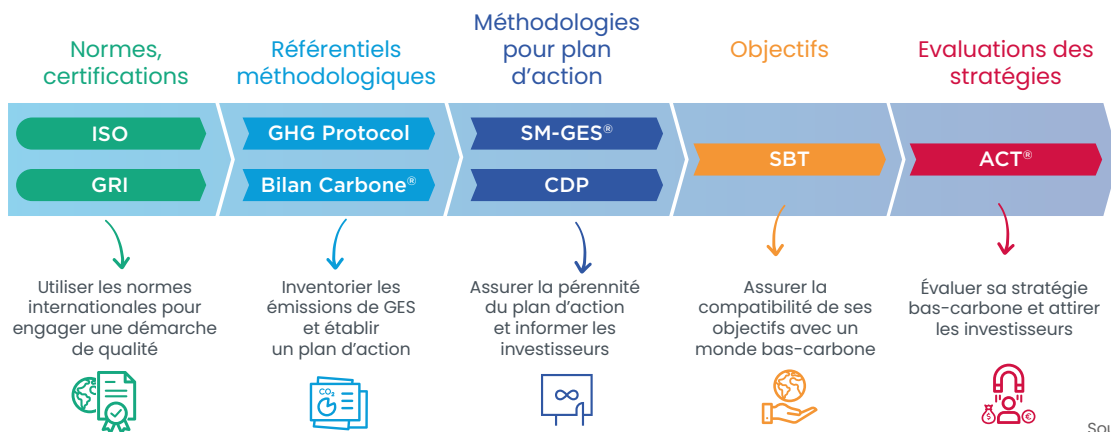
### 1.2.2 • Leviers d'action volontaires mis en œuvre par les entreprises

Au-delà des obligations réglementaires, les entreprises peuvent s'engager de manière **volontaire** dans une démarche de **réduction des émissions de gaz à effet de serre**. Pour valoriser ces démarches, plusieurs dispositifs cohabitent : des normes ou certifications, des référentiels méthodologiques, des méthodologies pour passer à l'action et des systèmes d'évaluation des stratégies.

Les plus connus sont :

- Les Greenhouse Gas (GHG) Protocol.
- Le Bilan Carbone®.

Ces deux référentiels méthodologiques se basent sur, notamment, la norme internationale ISO 14064 portée par l'International Organization for Standardization (ISO).

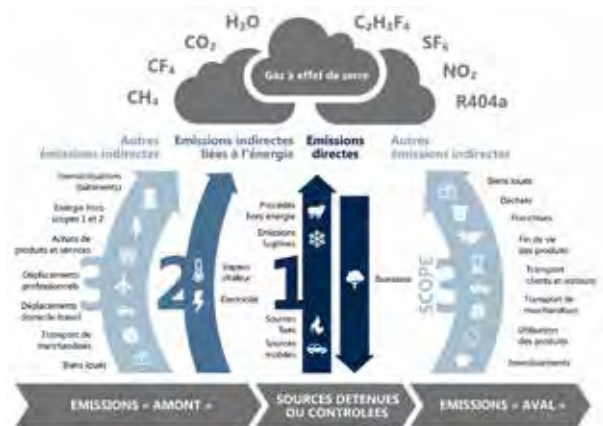


### Greenhouse Gas (GHG) Protocol

Publié pour la première fois en 2001, le GHG Protocol ou protocole des gaz à effet de serre est une méthodologie de comptabilité carbone qui a pour but de **créer un référentiel international** dans ce domaine. Il est le fruit d'une collaboration entre le *World Business Council for Sustainable Development* et le *World Resources Institute*.

Il répertorie les émissions de la structure selon **trois scopes** :

- **Scope 1** - Les **émissions directes** de sources contrôlées par l'organisation à savoir les émissions de gaz à effet de serre provenant des installations fixes ou mobiles de l'entreprise.
- **Scope 2** - Les **émissions indirectes d'origine énergétique** liées à la consommation d'électricité, de vapeur, de chaleur et de froid.
- **Scope 3** - Les **autres émissions indirectes** qui sont liées à la chaîne de valeur complète, notamment issues des achats, que ce soit les émissions en amont de l'entreprise ou en aval.



(9) <https://entreprendre.service-public.fr/actualites/A16970>

(10) Association ABC (2020). « PUBLICATION | Réussir sa transition bas-carbone : les outils et méthodes pour les organisations et les territoires » - Association pour la transition Bas Carbone (abc-transitionbas-carbone.fr)

(11) <https://neutralite-carbone.ec-nantes.fr/fr/bilan-carbone/quest-ce-qu-un-bilan-carbone>

## Bilan Carbone®

Le Bilan Carbone® est une **méthodologie française** créée en 2004 par l'ADEME et la société Carbone4. L'Association pour la transition Bas-Carbone (ABC) porte cet outil depuis 2011. Pensé à l'origine pour un usage interne et pour pousser à l'action, il change de perspective dans les années 2010 en devenant **un outil de reporting** à l'instar du GHG Protocol.

### Normes ISO 14064-1, ISO 14069, ISO 14951

Deux normes ISO existent pour la comptabilité carbone :

- La norme ISO 14064-1, norme pour la **déclaration des émissions de gaz à effet de serre** par les sociétés. Quant à la norme ISO 14069, elle fixe les directives d'application de la norme 14064-1.
- La norme ISO 14951 dite « Data quality » traite de l'usage du biométhane et autorise l'usage des Garanties d'Origine dans la prise en compte du contenu carbone des produits liés au bâtiment (via les fiches FDES).

## 2 • Les atouts du gaz pour l'industrie

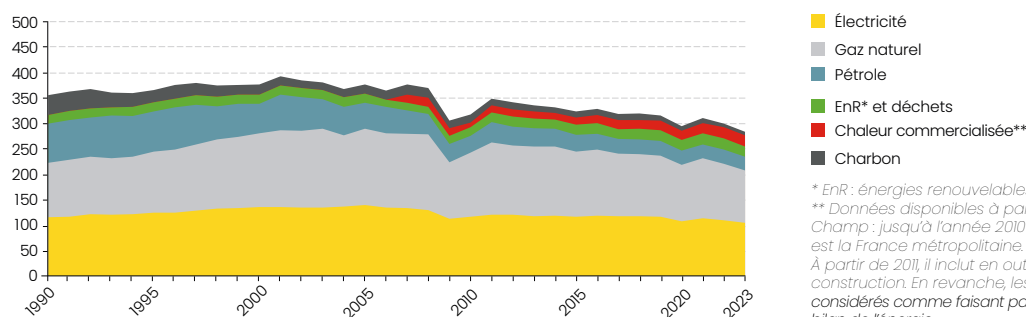
### 2.1 • L'énergie gaz, une énergie adaptée et pertinente pour l'industrie

De nombreuses applications industrielles utilisent le gaz.

L'électricité et le gaz naturel restent les deux vecteurs énergétiques prépondérants dans l'industrie<sup>(12)</sup>.

#### INDUSTRIE : 283 TWh EN 2023 (DONNÉE CORRIGÉE DES VARIATIONS CLIMATIQUES)

En Twh (données corrigées des variations climatiques)



Source : Consommation finale d'énergie par secteur et par énergie | Chiffres clés de l'énergie - Édition 2024 (developpement-durable.gouv.fr)

### Trois grands usages du gaz dans l'industrie

- 1 • Usage **basse température** : le gaz est utilisé comme combustible, notamment pour les **chaudières** (essentiellement pour produire de la vapeur).
- 2 • Usage **haute température** dans les **fours** (fusion, cuisson, maintien, traitement, etc.).
- 3 • Usage en tant que **matière première**.

#### Les chaudières

Elles représentent **50 %** de la consommation totale de gaz dans l'industrie (hors matière première)<sup>(13)</sup>.

Les chaudières produisent de l'eau chaude, de la vapeur d'eau ou de l'eau surchauffée ou modifient la température d'un fluide thermique. Elles alimentent principalement les secteurs de **la papeterie, la chimie, l'agroalimentaire et le textile**.

Il existe trois grands types de chaudières :

- **A tubes de fumées**, les plus répandues dans l'industrie.
- **A tubes d'eau**, d'une puissance plus élevée que les précédentes.
- **Et à serpentin** qui répondent à des usages spécifiques.

(12) Consommation finale d'énergie par secteur et par énergie | Chiffres clés de l'énergie - Édition 2023 (developpement-durable.gouv.fr)

(13) Gas in focus. Usages industriels du gaz naturel. URL : <https://www.gasinfocus.com/usages-industriels-du-gaz-naturel>



## Les fours

Les fours sont des équipements présents dans de très nombreux secteurs. Ils permettent **d'élever en température un produit**. On les retrouve au cœur de procédés très variés. Ils peuvent être utilisés par exemple pour le réchauffage de l'acier avant laminage, le chauffage du pétrole brut avant distillation. On les retrouve aussi directement dans la fabrication de différents produits, comme par exemple, les fours de fusion de verre (creux, plat ou fibre), les fours de cuisson de céramique, de tuiles et de briques, de la chaux, etc.

Il existe une multitude de procédés qui utilisent le gaz au travers d'équipements thermiques industriels qui ne sont ni des fours ni des chaudières. On retrouve par exemple des **brûleurs à flammes** nues qui peuvent être utilisés dans l'automobile (flamassage des plastiques), dans la verrerie médicale (fabrication des ampoules), dans l'agroalimentaire (brasage). **Les sècheurs ou les générateurs d'air chaud** sont aussi des équipements qui, très majoritairement, fonctionnent au gaz et qui sont très utilisés dans l'industrie.

## Le gaz comme matière première

Dans certains process, le gaz est aussi utilisé comme **matière première**, notamment dans **l'industrie chimique ou le raffinage** pour la production d'hydrogène par vaporeformage, de méthanol ou d'ammoniac.

## 2.2 • Les gaz liquides, une énergie indispensable à l'économie des territoires

Les gaz liquides (GPL) participent, principalement en zone rurale, au développement économique local et aux enjeux d'attractivité territoriale. Ils sont la solution gaz des industriels opérant dans les zones non desservies par le réseau de gaz naturel. Très faibles émetteurs de dioxydes d'azote et de suie, ils ne nuisent pas à la qualité de l'air.

### Un outil de performance pour les industriels ruraux

Les gaz liquides répondent aux besoins énergétiques des professionnels en zones rurales dont l'activité nécessite une énergie performante à haut pouvoir calorifique. Ils sont indispensables aux procédés industriels thermiques nécessitant des puissances élevées et pilotables ou une stabilité de la température de flamme. Des spécificités à l'heure actuelle incompatibles avec une technique 100 % électrique.

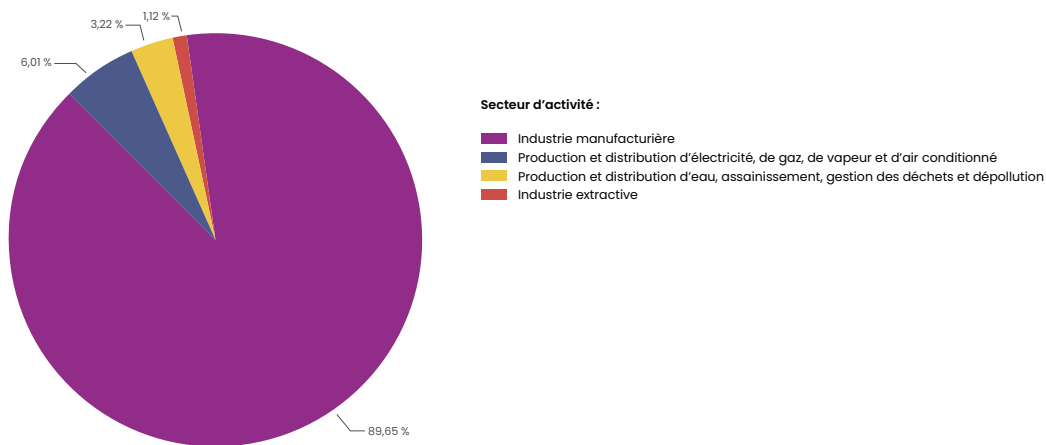
Que ce soit pour faire fondre ou polir le verre et la céramique, sécher la teinture ou les fibres de papier et carton, intervenir dans les process de distillation, de traitement des métaux pour la joaillerie, de chauffage pour les filières céréalières et laitières, ou bien encore de l'ensemble de la chaîne d'activités de scierie et de la transformation et la conservation alimentaires, les gaz liquides répondent aux besoins énergétiques de nombreux professionnels sur l'ensemble du territoire.

### Une garantie de continuité d'activité

Facilement transportables et stockables, les gaz liquides représentent aussi une garantie de continuité d'activité pour de nombreuses industries. Il est en effet fréquent que des industriels disposent d'une solution alternative et complémentaire en sécurisation de leur alimentation en gaz naturel : en cas d'intervention sur le réseau, un réservoir de propane est activable à tout moment.

### Un atout pour la réindustrialisation française sur l'ensemble du territoire

Réindustrialiser la France implique une hausse de la consommation d'énergie par l'industrie, tout en maintenant nos efforts de décarbonation. «Dans sa feuille de route pour la réindustrialisation française à horizon 2035, France Stratégie indique en juillet 2024, *la fourniture d'énergie décarbonée serait, couplée à une augmentation de l'efficacité énergétique, assurée par une forte électrification et une progression de l'utilisation de la biomasse là où l'électrification n'est pas possible*». La réindustrialisation pourrait dès lors peser fortement sur la demande de biomasse notamment alors que cette ressource devrait être disponible en quantité limitée et sera demandée pour d'autres usages (chauffage, biocarburants avancés, etc.). Les gaz et biogaz liquides ont ici un rôle important à jouer pour réindustrialiser avec succès, tout particulièrement les territoires ruraux avec un accès difficile à l'énergie électrique ou aux réseaux de gaz naturel.



VRAI OU FAUX

**On pourra se passer totalement de gaz dans l'industrie ?**

La solution unique n'existe pas, on ne pourra pas tout électrifier ou ne faire que de la vapeur avec du bois-énergie.

Pour son alimentation énergétique, un industriel cherche à sécuriser également d'autres enjeux que sont la **sécurité d'approvisionnement ou encore la continuité d'alimentation** tout en veillant au maintien de sa **compétitivité**. Ces finalités sont assurées en grande partie par les infrastructures gazières développées depuis des décennies. Elles comprennent des réseaux de transport, des installations de stockage, des terminaux méthaniers et des réseaux de distribution, tous régulés par la Commission de régulation de l'énergie (CRE) pour assurer un accès équitable et une intégration efficace au marché européen. Les sources de gaz sur le réseau étant diverses (importations de gaz naturel et productions locales de gaz renouvelable et bas-carbone), l'arrêt de l'une d'entre elles ne met pas en péril l'approvisionnement des utilisateurs finaux (cf. la crise ukrainienne). Les réseaux enterrés sont moins soumis aux aléas climatiques et les capacités de stockage permettent un approvisionnement tout au long de l'année. Ces **capacités de stockage** sécurisent à elles seules **plus d'un tiers de la consommation annuelle** de gaz en France.<sup>(14)</sup>

**C'EST BON À SAVOIR**



**Le gaz répond aux exigences des applications industrielles**

Avec plus de 130 TWh de capacité, les stockages français de gaz sont de loin les « batteries » numéro 1 de notre système énergétique. A titre de comparaison, toutes les capacités du système électrique français permettent de stocker 0,4 TWh d'énergie<sup>(15)</sup> dont environ 0,1 TWh<sup>(16)</sup> provenant des stations de transfert d'énergie par pompage (STEP). En août 2023, la plus grosse batterie électrique stationnaire au monde disposait d'une capacité de 3 GWh<sup>(17)</sup>.

