

Concertation garantie par

LA commission nationale du débat public CNBP

# Neocarb

PROJET DE PLATEFORME INDUSTRIALO-PORTUAIRE DE PRODUCTION DE MOLÉCULES BAS-CARBONE (MATIÈRES PREMIÈRES POUR L'INDUSTRIE ET E-CARBURANTS POUR LES MOBILITÉS LOURDES) SUR LA ZIP DE FOS-SUR-MER

## LES FICHES THÉMATIQUES



CONCERTATION  
PRÉALABLE  
DU PUBLIC

DU 25 NOVEMBRE 2024  
AU 20 JANVIER 2025

Elyse 

 Rte





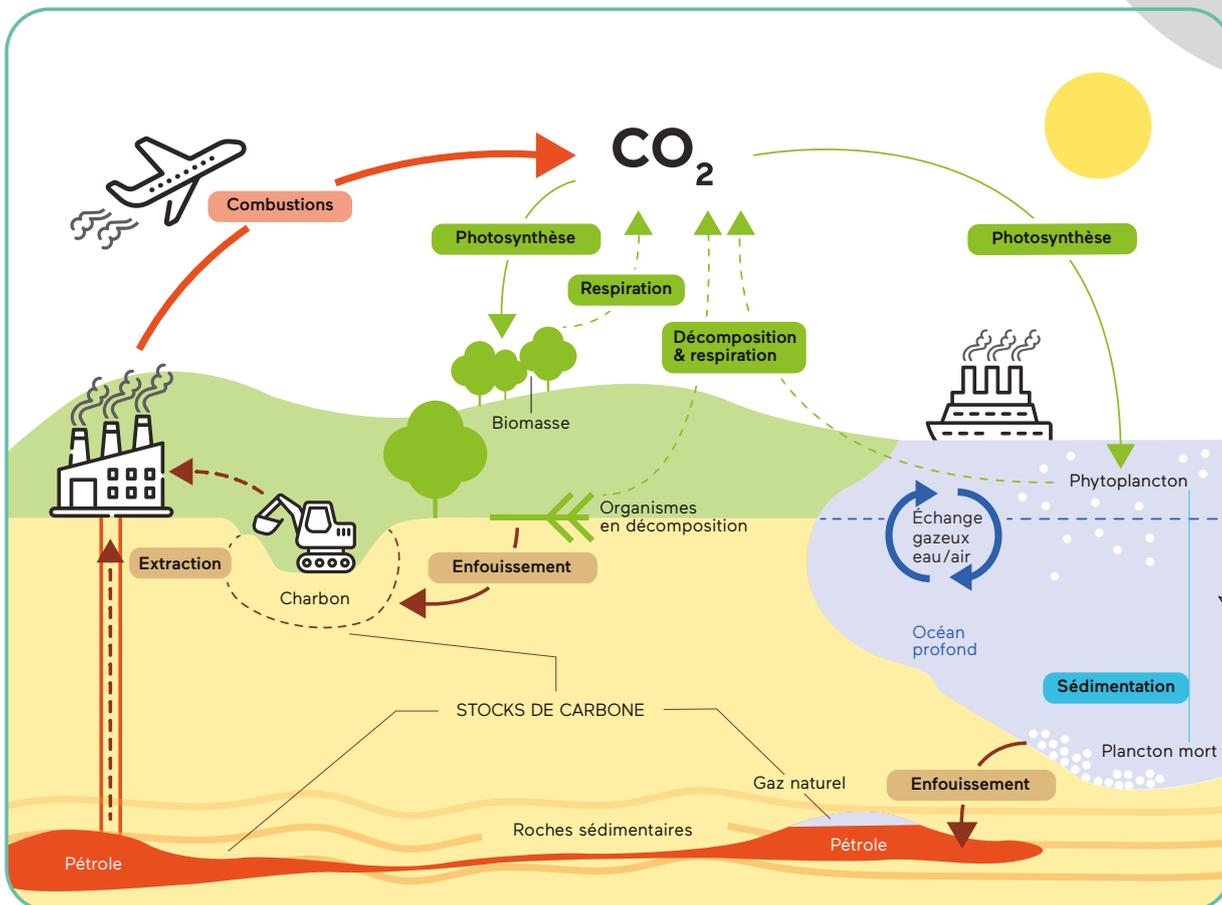
Le carbone est un élément chimique, **essentiel à la vie** sur Terre. Il est à la base de toutes les molécules organiques composant les êtres vivants : végétaux, animaux et humains.

# LES CYCLES DU CARBONE ET LA COMPTABILITÉ DES GAZ À EFFET DE SERRE

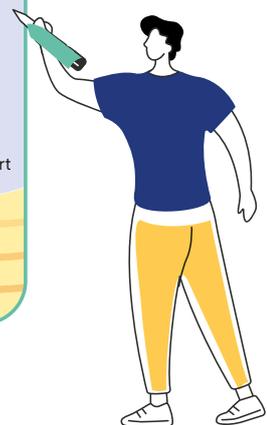
Le carbone est présent dans les êtres vivants, mais également dans l'atmosphère et les océans (sous forme diffuse et dissoute, principalement de  $\text{CO}_2$ ) et dans les sols (sous forme de roches ou de combustibles fossiles) : ils constituent des **réservoirs de carbone**.

Des **flux de carbone**, sous différentes formes, sont échangés entre ces différents réservoirs (ou stocks) de la planète. On appelle **cycle du carbone** l'ensemble de ces échanges en carbone. Une distinction est faite entre les **cycles courts** (entre la biomasse ou les océans et l'atmosphère, sur une à quelques dizaines d'années) et les **cycles longs** (entre l'atmosphère et le carbone fossile des sols, sur plusieurs milliers, voire millions, d'années).

## LES CYCLES DU CARBONE



— Activités humaines      - - - Cycle court      - - - Cycle long



## 1.

## POURQUOI ET COMMENT COMPTER LES ÉMISSIONS DE GES ?

### LA COMMUNAUTÉ INTERNATIONALE S'ENGAGE À LUTTER CONTRE LA CRISE CLIMATIQUE

Depuis la révolution industrielle, l'activité humaine transfère, principalement sous forme de CO<sub>2</sub>, du carbone des stocks fossiles au stock de l'atmosphère, via la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel), et ce CO<sub>2</sub> s'accumule dans l'atmosphère. Cette accumulation de CO<sub>2</sub> et d'autres GES est responsable du **changement climatique** et du **réchauffement global** de l'atmosphère sur la Terre par renforcement de l'effet de serre.

Pour stabiliser l'effet de serre, il faut donc revenir à un **équilibre** entre les émissions de GES dues à l'activité humaine et les absorptions de CO<sub>2</sub> par les puits de carbone naturels (les écosystèmes naturels) et technologiques. C'est l'enjeu des différents accords internationaux visant à **réduire les émissions de GES** : la CCNUCC<sup>1</sup> en 1992, le protocole de Kyoto<sup>2</sup> en 1997 et plus récemment de l'Accord de Paris<sup>3</sup>, en 2015, dont l'objectif est de maintenir l'augmentation de la température moyenne mondiale bien en-dessous de 2°C au-dessus des niveaux préindustriels.

Tous les membres de l'UE ainsi que l'UE ont signé et ratifié l'Accord de Paris, qui se traduit par un engagement à **réduire d'ici 2030 de 55 %** les émissions de gaz à effet de serre de l'UE par rapport à 1990 puis à atteindre la neutralité climatique à l'horizon 2050.

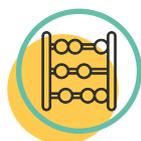


### LES GAZ À EFFET DE SERRE

Les Gaz à Effet de Serre (GES) sont des gaz qui **retiennent dans l'atmosphère** la chaleur reçue du soleil. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) mais aussi les gaz fluorés sont les principaux GES émis par les **activités humaines**. Ces dernières sont le moteur principal du réchauffement climatique. Ces gaz ayant chacun leur propre pouvoir de réchauffement global (PRG), ils sont tous traduits en tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent.

### LA GENÈSE DE LA COMPTABILITÉ DU CARBONE

Puisque « ce qui ne se mesure pas ne s'améliore pas », la comptabilité carbone a naturellement émergé selon deux approches distinctes<sup>4</sup> :

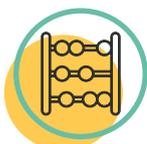
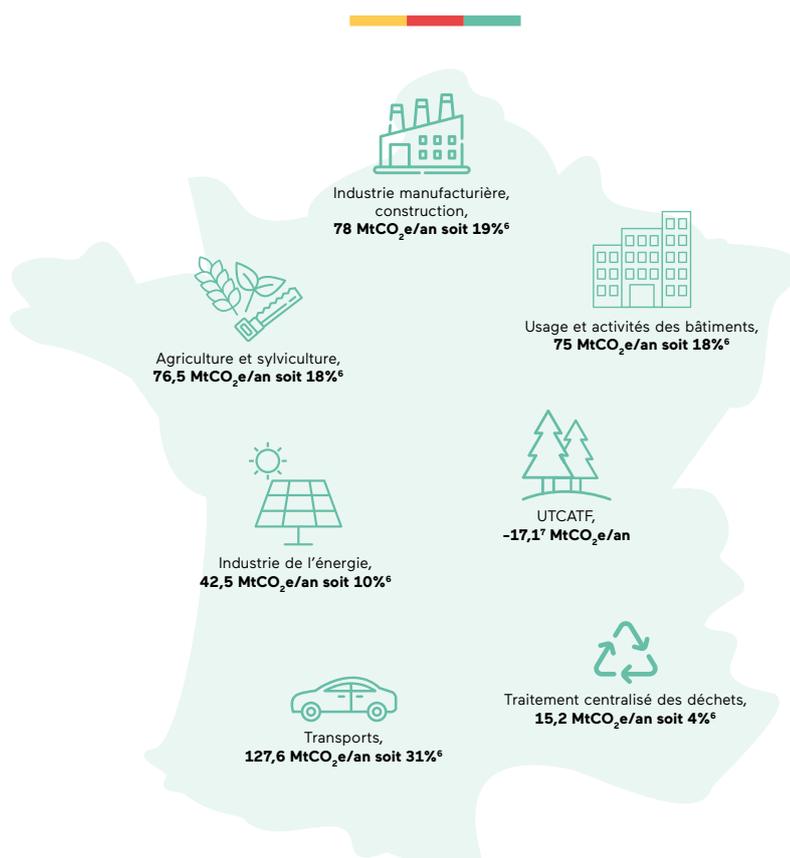


L'approche dite « **inventaire** », pour contrôler la réduction des émissions de GES et les engagements des États dans les différents traités.



L'approche dite « **empreinte carbone** », couramment appelé bilan carbone, pour évaluer les émissions de GES liées à la production et la consommation de produits ou de services. Cette approche est naturellement plus appropriée aux activités des entreprises et des individus.

### LES SECTEURS D'ACTIVITÉS COMPRIS DANS L'INVENTAIRE SECTEN ET LES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub>E (en MtCO<sub>2</sub>e/an) QU'ILS REPRÉSENTENT<sup>8</sup>.