<sup>(14)</sup> Gas Infrastructure Europe – AGSI (gje.eu) & Le stockage de gaz en France | CRE

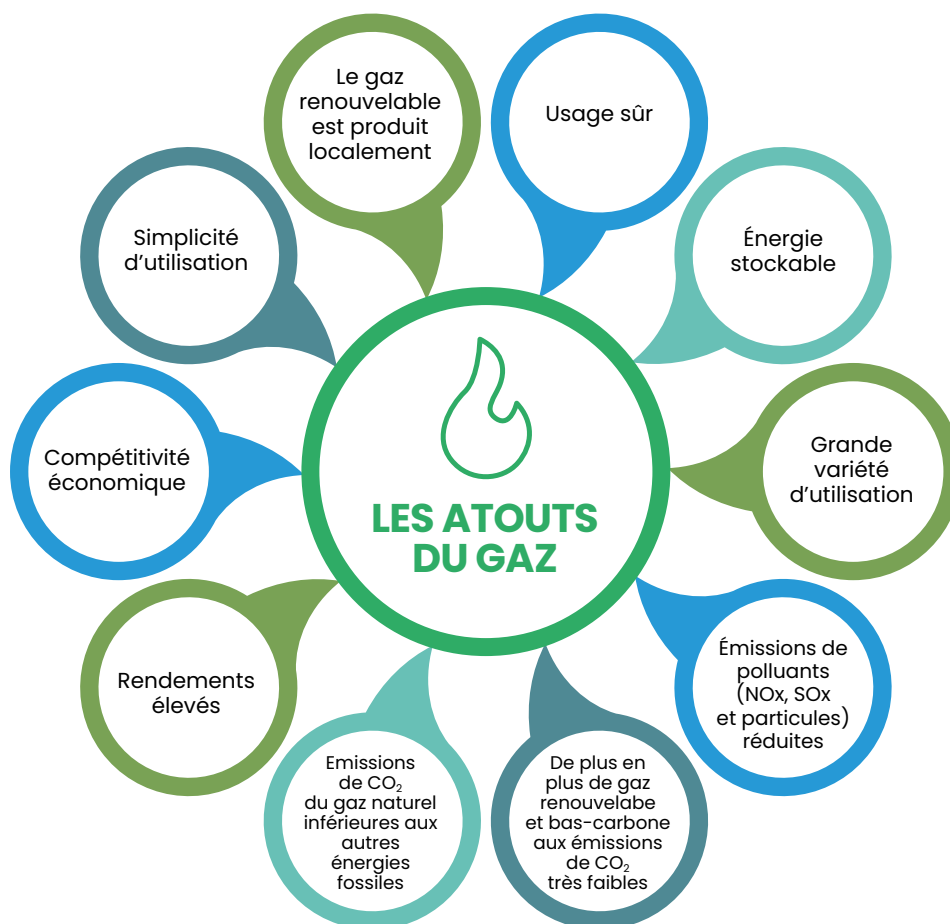
<sup>(15)</sup> Etude portant sur l'hydrogène et la méthanation comme procédé de valorisation de l'électricité excédentaire, ADEME 2014 *Etude portant sur l'hydrogène et la méthanation comme procédé de valorisation de l'électricité excédentaire* – La librairie ADEME

<sup>(16)</sup> Où se trouvent les stations de transfert d'énergie par pompage (STEP) en France ? (revolution-energetique.com)

<sup>(17)</sup> La plus grande batterie du monde a encore pris du poids (revolution-energetique.com)

## 10 BONNES RAISONS DE CHOISIR LE GAZ

- 1 • Le gaz est **simple à utiliser, le démarrage des installations est aisé et rapide**. Sa forte densité énergétique permet des appels de puissance conséquents.
- 2 • Son **usage**, dans le respect des règles de l'art et des normes dédiées, est **totallement sûr**.
- 3 • Avec un prix de la molécule durablement bas, en dehors des crises qui touchent toutes les énergies, le gaz naturel concourt à la **compétitivité des entreprises**.
- 4 • Il offre une **large variété d'utilisations** que ce soit pour cuire, fondre, sécher, chauffer.
- 5 • Le **rendement des installations** utilisant du gaz est **élevé**. En effet, en optimisant l'équipement, les chaudières gaz peuvent atteindre des **rendements supérieurs à 95 %**.
- 6 • Ses caractéristiques physico-chimiques bornées en font un **produit standardisé disponible** pour de nombreuses applications.
- 7 • Le gaz **émet moins de Nox** (oxydes d'azote), **SOx** (oxydes de soufre) **et polluants** que tous les autres combustibles.
- 8 • **Les émissions de gaz à effet de serre** et notamment de CO<sub>2</sub> liées à la combustion du gaz naturel sont **inférieures à celles des autres sources d'énergies fossiles**. Le développement des gaz renouvelables et bas-carbone permettent de diminuer encore davantage ces émissions. Pour exemple, les émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation de **biométhane sont inférieures de 80 % à celles du gaz naturel**<sup>(18)</sup>.
- 9 • Consommer du **gaz renouvelable** se fait sans changer ses installations et donc sans prise de risque industriel sur la fiabilité de son process, la qualité des produits ou encore d'investissements trop coûteux puisqu'il possède les mêmes caractéristiques physico-chimiques que le gaz naturel.
- 10 • **Le gaz renouvelable est produit localement : il renforce la souveraineté énergétique de la France.**



© France gaz

(18) Carbone 4. Biométhane et climat : font-ils bon ménage ?

URL : <https://www.carbone4.com/publication-biomethane-climat> ou *Etude d'analyse du cycle de vie du biométhane injecté dans le réseau de gaz naturel français - GRDF*

### 3 • Quelle place pour les gaz dans l'industrie à horizon 2050 ?

Les enjeux environnementaux actuels et futurs demandent de repenser notre manière de nous déplacer, de produire et de consommer pour être plus économes et limiter nos impacts. Au-delà des choix de société que nous ferons pour adapter nos modes de vie, le système énergétique français devra lui aussi réaliser sa mue pour limiter l'énergie consommée et se passer des énergies fossiles qui sont au cœur de notre système économique actuel.

D'ici 2050, les usages du gaz dans l'industrie auront évolué en diminuant sur les applications basses températures mais en gardant une place prépondérante sur les hautes températures et les usages spécifiques dont l'appoint-secours. Le gaz sera très certainement couplé à d'autres énergies. **Cette hybridation, électricité et gaz, ou énergies renouvelables (EnR) et gaz par exemple, sollicitera de plus en plus le système gazier et ses infrastructures en puissance plutôt qu'en volume.**

#### PAROLE D'EXPERTE



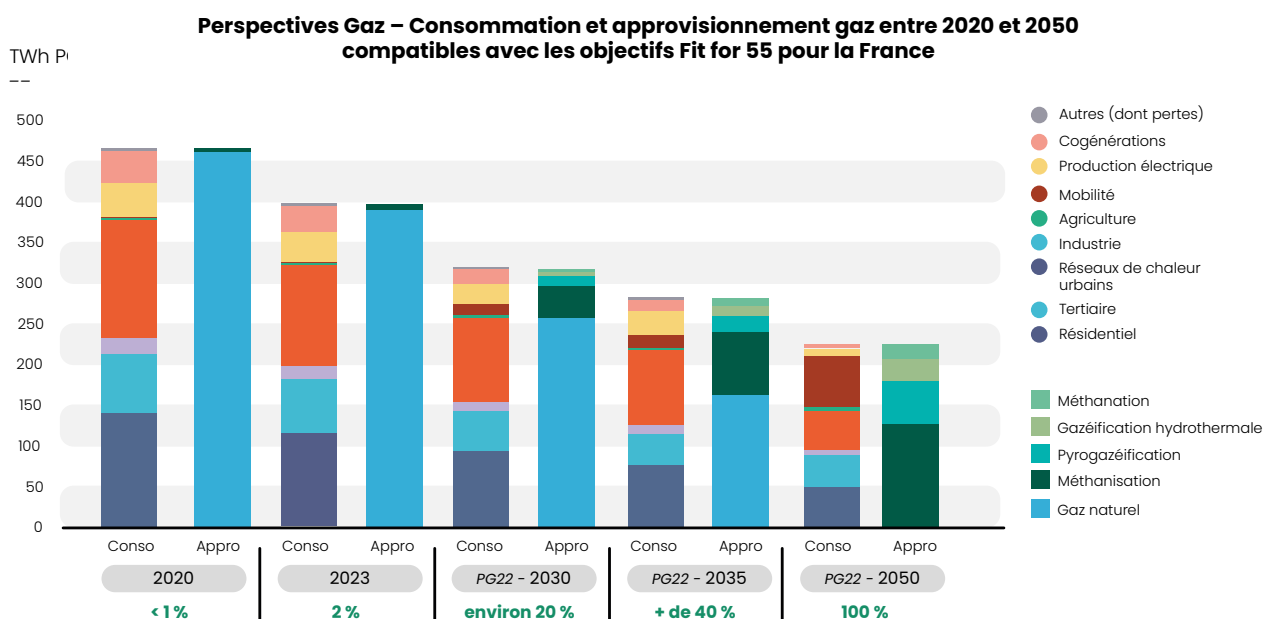
Eliéta CARLU,  
Directrice de l'Alliance ALLICE



« Globalement, les consommations énergétiques devront baisser et celles du gaz en particulier, y compris dans l'industrie. Pour autant, le gaz restera présent dans l'industrie, le gaz vert en tout cas, dans une certaine proportion. Certains secteurs avec certains usages auront toujours besoin de gaz. Je pense notamment aux industriels ayant des applications avec des températures élevées. »

Pour atteindre les objectifs de « Fit for 55 », le scénario doit conduire la France **à réduire d'au moins 47,5 % ses émissions en 2030 par rapport à 2005** (<https://www.horizon-europe.gouv.fr/fit-55-adoption-des-nouveaux-objectifs-climat-energie-europeens-pour-2030-36213>).

Le schéma ci-après traduit les évolutions de consommation et production de gaz verts pour atteindre ces objectifs.



Comme l'illustrent ces perspectives, les transformations des modes de production et de consommation de gaz vont profondément évoluer. Ces transformations auront un impact limité sur les infrastructures ; ces dernières étant adaptées pour assurer l'approvisionnement dont les industriels ont besoin.

Le système gazier permettra également de répondre aux déséquilibres géographiques et temporels entre production et consommation et de gérer le besoin de flexibilité intra journalière<sup>(19)</sup>. De plus, il sera adapté pour accueillir les **gaz renouvelables et bas-carbone**.

**VRAI OU FAUX**

**Adapter les infrastructures gazières pour la transition énergétique va coûter cher**

D'après la Commission de régulation de l'énergie (CRE), « *L'adaptation des réseaux pour accueillir la production de gaz décarboné nécessitera des investissements compris entre 6 et 9,7 milliards d'euros d'ici 2050 en fonction des scénarios* ». <sup>(20)</sup>

Comparativement, RTE (Réseau de transport d'électricité) et ENEDIS prévoient respectivement d'investir environ 100 milliards d'euros d'ici 2040 pour moderniser le réseau d'électricité et l'adapter aux énergies renouvelables. <sup>(21)</sup>

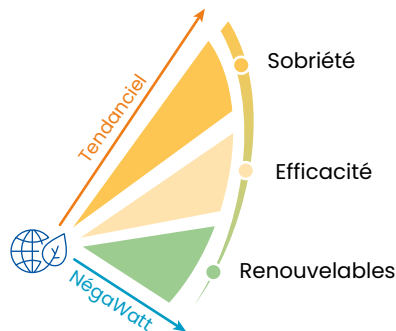
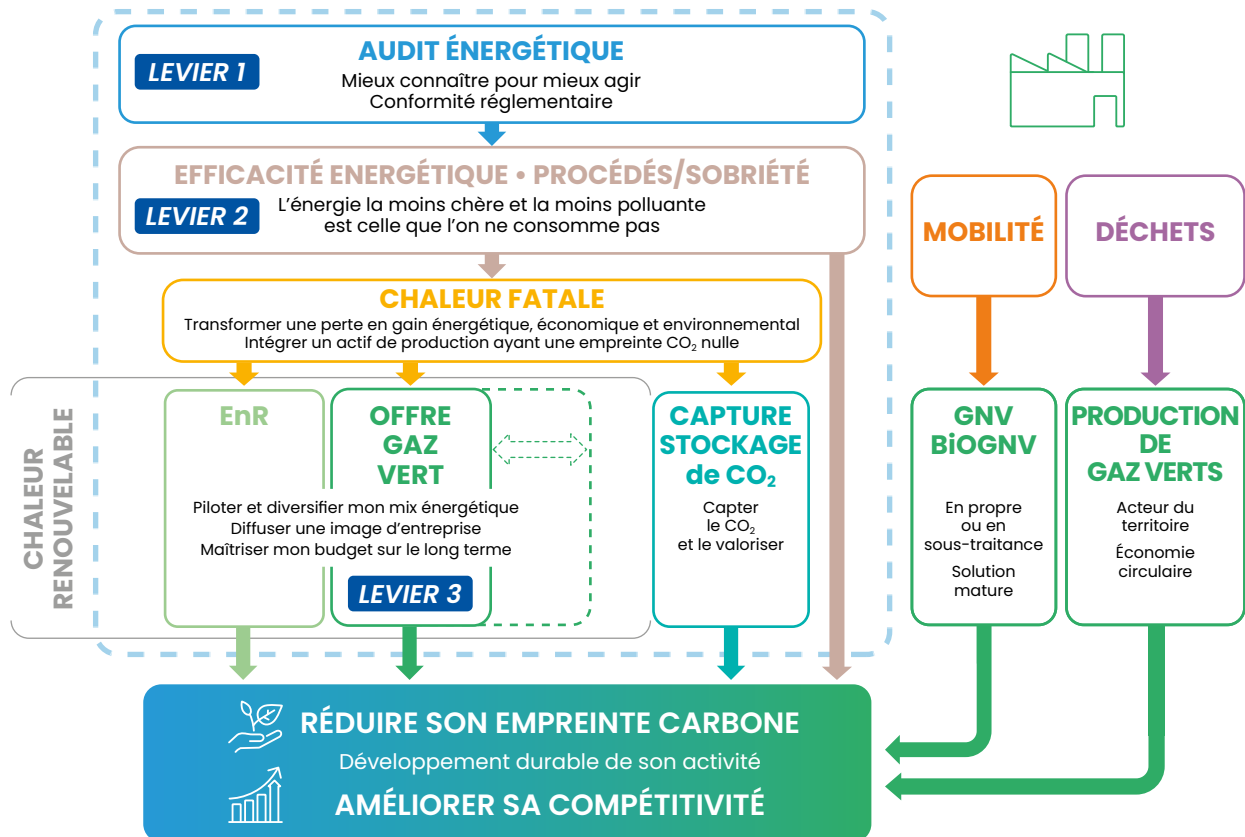
(19) Commission de régulation de l'énergie, Avenir des infrastructures gazières aux horizons 2030 et 2050, dans un contexte d'atteinte de la neutralité carbone. Avril 2023.  
URL : <https://www.cre.fr/documents/Publications/Rapports-thematiques/avenir-des-infrastructures-gazieres-aux-horizons-2030-et-2050-dans-un-contexte-d-atteinte-de-la-neutralite-carbone>

(20) La CRE publie son rapport sur l'avenir des infrastructures gazières | CRE

(21) RTE veut 100 milliards d'euros pour moderniser le réseau électrique français - Transitions & Energies ([transitionsenergies.com](https://transitionsenergies.com))

# QUELS SONT LES LEVIERS POUR RÉDUIRE DRASTIQUEMENT LES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> D'ORIGINE FOSSILE DE L'INDUSTRIE ?

## Le vecteur gaz au service de la maîtrise de l'énergie



**Vous aussi, accélérez la décarbonation de votre industrie grâce aux solutions gaz verts !**  
Les experts GRDF et NaTran vous accompagnent dans vos projets en gaz vert.

**POUR EN SAVOIR PLUS**

## **Sobriété et efficacité énergétique pour améliorer la compétitivité de son activité et limiter l'empreinte environnementale de son process de production.**

### **L'énergie la moins chère et la moins polluante est celle que l'on ne consomme pas.**

La sobriété et l'efficacité énergétique sont les premiers leviers de décarbonation à activer par un industriel. Elles permettent d'optimiser la consommation énergétique, de diminuer les coûts de production et de limiter l'empreinte environnementale de son process de production.

### **L'objectif est de transformer son process industriel pour consommer moins d'énergie à service rendu équivalent.**

#### **Sobriété énergétique et l'efficacité énergétique, de quoi parle-t-on ?**

Selon l'association négaWatt<sup>(22)</sup> : « Alors que l'efficacité énergétique permet d'utiliser moins d'énergie pour satisfaire un besoin, la sobriété consiste, quant à elle, à réduire le besoin à la source ».