### L'APPROCHE « INVENTAIRE » À L'ÉCHELLE DE L'ÉTAT

L'approche « inventaire » se focalise sur les **émissions territoriales**, et suit les recommandations et méthodes définies dans les enceintes internationales (CCNUCC, Kyoto, GIEC), en évitant le **double-compte** et les **omissions** d'émissions de GES. Concrètement, chaque pays réalise et publie chaque année un **inventaire des émissions et des absorptions** (par les puits de carbone) de GES sur son territoire. En France, le Citepa réalise cet inventaire. Tous les secteurs d'activité<sup>5</sup> sont pris en compte : industrie de l'énergie, manufacturière et de construction, bâtiments et activités résidentielles et tertiaires, agriculture, transports, traitement des déchets.

1 - Pour en savoir plus, [unfccc.int](http://unfccc.int)

2 - Pour en savoir plus, [vie-publique.fr](http://vie-publique.fr)

3 - Pour en savoir plus, [l'Accord de Paris](http://l'Accord de Paris)

4 - Pour en savoir plus, [Citepa\\_2020](http://Citepa_2020)

5 - Pour en savoir plus, [Citepa\\_2023, pp17-18](http://Citepa_2023_pp17-18)

6 - Hors secteur UTCATF.

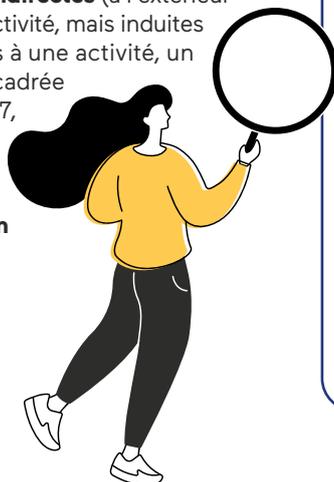
7 - La valeur est négative car ce secteur absorbe plus d'émissions qu'il n'en rejette.

8 - Pour en savoir plus, [Citepa\\_2023, pp95-96](http://Citepa_2023_pp95-96)



## L'APPROCHE « EMPREINTE CARBONE » À L'ÉCHELLE D'UNE ACTIVITÉ

L'approche « empreinte carbone » mesure **l'ensemble des émissions de GES** liées à la production, la distribution, l'utilisation et le recyclage d'un bien ou d'un service, peu importe l'endroit où ont lieu ces émissions. Ce sont donc les **émissions directes** (produites sur le territoire ou le lieu de l'activité) et **indirectes** (à l'extérieur du territoire/du lieu de l'activité, mais induites par celle-ci) de GES liées à une activité, un produit ou un service. Encadrée par la norme ISO 14067, elle permet à travers un équivalent en émissions de CO<sub>2</sub> **d'évaluer l'impact d'une activité ou d'un produit sur le climat.**



## L'EMPREINTE CARBONE D'UNE VOITURE ESSENCE

Par exemple, la base de données de l'ADEME (base Empreinte) indique qu'une voiture essence type compact est la source d'émissions de :

- **Fabrication du véhicule** : 40 gCO<sub>2</sub>e/km, du fait des émissions liées aux matières premières, à la fabrication de composants utilisés dans la fabrication du véhicule (émissions indirectes, amont à l'entreprise) et à la production du véhicule (émissions directes de l'entreprise qui produit le véhicule et indirectes liées à la consommation d'électricité par exemple).
- **Production du carburant** : 40.8 gCO<sub>2</sub>e/km, du fait des émissions liées à l'extraction, au raffinage et à la distribution du carburant (émissions indirectes, amont à l'entreprise produisant la voiture).
- **Combustion du carburant** : 151 gCO<sub>2</sub>e/km, à l'usage du véhicule (émissions indirectes).

# 2.

## COMMENT RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DE GES ?

### LE CADRE RÉGLEMENTAIRE : UN OUTIL INDISPENSABLE À LA BAISSÉ DES ÉMISSIONS DE GES

Afin de contraindre les États membres de l'UE à réduire leurs émissions de GES, cette dernière a conçu **différentes réglementations** au fur et à mesure de la ratification des traités internationaux. Ces règlements, qui sont donc des **outils au service de l'objectif de la réduction des émissions de GES**, ont fait l'objet d'évolutions récentes pour rehausser les ambitions climatiques de l'Union européenne. En particulier :

- Le **Système d'Échange de Quotas d'Émissions (SEQE)** : le marché du carbone de l'UE, mis en place en 2003 ;
- La **directive sur les énergies renouvelables** publiée en 2009, elle a évolué en 2018 (REDII) puis tout dernièrement en 2023 (REDIII) ;
- Le **règlement UTCATF**, relatif à l'Utilisation des Terres et à la Foresterie ;
- Un règlement spécifique à la décarbonation de l'aviation : **ReFuelEU Aviation**, qui traite notamment des carburants d'aviation durable et définit les objectifs ;
- Un règlement spécifique à la décarbonation du transport maritime : **FuelEU Maritime**, qui s'attaque à l'intensité carbone de l'énergie consommée par les navires et définit lui aussi les objectifs.

Tous ces règlements doivent être cohérents entre eux et servir l'objectif ultime de l'Accord de Paris. **Ils ont un impact direct sur le développement du projet NeoCarb.**

### 3 TEXTES À FORT IMPACT SUR LE PROJET NEOCARB

- REDII (réf. 2018/2001), désormais REDIII (2023/2413), et actes délégués associés (2023/1184 et 2023/1185) ;
- ReFuelEU Aviation (2023/2405) et FuelEU Maritime (2023/1805) ;
- Le SEQE, qui donne un prix au CO<sub>2</sub> émis.

## LE CALCUL DE L'EMPREINTE CARBONE DES CARBURANTS RENOUVELABLES POUR LE TRANSPORT

La directive REDII donne une définition et encadre les « carburants renouvelables » pour le transport, dont les produits du projet NeoCarb font partie. La réduction des émissions de GES, sur l'ensemble du cycle de vie du carburant, d'au **moins 70 %** par rapport au carburant de référence (lequel est un carburant fossile type gasoil ou essence) est un critère nécessaire.

Les actes délégués évoqués plus tôt, et en particulier le texte 2023/1185, fournissent tous les détails nécessaires à ce calcul de réduction des émissions de GES des carburants renouvelables. En pratique, **toutes les émissions de l'ensemble du cycle de vie** de production et d'utilisation sont prises en compte, de l'extraction des matières premières à la combustion des carburants, et y compris le transport des matières. C'est ce qu'on pourrait appeler **l'empreinte carbone de la production et de l'utilisation de carburant renouvelable**, rapportée à une unité d'énergie produite et utilisée, pour pouvoir comparer ces nouveaux carburants à la référence fossile.

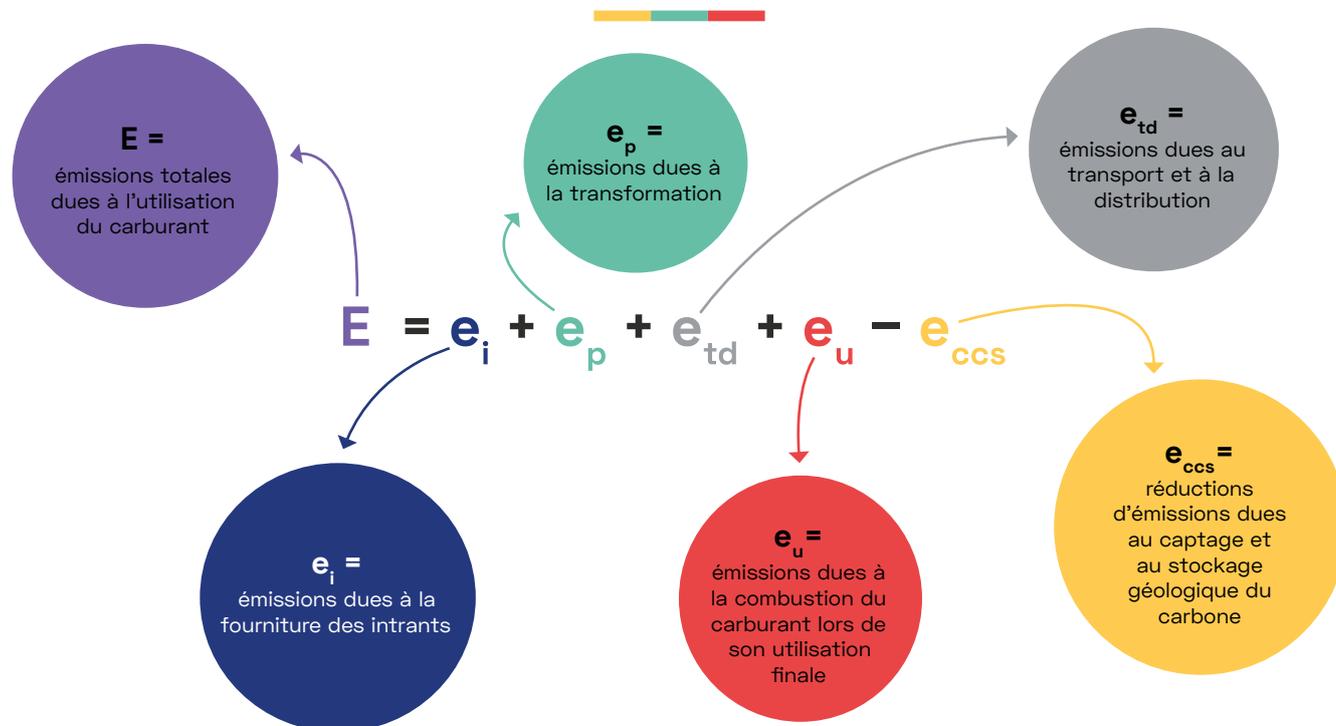


## LA RÉGLEMENTATION REDII

Ce texte européen vise à **encourager l'utilisation des énergies renouvelables** dans la consommation d'énergie des états membres, pour la production d'électricité, l'industrie et dans le secteur des transports. Il définit notamment les **critères de durabilité des énergies**, et en particulier de la **biomasse** et des carburants utilisés pour le transport. Trois types de critères doivent être respectés : la **durabilité**, la **réduction des émissions** de gaz à effet de serre et l'**efficacité énergétique** des installations de production d'électricité. Les émissions de gaz à effet de serre sont évaluées par une approche en **cycle de vie**<sup>10</sup>.



## LE CALCUL DES ÉMISSIONS TOTALES DUES À L'UTILISATION D'UN CARBURANT (en gCO<sub>2</sub>e/Mégajoule)



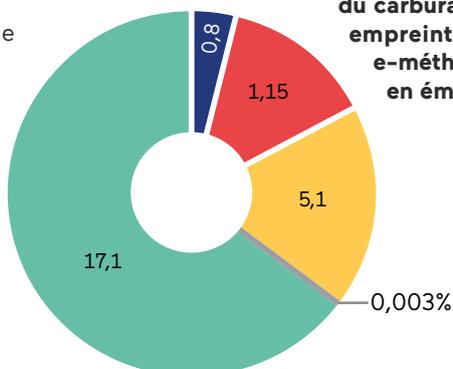
10 - Une approche dite en « en cycle de vie » tient compte de l'ensemble des étapes de fabrication, transport, utilisation et élimination (ou fin de vie) d'un produit.