Selon la Directive (UE) 2023/1791 relative à l'efficacité énergétique<sup>(23)</sup> :

- Efficacité énergétique : « le rapport entre les résultats, le service, le bien ou l'énergie que l'on obtient et l'énergie consacrée à cet effet. »
- Amélioration de l'efficacité énergétique « un accroissement de l'efficacité énergétique à la suite de modifications d'ordre technologique, comportemental ou économique. »

#### **PAROLE D'EXPERTE**



Eliéta CARLU,  
Directrice de l'Alliance ALLICE



*« La sobriété est un levier à la main des utilisateurs finaux, de la société au sens large. Elle a un impact sur la demande et donc de manière indirecte sur la production industrielle. L'efficacité énergétique, quant à elle, est vraiment un moyen que les industriels peuvent activer eux-mêmes, à leur échelle. »*

### **LEVIER 1 • Audit énergétique : mieux connaître pour mieux agir**

Toute démarche de réduction des consommations énergétiques et des émissions de CO<sub>2</sub> commence par un comptage des flux. Ainsi, il est important de connaître les postes d'émissions et de consommation majeurs de son process industriel afin de cibler les actions les plus pertinentes à mettre en œuvre. C'est pourquoi, il est important d'effectuer au préalable un **audit énergétique**. Sans mesure, pas d'amélioration effective.

#### **1.1 • Conformer son site industriel aux dispositions réglementaires**

Depuis 2015, toutes les entreprises d'au moins 250 salariés ou déclarant un chiffre d'affaires supérieur à 50 millions d'euros et un bilan supérieur à 43 millions d'euros sont obligées de réaliser l'exercice de l'audit énergétique (hormis les entreprises certifiées ISO 50001) sur au moins 80 % de leur facture énergétique<sup>(24)</sup>.

Ces critères évolueront lors de la transposition de la directive 2023/1791 qui interviendra au plus tard le 11 octobre 2025. En effet, seules les consommations énergétiques (tous secteurs confondus) sont prises en compte :

- Consommation annuelle moyenne au cours des trois années précédentes > 10 TJ (soit 2,7 GWh) : obligation d'effectuer un audit énergétique avant le 11/10/2026 puis tous les quatre ans.
- Consommation annuelle moyenne au cours des trois années précédentes > 85 TJ (soit 23,6 GWh) : obligation de mettre en place un système de management de l'énergie certifié avant le 11/10/2027.

(22) NégaWatt. [Sobriété et efficacité énergétique](#).

(23) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L1791>


(24) Ministère de la Transition Ecologique et de Cohésion des Territoires (2016). « Audit énergétique des grandes entreprises »  
URL : [Audit énergétique des grandes entreprises | Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires \(ecologie.gouv.fr\)](#)

## 1.2 • Comment financer l'audit énergétique de son installation fonctionnant au gaz ?

De nombreuses aides financières existent pour améliorer l'efficacité énergétique des procédés industriels.

### Les aides financières pour mieux connaître ses flux énergétiques et leurs potentiels d'amélioration

Fiche CEE (IND-UT-134)	Diag Eco-Flux	Aide à l'audit énergétique en industrie	Diag Décarbon'Action
<p><b>Pour qui ?</b> Tous les industriels.</p> <p><b>Quoi ?</b> Mise en place d'un système de mesurage d'indicateurs de performance énergétique.</p>	<p><b>Pour qui ?</b> TPE / PME</p> <p><b>Quoi ?</b> Optimisation des flux d'énergie, de matière, d'eau et de déchets.</p> <p><b>Financement ?</b> Cofinancement à 50 % par l'ADEME.</p>	<p><b>Pour qui ?</b> PME et sites industriels de moins de 250 salariés non soumis à l'obligation d'audit énergétique. Seuls les locaux d'activité tertiaire sont éligibles.</p> <p><b>Quoi ?</b> Identification des sources d'économies possibles et mise en place d'un plan d'action.</p> <p><b>Financement ?</b> Financement par l'ADEME jusqu'à 70 % du coût.</p>	<p><b>Pour qui ?</b> Entreprises de moins de 500 salariés n'ayant jamais fait de bilan de gaz à effet de serre.</p> <p><b>Quoi ?</b> Mesure des émissions et mise en place d'un plan d'action.</p> <p><b>Financement ?</b> Cofinancement à 50 % par l'ADEME.</p>

 Une fiche CEE (IND-UT-134)<sup>(25),(26),(27)</sup>  
Diag Eco-Flux  
L'aide à l'audit énergétique en industrie<sup>(28)</sup>  
Diag Décarbon'Action



**Vous aussi, accélérez la décarbonation de votre industrie grâce aux solutions gaz verts !**

**Les experts GRDF et NaTran vous accompagnent dans vos projets en gaz vert.**

**POUR EN SAVOIR PLUS**

## LEVIER 2 • Optimiser la sobriété et l'efficacité énergétique de son installation fonctionnant au gaz

Les investissements pour améliorer l'efficacité énergétique peuvent être progressifs et parfois même à CAPEX très faibles.

L'optimisation de la sobriété et de l'efficacité énergétique des installations fonctionnant au gaz répondent à trois enjeux :

- **Enjeu de compétitivité** : selon les experts, les mesures d'efficacité énergétique permettent de réduire en moyenne la consommation d'énergie de 15 à 30 %, voire plus, selon les secteurs, l'état initial des équipements ou encore les travaux effectués.
- **Enjeu de décarbonation** : diminuer ses consommations et/ou récupérer la chaleur fatale sur son installation concourt à réduire concrètement ses propres émissions de GES.
- **Enjeu de résilience** : être plus sobre énergétiquement permet aux industriels de mieux adapter leur demande énergétique en adéquation avec l'offre d'énergies renouvelables qui mettra plusieurs années à s'étoffer.

(25) Opéra Energie, Charlotte Martin. Performance énergétique des industriels. URL : <https://opera-energie.com/performance-energetique-industrie/>

(26) Ministère de la transition écologique. Système de mesurage d'indicateurs de performance énergétique. URL : <https://calculateur-cee.ademe.fr/pdf/display/228/IND-UT-134>

(27) Opéra énergie, Caroline Dusanter. IND-UT-134 : Système de mesurage d'indicateurs de Performance Energétique (IPE). URL : <https://opera-energie.com/ind-ut-134/>

(28) ADEME (2024). « Audit énergétique en industrie ». URL : <https://agirpourlatransition.ademe.fr/entreprises/aides-financieres/2024/audit-energetique-industrie>



### Se décarboner, c'est nécessairement avoir un actif de transformation énergétique sur site ?

- ☒ Seule une minorité de sites industriels pourrait couvrir 100 % de leurs usages électriques, chaleur ou encore matière première avec des outils de transformation sur site (chaudière bois-énergie, champs photovoltaïques sans risque accru sur le plan de la sécurité d'approvisionnement). Les réseaux permettent de faire converger de manière efficace les diverses sources d'approvisionnement et de consommation en contribuant à atteindre l'optimum économique et la sécurité d'approvisionnement.

## 2.1 • Comment récupérer la chaleur fatale ?

### Chaleur fatale, de quoi parle-t-on ?

« La chaleur de récupération (ou chaleur fatale) est la chaleur générée par un procédé dont l'objectif premier n'est pas la production d'énergie, et qui de ce fait n'est pas nécessairement récupérée. Il s'agit de capter puis transporter cette chaleur, qui serait perdue, pour favoriser son exploitation sous forme thermique »<sup>(29)</sup>.

Source : Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques

### LE CHIFFRE

**50 %**

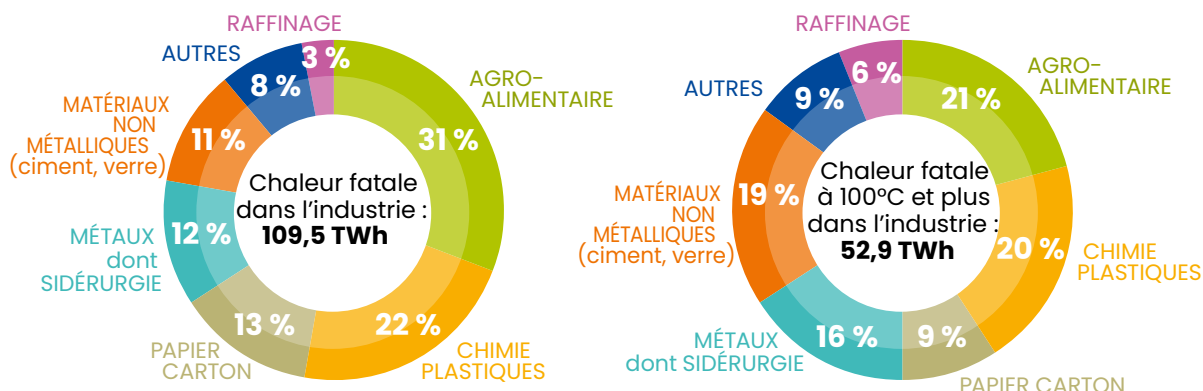
Selon un rapport de l'ADEME de 2017, la chaleur fatale dans l'industrie française représentait 109,5 TWh, soit près de 36 % de la consommation de combustibles de l'industrie, rejetés sous forme de chaleur, dont 52,9 TWh perdus à plus de 100°C. C'est autant d'énergie disponible qui, dans de nombreux cas, peut être récupérée pour améliorer le rendement global d'une usine. C'est donc un **levier majeur pour la décarbonation et la compétitivité de l'industrie**.

Plusieurs entreprises de la Tech française développent actuellement des systèmes qui récupèrent la chaleur fatale pour en faire de l'électricité ou du froid par exemple. Dans certains cas, le **taux de récupération d'énergie peut atteindre 50 %**.

**109,5 TWh**, soit **36 %** de la consommation de combustibles de l'industrie, rejetés sous forme de chaleur, dont **52,9 TWh** perdus à plus de 100°C

### Origine du gisement

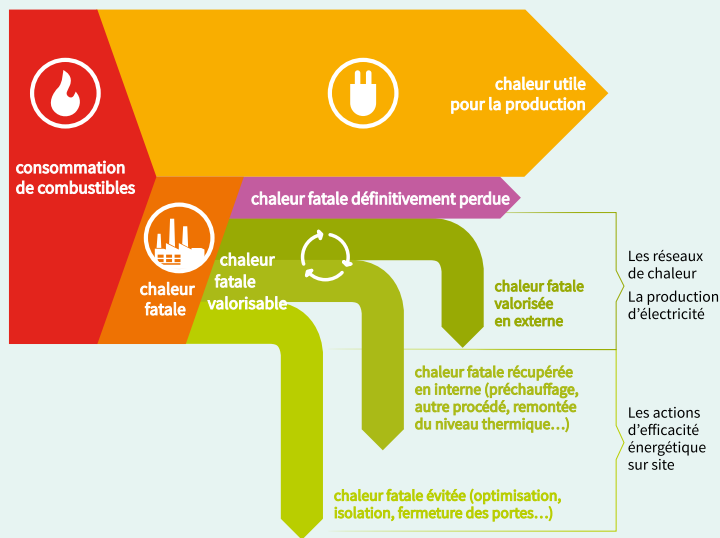
La moitié du gisement concerne les deux grands secteurs de l'agroalimentaire et de la chimie.



Source : Chaleur fatale - La librairie ADEME (édition 2017)

(29) Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques. Chaleur de récupération des procédés industriels. 23 août 2018.  
URL : <https://www.ecologie.gouv.fr/chaleur-recuperation-des-procedus-industriels>

## COMMENT ÇA MARCHE ?



Source : *Chaleur fatale - La librairie ADEME*

Deux usages de valorisation de la chaleur fatale sont possibles :

• **Au sein même du site industriel.**

Dans le cadre d'une valorisation interne, l'industriel réduit sa consommation d'énergie primaire et, de fait, ses coûts de production. Cette démarche améliore l'efficacité énergétique de ses process tout en réduisant ses émissions de gaz à effet de serre.

• **A l'extérieur du site industriel** pour répondre aux besoins d'autres agents économiques.

Les sources de chaleur fatale sont diverses et cette chaleur peut prendre différentes formes : des rejets liquides, gazeux ou diffus ; la température de ces rejets varie entre 30°C et plusieurs centaines de degrés. Plus la source est diffuse ou de bas niveau thermique, plus la valorisation de la chaleur est complexe. La chaleur fatale concerne tous les secteurs industriels. Le choix de la solution se fait au cas par cas, en fonction des caractéristiques spécifiques des process de l'industriel sur lesquels cette chaleur fatale est récupérée mais aussi en fonction des opportunités locales.

**C'EST BON À SAVOIR**

Les démarches d'efficacité énergétique doivent être effectuées préalablement à la mise en place d'un système de récupération de chaleur fatale. La connaissance des sources de chaleur, de la qualité des fumées sur lesquelles la chaleur va être récupérée et des différentes voies de valorisation est également indispensable.

Trois types de valorisation de la chaleur fatale sont possibles :

- 1 • L'utilisation directe de la chaleur.
- 2 • La remontée du niveau thermique de la chaleur.
- 3 • Le changement de vecteur énergétique.

La chaleur fatale récupérée peut être directement utilisée soit sur l'équipement générateur de chaleur en préchauffant de l'air, de l'eau, des matériaux ou des pièces mais elle peut également servir à d'autres procédés comme le séchage ou encore permettre de chauffer les locaux.

Cependant, il se peut que la production de la chaleur fatale et le besoin de cette dernière ne soient pas simultanés. Dans ce cas, il est nécessaire de mettre en place un système de stockage de la chaleur que ce soit dans un ballon d'eau chaude, un stockage en lit de roche ou toute autre technologie.

## PAROLE D'EXPERT



Julien POULAT,  
Directeur commercial CORETEC



« Pour la décarbonation de manière générale mais c'est encore plus vrai pour la récupération de chaleur fatale, le sur-mesure est indispensable ; chaque usine ayant ses propres spécificités et contraintes. Des nombreux retours d'expériences que nous avons, les solutions de récupération de chaleur fatale sont largement accessibles et permettent d'économiser entre 5 et 10 % des volumes de gaz consommés. Ce type de solution est globalement mature et accessible financièrement à la plupart des secteurs industriels. Tout notre savoir-faire repose sur la confiance à instaurer avec l'industriel car il faut travailler au plus près du process. L'industriel doit montrer une certaine ouverture car il est parfois nécessaire de faire des adaptations de l'outil industriel. »

Il se peut que le besoin thermique final ne soit pas forcément à la même température que le rejet. Il est donc nécessaire d'élever cette température. Les principales solutions techniques sont :

- La pompe à chaleur électrique ou à absorption gaz.
- La (re)compression mécanique de vapeur qui permet de valoriser la chaleur contenue dans les vapeurs issues d'un procédé de concentration ou de séchage.
- Le changement de vecteur énergétique avec par exemple, une machine Organic Rankine Cycle (ORC), qui permet de produire de l'électricité à partir de cette chaleur.

### Des technologies de plus en plus nombreuses et éprouvées

Aujourd'hui, de nombreuses technologies se développent y compris en hybridation. Pouvant s'implémenter sur des procédés gaz, elles permettent de réduire de manière très significative les consommations d'un site industriel notamment en augmentant l'efficacité des procédés et/ou en récupérant une part importante de la chaleur fatale.

## Solutions innovantes de récupération de chaleur fatale des entreprises membres de France Cleantech Industries (FCI)



Airthium propose à ses clients des secteurs agroalimentaires, chimiques et du papier de valoriser leur chaleur fatale en la réhaussant à la température souhaitée jusqu'à 550°C par un nouveau type de pompe à chaleur ultra-haute température.

<https://airthium.com/>



Développé par Ananké, le module de cogénération breveté KEOS transforme la chaleur fatale haute température (dès 450°C) en chaleur utile (jusqu'à 300°C) et en électricité ou en air comprimé.

<https://ananke.eu/>



Développée par CIXTEN, la technologie TCC (Thermo Compression Cycle) valorise la chaleur fatale dès 60°C en utilisant les propriétés du CO<sub>2</sub> supercritique combinées à un compresseur thermique pour générer de l'électricité.

<https://www.cixten.fr/>



Développée par Eco-Tech Ceram, la technologie Eco-Stock® permet de capter, stocker et valoriser la chaleur fatale sous forme de chaleur à haute valeur ajoutée : à partir de 25€/MWh, prix stable et décarbonée.

<https://ecotechceram.com/>



Le PULSE valorise la chaleur fatale industrielle entre 60 et 150°C. Grâce à un cycle thermodynamique pulsé breveté, cette solution produit de l'électricité avec un rendement entre 5 et 15 %, dépendant de la température d'entrée.

<https://entent.fr/>



ExtraJool® valorise la chaleur fatale industrielle à partir de 180°C sur des puissances allant de 20kWe à 100kWe. Grâce à un moteur Ericsson à piston liquide, cette innovation produit de l'électricité et également de la chaleur en cogénération sous forme d'air chaud à 100°C.

<https://extrajool.com/>



Heatlift valorise la chaleur fatale basse température en concevant des compresseurs et systèmes de pompes à chaleur produisant de 3 à 15 MW de vapeur, eau chaude ou air chaud, de 90°C à plus de 200°C avec un COP optimal.

<https://www.heatlift.com/>



Développée par Hevatech, la technologie H2P® valorise la chaleur fatale industrielle jusqu'à 1 000°C. Grâce à un moteur à air chaud innovant, cette solution produit de l'électricité ou de l'air comprimé, ainsi que de la chaleur en cogénération sous forme d'air chaud jusqu'à 500°C. Rendement global jusque 70 %.

<https://www.hevatech.fr/fr>



Terraao permet de valoriser la chaleur fatale industrielle tout en purifiant les rejets gazeux. Elle s'adapte même aux conditions les plus difficiles, traitant efficacement les effluents les plus corrosifs et colmatants.

<https://terraao.fr/>



Avec sa technologie unique et brevetée de micro-turbomachines, Enogia permet à ses clients de produire de l'électricité décarbonée (allant de 10KWe à 3MWe en couplant plusieurs modules).

<https://enogia.com>



Water Horizon accompagne les industriels dans leur transition énergétique grâce à sa technologie disruptive sous forme de batterie thermique mobile. Celle-ci permet de récupérer la chaleur fatale basse température (dès 60°C) et de la distribuer à un utilisateur final, sous forme de chaud ou de froid de récupération, à un autre moment et un autre endroit.

<https://water-horizon.com>

### Site industriel

John Deere, fabrication d'équipements pour l'agriculture à Arc-lès-Gray (Haute-Saône)

### Stratégie de décarbonation avec une réduction des consommations et l'utilisation d'énergie renouvelable.

#### Gains obtenus :

- Réduction de l'empreinte carbone avec une diminution par 3 des consommations pour le chauffage de nos ateliers et remplacement par des systèmes plus performants de radiants gaz.
- Récupération de la chaleur fatale des fours pour le chauffage des bains de traitement avec un gain de 1,2 GW de gaz.
- Pour compléter sa stratégie de décarbonation après l'optimisation énergétique et la réduction de ses consommations, John Deere prévoit la bascule vers le gaz vert en remplacement du gaz naturel.

### PAROLE D'INDUSTRIEL



Philippe LUCAND,  
Responsable travaux neufs et  
maintenance, JOHN DEERE



#### **En quoi consiste l'activité de John Deere et comment la question énergétique s'intègre dans celle-ci ?**

«L'usine John Deere à Arc-lès-Gray (Haute-Saône) est spécialisée dans la production de presses à balles, chargeurs frontaux et composants inter usine. L'usine fonctionne de manière intégrée, de la découpe des tôles à l'assemblage final, en passant par la soudure et la peinture. Aussi, les besoins énergétiques sont importants avec des consommations de 9 GWh d'électricité et 17 GWh de gaz. Conscient des enjeux liés à la question énergétique et à la préservation des ressources naturelles, John Deere est engagé depuis 2010 dans un vaste plan d'action de réduction de consommation énergétique. Ce plan repose sur trois axes fondamentaux : la réduction de la consommation d'énergie, la récupération d'énergie et l'utilisation des énergies renouvelables. L'objectif principal de l'entreprise est de préserver les ressources naturelles pour ses clients et de créer une usine à faible impact énergétique.»

Depuis 2012, John Deere s'est fixé comme objectif de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 2,5 % par an. Pour aller encore plus loin dans leurs efforts, le groupe a établi un objectif à long terme : réduire de 30 % nos émissions de CO<sub>2</sub> d'ici 2030. Afin d'atteindre cet objectif ambitieux, John Deere s'est dotée d'un outil de pilotage énergétique permettant de surveiller et d'analyser de près les différentes consommations énergétiques par secteurs. Ainsi, cela permet de repérer les sources de gaspillage et d'identifier des projets de réduction. Dans cette quête de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, John Deere collabore avec GRDF pour étudier des solutions d'utilisation de gaz vert, un gaz renouvelable avec seulement 22 g de CO<sub>2</sub> par kWh. Cette caractéristique est essentielle pour décarboner jusqu'à 90 % de nos consommations gaz.»

#### **Quelles sont les solutions que votre entreprise a mises en place ou va mettre en place pour consommer du gaz de manière responsable ?**

«En vue de consommer du gaz de manière responsable, John Deere a mis en place et continuera de mettre en place plusieurs solutions. Entre 2015 et 2023, nous avons réussi à réduire la consommation de gaz pour le chauffage de nos ateliers de 6 GWh à 2 GWh grâce à la réalisation de deux projets simultanément : le renforcement de l'isolation des toitures et le remplacement des chauffages radiants gaz par des modèles plus performants. Actuellement, un projet vise à récupérer la chaleur produite par les fours afin de chauffer nos bains de traitement de surface en peinture. Cette initiative engendrera une réduction annuelle de la consommation de gaz de l'ordre de 1,2 GWh. De plus, il ya également le projet d'utilisation du biométhane sur notre site. Cette alternative renouvelable au gaz naturel nous permettra de réduire notre empreinte carbone tout en continuant à répondre à nos besoins énergétiques.»

## Site industriel

Céramiques et Développement-Tegulys à Meymac (Corrèze)

**Solution Eco-Stock® par Eco-Tech Ceram : valorisation de chaleur fatale haute température par stockage thermique.**

**Gains obtenus (\*) :**

- Rendement thermique > 93 %
- Impact décarbonation : 480 MWh PCS économisés par an, équivalent à 18 % de la consommation totale de l'usine et à 115 tonnes de CO<sub>2</sub> évitées par an.

(\*) Campagne d'instrumentation réalisée sur site en 2023 par le CETIAT pour le compte de GRDF.

## PAROLE D'INDUSTRIEL



Nicolas DUCROT,  
PDG TEGULYS



« Nous sommes le premier site industriel à avoir accueilli la solution Eco-Stock® développée par la société Eco-Tech Ceram en 2019. Nous sommes doublement satisfaits : la solution Eco-Stock® permet d'améliorer l'efficacité énergétique de notre production mais également d'augmenter notre capacité de production. »



<https://www.youtube.com/@eco-techceram5823>



## Des solutions en hybridation électrique

L'hybridation électrique des procédés gaz permet de **réduire leur empreinte carbone tout en permettant d'accéder à une flexibilité optimale** pour profiter des meilleurs atouts des deux énergies en fonction des différentes périodes de l'année.

## 2.2 • Comment financer l'efficacité énergétique de son installation fonctionnant au gaz ?

### 2.2.1 • Grâce aux Certificats d'économie d'énergie

**Les Certificats d'économie d'énergie (CEE) sont un dispositif mis en place par la loi POPE (Programme fixant les Orientations de la Politique Énergétique<sup>(30)</sup>) de 2005 pour améliorer l'efficacité énergétique des particuliers, du tertiaire et de l'industrie.**

Le principe est d'imposer à des « obligés », principalement des fournisseurs d'énergie de réaliser des économies d'énergie. Pour ce faire, les « obligés » peuvent acheter des CEE sur le marché dédié à des tiers non obligés ou bien ils peuvent financer des travaux de rénovation thermique. 1 CEE équivaut à 1 kWh cumac<sup>(31)</sup> d'énergie finale.

Les entreprises et les particuliers peuvent donc par le biais de ce dispositif accéder à une **aide au financement de projets d'amélioration d'efficacité énergétique.**



Le Ministère de la Transition Écologique a établi une liste de fiches CEE standardisées dont 34 concernent l'industrie. Vous trouverez le détail de ces fiches à la fin de ce livre blanc, à la rubrique « Ressources utiles ».

(30) Loi n° 2005-781 du 13 juillet 2005 de programme fixant les orientations de la politique énergétique <https://www.legifrance.gouv.fr/oda/td/JOFRTEXT000000813253>

(31) « Le terme «cumac» correspond à la contraction de «cumulés» et «actualisés». Par exemple, le montant de kWh cumac économisé suite à l'installation d'un appareil performant d'un point de vue énergétique correspond au cumul des économies d'énergie annuelles réalisées durant la durée de vie de ce produit. Les économies d'énergie réalisées au cours de chaque année suivant la première sont actualisées en divisant par 1,04 les économies de l'année précédente (taux d'actualisation de 4 %). ».

Source : [Dispositif des Certificats d'économies d'énergie | Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires \(ecologie.gouv.fr\)](#)

## 2.2.2 • Grâce aux financements de type « tiers financeurs »

Depuis peu, des structures publiques ou privées proposent des solutions de financement externes dévolues aux projets industriels de décarbonation.

Ces entités ont des modèles économiques différents mais qui se basent tous sur une avance des CAPEX en lieu et place de l'industriel, qui est donc libéré de cette charge.

Dans certains cas, des SPV (Special Purpose Vehicles) sont créés pour gérer des fonds communs de créances et un CPE (Contrat de performance énergétique) peut être établi indirectement entre l'industriel et l'investisseur afin d'identifier et contractualiser les gains énergétiques réalisés.

Ces modèles de financement apportent de nombreux avantages à l'industriel final. Il s'agit donc de leviers très puissants qu'il faut potentiellement envisager comme solutions de financement.

### C'EST BON À SAVOIR



**Efficacité énergétique** et **sobriété** sont les deux facettes d'une même intervention qui consiste à optimiser les consommations d'énergie des procédés haute ou basse température par la mise en place des meilleures techniques disponibles (MTD), le réglage des combustions et une réflexion autour des facteurs organisationnels et humains.

### PAROLE D'EXPERTE



Clémence CORVEE,  
Cheffe de projets,  
référente Energie et Environnement,  
Groupe BONDUELLE



*« L'efficacité énergétique devient de plus en plus un réflexe notamment grâce à l'ISO 50001. Mais il reste toujours quelque chose à faire ! Cela passe, par exemple, par le renouvellement des équipements : équipements process, éclairage LED, starts-and-stops, remplacement des moteurs ou des variateurs, optimisation des chaudières à gaz... Et puis, il ne faut pas sous-estimer les changements d'habitudes accompagnés au quotidien par la conduite du changement. »*

## LEVIER 3 • Diversifier et optimiser le mix énergétique grâce aux solutions gaz verts

**Pour réduire davantage encore les émissions de carbone, il est pertinent d'étudier l'intégration de gaz vert dans la consommation d'un site industriel, dans une proportion à déterminer. La mise en place d'une part d'électrification est également envisageable. Cela peut apporter de la flexibilité. Le couplage à d'autres énergies renouvelables, telles que le solaire, est par ailleurs très pertinent si la solution est économiquement viable.**

Chaque site industriel a ses spécificités et ses contraintes. L'optimisation du mix énergétique et l'intégration d'EnR nécessitent une étude spécifique préalable afin d'obtenir l'optimum souhaité.

Le gaz vert permet une décarbonation **sans nouveaux investissements en dehors de ceux liés à la performance et à l'efficacité énergétique préalables**. Avec des caractéristiques physico-chimiques identiques au gaz naturel, il est compatible avec les équipements existants. La transition peut ainsi être progressive, sans risque industriel ou financier avec une augmentation graduelle du taux d'incorporation de gaz vert dans son approvisionnement.



Là où l'hydrogène se pare de multiples couleurs (gris, bleu, vert, jaune, rose, ...), le méthane n'est pas en reste puisqu'une grande variété de termes sont utilisés pour désigner peu ou prou le même produit décarboné : gaz vert, biogaz, biométhane, gaz ou méthane renouvelable, gaz ou méthane bas-carbone, e-méthane...

Leurs définitions peuvent être techniques, grand public ou encore réglementaires, tout dépend de qui s'exprime et auprès de qui.

Quant au gaz naturel, il porte ce nom parce qu'il est extrait du milieu naturel ; ce n'est pas un argument marketing pour flouer le grand public comme on l'entend régulièrement. Il s'appelle ainsi tout simplement par opposition sémantique à son prédécesseur, le gaz de ville ou gaz manufacturé développé industriellement à la fin du XIXe siècle. Ce dernier était obtenu par pyrolyse de la houille dans les usines à gaz, disparues des paysages mais pas de notre langage.

### Le gaz renouvelable et bas-carbone est dès aujourd'hui accessible !

Quelques questions sont essentielles lorsqu'on se projette pour décarboner un site industriel :

Le gaz est-il issu d'une ressource renouvelable et dans quelle proportion ?

Son utilisation émet-elle moins de gaz à effet de serre que celle d'un combustible fossile ? Dans quels référentiels ?

Ses caractéristiques lui permettent-elles, et avec quel impact, de se substituer à un autre combustible ?

Une fois les consommations énergétiques du procédé réduites grâce aux opérations d'optimisation énergétique, chaque site industriel peut chercher à se fournir, à son rythme, en gaz renouvelable et bas-carbone.

Les **gaz verts** sont principalement la résultante d'intrants transformés par un procédé biologique ou thermo-chimique. La **méthanisation** pour digérer des intrants fermentescibles, la **pyrogazéification** pour transformer des résidus solides, la **gazéification hydrothermale** pour traiter des déchets en milieux aqueux, le « **power-to-methane** » combinant de l'hydrogène renouvelable ou bas-carbone et du CO<sub>2</sub> ou encore le **biopropane** sont tous des procédés de transformation pour produire du gaz vert.

Aujourd'hui, la **méthanisation** est développée industriellement en France et dans le monde. Les autres procédés de transformation - pyrogazéification, gazéification hydrothermale, power-to-methane, biopropane - arrivent eux aussi progressivement à maturité pour multiplier les opportunités de se passer de gaz fossile.

#### VRAI OU FAUX

#### Les gaz verts permettent de décarboner l'industrie ?



Ils n'émettent que 44,1 kgCO<sub>2</sub>éq/MWh PCI en ACV à comparer au gaz naturel qui en émet 239 kgCO<sub>2</sub>éq/MWh. PCI



Pontivy voit la vie en vert grâce au gaz renouvelable

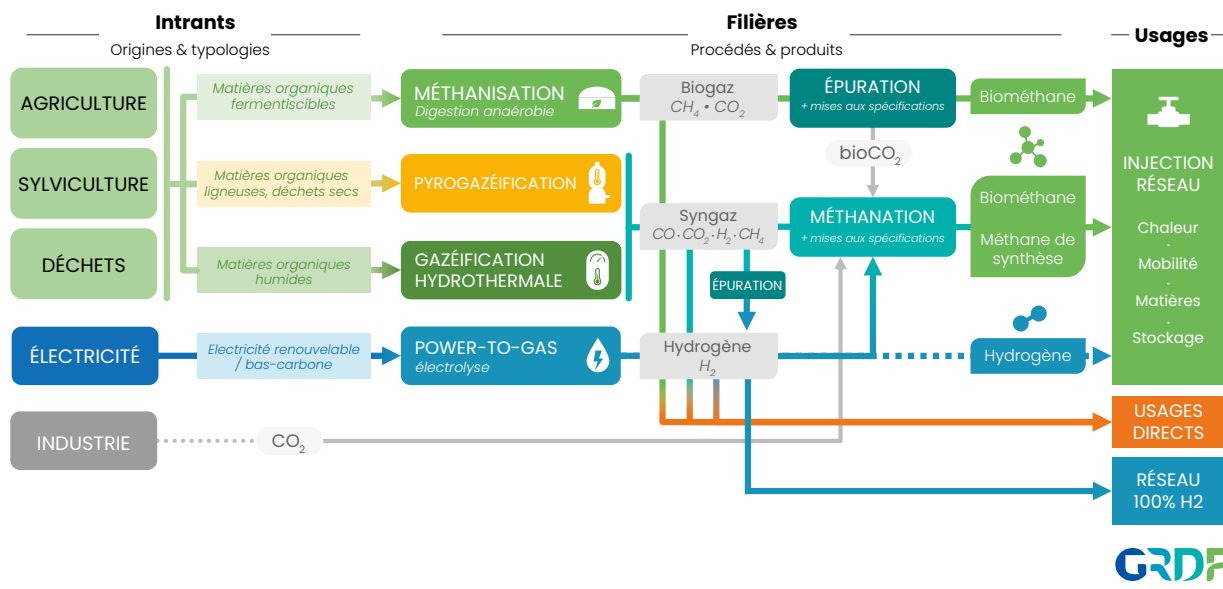
L'ADEME et GRDF lancent la communauté « Territoires engagés pour les gaz renouvelables »

CAPEB : Gaz vert dans le bâtiment, la filière engagée sur tout le territoire !