## EXEMPLE : EMPREINTE CARBONE DU E-MÉTHANOL SELON REDII

Produire du e-méthanol nécessite :

- De produire de l'hydrogène par électrolyse de l'eau alimentée par de l'électricité bas-carbone,
- De capter du CO<sub>2</sub> sur un point d'émission, de le séparer (étape consommant de l'électricité et de la vapeur) et de le transporter jusqu'au point d'utilisation,
- De synthétiser le méthanol à partir du CO<sub>2</sub> et de l'hydrogène (étape consommant de l'électricité et de la vapeur),
- De transporter le e-méthanol jusqu'au consommateur final,
- D'utiliser le e-méthanol comme carburant, comme produit intermédiaire.



### EMPREINTE CARBONE DU E-MÉTHANOL EN gCO<sub>2</sub>e/Mégajoule

- H<sub>2</sub>
- Captage Co<sub>2</sub>
- Méthanolation
- Transport
- Usage

Dans notre exemple exposé ici, la production et l'utilisation d'e-méthanol représente une empreinte carbone de 24,1 gCO<sub>2</sub>e/Mégajoule, soit 484 gCO<sub>2</sub>e/kg. La production et l'utilisation du carburant fossile équivalent représente une empreinte carbone de 1870 gCO<sub>2</sub>e/kg. Cet e-méthanol représente donc un abattement en émissions de GES de plus de 74 %.



## L'UTILISATION DU BILAN CARBONE POUR LE PROJET NEOCARB

Dans le cadre du projet NeoCarb, le calcul du bilan carbone, ou de son empreinte carbone, est essentiel pour :



Mesurer les émissions de gaz à effet de serre de la production et de l'utilisation des produits, pour s'assurer de réduire leur impact climatique par rapport à leurs équivalents fossiles.

Obtenir la certification « renouvelable » ou « bas-carbone », selon la nature de l'électricité, dont les critères sont définis par la réglementation européenne (REDII entre autres).

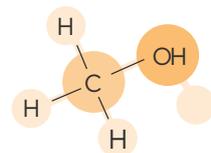
Identifier les postes les plus importants dans la chaîne de production et les réduire dans une logique d'amélioration.

Respecter les obligations réglementaires et normatives, en permettant la vérification par des tiers, afin d'obtenir les certifications nécessaires à la commercialisation des produits.

**Le bilan carbone est nécessaire à la certification des produits, il s'agit d'un outil d'aide à la décision dans la conception du projet et des procédés de fabrication.**



# LE E-MÉTHANOL



Le méthanol est un alcool possédant plusieurs appellations : **alcool méthylique, alcool à brûler ou encore alcool de bois.**

## LE MÉTHANOL AU QUOTIDIEN

**Naturellement présent dans les organismes animaux et végétaux**, le méthanol se retrouve dans l'alimentation et notamment dans les fruits et légumes frais, les jus de fruits, les boissons fermentées et les aliments contenant de l'aspartame (substance qui remplace le sucre). De fait, il se retrouve dans le corps humain une fois ces aliments ingérés.

En plus de le retrouver naturellement, il peut être synthétisé à échelle industrielle et ainsi être utilisé en tant que :

- **Solvant** pour la fabrication de nombreux objets du quotidien (industrie chimique : cosmétiques, peintures, produits d'entretiens).
- **Carburant** pour le transport maritime.

**7H30**

Produits capillaires, vêtements (tissus infroissables), vernis, aérosols, fragrances, solvants (produits ménagers).

**8H40**

Panneaux photovoltaïques, aliments pour animaux, peinture (vélo), mobilier de bureau, bouteille plastique PET, téléphone, éléments électriques.

**18H00**

Carrosserie, industrie pharmaceutique (médicaments, masques, désinfectant...) peintures, pare-brise (verre de sécurité), tableau de bord.

**19H00**

Colles, mobilier en bois composé (contreplaqué...), moquette, oreillers, boîtier d'écran de télévision, carburant pour transport maritime.

## LE MÉTHANOL : UN COMPOSANT ESSENTIEL À LA CHIMIE

Le méthanol est une molécule utilisée pour synthétiser des composés à forte valeur ajoutée dans la plasturgie, le textile, la pharmacie ou l'agro-alimentaire. Il entre ainsi dans les procédés de fabrication de nombreux produits du quotidien comme les cosmétiques, les médicaments, les résines, les plastiques, peintures, silicones, ou la nutrition animale.

Difficilement substituable et présent pour des produits dont les utilisations sont au cœur de nos vies quotidiennes, le marché du méthanol est en croissance constante. La demande a ainsi augmenté de 38 millions de tonnes par an en 2000 pour atteindre près de 100 millions de tonnes en 2021 du fait de son utilisation dans de nombreux procédés de fabrication (réaction chimique). Les projections de l'IRENA (l'Agence internationale pour les énergies renouvelables) anticipent une poursuite de cette hausse avec près de 500 millions de tonnes en 2050.

## LA PRODUCTION DU MÉTHANOL, UN ENJEU CLÉ DE LA DÉCARBONATION

Le méthanol est aujourd'hui produit presque exclusivement à partir de gaz naturel ou de charbon, des ressources fossiles. Au regard de son utilisation et de la croissance de sa production, la décarbonation de la production s'affirme comme un enjeu industriel majeur. Selon l'IRENA, la production de méthanol « conventionnel » serait responsable de l'émission d'environ 300 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, soit 10 % environ des émissions combinées des secteurs de la chimie et de la pétrochimie<sup>1</sup>.

Des alternatives à ces procédés s'affirment néanmoins depuis plusieurs années, en particulier la production de e-méthanol. Elles consistent à remplacer les ressources fossiles et carbonées par des ressources renouvelables, tout en produisant une molécule aux propriétés identiques, adaptées à l'infrastructure existante et directement utilisable.

## LE MÉTHANOL, UN CARBURANT ALTERNATIF POUR LE TRANSPORT MARITIME

Le méthanol est considéré avec attention depuis la crise pétrolière des années 1970 comme une alternative crédible au pétrole comme carburant routier.

L'usage du méthanol comme carburant s'avère prometteur dans le transport maritime, en particulier pour les porte-conteneurs, les ferrys, les vraquiers ou les bateaux de croisière. Les navires propulsés au méthanol sont ainsi en tête des commandes de porte-conteneur en 2023, (plus de 200 navires en construction d'après l'agence Bloomberg)<sup>2</sup>.

## LE E-MÉTHANOL, UNE ALTERNATIVE AU MÉTHANOL CONVENTIONNEL

Le e-méthanol est avant tout un méthanol, avec les mêmes propriétés chimiques que le méthanol fossile. La différence tient dans la méthode de production. Grâce à la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, alimentée par de l'électricité bas-carbone, et au recyclage du carbone issu de procédés industriels, le e-méthanol permet de produire une molécule en réduisant les émissions de gaz à effet de serre d'au moins 70 % en cycle de vie, tout en permettant de relocaliser la production en contribuant à la réindustrialisation et à la souveraineté énergétique.

Le e-méthanol peut ainsi accompagner le secteur de la chimie, engagé depuis plusieurs années dans la décarbonation de ses activités. La réduction de ces émissions suppose néanmoins

de fournir à la filière des molécules bas-carbone, notamment le méthanol.

Le e-méthanol est considéré comme un carburant alternatif prometteur pour le secteur maritime, principalement en raison de sa capacité à :

- **Réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) :** Les carburants marins traditionnels, comme le fioul lourd (Heavy Fuel Oil, HFO) ou le gasoil marin (Marine Gas Oil, MGO), sont issus de ressources fossiles et contribuent à des émissions nettes de CO<sub>2</sub> lors de leur combustion, sans capture en amont. Leur utilisation dans les moteurs de navires représente une source significative de GES. En conséquence, le e-méthanol pourrait **réduire les émissions de CO<sub>2</sub> jusqu'à 90 %** par rapport aux carburants fossiles, selon la manière dont il est produit et les sources d'énergie utilisées pour sa fabrication.
- **Réduire les polluants atmosphériques par rapport au fuel conventionnel (fioul lourd ou gasoil marin) :**
  - **Oxydes de soufre (SOx) :** Le e-méthanol ne contient pas de soufre, ce qui signifie qu'il n'émet pas d'oxydes de soufre lors de sa combustion. En revanche, les carburants marins traditionnels, notamment le fioul lourd, sont riches en soufre, ce qui contribue aux émissions de SOx, responsables de la pollution atmosphérique et de l'acidification des océans. Le passage au e-méthanol permet donc une réduction des SOx proche de 100 %.
  - **Oxydes d'azote (NOx) :** Les émissions de NOx lors de la combustion du méthanol sont également inférieures à celles des carburants fossiles, bien que le niveau de réduction dépende des technologies de combustion utilisées à bord des navires. En général, la combustion plus propre du méthanol peut **réduire les émissions de NOx d'environ 30 à 50 % par rapport aux fiouls lourds**.
  - **Particules fines (PM) :** Le méthanol brûle de manière plus propre que le fuel conventionnel et génère beaucoup moins de particules fines. **La réduction des émissions de particules fines peut atteindre 95 % comparé au fioul lourd**, ce qui est significatif pour la qualité de l'air, en particulier près des ports et des zones côtières.

Actuellement, la France dispose de très peu d'industrie produisant du méthanol. Avec des besoins s'élevant à 700 000 tonnes par an, la France importe depuis l'étranger cette molécule. Le projet NeoCarb décarbonerait une partie du marché existant grâce à sa production atteignant 50 000 tonnes de e-méthanol : cela compenserait en partie l'import de méthanol effectué par la France pour subvenir à ses besoins.

## LE PROCÉDÉ DE FABRICATION DU E-MÉTHANOL

La production du e-méthanol consiste à utiliser de l'hydrogène bas-carbone produit par électrolyse de l'eau et du carbone valorisé de procédés industriels (chaufferie, biomasse, incinérateur, etc.).

Le captage de CO<sub>2</sub> et la production d'hydrogène reposent sur des procédés de fabrication aujourd'hui connus et maîtrisés qui bénéficient d'un important retour d'expérience.

Le carbone et l'hydrogène sont ensuite envoyés par canalisation dans une unité de production de méthanol pour être synthétisés dans un réacteur, puis distillés pour aboutir à la pureté recherchée. Cette unité de production est similaire à celle du méthanol conventionnel, la différence la plus importante étant la provenance et donc la composition du gaz. Ainsi, le procédé de fabrication du e-méthanol bénéficie de l'ensemble du retour d'expérience des unités de production de méthanol conventionnel, ce qui permet d'optimiser et sécuriser sa production.

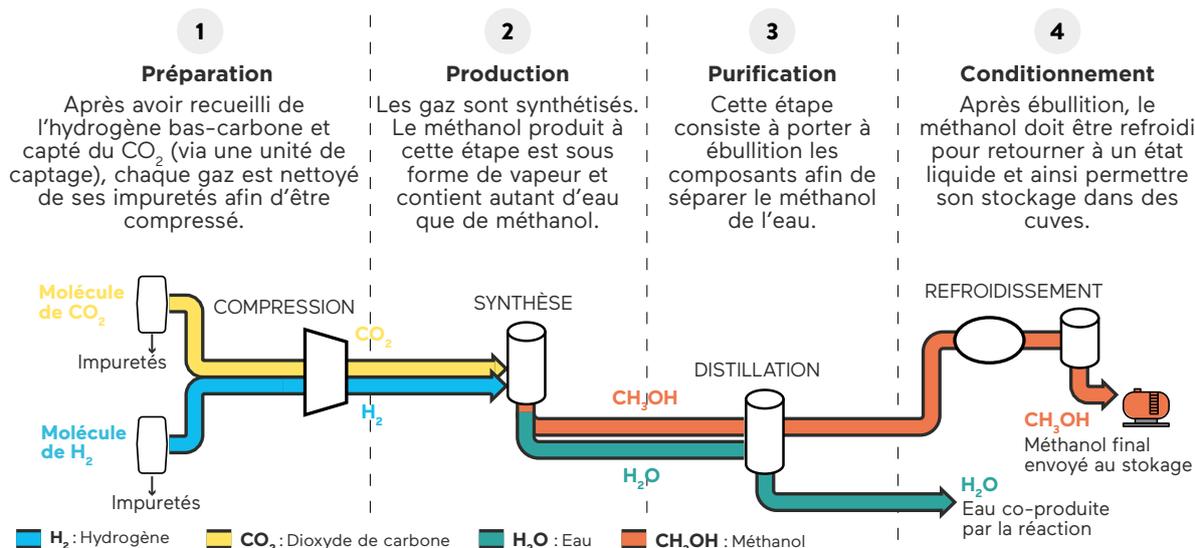


**POUR PLUS D'INFORMATIONS,  
SE REPORTER AUX FICHES  
THÉMATIQUES SUR L'HYDROGÈNE  
ET LE CAPTAGE DE CO<sub>2</sub>.**

1 - Source : [irena.org](https://irena.org)

2 - Source : [manifoldtimes.com](https://manifoldtimes.com)

## SCHÉMA DU PROCÉDÉ DE FABRICATION DU E-MÉTHANOL



## DES EXEMPLES DE PROJETS DE PRODUCTION DE E-MÉTHANOL

**Shunli (Chine)**  
**Carbon Recycling International**

La société est pionnière dans la production d'e-méthanol (depuis 2012) pour ses clients européens et chinois.

En octobre 2022, Carbon Recycling International a achevé la mise en service d'une nouvelle usine de production d'e-méthanol en Chine. D'une capacité de production de 110 000 tonnes d'e-méthanol par an, il s'agit de la plus grande unité de production d'e-méthanol en opération.



Photographie de l'usine Shunli par Carbon Recycling International

**FlagshipONE (Suède)**  
**Ørsted**

Le projet de production de e-méthanol FlagshipONE est situé au nord de la Suède à Örnsköldsvik à proximité d'une centrale de production combinée de chaleur et d'électricité alimentée en biomasse gérée par Övik Energi.

Le projet possèdera de nombreux liens avec la centrale et son exploitant :

- La vapeur et l'eau de refroidissement de la centrale seront utilisés par le projet. L'hydrogène sera produit par électrolyse de l'eau.
- La capture de 70 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an émis par la centrale.
- La chaleur produite par le projet sera réutilisée par Övik Energi pour être intégrée à leur système de chauffage urbain existant et proche de l'usine.

L'usine est en construction en 2023 et sera mise en service en 2025 afin de produire 50 000 tonnes de e-méthanol par an.

Deux autres projets ont été annoncés : FlagshipTWO et FlagshipTHREE, pour une production de 100 000 tonnes de e-méthanol chacun par an. Le projet a été initialement développé par l'entreprise suédoise Liquid Wind, dont Elyse Energy est actionnaire.



Image de synthèse du projet FlagshipONE (Ørsted)



**Le dihydrogène est un gaz** composé de deux atomes d'hydrogène. Le terme « hydrogène » est utilisé dans le langage courant pour qualifier le dihydrogène.

# L'HYDROGÈNE (dihydrogène)



## LES USAGES DE L'HYDROGÈNE

Élément le plus abondant de l'univers, l'hydrogène se présente dans l'atmosphère comme un gaz invisible et inodore. Son usage actuel se concentre principalement sur les secteurs de la chimie et de la pétrochimie pour lesquels l'hydrogène est valorisé pour ses propriétés chimiques.

L'hydrogène est ainsi utilisé comme réactif dans les procédés de raffinage des bruts en produits pétroliers (désulfuration, hydrogénation), comme intermédiaire pour la production d'ammoniac (pour fixer l'azote de l'air et produire des engrais) ou le méthanol, ou comme gaz réducteur pour éviter l'oxydation de certains procédés industriels (exemple : verre trempé). De manière plus négligeable, l'hydrogène

entre également dans l'industrie agroalimentaire pour améliorer la conservation des aliments (« hydrogénation des graisses »).

Outre ses usages « matière », l'hydrogène connaît un intérêt croissant comme vecteur énergétique. Dès 1875, Jules Verne prédisait ainsi dans son ouvrage *L'Île mystérieuse* son développement : « Oui, mes amis, je crois que l'eau sera un jour utilisée comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène, qui la constituent, utilisés isolement ou simultanément, fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisable et d'une intensité que la houille ne saurait avoir. [...] L'eau est le charbon de l'avenir. ».



## AUJOURD'HUI, LA CONSOMMATION MONDIALE D'HYDROGÈNE, C'EST...



Le marché mondial est estimé à près de 70 millions de tonnes par an, dont 1 million de tonnes sur le marché français, principalement à partir de gaz naturel ou comme co-produit pétrolier.



D'abord limités à l'industrie spatiale, les usages dit « énergie » de l'hydrogène sont multiples : mobilité routière avec les véhicules à pile à combustible, industrie avec la production d'acier ou d'acier décarboné, ferroviaire avec les trains à hydrogène comme Alstom, ou aérien et maritime directement sous forme d'hydrogène ou par l'intermédiaire de dérivés.



L'hydrogène est également utilisé pour le transport public en tant que carburant.

L'hydrogène produit sera dit « **bas-carbone** » car il sera produit par électrolyse de l'eau, alimentée par de l'électricité renouvelable ou nucléaire.

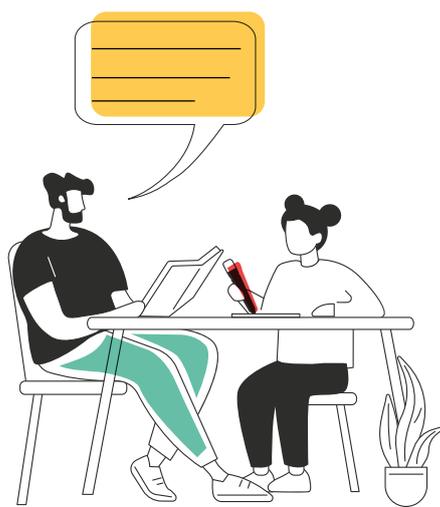
## LE PROCÉDÉ DE FABRICATION DE L'HYDROGÈNE

Selon les méthodes de production de l'hydrogène, des couleurs y sont associées. Bien qu'aucune nomenclature n'ait été entérinée, on retrouve souvent les nuances ci-dessous :

- **Hydrogène carboné** : hydrogène produit par vaporeformage du méthane sans captage ni stockage du  $\text{CO}_2$ .
- **Hydrogène renouvelable** : hydrogène produit par électrolyse de l'eau à partir d'électricité provenant de sources d'énergie renouvelable (solaire, éolienne, hydraulique, etc.).
- **Hydrogène bas-carbone** : produit par électrolyse de l'eau. Ce processus est alimenté par de l'électricité renouvelable ou nucléaire.

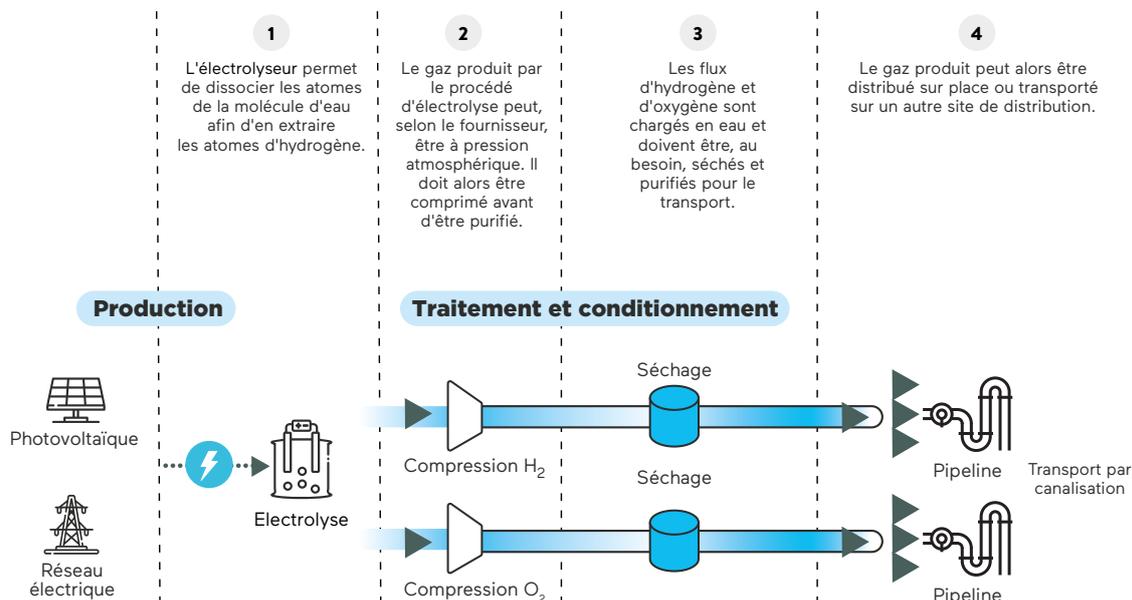
L'hydrogène peut donc être produit par différentes méthodes :

- **Le vaporeformage** : l'hydrogène est extrait du gaz naturel ( $\text{CH}_4$ ) sous l'action de la vapeur d'eau surchauffée. À cette étape, l'hydrogène est séparé du  $\text{CO}_2$  qui peut être capturé. C'est la méthode la plus couramment utilisée.
- **La gazéification du charbon de bois** : comme pour le charbon, la biomasse peut être gazéifiée, et produire, grâce à sa combustion à haute température, un mélange d'hydrogène et de  $\text{CO}_2$  qui peut ensuite être purifié.
- **L'électrolyse de l'eau** : cette technique consiste à décomposer la molécule de l'eau en dihydrogène et oxygène grâce à un courant électrique.