## Les filières de production de gaz verts

Il existe de nombreuses voies pour produire des gaz verts, chacune avec ses intrants et ses caractéristiques.



### 3.1 • Comment transformer les déchets en gaz renouvelables ?

Une meilleure gestion des déchets et notamment la valorisation des biodéchets dans le cadre d'une méthanisation (ou encore de pyrogazéification ou de gazéification hydrothermale, voies de production de gaz vert en devenir) permet de devenir producteur d'une énergie décarbonée et locale, et participe concrètement à la réduction de l'empreinte carbone.

#### 3.1.1 • La méthanisation

##### PAROLE D'EXPERT



Mauritz QUAAK,  
Agriculteur-méthaniseur  
et vice-président de  
l'Association des Agriculteurs  
Méthaniseurs de France



« Nous sommes fermement attachés au fait que l'agriculture doit conserver sa fonction première qui est de nous nourrir. Toutefois, il y a une vraie complémentarité entre l'agriculture et la méthanisation qui permet de valoriser de la matière organique, de modifier nos pratiques agricoles et de disposer d'un digestat pour amender et fertiliser nos sols. Et de l'autre côté, la méthanisation produit un biogaz qui doit jouer un rôle déterminant dans la transition énergétique puisque certains secteurs, comme l'industrie, ne pourront pas se passer totalement de gaz dans leurs procédés de fabrication. Ce lien territorial entre agriculture et industrie, pratiquement disparu pendant des décennies, va prendre un nouvel essor notamment avec l'arrivée des contrats BPA (biométhane purchase agreement) lorsque les tarifs d'achat réglementés de nos unités prendront fin au terme des 15 années de contrat. »

La question fréquemment posée est celle de la disponibilité du gaz vert aujourd'hui et demain. Inexistant au début des années 2010 en France, la capacité de biométhane installée sur notre territoire début 2025 est de plus de 14 TWh/an, soit environ un dixième de son potentiel total ou encore 10 % des consommations de gaz dans l'industrie aujourd'hui. On peut d'ailleurs noter que cette filière d'énergie renouvelable est aujourd'hui la seule en avance sur les objectifs fixés dans la dernière Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) puisqu'elle a atteint 9,1 TWh injectés fin 2023<sup>(32)</sup> pour 6 en objectif.

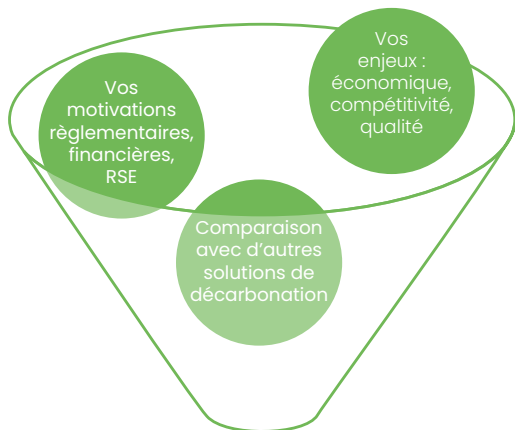
(32) [ser-panoramagazrenouvelables2023\\_web.pdf \(syndicat-energies-renouvelables.fr\)](#)

## LE CHIFFRE

20 %

A l'horizon, 2030, la nouvelle PPE pourrait imposer un point de passage à 44TWh à la méthanisation ce qui ouvre la porte à 60 TWh produits si on compte toutes les filières de gaz verts confondues. Ce gaz produit en France à partir de nos propres ressources pourrait ainsi représenter 20 % des consommations de gaz françaises.

## Gaz verts et trajectoire de décarbonation : quelle approche ?



En fonction de vos objectifs, des solutions de décarbonation sont disponibles à partir de gaz verts Garanties d'Origine et/ou de BPA

## Se poser les bonnes questions

- Ne pas comparer le prix du gaz naturel et le prix du biométhane, mais **comparer des solutions de décarbonation entre elles** (électrification, biomasse...)
- Quel surcoût suis-je prêt à payer en échange d'une garantie de décarbonation ? **D'un surcoût, je passe à un sur-gain**
- **Valeur de ma décarbonation** auprès de mes propres clients : **différentiation marketing de mon produit**
- **Visibilité, stabilité et sécurité** d'approvisionnement, prix de la décarbonation constant dans le temps : l'exemple du Biogas Purchase Agreement (**BPA**)
- Quelles **interactions avec mes** parties prenantes locales, **mon territoire ?**
- **Construire ma stratégie par étape**

*"Le biométhane est bourré de bon sens et règle de multiples problèmes"*

*Jérémy Assayag, expert en énergie*

## C'EST BON À SAVOIR



L'étude « **Un mix de gaz 100 % renouvelable en 2050 ?** » réalisée en 2018 par l'ADEME, GRDF et NaTran<sup>(33)</sup> démontre que, compte tenu de l'évolution des consommations gaz, il est tout à fait envisageable de substituer intégralement le gaz fossile par du gaz vert produit en France pour couvrir tous les usages gaz en 2050.

S'alimenter aujourd'hui en gaz vert consiste à disposer d'un contrat de fourniture pouvant être sourcé partiellement voire totalement en gaz vert. Il s'agit d'un choix d'achat qui est totalement décorrélé du gaz consommé physiquement sur le réseau.

## Garantie d'origine

Une fois injecté dans les réseaux, le gaz vert se mélange au gaz naturel, il n'est alors plus possible de le distinguer. Toutefois, pour chaque MWh de gaz vert injecté, 1 garantie d'origine (GO) est émise. Une GO est un document électronique défini réglementairement<sup>(34)</sup>. Il garantit à l'utilisateur final l'origine renouvelable de la molécule et assure la traçabilité du gaz vert, de son point de production jusqu'à son point de consommation. Les GO sont créées, échangées et effacées sur un registre aujourd'hui tenu par EEX<sup>(35)</sup>.

Le décret n° 2022-1540 du 8 décembre 2022 liste les informations à communiquer pour l'émission d'une garantie d'origine et définit une équivalence avec le mécanisme EU-ETS (échange de quotas d'émissions) qui permettra aux acteurs soumis aux quotas carbone de comptabiliser « la réduction des émissions de gaz à effet de serre associée à la production du biogaz correspondant à cette garantie d'origine. »

En 2023, 28 % des GO étaient utilisées par l'industrie.<sup>(36)</sup>

(33) *Mix de gaz 100 % renouvelable en 2050 ? - La librairie ADEME*

(34) *Section 7: Les garanties d'origine du biogaz injecté dans les réseaux de gaz naturel (Articles D446-17 à D446-44) - Légifrance (legifrance.gouv.fr)*

(35) NaTran, Osiris (2023). « Biomethane Purchase Agreement (BPA) : décryptage pour les industriels consommateurs de gaz ». URL : [guide-bpa-grt-gaz-osiris-septembre-2023-web.pdf](#)

(36) EEX (2024). « Rapport d'activité du Registre des Garanties d'Origine du biogaz en 2023. URL : [Rapport d'activité du Registre des Garanties d'Origine du biogaz 2023 \(eex.com\)](#)

## Comprendre les types de financement de production de biométhane pour identifier le détenteur des garanties d'origine

	Mode de financement de la production	Type de certificat	Commentaires
En fonctionnement	<b>Tarif d'achat soutien public</b> Le producteur vend à un prix garanti pendant 15 ans	<b>Contrat &lt;9/11/2020 :</b> Emission de GO récupérées par le fournisseur qui paie la réversion  <b>Contrat &gt;2/11/2020 :</b> Emission de GO récupérées par l'Etat qui met aux enchères	<b>Concerne :</b> • La majorité des sites de production de biométhane < 25GWh  Les GO apparaissent dans le Registre des garanties d'Origine (RGO)
	<b>Aucun soutien public</b> <b>Bio Purchase Agreements (BPA)</b> Contrat de gré à gré entre producteur et utilisateur final	Emission d'une Garantie d'Origine qui appartient au producteur et qui la commercialise	<b>Concerne :</b> • Nouveaux sites > 25GWh • Sites en fin de contrat soutien public Les GO apparaissent dans le RGO
A venir	<b>Aucun soutien public</b> <b>Certificats de Production de Biométhane (CPB)</b> Les fournisseurs devront restituer à l'Etat des CPB qu'ils auront produits directement ou acquis auprès de nouveaux producteurs	Le CPB émis est la propriété du producteur qui le commercialise à un fournisseur	<b>Concerne :</b> • Nouveaux sites • Sites en fin de contrat soutien public Textes parus en juillet 2024



### Comment se sourcer en gaz vert ?

Aujourd'hui, un industriel dont les installations sont raccordées à un réseau de gaz dispose de deux options principales pour acheter du gaz vert.

### Comment un industriel peut acheter du biométhane ?

99,9 % des cas actuels en France de contrats d'achats de gaz vert

**Production subventionnée**





**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**  
Liberté  
Égalité  
Fraternité



**J'achète**

- 1 MWh à l'origine indéterminée
- 1 « garantie d'origine » GO provenant d'un producteur subventionné
- 1 « preuve de durabilité REDII » PoS (« Proof of Sustainability ») éventuelle
- Garantie origine France (en majorité)
- Tarif d'achat avantageux
- Variation du prix du premium entre 8 et plus de 25 €/MWh (selon les experts)

**Prix = prix gaz marché + premium GO/PoS**

3 cas publics en France de Biomethane Purchase Agreement (BPA)

**Production non subventionnée**

**J'achète**

- 1 MWh du producteur partenaire
- 1 « garantie d'origine » GO du producteur partenaire non subventionné
- 1 « preuve de durabilité REDII » PoS (« Proof of Sustainability ») éventuelle
- Contractualisation d'un BPA (Biomethane Purchase Agreement) entre le producteur et l'industriel avec ou non l'aide d'un fournisseur
- Tarif d'achat basé sur les coûts de production entre 75 et 140 €/MWh (selon les experts)

**Prix = coût de production + frais**

S'agissant de la production non subventionnée, en plus de nouveaux méthaniseurs (dits « greenfields »), les sites qui sortiront des tarifs d'achats réglementés au bout de 15 ans (dits « brownfields ») pourront se tourner vers des BPAs (Biomethane Purchase Agreements). Leurs investissements initiaux étant amortis, les coûts de production et donc les prix seront partiellement réduits par rapport à ceux des sites greenfields.

Le BPA offre à l'utilisateur final l'avantage de la visibilité et de la stabilité du prix. Il permet aussi un lien plus direct entre producteur et utilisateur final. Ceci peut revêtir un enjeu territorial lorsque les deux sites sont géographiquement proches.

En France, ces types de contrats commencent à apparaître mais restent pour le moment moins développés que les PPA (Power Purchase Agreements) en électricité.



**Biomethane Purchase Agreement (BPA)**

Biomethane Purchase Agreement (BPA) : décryptage pour les industriels consommateurs de gaz ([natrangroupe.com](http://natrangroupe.com))

Biomethane Purchase Agreements (BPA) : types, avantages ([grdf.fr](http://grdf.fr))

## Les industriels s'engagent et agissent pour la décarbonation

En 2012, Ernest Soulard, producteur de foie gras situé à l'Oie (Vendée), a initié le projet de méthanisation Bioioie en collaboration avec Fonroche Biogaz (devenu TotalEnergies Biogaz). Ce projet utilise principalement les déchets provenant des ateliers et des élevages de Soulard ainsi que ceux d'autres entreprises agroalimentaires locales. Le site de méthanisation a été mis en service en 2017.

 [Bioioie - Biogaz à L'Oie \(canard-soulard.com\)](https://canard-soulard.com)

TotalEnergies a conclu un accord avec Cristal Union pour l'approvisionnement en pulpes de betterave sur une période de 15 ans, destinées à alimenter BioNorrois, son unité de production de biométhane située en Seine-Maritime. Dans la première phase d'exploitation du méthaniseur, la production de biométhane attendue s'élèvera à près de 100 GWh par an et atteindra, à terme, sa capacité maximale de 153 GWh par an

 [TotalEnergies s'associe à Cristal Union pour produire du biogaz à partir de pulpes de betteraves - Cristal Union \(cristal-union.fr\)](https://cristal-union.fr)

### PAROLES D'INDUSTRIELS



Mathieu DE CARVALHO,  
Regulation & Public Affairs  
Sr Manager - Gas, LNG & Biogas,  
TotalEnergies France



*« En France et en Europe, TotalEnergies souhaite développer des unités de méthanisation sans solliciter des subventions publiques du type « tarifs d'achat » car nous pensons que le marché doit être tiré principalement par la demande. Pour ce faire, une reconnaissance des usages qui permette aux industriels de faire le choix du biométhane dans leur feuille de route de décarbonation est indispensable. A titre d'exemple, la fiscalité à l'usage du gaz vert devrait être plus incitative que celle du gaz naturel d'origine fossile »*



Jérémie ASSAYAG,  
Directeur des achats  
d'énergie et décarbonation  
de l'énergie ARKEMA (2023)



*« Le bon sens devrait s'imposer en reconnaissant le gaz vert de réseau pour offrir aux industriels toutes les possibilités de décarbonation, sans discrimination a priori ».*

Lien YouTube Arkema, pionnier des BPA

ENGIE et Sanofi ont conclu des Biomethane Purchase Agreements (BPAs) en vue de décarboner 56 % de la consommation de gaz de Sanofi France dès 2025. L'accord signé en 2024 pour un total de 1,4 TWh inclut un BPA de 6 ans pour 1,3 TWh de garanties d'origines de gaz renouvelables et en complément, un contrat BPA de 10 ans pour 110 GWh destiné à décarboner le site de Sanofi Lyon.

Sanofi est un des premiers industriels à rejoindre l'aventure du biométhane ; un partenariat de longue date incluant l'approvisionnement en gaz et en électricité en France.

 <https://www.energy-box.com/post/engie-and-sanofi-sign-biomethane-purchase-agreements>

### 3.1.2 • La pyrogazéification

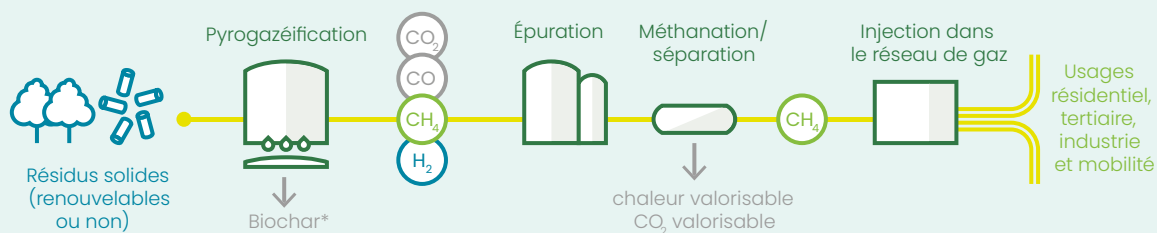
#### Pyrogazéification, de quoi parle-t-on ?

Distinct de la combustion, la pyrogazéification peut transformer en gaz vert une grande variété de résidus solides et de déchets secs actuellement peu ou mal valorisés, généralement destinés à l'enfouissement ou l'incinération ou l'exportation.

#### COMMENT ÇA MARCHE ?



Procédé de pyrogazéification pour transformer des ressources solides en gaz renouvelable



\* Le biochar est un amendement du sol issu de la pyrolyse de biomasse.

© NaTran

Source : [ser-panoramagazrenouvelables2023\\_web.pdf](https://ser-panoramagazrenouvelables2023_web.pdf) ([syndicat-energies-renouvelables.fr](http://syndicat-energies-renouvelables.fr))

En 2022, un appel à manifestation d'intérêt (AMI) visant à faire un état des lieux de cette filière en France a permis de recenser 49 projets dont la capacité de production de gaz cumulée est évaluée à 4,1 TWh/an, soit la consommation de plus de 900 000 logements neufs.



[https://odre.opendatasoft.com/explore/dataset/projet-commerciaux-et-demonstrateurs-en-france-de-pyrogazéification/custom/?disjunctive.statut&disjunctive.energie&disjunctive.nom\\_region](https://odre.opendatasoft.com/explore/dataset/projet-commerciaux-et-demonstrateurs-en-france-de-pyrogazéification/custom/?disjunctive.statut&disjunctive.energie&disjunctive.nom_region)

#### Les industriels s'engagent et agissent pour la décarbonation

Mise en service en 2024 par ABSL (Advanced Biofuel Solutions Ltd) à Swindon en Angleterre, la première installation de démonstration industrielle à vocation commerciale traite 8 000 tonnes de déchets par an collectés localement pour les convertir en 22 GWh/an de biométhane injectés.