## ZOOM SUR LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE PAR ÉLECTROLYSE DE L'EAU

### SCHÉMA DU PROCÉDÉ DE FABRICATION DE L'HYDROGÈNE



# 1.

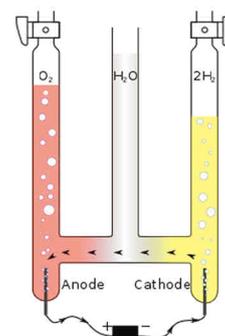
## L'électrolyse

L'électrolyse de l'eau est un procédé électrochimique visant à décomposer l'eau ( $H_2O$ ) en ses éléments constitutifs – le dihydrogène ( $H_2$ ) et le dioxygène ( $O_2$ ) – en appliquant un courant électrique direct et une tension à l'eau, sous forme liquide ou de vapeur.

L'électrolyse est constituée de trois niveaux d'architectures : la cellule, la pile et l'unité de production. La cellule d'électrolyseur est constituée de deux électrodes métalliques conductrices (l'anode et la cathode), reliées à un générateur de courant continu et séparées par un électrolyte qui peut être une solution aqueuse ou une membrane.

Assemblées les unes aux autres, les cellules constituent des piles, souvent installées en parallèle, qui, complétées par des équipements auxiliaires (contrôles électriques, traitement de l'eau, tuyauterie, compresseur, etc.) forment les unités de production de l'électrolyse.

Une unité de stockage en aval de l'unité de production par électrolyse vise ensuite à stocker temporairement l'hydrogène produit. Celle-ci inclut de nombreux éléments de contrôle (pression, volume) et de sécurité (vannes, capteurs) afin de permettre un suivi adapté du gaz. Ce stockage a pour objectifs de réguler le flux d'hydrogène en sortie d'électrolyse et d'alimenter la compression.



# 2.

## La compression

Le flux d'hydrogène gazeux produit est acheminé vers l'unité de compression, dotée de plusieurs compresseurs fonctionnant en parallèle. Selon le fournisseur, le gaz produit par le procédé d'électrolyse est initialement à pression atmosphérique et doit être comprimé avant d'être purifié. Cette étape peut être optionnelle en fonction du fournisseur de l'hydrogène. Les technologies de compression varient selon les installations et selon le niveau de pression souhaité. Plusieurs techniques de compression peuvent être utilisées, telles que la compression à piston ou celle membranaire..

# 3.

## La purification

En sortie d'électrolyseur, le flux d'hydrogène est chargé en eau et en oxygène. Il doit donc être purifié afin d'atteindre un niveau de pureté conforme aux besoins du projet. L'unité de purification nécessaire au traitement du flux d'hydrogène est principalement composée d'un réacteur catalytique (désoxydant) dédié au traitement de l'oxygène et, en cas de besoin, d'un système de séchage du gaz constitué de colonnes permettant l'adsorption de l'eau.

# 4.

## Le transport

La production est transportée par canalisation pour une utilisation dans les procédés de production de carburant.



## LA PRODUCTION D'HYDROGÈNE À TRAVERS LE MONDE

À l'échelle mondiale, plusieurs pays ont annoncé des programmes ambitieux de développement autour de l'hydrogène, à l'image du Maroc, du Canada, de l'Australie ou encore du Chili. Ce dernier souhaite mettre à profit les grands espaces du désert d'Atacama, doté des meilleures conditions d'irradiation solaire de la planète (nord du pays), et son gisement de vent en Patagonie chilienne (partie plus méridionale du pays) pour développer une production vertueuse d'hydrogène renouvelable.

Dans une stratégie actée en 2021, **ce pays d'Amérique du Sud ambitionne de produire l'hydrogène le moins cher du monde d'ici à 2030**, et d'être l'un des 3 plus gros exportateurs d'ici à 2040. Ces projets sont financés par la puissance publique en soutien aux investissements massifs du secteur privé.



Centrale solaire dans le désert d'Atacama au Chili Bolero SolarChile, 2016



Image de synthèse représentant le projet Nascar, ©cetaer.com



À l'échelle européenne, l'Espagne se positionne pour devenir un acteur de référence de la production d'hydrogène renouvelable. Si les projets de production d'hydrogène vert ont principalement émergé en Europe du Nord avec la volonté de valoriser les ressources hydroélectriques, géothermiques et éoliennes, la péninsule Ibérique, richement dotée en ressources renouvelables (soleil et vent) entend s'imposer comme un hub énergétique majeur. L'Espagne s'est fixé une feuille de route en 2020. L'Espagne connaît une croissance massive de capacité électrique renouvelable : la moitié de la croissance des EnR dédiée à l'hydrogène en Europe provient de l'Espagne.

Le « **projet Nascar** » de INNDE CETAER situé en Espagne, soutenue par des fonds européens, ambitionne de produire **7 200 tonnes d'hydrogène vert par an** via de l'énergie photovoltaïque. Cet hydrogène servira à produire du e-méthanol. Le projet vise une première phase opérationnelle en janvier 2025, avec une production équivalente à 3 camions citernes de 25 tonnes de e-méthanol par jour.



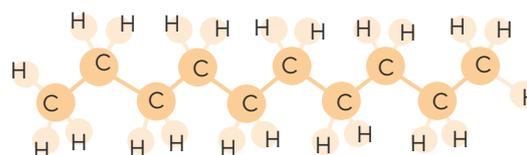
À l'échelle française, avec le plan de relance post covid, l'hydrogène bas-carbone a le vent en poupe. De nombreux projets se développent avec des capacités de production d'hydrogène vert toujours plus grosses. Il y a par exemple les usines de **Lhyfe en Vendée et en Bretagne**, ou encore le projet de **TotalEnergies**.

Un des projets les plus significatifs par son ampleur est « **Normand'Hy** » porté par **Air Liquide**. L'objectif est une capacité de **200 MW** et une mise en service en 2025 au sein de la zone industrielle de Port-Jérôme. Cette production d'hydrogène décarbonée alimentera la vallée de la Seine afin d'en **décarboner les industries**, mais aussi les mobilités lourdes.



# LES CARBURANTS D'AVIATION DURABLES

Le e-kérosène est un carburant durable pour l'aviation. Produit **sans hydrocarbures**, il présente une très **faible empreinte carbone**.



## LES CARBURANTS D'AVIATION DURABLES, QU'EST-CE QUE C'EST ?

La part relative des émissions de gaz à effet de serre (GES) du secteur aérien croît depuis 30 ans. Les avions volent au kérosène, un carburant dérivé du pétrole et donc émetteur de CO<sub>2</sub> lors de l'extraction du pétrole, de son raffinage et lors de la combustion du carburant.

Depuis quelques années, l'aviation entame sa transition énergétique en travaillant en premier lieu sur les gains d'efficacité énergétique (amélioration des motorisations, réduction du poids des matériaux, évolution des opérations aériennes). Pour atteindre les objectifs de décarbonation qu'elle s'est fixée, la filière doit néanmoins travailler impérativement sur son carburant qui ne possède pas d'alternatives à ce jour. De nouvelles solutions technologiques de rupture pourraient être apportées d'ici une quinzaine d'années, mais nécessiteront un renouvellement total des flottes et ne pourront pas nécessairement traiter tous les segments (court, moyen et long-courrier).

Pour dépasser ces difficultés, les Carburants d'Aviation Durable (CAD) sont une réponse immédiate, car directement **utilisables dans les équipements actuels**. La décarbonation de la filière aéronautique peut ainsi être amorcée efficacement, tout en se préparant à une transition de plus long terme. Pour être certifiés durables en Europe, ces carburants doivent justifier d'une réduction d'émissions de gaz à effet de serre sur l'ensemble du cycle de vie d'au moins 70 % par rapport à la référence fossile, calcul réalisé selon la méthodologie de la directive RED.

Selon le scénario du règlement européen Refuel EU aviation, les Carburants d'Aviation Durables devraient représenter 70 % de l'approvisionnement du secteur à horizon 2050, et contribuer pour plus de la moitié aux objectifs de décarbonation du transport aérien.

Plusieurs solutions technologiques existent pour produire du e-kérosène. Le scénario de référence présenté dans le dossier de concertation du projet NeoCarb détaille la technologie « méthanolo-jet » mais ce scénario pourrait évoluer selon les avancées technologiques et les enseignements de la concertation.



## IL EXISTE TROIS CATÉGORIES PRINCIPALES DE CARBURANTS D'AVIATION DURABLES (CAD) :

- Les **biocarburants de première génération** produits à partir de tout type de biomasse ;
- Les **biocarburants avancés**, produits à partir de biomasse n'entrant pas en concurrence avec les usages alimentaires ;
- Les **carburants de synthèse** produits à partir d'hydrogène électrolytique et de carbone. L'origine du carbone utilisable évolue suivant les exigences de la directive RED.



POUR PLUS D'INFORMATIONS, SE REPORTER À LA FICHE THÉMATIQUE  
LES CYCLES CARBONE ET LA COMPTABILITÉ DES GAZ À EFFET DE SERRE



## ZOOM SUR : COMMENT PRODUIRE DU CARBURANT DURABLE, LES 4 FILIÈRES DE PRODUCTION

### HVO

#### Hydrotraitement des huiles végétales

Traitement des corps gras contenus dans les huiles végétales ou graisses animales et transformation en biocarburant.



Aujourd'hui certifié jusqu'à 50 % d'usage



Huiles de cuisson usagées



Graisses animales

#### Charges lipidiques

RED II<sup>1</sup> Annexe IX Part. B

#### HYDROTRAITEMENT

Hydrogénation des oléfines  
Élimination des oxygénés

#### HYDROISOMÉRISATION

Ajustement des propriétés à froid

#### Biocarburants avancés



### BTL AND E-BTL

#### Biokérosène et E-Biokérosène Base Fischer Tropsch

Carburant obtenu à partir de biomasse lignocellulosique (résidus forestiers, agricoles).



Résidus forestiers



Résidus agricoles

#### Biomasses lignocellulosiques

RED II Annexe IX Part. A

#### PRÉTRAITEMENT DE LA BIOMASSE

#### GAZÉIFICATION

#### PURIFICATION CONDITIONNEMENT

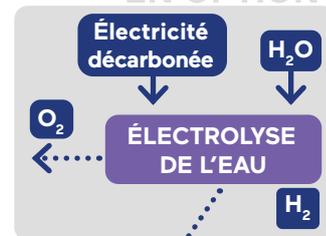
#### SYNTHÈSE ET TRAITEMENT DES CARBURANTS

#### FISCHER TROPSC

#### Biocarburants avancés ou e-biocarburants si ajout d'hydrogène électrolytique



#### EN OPTION



1 - Révision de la directive européenne sur les énergies renouvelables de 2009. Le texte vise à définir les critères de durabilité des énergies, et notamment de la biomasse. Trois types de critères doivent être respectés : la durabilité, la réduction des émissions de gaz à effet de serre et l'efficacité énergétique des installations de production d'électricité. Ces critères sont évalués par une approche en cycle de vie.



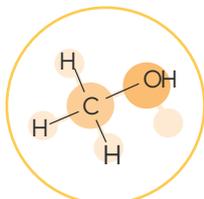
### ATJ

#### Alcool-to-Jet

Production de biocarburant à partir de méthanol (lui-même produit à partir de CO<sub>2</sub>, d'H<sub>2</sub>) converti en kérosène synthétique.

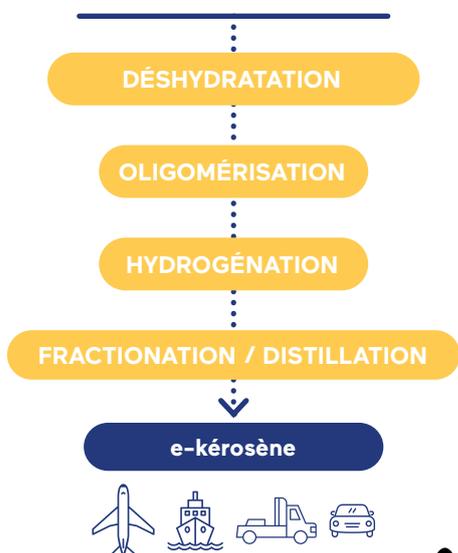


Aujourd'hui certifié jusqu'à 50 % d'usage



Méthanol

#### Méthanol



### E-FUELS, POWER TO LIQUID

#### E-carburant

Carburant de synthèse produit à partir d'électricité renouvelable ou bas-carbone, de CO<sub>2</sub>, d'H<sub>2</sub> issu d'électrolyse.



Aujourd'hui certifié jusqu'à 50 % d'usage

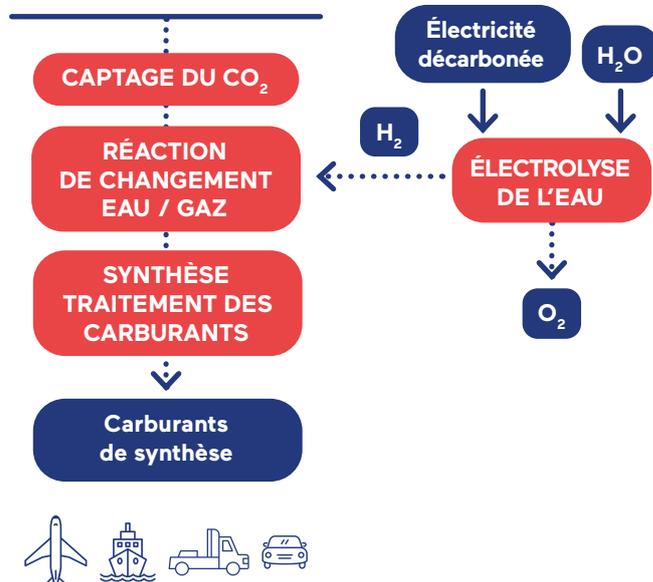


CO<sub>2</sub> biogénique  
CO<sub>2</sub> fossile



H<sub>2</sub> décarboné

#### CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> et électricité



## D'AUTRES EXEMPLES DE PROJETS

## CARE-O-SENE

Catalyst Research for Sustainable Kerosene

**CARE-O-SENE**  
(CAtalyst REsearch fOr Sustainable Kerosene)

Ce projet est porté par **un consortium germano-sud-africain**, il vise la production de kérosène durable dès 2025. Pour cela, CARE-O-SENE développe avec ses **7 partenaires** une nouvelle génération de **catalyseurs** nécessaire à la fabrication du biokérosène. Ce projet est notamment soutenu par le ministère fédéral allemand de l'éducation et de la recherche. Le projet permettra de produire **15 000 tonnes de biokérosène par an** sur le site de Secunda en Afrique du Sud. Cette usine est opérée par **Sasol**, un des 7 partenaires.

**TotalEnergies – Plateforme de la Mède**

TotalEnergies a transformé sa raffinerie de La Mède, dans les Bouches-du-Rhône en bioraffinerie. Démarrée en 2019, la bioraffinerie dispose d'une capacité de production de 500 000 tonnes par an de biodiesel et de biokérosène. Ces carburants sont issus d'huiles usagées et d'huiles végétales (HVO). Le projet Masshyla, associant TotalEnergies à Engie, vise à produire 5 tonnes d'hydrogène vert par an, à partir d'un électrolyseur de 40 MW connecté à des fermes solaires de plus de 100 MW, pour alimenter la bioraffinerie et améliorer le rendement matière.



L'usine Werlte (@ndr.de)

**Atmosfair**

En octobre 2021, l'Allemagne a inauguré à Werlte, la **première usine de e-kérosène à échelle semi-industrielle**. Cette unité de production est portée par l'ONG Atmosfair, elle permettra la réalisation **d'une tonne de kérosène vert par jour**. Ce carburant est produit avec de **l'hydrogène vert** par électrolyse de l'eau alimentée par des énergies renouvelables. Quant au carbone nécessaire à la production, il est obtenu auprès d'un **méthaniseur local de déchets et par extraction du CO<sub>2</sub> ambiant**.



Usine pilote sur un site de TotalEnergies à Dunkerque © Dominique Fontenat

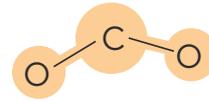
**Projet BioTfuel®**

Afin d'éprouver la technologie BioTfuel®, le groupement **BioNext** a testé **depuis 2010** une unité semi-industrielle de production de biokérosène sur le site de **Dunkerque**.



# LE CAPTAGE DU CO<sub>2</sub>

Le dioxyde de carbone, plus connu sous sa formule moléculaire CO<sub>2</sub>, est un élément très présent sur Terre.



Il est notamment **essentiel à la photosynthèse** qui voit la nature recycler le carbone et l'eau avec l'énergie solaire pour permettre aux végétaux de se développer.



Le carbone joue également un rôle essentiel dans **nos vies quotidiennes** à travers l'usage massif des hydrocarbures – pétrole, gaz naturel, charbon. Il permet par exemple d'alimenter voitures, navires, avions, et industries.



Le carbone est enfin présent massivement dans nos vies quotidiennes à travers **l'alimentation** (les hydrocarbures sont utilisés pour produire des engrais ou protéines animales), **le textile, les produits d'hygiène, etc.**

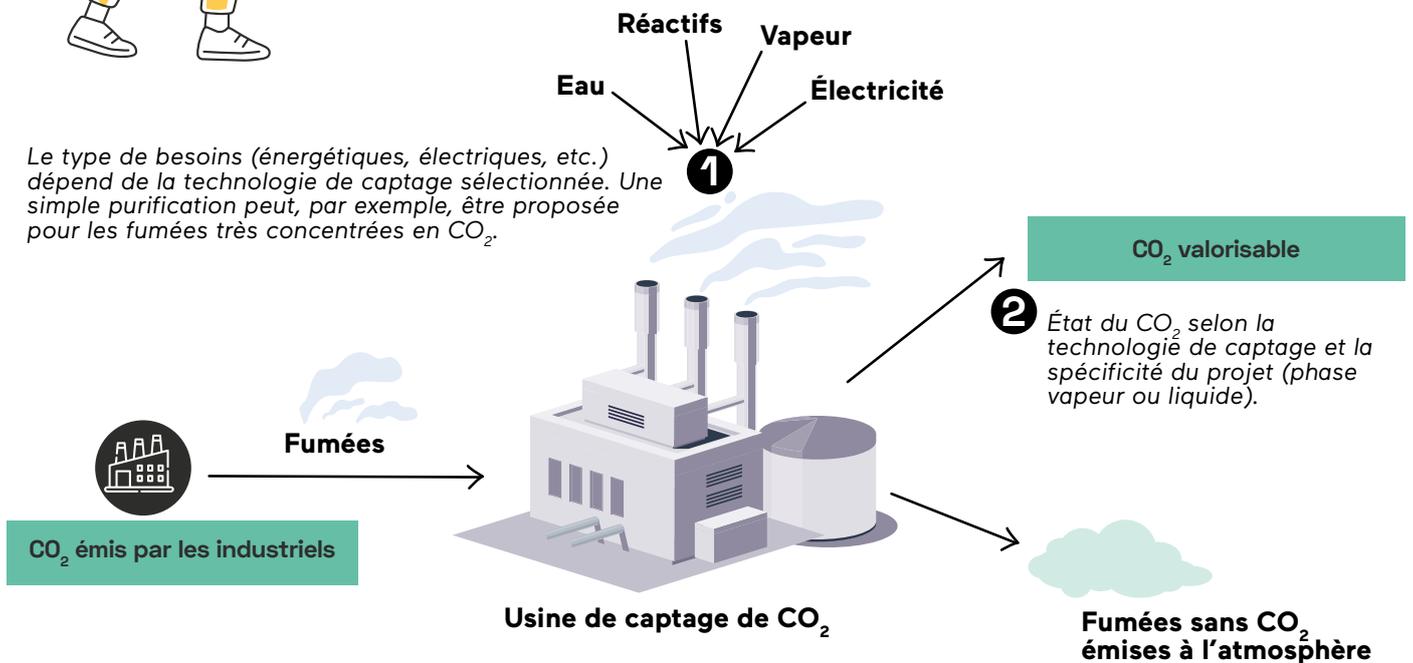
Si l'utilisation du carbone par l'homme est ancienne, son usage massif à partir de ressources fossiles depuis la révolution industrielle bouleverse le cycle naturel. Les émissions associées aux activités humaines dépassent en effet la capacité d'absorption des cycles naturels (les « puits carbone »), entraînant leur accumulation dans l'atmosphère, à l'origine du réchauffement climatique.



## SCHÉMA DU CAPTAGE DE CO<sub>2</sub>



Le type de besoins (énergétiques, électriques, etc.) dépend de la technologie de captage sélectionnée. Une simple purification peut, par exemple, être proposée pour les fumées très concentrées en CO<sub>2</sub>.



### LE CAPTAGE DE CO<sub>2</sub>, QU'EST-CE QUE C'EST ?

Le captage du CO<sub>2</sub> dans les fumées consiste à installer une **usine de captage** ou de purification (selon les caractéristiques des fumées) au plus proche de la source industrielle émettrice de CO<sub>2</sub> et ce, **avant que le CO<sub>2</sub> ne soit relâché dans l'atmosphère**. Après sa captation, le CO<sub>2</sub> est transporté sur site par canalisation ou par voie ferroviaire.

## LES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DE CAPTAGE DE CO<sub>2</sub>

Le CO<sub>2</sub> peut être capté **dans les fumées émises par les industriels.**

En fonction de la source de CO<sub>2</sub> à capter et de ses caractéristiques (exemple : concentration en CO<sub>2</sub>), un large éventail de technologies existe pour le capter et le séparer des autres substances présentes dans les fumées :

- **L'absorption chimique** : le procédé consiste à mettre les fumées en contact avec un solvant liquide capable de réagir avec le CO<sub>2</sub> (le solvant principalement utilisé est composé d'amines). Dans une deuxième étape, de l'énergie est apportée au système afin de séparer le solvant (qui restera à l'état liquide) et le CO<sub>2</sub> qui sera vaporisé, et donc isolé. Ce procédé est le plus largement déployé en raison de son efficacité de captage sur différents types de fumées industrielles. Il engendre toutefois des coûts importants (consommation énergétique élevée en raison de l'étape de séparation du liquide et le CO<sub>2</sub>) et produit des déchets (amines).
- **La cryogénie** consiste à séparer le CO<sub>2</sub> des autres composés en le refroidissant. Les conditions de température et de pression vont transformer le CO<sub>2</sub> en liquide tandis que les autres composés vont rester à l'état de fumées (état vapeur). Cette technologie nécessite une consommation électrique importante et est aujourd'hui plus adaptée aux fumées concentrées en CO<sub>2</sub>.