Cette installation permet de chauffer 1 800 foyers tout en captant 6 000 tonnes de biodioxyde de carbone.

Parmi les projets industriels identifiés en France, le projet MethaJehl situé en Alsace, est similaire au projet Swindon. Porté notamment par la société SG Energie et l'entreprise de travaux publics Jehl, le projet a en effet pour objectif de traiter 9 200 tonnes de déchets de bois de l'entreprise pour une production de 25 GWh/an de biométhane, dont une partie pourra notamment servir à décarboner la flotte des véhicules de l'entreprise.



Swindon Plant | Advanced Biofuel Solutions Ltd

En Alsace, des résidus de bois pour produire du biométhane injecté dans le réseau

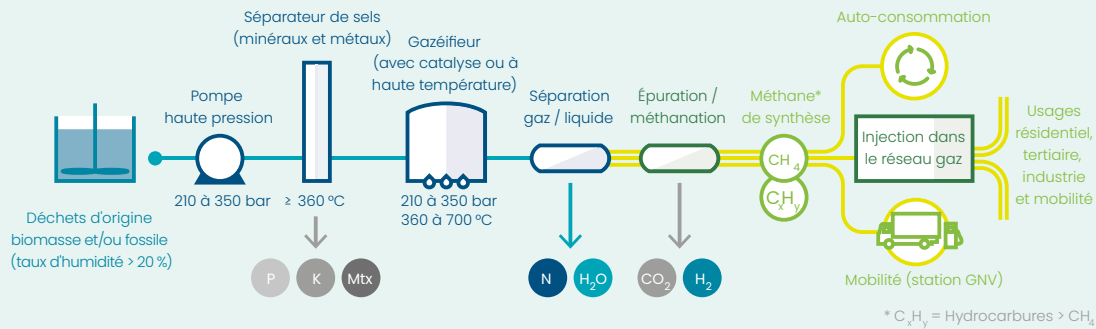
### 3.1.3 • La gazéification hydrothermale

#### Gazéification hydrothermale, de quoi parle-t-on ?

La gazéification hydrothermale est une technologie de conversion thermochimique innovante qui convertit et valorise des déchets liquides, humides en gaz injectable.

#### COMMENT ÇA MARCHE ?

##### LE PROCÉDÉ DE GAZÉIFICATION HYDROTHERMALE



Source : [ser-panoramagazrenouvelables2023\\_web.pdf](#) (syndicat-energies-renouvelables.fr)

© NaTran/Cerema

#### Les industriels s'engagent et agissent pour la décarbonation

Fin 2024, un appel à manifestation d'intérêt (AMI) pour la gazéification hydrothermale, a identifié 24 projets pour une production potentielle de 2 TWh/an de gaz injectable.



#### PAROLE D'EXPERTE



Aurélié PICART,  
Déléguée générale, Nouveaux  
Systèmes Energétiques,  
Comité stratégique de filière



«La gazéification hydrothermale possède un intérêt particulier car elle peut contribuer à décarboner les activités industrielles. Les réponses à l'appel à manifestation d'intérêt sur la gazéification hydrothermale attestent de l'expertise française autour de cette solution prometteuse à la fois pour le traitement de divers déchets tout en produisant une énergie renouvelable.»

**i** Livre blanc Gazéification Hydrothermale | [grtgaz.com](http://grtgaz.com)  
<https://www.grtgaz.com/medias/communiques-de-presse/livre-blanc-gazeification-hydrothermale>  
<https://www.grtgaz.com/notre-transition-energetique/gaz-renouvelables-et-bas-carbone/restitution-ami-gh-2024>  
 CP 5-juin-2024-Etude Carbone 4-empreinte carbone-gazeification hydrothermale  
 Comment produire du gaz renouvelable par gazéification hydrothermale ? | Just decarb

### 3.1.4 • Le power-to-methane

#### Power-to-gas et power-to-methane, de quoi parle-t-on ?

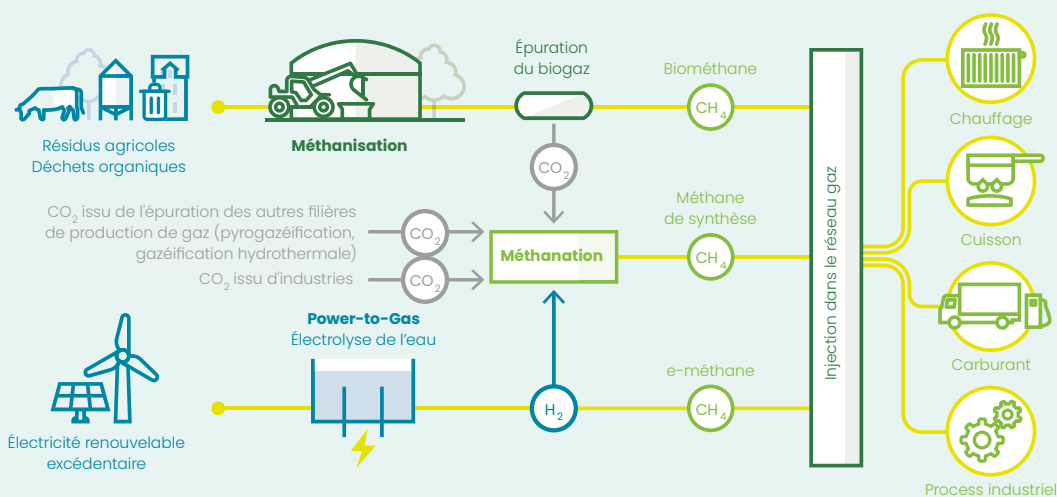
Le power-to-gas, ou conversion d'électricité en gaz, s'appuie sur un ensemble de solutions technologiques permettant de produire de l'hydrogène à partir de l'électrolyse de l'eau qui peut ensuite être transformé en e-méthane lorsque l'hydrogène est combiné à du CO<sub>2</sub> lors d'une étape de méthanation.

« Le power-to-gas est une des briques indispensables à l'intégration supplémentaire des nouvelles sources d'électricité renouvelable et bas-carbone dans le système énergétique. L'énergie électrique est en effet convertie en un vecteur gaz, hydrogène ou e-méthane, ce qui permet de transférer de l'énergie des infrastructures électriques vers les infrastructures gaz. »

Source : Ministère de la Transition écologique, de l'Energie, du Climat et de la Prévention des risques

#### COMMENT ÇA MARCHE ?

#### LE PROCÉDÉ DE POWER-TO-METHANE



Source : [ser-panoramagazrenouvelables2023\\_web.pdf \(syndicat-energies-renouvelables.fr\)](#)

© GRDF

### Les industriels s'engagent et agissent pour la décarbonation

Premier démonstrateur industriel français de transformation de l'énergie électrique renouvelable en gaz de synthèse situé à Fos-sur-Mer (Bouches-du-Rhône), Jupiter 1000 est le fruit de la coopération entre NaTran et ses partenaires (McPhy, Khimod, Leroux et Lotz Technologies, le CEA, la CNR, Teréga, RTE, GPMM). Cette installation novatrice de power-to-gas est constituée d'un électrolyseur d'1 MWe pour produire de l'hydrogène et d'un réacteur de méthanation pour produire du e-CH<sub>4</sub> ou méthane de synthèse.



L'aventure du Power to Gas - Jupiter 1000 ([grtgaz.com](#))

Conférence tri-nationale Hydrogène vert : Jupiter 1000 ([grtgaz.com](#))

En juillet 2022, la start-up Energo a inauguré son projet de production d'e-méthane en injectant pour la première fois du gaz dans le réseau de distribution GRDF. Pour fabriquer ce combustible, Energo capture le CO<sub>2</sub> d'un méthaniseur à Sempigny (Oise) et le combine avec de l'hydrogène vert par **méthanation** pour produire de l'e-méthane.



La start-up ENERGO a injecté du méthane de synthèse dans le réseau de distribution de gaz, une première en France ([grdf.fr](#))

Etat des lieux des technologies de gaz verts dans le monde : GRDF et Blunomy dressent un état des lieux des technologies de gaz verts dans le monde | Just decarb

### 3.1.5 • Le biopropane (bioGPL)

Le biopropane présente des atouts évidents pour la transition énergétique de la ruralité. Ecologique, durable et performant, ce biogaz est produit en France et en Europe. Il peut être utilisé sans aucune modification des installations gaz et ne nécessite donc pas d'investissements supplémentaires dans les équipements.

#### Biopropane, de quoi parle-t-on ?

Le biopropane est un coproduit systématique de la production de biocarburants issus du raffinage de matières renouvelables : déchets et résidus organiques provenant de l'industrie ou de l'agriculture, notamment les huiles de cuisson usagées et les graisses animales et, de manière marginale, les huiles végétales.

La technologie maîtrisée la plus utilisée est dite HVO (hydrotreated vegetable oil). Après une première transformation des intrants en huile et une élimination des éventuels polluants des huiles usagées, la phase d'hydrogénation est réalisée pour obtenir des biocarburants (biodiesel, biokérosène) et des coproduits biogaz (biopropane, biobutane).

#### LE CHIFFRE

**-87 % de GES**

Le facteur d'émissions « Biopropane, mix moyen 2023 » est de 43 gCO<sub>2</sub>eq/kWh. Cette valeur a été calculée à partir du mix d'intrants utilisés en 2023 pour produire le biopropane distribué sur le marché français<sup>(37)</sup>.

C'est 87 % d'émissions en moins que le fioul et 84 % en moins que le propane fossile !

D'ici 2033, la production globale devrait atteindre 18,6 TWh, dont 1,7 TWh seraient destinés au marché national\*. La trajectoire d'approvisionnement du biopropane a été modélisée principalement à partir des prévisions de production des biocarburants aériens, appelés SAF (Sustainable Aviation Fuels). Leur développement est encadré par le règlement européen « RefuelEU » qui vise à garantir la conformité du transport aérien avec les objectifs climatiques 2030-2050. **La production et l'utilisation du biopropane** sont donc aussi **un levier de souveraineté**, au service de l'indépendance énergétique française et européenne.

\*Source : Disponibilité des gaz liquides bio et renouvelables Feuille de route France Gaz Liquides Octobre 2023

### 3.2 • La mobilité verte : le bioGNV

#### C'EST BON À SAVOIR



« En France, le transport génère plus de 30 % des émissions gaz à effet de serre (GES), dont plus de 80 % sont attribuables au transport routier. Depuis 1990, les émissions de GES des transports ont augmenté de 6 %, en raison de l'accroissement du trafic. Ce secteur d'activité est le seul en France à ne pas avoir réduit son empreinte carbone ».

Source : [www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/Externalités\\_du\\_transport](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/Externalités_du_transport)

#### BioGNV, de quoi parle-t-on ?

Carburant bas-carbone, le bioGNV (biogaz naturel pour les véhicules) n'est autre que du biométhane utilisé dans les moyens de transport.

 BioGNV (grdf.fr)

(37) Mise à jour simplifiée des facteurs d'émissions de GES associés au biopropane issu d'huile végétales hydrotraitées (HVO) - Icare



## LE CHIFFRE

**-80 % de GES**

Passer tout ou partie de sa flotte de véhicules au bioGNV permet de décarboner fortement ses activités industrielles au global.

Le bioGNV réduit les émissions de gaz à effet de serre de 80 % comparé au diesel.

Comme pour les usages stationnaires de l'énergie dans l'industrie, il est souhaitable d'optimiser au maximum le transport routier avant de penser au changement de vecteur énergétique : évolution de la demande de transport, meilleurs chargements, massification des flux, report modal font partie des nombreuses pistes.

Le bioGNV, est une alternative très pertinente pour le transport de marchandises. C'est une solution d'ores et déjà compétitive économiquement, largement déployée grâce à des infrastructures d'avitaillement nombreuses (on compte 700 stations en 2024) et à un marché développé de véhicules lourds (environ 15 000 tracteurs et porteurs).

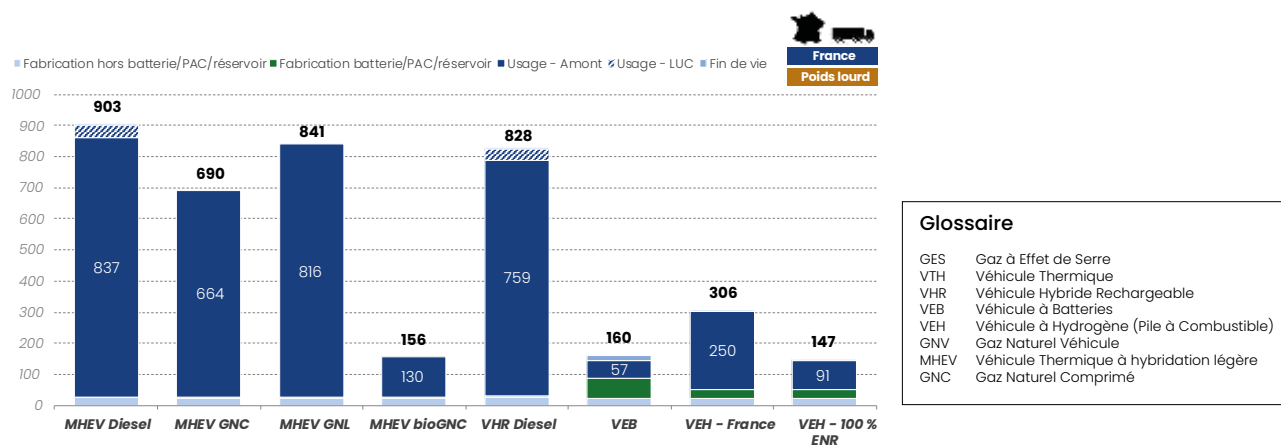
En analyse de cycle de vie, « en nous situant en 2030 en France, le tracteur routier électrique et son homologue au **bioGNV ont une empreinte carbone 6 fois plus faible** que celle du véhicule diesel, ceci en tenant compte de l'hybridation légère des véhicules thermiques » déclare Carbone 4.



Ce résultat confirme l'étude réalisée par l'IFPEN en 2019.

Analyse du cycle de vie (ACV) des véhicules fonctionnant au GNV et bioGNV | IFPEN

## Empreinte carbone moyenne sur la durée de vie d'un tracteur routier vendu en 2030 en France | gCO<sub>2</sub>e/km



Pour une partie de la profession représentée par la Fédération nationale des transports routiers (FNTR), « Le bioGNV et les carburants liquides bas-carbone apparaissent comme des technologies matures permettant d'initier la transition. Ils répondent à l'ensemble des usages dans l'attente de pleine maturité des autres filières. Par conséquent, la FNTR tient à rappeler que pour réussir la décarbonation du secteur, il est indispensable de s'appuyer sur un mix d'énergies décarbonées, adapté aux spécificités des différentes catégories de véhicules et d'usages ».



Livre Blanc (fntr.fr)

Téléchargez le Guide du bioGNV ! (grdf.fr)

### 3.3 • L'hydrogène renouvelable et bas-carbone pour d'autres voies de décarbonation

#### Hydrogène renouvelable et bas-carbone, de quoi parle-t-on ?

L'Article L811-1 - Code de l'énergie - Légifrance ([legifrance.gouv.fr](https://legifrance.gouv.fr)) précise ces deux notions.

« L'hydrogène **renouvelable** est l'hydrogène produit soit par **électrolyse en utilisant de l'électricité issue de sources d'énergies renouvelables** [...], soit par **toute une autre technologie utilisant exclusivement une ou plusieurs de ces mêmes sources d'énergies renouvelables** et n'entrant pas en conflit avec d'autres usages permettant leur valorisation directe. [...] »

« L'hydrogène **bas-carbone** est l'hydrogène dont le **procédé de production engendre des émissions inférieures ou égales au seuil retenu pour la qualification d'hydrogène renouvelable, sans pouvoir, pour autant, recevoir cette dernière qualification, faute d'en remplir les autres critères.** [...] »

Dans les deux cas, son procédé de production émet, par kilogramme d'hydrogène produit, une quantité d'équivalents dioxyde de carbone inférieure ou égale à un seuil défini aujourd'hui dans l'Arrêté du 1er juillet 2024 précisant le seuil d'émissions de gaz à effet de serre et la méthodologie pour qualifier l'hydrogène comme renouvelable ou bas-carbone - Légifrance ([legifrance.gouv.fr](https://legifrance.gouv.fr)).

Aujourd'hui **ce seuil est fixé à 3,38 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par kilogramme d'hydrogène produit (kgCO<sub>2</sub>éq/kgH<sub>2</sub>) soit 101 kgCO<sub>2</sub>éq/MWh PCI.**

D'après la loi française, « L'hydrogène carboné est l'hydrogène qui n'est ni renouvelable, ni bas-carbone. »

#### C'EST BON À SAVOIR



En 2023, la production totale d'hydrogène pur en France est estimée à 245 000 tonnes hors coproduit, soit 8,2 TWh. Elle a augmenté de 18 % par rapport à 2022. 64 000 tonnes d'hydrogène sont commercialisées et 181 000 tonnes sont produites par des entreprises en interne, principalement pour être utilisées comme intrant chimique ou source d'énergie. Plus des trois quarts de la production sont obtenus à partir de gaz naturel. Les usages sont concentrés dans l'industrie chimique et le raffinage de pétrole.



<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lhydrogene-pur-evaluation-des-ressources-et-des-usages-en-france-en-2023>

#### ☑ VRAI OU FAUX ☒

**L'hydrogène renouvelable et bas-carbone peut se développer sans réseaux et sans stockage ?**



Les réseaux seront indispensables dans des bassins industriels pour augmenter les débouchés pour les producteurs, renforcer la sécurité d'approvisionnement pour les utilisateurs finaux, assurer la flexibilité entre le besoin d'hydrogène et la disponibilité des actifs de production, permettre des imports au-delà de ces bassins. Des réseaux reliant ces hubs français ou transfrontaliers et des stockages seront nécessaires pour répondre à ces enjeux.



[https://www.cre.fr/fileadmin/Documents/Rapports\\_et\\_etudes/2024/Rapport\\_CRE\\_regulation\\_infra\\_H2\\_et\\_CO2.pdf](https://www.cre.fr/fileadmin/Documents/Rapports_et_etudes/2024/Rapport_CRE_regulation_infra_H2_et_CO2.pdf)  
(voir page 3)

#### L'hydrogène pur : un vecteur énergétique en puissance

L'hydrogène pur est encore peu produit et utilisé comme énergie. Mais il suscite un intérêt croissant pour la décarbonation de plusieurs usages et secteurs à condition d'être produit à partir de procédés faiblement émetteurs en gaz à effet de serre, tels que l'électrolyse de l'eau en utilisant de l'électricité à faible contenu carbone.

En France, l'enjeu est **de produire un hydrogène renouvelable et bas-carbone.**

**L'électrolyse de l'eau**, qui utilise l'électricité pour séparer les molécules d'hydrogène et d'oxygène de l'eau, est une des technologies capables de relever ce défi. La stratégie hydrogène envisage ce procédé comme une des solutions clés pour atteindre la neutralité carbone.

## La stratégie hydrogène prévoit qu'à horizon 2030 :

- 6,5 GW d'électrolyseurs seront installés.
- Environ 500 kilomètres de canalisations relieront producteurs et utilisateurs finaux.

**i** Consultation sur la nouvelle stratégie française de déploiement de l'hydrogène décarboné | Ministère du Partenariat avec les territoires et de la Décentralisation Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques Ministère du Logement et de la Rénovation urbaine (ecologie.gouv.fr)  
Rapport de la CRE sur le cadre de régulation des infrastructures d'hydrogène et de dioxyde de carbone | CRE

A plus long terme, les opérateurs d'infrastructures de transport NaTran et Teréga étudient en France les réseaux couplés à des stockages souterrains.

En France, les réseaux identifiés sur cette carte sont en cours de développement.

**i** <https://www.grtgaz.com/notre-transition-energetique/transport-hydrogene> (grtgaz.com)



Par ailleurs, les distributeurs étudient d'ores et déjà, à une échelle plus locale, la mise en place des premiers kilomètres de réseaux d'acheminement de l'hydrogène au sein d'écosystèmes territoriaux.

## Des projets innovants

### H2med reconnu en avril 2024 comme projet d'intérêt commun (PIC) par l'Union européenne

Le corridor H2med est une initiative transnationale entre le Portugal, l'Espagne, la France et l'Allemagne qui vise à interconnecter les réseaux d'hydrogène de la péninsule ibérique à ceux du nord-ouest de l'Europe. Il favorisera l'émergence d'une économie de l'hydrogène et permettra à l'Union européenne d'atteindre ses objectifs de décarbonation et de réindustrialisation grâce à un approvisionnement compétitif en hydrogène vert d'ici 2030.

NaTran est partenaire du projet H2med dans le but de connecter les réseaux d'hydrogène de la péninsule ibérique au nord-ouest de l'Europe.

**i** Le projet H2med lance son appel à manifestation d'intérêt (grtgaz.com)

### La plateforme de formation hydrogène : un outil unique pour accompagner le développement de la filière


Située sur le campus d'Energy Formation à Saint-Étienne-de-Montluc (Loire-Atlantique) et inaugurée en décembre 2024, la plateforme de formation dédiée aux métiers techniques relatifs à l'acheminement de l'hydrogène a pour objectif de préparer les acteurs de la filière à concevoir, poser, exploiter et entretenir de futurs réseaux hydrogène en toute sécurité.

**i** La plateforme hydrogène de GRDF et d'Energy Formation ouvre ses portes (justdecab.grdf.fr)

**Le projet FenHYx de NaTran R&I, plateforme R&D dédiée au développement de la filière hydrogène**

Future Energy Network for HYdrogen and miX (FenHYx) a pour but de mener des travaux de recherche sur la mesure de l'impact de l'hydrogène sur les aciers et équipements des réseaux de gaz, dans des conditions proches des conditions réelles d'exploitation afin d'accompagner le développement de la filière et l'utilisation de l'hydrogène.

 *Projet FehHYx*



**Vous aussi, accélérez la décarbonation de votre industrie grâce aux solutions gaz verts !**

**Les experts GRDF et NaTran vous accompagnent dans vos projets en gaz vert.**

**POUR EN SAVOIR PLUS**

**3.4 • Capter le CO<sub>2</sub> pour le valoriser ou le stocker**

Le gouvernement français souligne l'importance du CCUS (Carbon Capture Utilisation and Storage, stockage et utilisation du CO<sub>2</sub> capté) notamment dans le secteur industriel. En effet, le CCUS **est une « technologie nécessaire pour diviser par deux les émissions industrielles en dix ans. »** De plus, cette technologie ne doit pas être perçue comme une perspective de « *business as usual* » mais bien comme une **technologie complémentaire à tous les autres leviers de décarbonation.**

En effet, les leviers présentés dans les parties précédentes permettent de réduire de manière significative les émissions de gaz à effet de serre mais pour certains procédés.

La séquestration du CO<sub>2</sub> peut aussi être pertinente à étudier notamment pour les sites soumis au système d'échange de quotas d'émissions (EU-ETS) de gaz à effet de serre ce qui leur permet de déduire les tonnes séquestrées des quotas à restituer.

**Quelle différence entre CCU et CCS ?**

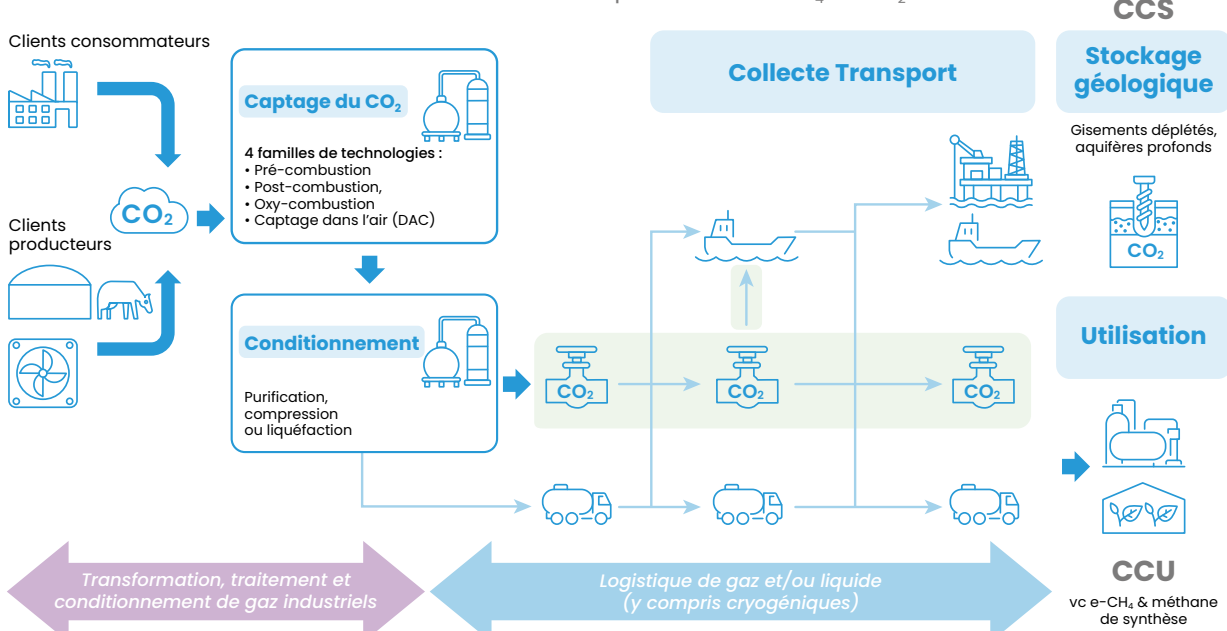
La différence entre le CCU (capture et utilisation du CO<sub>2</sub>) et le CCS (capture et séquestration du CO<sub>2</sub>) repose sur l'objectif final. Pour les deux technologies, il s'agit de capter du CO<sub>2</sub>.

Cependant dans le cas du CCU, l'objectif est d'utiliser le CO<sub>2</sub> capté pour en faire un produit alors que dans le CCS, le but est de le stocker sur une très longue durée et de façon géologique.

A noter, que dans certains cas, le CCU permet également le stockage du CO<sub>2</sub> sur le très long terme (minéralisation par exemple).

**Schéma de la chaîne CCUS**

Le CCUS concerne l'ensemble de nos clients ainsi que nos infras CH<sub>4</sub> et CO<sub>2</sub>

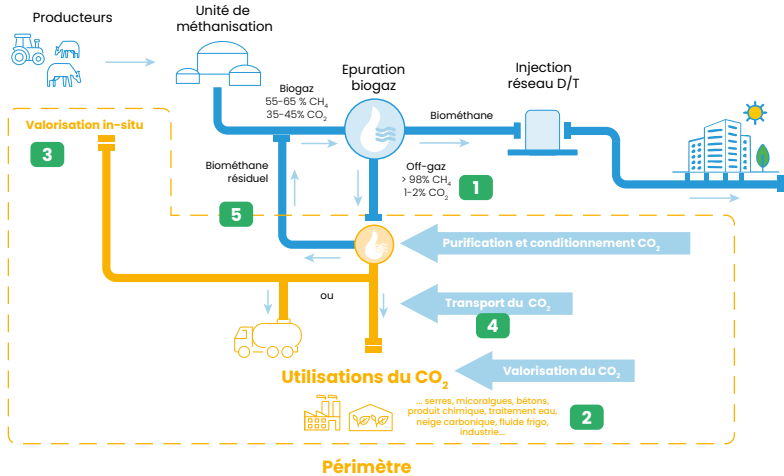




Les **unités de méthanisation** sont aussi des sources potentielles de CO<sub>2</sub> biogénique. En effet, le processus de méthanisation produit un biogaz composé principalement de méthane et de dioxyde de carbone. Afin de pouvoir être injecté dans les réseaux gaz, il doit être épuré afin d'éliminer le CO<sub>2</sub> et autres composés. L'off-gaz est **fortement concentré en CO<sub>2</sub>, ce qui permet de le capter facilement**. La méthanisation est ainsi un procédé qui est source à la fois d'énergie renouvelable (biométhane) et de CO<sub>2</sub> biogénique.

### Valorisation du bioCO<sub>2</sub>

Un potentiel important face à un défi de compétitivité... Accessible !



- 1 **CO<sub>2</sub> quasi pur disponible après l'épuration**  
Offgaz des 414 sites ↔ env. 840 ktCO<sub>2</sub>/an (mi-2022)
- 2 **Marché spécifique d'env. 500 ktCO<sub>2</sub>/an aux usages variés**  
→ Actuels (industrie, agroalimentaire, serres, froid)  
→ Emergents (béton, e-fuels, microalgues, méthanisation)  
Marché volatil (prix, pénuries)
- 3 **Opportunité de valorisation in-situ : CO<sub>2</sub> à prix bas**  
Usages spécifiques : serres, microalgues, chaux, etc.
- 4 **Economie d'échelle**  
CO<sub>2</sub> métha (1,5 ktCO<sub>2</sub>/an) Vs CO<sub>2</sub> conventionnel (100 ktCO<sub>2</sub>/an, usine engrais - H<sub>2</sub> - bioéthanol) : compétitif si **valorisation locale et mutualisation**
- 5 **Gains économiques et environnementaux**  
Récupération du bioCH<sub>4</sub> résiduel



### LE CHIFFRE

**-90 % des émissions directes de CO<sub>2</sub>**

Il existe différentes techniques de capture du carbone. Les principales technologies sont le captage aux amines, le captage cryogénique et l'oxycombustion<sup>(38)</sup>.

Cette troisième méthode est notamment utilisée dans le projet de la **chaudière Ch0C**, chaudière bas-carbone. Dans cette technologie, le comburant classique qu'est l'air est remplacé par de l'oxygène afin de **concentrer le CO<sub>2</sub> dans les fumées**, ce qui rend son **captage plus aisé**. La Ch0C permettra **une réduction de 90 % des émissions directes de carbone** des chaufferies industrielles.



Décarbonation de l'industrie : lancement du démonstrateur Ch0C - GRDF.FR

[https://www.grtgaz.com/medias/communiqués-de-presse/lancement-du-demonstrateur-ch0c\(NaTran\)](https://www.grtgaz.com/medias/communiqués-de-presse/lancement-du-demonstrateur-ch0c(NaTran))

État des lieux et perspectives CCUS\_0.pdf

### UNE TECHNOLOGIE PERFORMANTE POUR UNE CAPTURE AISÉE ET EFFICACE DE CO<sub>2</sub>



Source : GRDF<sup>(39)</sup>

(38) Gouvernement. Stratégie CCUS : Capture, stockage et utilisation du carbone. URL : [https://www.conseil-national-industrie.gouv.fr/files\\_cni/files/actualite/20230623\\_consultation\\_ccus.pdf](https://www.conseil-national-industrie.gouv.fr/files_cni/files/actualite/20230623_consultation_ccus.pdf)

(39) <https://www.grtgaz.com/sites/default/files/2023-09/presentation-du-demonstrateur-Ch0C-septembre2023.pdf>

# Vous aussi, accélérez la décarbonation de votre industrie grâce aux solutions gaz verts !

## Industriels, soutenez l'utilisation des gaz verts de réseau et agissez pour la décarbonation

Si vous aussi vous trouvez que la consommation de gaz vert de réseau est un levier majeur pour réduire vos émissions de gaz à effet de serre,

Si vous trouvez que les différents systèmes de comptabilité carbone ne sont pas homogènes et qu'ils ne vous permettent pas de déclarer vos réductions d'émissions de gaz à effet de serre sereinement, alors dites-le !

Exprimez-vous auprès de vos fédérations professionnelles françaises, européennes et internationales ou encore auprès d'organismes qui gèrent des référentiels de comptabilité carbone.

Certains industriels et associations professionnelles ont co-signé en février 2025 une lettre commune adressée aux instances du GHG protocol.

 <https://www.centrica.com/media/g5sinshy/joint-letter-ghgp-land-sector-and-removals-guidance-impact-on-biogas-sector.pdf>



## Des industriels s'engagent et agissent pour la décarbonation en choisissant le gaz vert pour décarboner une partie de leurs activités, pourquoi pas vous ?