- **L'adsorption** est basée sur l'accumulation de la molécule de CO<sub>2</sub> sur la surface solide d'une autre molécule, comme le charbon actif ou les zéolithes. Il s'agit d'une technologie en phase de test pour les capacités de captage envisagés dans le cadre de ce projet.

- **La séparation membranaire** réalisée par une membrane poreuse sélective le plus souvent en métal ou en céramique. Le principe de fonctionnement de cette technologie est que les membranes agissent comme un filtre sélectif à travers lequel les gaz circulent, laissant passer le CO<sub>2</sub> mais pas le reste des fumées. Cette technologie est en phase de test pour les capacités de captage envisagés dans le cadre de ce projet.

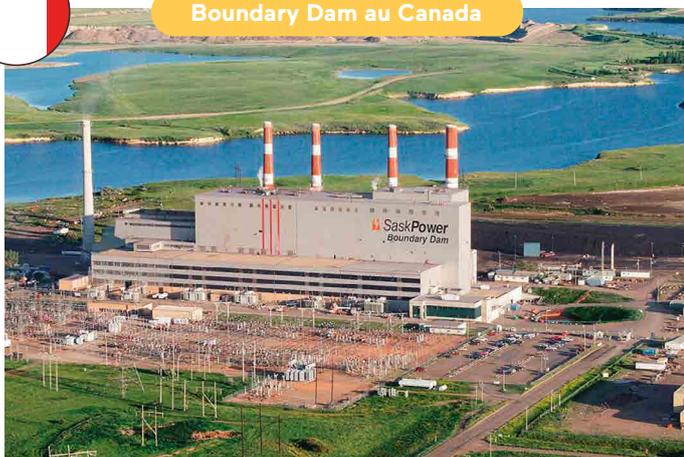
La plupart de ces technologies font toujours l'objet de développement afin d'en améliorer le fonctionnement et de réduire leur impact environnemental. Elles sont ainsi à **des stades de maturité différents**, c'est un point qui devra être pris en compte dans le cadre de la sélection de la technologie.

Pour le projet NeoCarb, le CO<sub>2</sub> est capté à partir de plusieurs sources, notamment via le captage direct sur les installations émettrices de la plateforme NeoCarb, par exemple sur des chaudières à vapeur mais également grâce aux connexions aux infrastructures de transport de CO<sub>2</sub> de la vallée du Rhône (projet Rhône CO<sub>2</sub>).

## DES EXEMPLES DE PROJET DE CAPTAGE DE CO<sub>2</sub>



Boundary Dam au Canada



Source : [img.laprese.ca](http://img.laprese.ca)

Ce projet a vu le jour à l'automne 2014, faisant de ce dernier l'un des premiers projets de captage de CO<sub>2</sub> opérationnel dans le monde. Il a été installé sur le site de la centrale à charbon de Sask Power. Installé au Saskatchewan, cette région canadienne produit son électricité grâce à des usines de charbon. Pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de ces usines, une unité de captage a été développée. **L'installation permet de réduire jusqu'à 90 % les émissions de CO<sub>2</sub>.**



Projet 3D en France



Source : [sciencesetavenir.fr](http://sciencesetavenir.fr)

Lancé en 2019, le projet « 3D » (DMX Demonstration in Dunkerque) est un projet pilote en cours par absorption aux amines dont l'ambition est de tester et éprouver le captage de CO<sub>2</sub>. Le projet est porté par plusieurs acteurs industriels. Il a notamment pour objectifs de :

- Démontrer l'efficacité de la technologie déployée,
- Préparer l'installation d'une usine de captage pour le site d'ArcelorMittal à Dunkerque (en 2025).



# LES RISQUES INDUSTRIELS

## 1.

### LES RISQUES INDUSTRIELS, EN QUOI ÇA CONSISTE ?

#### LA DIFFÉRENCE ENTRE UN DANGER ET UN RISQUE

Un danger est la propriété ou la capacité intrinsèque d'une substance, d'un équipement, d'une méthode de travail ou autre, **susceptible de causer un dommage**.

Un risque est le résultat de l'**exposition à un danger**.

Un **risque peut être faible, voire nul, même en présence d'un grand danger**.

Les voitures représentent un danger quand un piéton traverse la route. Lors de la traversée d'une route très fréquentée, le risque d'accident est **élevé**. Lors de la traversée d'une route de campagne, le risque d'accident est **plus faible**, car le danger y est **moins fréquent**.

Le risque devient encore plus faible une fois l'ajout de barrières le long de chaque route.

#### LE DANGER

C'est ce qui peut causer un dommage



quand un piéton traverse une route, les voitures représentent un danger

#### LE RISQUE

C'est la probabilité d'effets nocifs liés à une exposition



Lors de la traversée d'une autoroute, le risque d'accident est élevé



Lors de la traversée d'une route de campagne, le risque d'accident est faible



#### DÉFINITION

Un risque industriel est lié à un évènement accidentel utilisant des produits ou des procédés dangereux employés sur un site industriel. Les risques générés peuvent entraîner des conséquences immédiates graves pour les employés du site, les riverains, le bâti ou encore l'environnement.

La prévention des risques technologiques regroupe l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour réduire la probabilité de survenue et les conséquences d'un accident. En s'appuyant notamment sur :

- La maîtrise du risque à la source par l'exploitant ;
- La maîtrise de l'urbanisation (éloigner les populations du danger) ;
- L'information du public ;
- L'organisation des moyens de secours.



# 2.

## LE CADRE RÉGLEMENTAIRE : COMMENT SONT GÉRÉS LES RISQUES INDUSTRIELS EN FRANCE ?

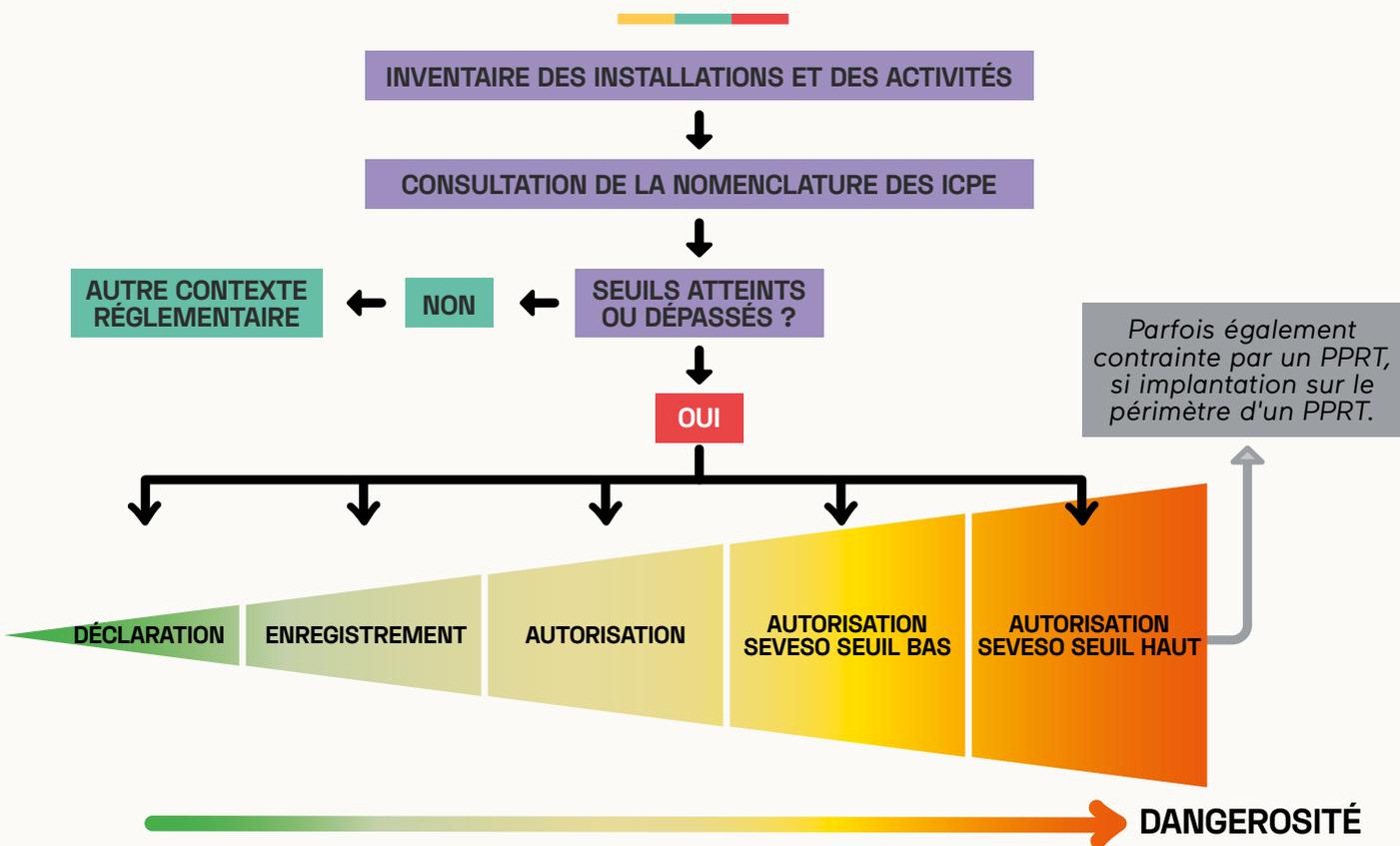
### LES ICPE

En France, toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains est une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Les établissements sont classés ICPE selon des critères d'activité, de nature des produits stockés et/ou utilisés, de volume des activités et de procédés de fabrication.

Les activités relevant de la législation des ICPE sont énumérées dans une nomenclature comportant trois régimes de classement (déclaration, enregistrement ou autorisation) compte tenu de l'importance des risques ou des inconvénients qui peuvent être induits par l'installation concernée.

### LE CADRE RÉGLEMENTAIRE D'UNE ICPE



### LES SITES SEVESO

Parmi les ICPE soumises à autorisation, certaines relèvent potentiellement de la directive européenne « Seveso II » en raison de leur activité et/ou de la détention de certains produits dangereux. Une distinction est faite entre les installations classées « Seveso seuil bas » et les « Seveso seuil haut » selon la quantité totale de matières dangereuses sur site.

### LE PPRT

Les Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) sont des plans, établis avec la loi du 30 juillet 2003, qui organisent la cohabitation autour des établissements « Seveso seuil haut » en date de 2003. Il n'y a pas de nouveau PPRT pour les nouveaux sites Seveso seuil haut.

Le PPRT a pour objectif, par la mise en place de mesures préventives sur les zones habitées et sur les sites industriels, de protéger les populations et l'environnement en définissant des zones à risque et en mettant en place des mesures de prévention et de protection (comme des restrictions d'urbanisme et des prescriptions de travaux).