### Saint-Gobain x TotalEnergies

<https://www.saint-gobain.com/fr/news/decarbonation-de-lindustrie-en-france-totalenergies-fournira-du-biomethane-certifie-durable>  
<https://totalenergies.com/media/news/press-releases/decarbonizing-industry-france-totalenergies-supply-certified-sustainable>

### Waga Energy x Engie

Waga Energy conclut un premier contrat d'achat de biométhane privé de longue durée (« BPA ») en France  
Waga Energy ([waga-energy.com](http://waga-energy.com))

### BASF x Engie

Biogaz : Engie convainc BASF d'acheter des volumes à long terme | Les Echos  
BASF et ENGIE signent un BPA de long terme en Europe - Newsroom Engie

### Offtaker espagnol non public x Waga Energy

<https://waga-energy.com/fr/premier-projet-international-pour-waga-energy/>  
<https://waga-energy.com/us/commissioning-wagabox-unit-spain/>  
<https://waga-energy.com/us/waga-energy-obtains-iscceu-certification-2/>

### Arkema x Engie

Arkema signe un important contrat d'approvisionnement en biométhane avec ENGIE pour réduire davantage son empreinte carbone | Arkema France

### Sofidel x Engie

[sofidel.com/en/news-items/sofidel-invests-in-biomethane/](http://sofidel.com/en/news-items/sofidel-invests-in-biomethane/)  
Sofidel's 10-Year Biomethane Partnership | ENGIE Global Energy Management & Sales

## Pourquoi valoriser vos coproduits en gaz verts ?

La production de gaz vert est aussi une **opportunité pour les industriels de l'agroalimentaire, du papier, de la chimie et de la pétrochimie...** de pouvoir valoriser, ou de valoriser différemment leurs coproduits ou leurs déchets. Nombreux sont les sites industriels qui historiquement ont méthanisé des coproduits pour répondre aux enjeux environnementaux, de traitement de l'eau ou de limitation de volumes de déchets.

Bioloie - Biogaz à L'Oie ([canard-soulard.com](http://canard-soulard.com))  
Cooperl, le plus grand méthaniseur sans épandage d'Europe est en marche ([cooperl.com](http://cooperl.com))

### Cristal Union x TotalEnergies

BioNorrois : TotalEnergies s'associe à Cristal Union pour produire du biogaz | La Gazette Normandie

# Nos experts engagés à vos côtés



## **Vous êtes un industriel raccordé au réseau géré par GRDF ?**

Pour toute question relative à la décarbonation de votre entreprise, des responsables de comptes se tiennent à votre disposition pour étudier les technologies présentées dans ce livre blanc et vous proposer des solutions adaptées à votre industrie.

Contactez votre chef d'agence industrie et son équipe :

- **Hauts-de-France, Normandie**  
Arnaud Decoster : [arnaud.decoster@grdf.fr](mailto:arnaud.decoster@grdf.fr)
- **Ile de France**  
Daniel Lhéritier : [daniel.lheritier@grdf.fr](mailto:daniel.lheritier@grdf.fr)
- **Centre Val-de-Loire, Pays de la Loire, Bretagne**  
Charles Cabit : [charles.cabit@grdf.fr](mailto:charles.cabit@grdf.fr)
- **Grand Est et Bourgogne-Franche-Comté**  
François Petitjean : [francois.petitjean@grdf.fr](mailto:francois.petitjean@grdf.fr)
- **Auvergne Rhône-Alpes, Provence-Alpes-Côte d'Azur**  
Etienne Richon : [etienne.richon@grdf.fr](mailto:etienne.richon@grdf.fr)
- **Occitanie, Nouvelle Aquitaine**  
Christophe Even : [christophe.even@grdf.fr](mailto:christophe.even@grdf.fr)

Pour les grands comptes, les responsables de l'agence CCMS sont à votre écoute :

- Vonjy Seta Andriamanga : [vonjy.andriamanga@grdf.fr](mailto:vonjy.andriamanga@grdf.fr)
- Adeline Lecomte : [adeline.lecomte@grdf.fr](mailto:adeline.lecomte@grdf.fr)

Dans tous les cas, Laurent Lantoinne : [laurent.lantoinne@grdf.fr](mailto:laurent.lantoinne@grdf.fr), chef du marché industrie et agriculture GRDF, est à votre disposition pour répondre à toute question et/ou tout besoin de votre part concernant l'une des thématiques abordées dans ce livre blanc.



## **Vous êtes un industriel raccordé au réseau géré par NaTran ?**

<https://www.natrangroupe.com/vous-etes/client/consommateur>

Contactez votre interlocuteur privilégié :

- **Territoire Val de Seine**  
Louis Depailler : [commercial-vs@natrangroupe.com](mailto:commercial-vs@natrangroupe.com)
- **Territoire Nord Est**  
Carolina Nogeira : [commercial-ne@natrangroupe.com](mailto:commercial-ne@natrangroupe.com)
- **Territoire Rhône Méditerranée**  
Guillaume Bannier : [commercial-rm@natrangroupe.com](mailto:commercial-rm@natrangroupe.com)
- **Territoire Centre Atlantique**  
Agathe Lesigne : [commercial-ca@natrangroupe.com](mailto:commercial-ca@natrangroupe.com)



# Glossaire

<b>ACV, Analyse du cycle de vie</b>	Méthode consistant à quantifier les émissions de CO <sub>2</sub> d'un produit durant ses phases de fabrication, utilisation et destruction/recyclage.
<b>BEGES</b>	Bilan des émissions de gaz à effet de serre
<b>Biodioxyde de carbone</b>	Biodioxyde de carbone ou bioCO <sub>2</sub> aussi appelé dioxyde de carbone biogénique désigne tout le carbone émis ou stocké dans l'atmosphère issu de sources biologiques ou de matières organiques.
<b>Biogaz</b>	Gaz produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales ( <i>méthanisation</i> ) et non épuré
<b>Biométhane</b>	Gaz produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales ( <i>méthanisation</i> ) et épuré afin de pouvoir être injecté dans les réseaux
<b>BPA, Biogaz Purchase Agreement</b>	Contrat de gré à gré pour la fourniture de biométhane
<b>CPB, Certificat de production de biométhane</b>	Mécanisme de financement des projets de biométhane à destination des fournisseurs d'énergie qui doivent restituer chaque année ces Certificats de production de biogaz à l'Etat.
<b>CCUS, Carbon Capture Utilisation and Storage</b>	Stockage et utilisation du CO <sub>2</sub> capté
<b>CHOC</b>	Chaudière Oxy Combustion : dispositif de production de vapeur concentrant le CO <sub>2</sub> pour pouvoir le capter facilement
<b>CEE</b>	Certificat d'économie d'énergie
<b>CRE</b>	Commission de régulation de l'énergie
<b>CSRD, Corporate Sustainability Reporting Directive</b>	Réglementation extra-financière européenne qui consiste à coordonner le reporting de durabilité des entreprises européennes.
<b>Cycle court du carbone</b>	Le cycle court du carbone est celui où intervient le carbone organique (biomasse) et s'opère sur quelques décennies. En effet, au cours de leur croissance, les écosystèmes (forêts et plantes) synthétisent de la matière végétale qui stocke le CO <sub>2</sub> prélevé dans l'atmosphère lors de la photosynthèse. Grâce à elle, la biomasse s'apparente à une véritable pompe à CO <sub>2</sub> , constituant ainsi une réserve de carbone. Ainsi le CO <sub>2</sub> rejeté par l'utilisation énergétique de la biomasse est réabsorbé par les végétaux lors de leur croissance.
<b>Cycle long du carbone</b>	Le cycle long du carbone est un processus de nature géologique. Il s'agit de l'enfouissement de matières organiques dans les sédiments et roches sédimentaires qui les transforment en combustibles fossiles. Le flux de carbone est alors faible, mais s'étend sur une longue période de temps (plusieurs centaines de milliers d'années).
<b>EnR</b>	Energies renouvelables
<b>EU ETS I et II, EU emissions trading system</b>	Directives européennes sur les émissions de CO <sub>2</sub> et échange de quotas
<b>Fit for 55</b>	Fit for 55 (ou « Ajustement à l'objectif 55 ») est un paquet de 12 propositions législatives publié par la Commission européenne le 14 juillet 2021. Il vise à proposer des actions concrètes pour accomplir les objectifs de l'Union européenne de réduction des émissions de gaz à effet de serre de 55 % au moins en 2030 par rapport à 1990.
<b>Gaz verts</b>	Afin de simplifier la lecture de ce livre blanc, la dénomination « gaz verts » regroupe les gaz renouvelables et le gaz de bas-carbone.

<b>Gaz renouvelables</b>	<p>Selon l'article L.445-1 du code de l'énergie : « Sont considérés comme renouvelables, les gaz produits à partir de sources d'énergies renouvelables telles que définies à l'article L. 211-2 ».</p> <p>Cet article précise également « Pour l'application du présent chapitre, les biogaz régis par le chapitre VI du présent titre et l'hydrogène renouvelable défini à l'article L. 811-1 sont des gaz renouvelables ».</p>
<b>Gaz bas-carbone</b>	<p>Le gaz bas-carbone a été défini par l'article L.447-1 du code de l'énergie modifié par la loi Accélération de la Production des énergies renouvelables 2023-175 du 10 mars 2023 - art 98 « est désigné, comme un " gaz bas-carbone " un gaz constitué principalement de méthane qui peut être injecté et transporté de façon sûre dans le réseau de gaz naturel et dont le procédé de production engendre des émissions inférieures ou égales à un seuil fixé par arrêté du ministre chargé de l'énergie ».</p>
<b>Gazéification hydrothermale</b>	<p>Technologie de conversion thermo-chimique innovante, la gazéification hydrothermale convertit et valorise en gaz injectable des déchets liquides, humides et secs mélangeables à l'eau.</p>
<b>GES</b>	<p>Gaz à effet de serre</p>
<b>GHG Protocol, Greenhouse Gas Protocol</b>	<p>Protocole de gaz à effet de serre en français. Norme de comptabilisation et de déclaration des émissions de gaz à effet de serre destinée à l'entreprise.</p>
<b>GNV (gaz naturel véhicule) et bioGNV</b>	<p>Utilisé en remplacement des produits pétroliers, ce carburant alternatif (méthane ou biométhane) limite fortement les émissions de particules et de CO<sub>2</sub>.</p>
<b>Méthanation</b>	<p>Procédé industriel, la méthanation vise à créer une réaction chimique ou biologique en combinant de l'hydrogène avec du dioxyde de carbone ou du monoxyde de carbone. Le résultat obtenu est un gaz appelé méthane de synthèse.</p>
<b>Méthanisation</b>	<p>La méthanisation, aussi appelée usine de méthanisation, est un processus naturel biologique de dégradation de la matière organique animale ou végétale en l'absence d'oxygène (digestion anaérobie), grâce à l'action de multiples micro-organismes pour produire du biogaz.</p>
<b>Off-gas</b>	<p>Coproduit d'un process industriel</p>
<b>ORC, Organic Rankine Cycle</b>	<p>Les cycles organiques de Rankine (COR), plus connus sous le nom de Organic Rankine Cycle (ORC) sont des variantes des cycles à vapeur à eau, qui sont utilisés lorsque la source chaude à partir de laquelle on souhaite produire de la puissance mécanique à basse ou moyenne température.</p>
<b>PCI, Pouvoir calorifique inférieur</b>	<p>Capacité d'un combustible à libérer de l'énergie SANS prise en compte de la chaleur latente de condensation des fumées.</p>
<b>PCS, Pouvoir calorifique supérieur</b>	<p>Capacité d'un combustible à libérer de l'énergie AVEC prise en compte de la chaleur latente de condensation des fumées.</p>
<b>Power-to-gas</b>	<p>La technologie power-to-gas vise à convertir de l'électricité en gaz combustible, c'est-à-dire en hydrogène ou en méthane.</p>
<b>Power-to-methane</b>	<p>La technologie power-to-methane vise à convertir de l'électricité en méthane.</p>
<b>Pyrogazéification</b>	<p>Distincte de la combustion, la pyrogazéification peut transformer une grande variété de résidus solides et de déchets secs. C'est un procédé thermo-chimique de conversion de la matière pour lequel les résidus solides sont chauffés à très haute température en l'absence ou défaut d'oxygène, afin de produire un gaz appelé « syngas », composé notamment de méthane et d'hydrogène.</p>
<b>SAF, Sustainable Aviation Fuels</b>	<p>Carburants d'aviation durables en français. Destinés à l'aviation, ces carburants alternatifs sont produits à partir de différentes ressources plus ou moins renouvelables, comme la biomasse, les algues, les déchets agricoles ou alimentaires ou encore l'hydrogène.</p>

# Ressources utiles

## Optimiser l'efficacité énergétique de son installation fonctionnant au gaz et la financer grâce aux certificats d'économie d'énergie

L'industriel peut monter un dossier CEE avec un partenaire afin de solliciter l'aide au financement<sup>(40)(41)</sup>. Plusieurs fiches concernant les équipements gaz sont *disponibles* :

- [\*IND-UT-102\*](#) : Système de variation électronique de vitesse sur moteur asynchrone. Certains industriels choisissent d'adapter un variateur de vitesse sur un ventilateur de brûleur existant.
- [\*IND-UT-104\*](#) : Economiseur sur les effluents gazeux d'une chaudière de production de vapeur<sup>(42)</sup>
- [\*IND-UT-105\*](#) : Brûleur micro-modulant sur chaudière industrielle<sup>(43)</sup>
- [\*IND-UT-118\*](#) : Brûleur avec dispositif de récupération de chaleur sur four industriel<sup>(44)</sup>
- [\*IND-UT-121\*](#) : Matelas pour l'isolation de points singuliers
- [\*IND-UT-125\*](#) : Traitement d'eau performant sur chaudière de production de vapeur<sup>(45)</sup>
- [\*IND-UT-130\*](#) : Condenseur sur les effluents gazeux d'une chaudière de production de vapeur
- [\*IND-UT-134\*](#) : Système de mesurage d'indicateurs de performance énergétique qui peut permettre d'identifier des pistes de récup de chaleur fatale
- [\*IND-UT-138\*](#) : Conversion de chaleur fatale en électricité ou en air comprimé
- [\*IND-UT-139\*](#) : Système de Stockage de chaleur fatale<sup>(46)</sup>

S'il n'existe pas de fiches standardisées, l'industriel peut monter une opération spécifique. Pour connaître le gain énergétique des travaux, l'industriel doit alors effectuer une mesure comparative précise avant et après l'opération. Les sites soumis à l'EU-ETS certifiés ISO 50001 sont éligibles au dispositif CEE via un dossier d'opération spécifique.

## Améliorer l'efficacité énergétique de son site industriel

ADEME • [https://presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2017/09/DP-CEI\\_Vdef.pdf](https://presse.ademe.fr/wp-content/uploads/2017/09/DP-CEI_Vdef.pdf)

GRDF • [Solutions gaz naturel en industrie | GRDF Cegibat](#)

ALLICE • [Classement général des travaux collectifs ALLICE \(alliance-alice.com\)](#)

NaTran • <https://www.grtgaz.com/medias/actualites/guide-efficacite-energetique>

## Pour aller plus loin

### Système d'échange de quotas d'émission de l'UE (SEQE-UE) ou EU Emissions Trading System (EU-ETS)

[Système d'échange de quotas d'émission de l'UE \(SEQE-UE\) - Commission européenne \(europa.eu\)](#)

[Marchés du carbone - SEQE-UE Installations | Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires \(ecologie.gouv.fr\)](#)

[Marchés du carbone - SEQE-UE | Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires \(ecologie.gouv.fr\)](#)

[Mécanisme d'Ajustement Carbone aux Frontières \(MACF\) | Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires \(ecologie.gouv.fr\)](#)

(40) Opera Energie, Caroline Dusanter. CEE industrie (Certificats d'Économies d'Énergie) : le guide complet. URL : <https://opera-energie.com/cee-industrie/>

(41) Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires. Dispositif des Certificats d'Économies d'Énergie. URL : [https://www.ecologie.gouv.fr/dispositif-des-certificats-deconomies-denergie#scroll-nav\\_3](https://www.ecologie.gouv.fr/dispositif-des-certificats-deconomies-denergie#scroll-nav_3)

(42) <https://calculateur-cee.ademe.fr/pdf/display/50/IND-UT-104>

(43) <https://calculateur-cee.ademe.fr/pdf/display/51/IND-UT-105>

(44) <https://calculateur-cee.ademe.fr/pdf/display/54/IND-UT-118>

(45) <https://calculateur-cee.ademe.fr/pdf/display/59/IND-UT-130>

(46) <https://ateef.fr/system/files/2024-09/IND-UT-139%20vA67-1%20C3%A0%20compter%20du%2001-01-2025.pdf>



# Francegaz

ENSEMBLE, TRANSFORMONS L'ÉNERGIE



[francegaz.fr](https://francegaz.fr)



[@francegazFR](https://twitter.com/francegazFR)



[Francegaz](https://www.linkedin.com/company/francegaz)

**naTran**

**GRDF**

**FRANCE  
GAZ LIQUIDES**  
*L'énergie de tous les territoires*