Le site du projet NeoCarb, par sa localisation, est concerné et contraint par le PPRT Fos-Ouest. L'insertion dans le PPRT de Fos-Ouest est un atout majeur pour le projet NeoCarb pour protéger les populations et l'environnement et pour la garantie de la maîtrise des risques industriels au sein du territoire du golfe de Fos-sur-Mer.

## 3.

## LES ÉTUDES : COMMENT SONT IDENTIFIÉS LES RISQUES INDUSTRIELS EN FRANCE ?

### POURQUOI DES DOSSIERS DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE (DDAE) DOIVENT ÊTRE CONSTITUÉS ?

Ce dossier, et la procédure y étant associée, est un outil permettant de rassembler, en une seule procédure **d'autorisation**, plusieurs procédures auxquelles un projet peut être soumis dans divers champs environnementaux (eau, paysage, risques, biodiversité, etc.). Ce dossier administratif et technique est **à effectuer pour toute installation** (nouvelle ou à modifier) pouvant présenter des dangers ou inconvénients selon l'article L. 511-1 du Code de l'environnement. Ainsi, sans ces autorisations, un projet ne peut aboutir.

Pour réaliser ces dossiers de demandes, plusieurs études approfondies doivent être menées :

- Une étude de dangers visant à évaluer les risques technologiques ;
- Une étude d'impact sur l'environnement, en vue de réduire les nuisances environnementales et les risques de pollutions associées au projet développé.



**L'ÉTUDE DE DANGERS**, imposée pour les sites industriels ICPE soumis à autorisation et classés SEVESO, **identifie les risques, prévient les effets à l'extérieur du site et veille aux effets cumulatifs en cas d'accidents sur un site industriel voisin**. Cette étude est un outil réglementaire pour démontrer la maîtrise des risques d'accidents majeurs. Il est nécessaire de respecter les contraintes imposées par la classification ICPE et Seveso, et par ailleurs respecter le cadre des PPRT présents sur le site d'implantation.

### LES DIFFÉRENTS TYPES DE RISQUES INDUSTRIELS CONNUS

Les principales manifestations du risque industriel sont regroupées sous trois typologies d'effets pouvant se combiner :



**Effets toxiques**  
(toxicité, fumées toxiques).



**Effets thermiques**  
(feu, incendie).



**Effets mécaniques**  
(surpression, explosion).



Carte du PPRT Fos Ouest – GéolDE Carto 2 (DDTM 13)

**En amont de l'étude de dangers**, Elyse Energy a réalisé une analyse préliminaire des risques du projet NeoCarb, confirmant l'absence d'effets létaux **sur les installations à l'origine du PPRT et hors PPRT**. Un plan masse a ensuite été conçu par le bureau d'études PARLYM en prenant en compte les contraintes du PLU, du PPRT et des enjeux écologiques.

Des risques potentiels ont été identifiés, notamment liés à la salle d'électrolyse, aux capacités et tuyauteries d'hydrogène ou encore au stockage de e-méthanol. Cependant, ces risques resteraient contenus à l'intérieur du site. Les études réglementaires à venir en 2025 permettront de valider ces conclusions avant le dépôt de la demande d'autorisation.



# ENJEUX SOCIO-ÉCONOMIQUES DE LA FILIÈRE



## UNE ANALYSE GLOBALE EN CONSTRUCTION

Partager les enjeux socio-économiques dépasse la seule analyse financière, budgétaire et technique pour prendre en considération les impacts sociaux, économiques et environnementaux d'un projet. Il s'agit de donner les clés de compréhension pour appréhender l'opportunité du projet au regard des bénéfices attendus. La valeur d'un projet n'est pas mesurée dans l'absolu mais en comparaison avec une référence ou un contexte connu.

Le projet NeoCarb s'articule naturellement avec d'autres options, complémentaires ou concurrentes : l'environnement concurrentiel (ex. projets similaires en France et dans le monde, importation de produits fossiles, etc.). Il s'entend également dans un cadre réglementaire émergent, qui se précise, mais reste encore incertain, notamment pour les règlements européens.

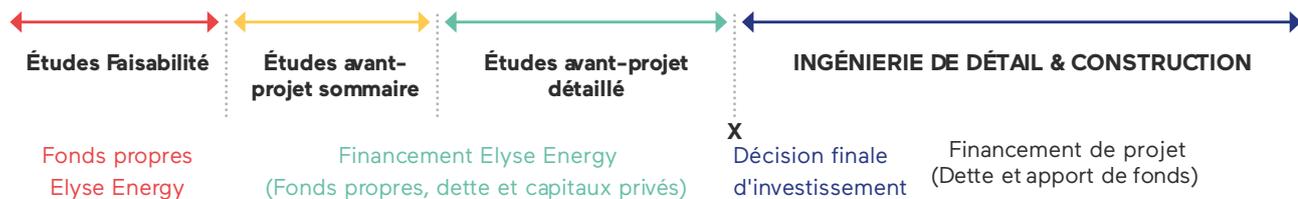
Cette fiche vise à mettre en évidence les ordres de grandeur et les projections monétaires connues à date pour le secteur afin d'éclairer les données issues du dossier de concertation concernant le financement du projet, son calendrier, les réponses apportées par le projet aux politiques publiques, les bénéfices attendus et les impacts d'une absence de projet au regard des enjeux en présence.

Au-delà de l'aspect économique, le projet NeoCarb constitue une brique essentielle de la construction de la filière des carburants et molécules bas-carbone pour les marchés aéronautique, maritime et industriel. Leur production sur le territoire national, grâce à ses compétences et ses ressources, est un véritable enjeu de souveraineté économique pour la France.

## LE FINANCEMENT D'UN PROJET D'ENVERGURE

### LES ÉTAPES CLÉS POUR MOBILISER LES RESSOURCES PERTINENTES ET LEURS SOURCES

Les besoins financiers des projets évoluent dans le temps à mesure que les besoins en capitaux augmentent et que le profil de risque se réduit.



La première phase de financement, la plus à risque, est financée par les fonds propres d'Elyse et de ses partenaires, complétés d'un soutien public sous la forme d'avances remboursables et de subventions.

À mesure que les besoins en capitaux augmentent, Elyse Energy structure le projet pour mobiliser les capitaux privés.

L'essentiel de l'investissement sera enfin réalisé dans la phase finale d'ingénierie de détails et de construction, lors de laquelle le profil risque du projet est largement réduit (sécurisation des principaux intrants, obtention du permis de construire). D'autres acteurs seront alors intégrés au financement comme les banques ou les fonds d'infrastructure.

Dans le cadre de ses autres projets, Elyse Energy a bénéficié de fonds publics. Pour NeoCarb, aucune subvention n'est prévue à ce jour.

Les associés opérationnels assurent à Elyse Energy l'indépendance indispensable pour mener à bien ses projets, tout en garantissant la surface financière pour soutenir sa croissance. Leurs expériences apportent aussi de la crédibilité dans la recherche de financement et la réalisation de grands projets de transition énergétique. L'entreprise est également soutenue par deux fonds d'infrastructure spécialisés dans l'investissement durable : Mirova et Hy24.

Pascal Pénicaud a, par exemple, opéré et financé un portefeuille de 1000 projets, solaires et éoliennes, pour le producteur français d'électricité renouvelable indépendant Ténergie auprès d'acteurs comme la Banque des Territoires et le groupe Crédit Agricole, pour une enveloppe avoisinant les 2 milliards d'euros.

## LA MISE SUR LE MARCHÉ ATTENDUE ET CONCURRENTIELLE DE MOLÉCULES BAS-CARBONE

### 1. L'IMPÉRATIF DE DÉCARBONATION

Face au réchauffement climatique, les Accords de Paris traduisent un consensus sur un double impératif :

viser la neutralité carbone, donc décarboner tous les usages, même les plus difficiles ;

agir dès maintenant, avec des solutions adaptées à l'infrastructure en place.

À cet effet, tous les leviers doivent être activés : sobriété, efficacité énergétique, électrification, etc.

Pour certains secteurs, la décarbonation passera par la fourniture de molécules bas-carbone. C'est en particulier le cas du transport aérien et du transport maritime mais aussi certaines industries de transformation qui utilisent les molécules pour leurs propriétés chimiques.



En France, l'aéronautique et le maritime représentent respectivement 5,3 % et 2,9 % des émissions de gaz à effet de serre. Les prévisions d'augmentation du trafic maritime, liées au fret pour l'essentiel, s'élèvent par ailleurs à 17 % en 2050, alors que le dynamisme du trafic aérien reste très fort.

### 2. UN CADRE RÉGLEMENTAIRE FAVORABLE

Dans ce contexte, le cadre réglementaire évolue rapidement pour accompagner l'émergence de ces molécules bas-carbone. Les Initiatives européennes FuelEU Maritime et ReFuelEU Aviation créent un cadre favorable pour les transports maritime et aérien.



Dans l'aérien, les compagnies sont soumises à des mandats d'incorporation pour les Carburants d'Aviation Durables, dont un sous-mandat spécifique sur les carburants de synthèse (comme le e-biokérosène).



Dans le maritime, les opérateurs devront réduire leurs émissions de gaz à effet de serre en utilisant un portefeuille de solutions, dont les carburants de synthèse (comme le e-méthanol).

### 3. DES PARTENARIATS EN CONSTRUCTION TRADUISANT L'ENGAGEMENT CROISSANT DES CONSOMMATEURS.

Le secteur des molécules bas-carbone reste émergent. Le cadre européen doit, par exemple, encore être traduit dans les lois nationales. La combinaison de l'impératif de décarbonation, et de l'évolution réglementaire, crée néanmoins les conditions d'émergence du marché.

Dans le secteur aérien, les compagnies aériennes multiplient les engagements, souvent au-delà de leurs obligations réglementaires. Les projets se multiplient, notamment en Europe du Nord (Danemark, Norvège par exemple), mais aussi aux Etats-Unis, et de contrats d'approvisionnement sont signés. Elyse Energy travaille ainsi avec plusieurs acteurs, comme Air France KLM, qui a annoncé son intention de se fournir en carburants durables à hauteur de 10 % dès 2030.

Dans le transport maritime également, les grands opérateurs se sont fermement engagés en commandant des navires alimentés par du méthanol dont les constructions ont démarré dans les chantiers navals. CMA-CGM a ainsi commandé près de 24 navires, dont la livraison est prévue à partir de 2026.

Ces exemples traduisent la création d'un marché et l'engagement des opérateurs pour répondre aux contraintes réglementaires, préparer l'avenir, mais aussi répondre aux exigences de leurs propres consommateurs.

#### AUJOURD'HUI :

- > Le e-méthanol = 2 à 5 fois le prix du méthanol fossile
- > Le e-biokérosène = 3 à 10 fois le prix du kérosène fossile
- > Ces écarts de coûts devraient se réduire grâce :
  - À la hausse de la demande ;
  - Aux économies d'échelle et aux effets d'apprentissage ;
  - À la hausse du coût des équivalents fossiles (utilisation et fiscalité).





# Neocarb

Pour plus d'information,  
rendez-vous sur le site de la concertation :  
[www.neocarb-concertation.fr](http://www.neocarb-concertation.fr)

