

AXE SEINE NORMAND

l'atout GAZIER

Quand les réseaux
deviennent vecteurs
de souveraineté et de
décarbonation industrielle

Périmètre et données de référence

Ce rapport porte principalement sur la partie normande de l'Axe Seine, de l'estuaire du Havre à Rouen. Afin de replacer les enjeux dans leur contexte, certains indicateurs sont présentés à l'échelle de l'Axe Seine, de la Normandie ou de la France. Le périmètre géographique est précisé pour chaque donnée. Sauf mention contraire, les informations présentées sont arrêtées au premier semestre 2026.

Ancrage

- 05** Le gaz, une énergie qui compte sur l'Axe Seine
- 06** Le gaz : un atout compétitif pour les industriels
- 08** Le réseau en images

04



10



Transformation

- 11** La filière gaz
Acteur majeur de la neutralité carbone
- 12** Gaz renouvelables
Des technologies au service de la décarbonation
- 15** Hydrogène
Une nouvelle brique du mix énergétique industriel
- 16** Captage, transport et valorisation de CO₂
Des projets dans les tuyaux
- 18** Nouveaux carburants
L'Axe Seine à la pointe

Trajectoires

- 21** SOCRATE
Préparer l'industrie bas carbone de demain sur l'Axe Seine
- 23** Gaz renouvelables
Transformer les déchets du territoire en énergie
- 25** E-fuels et valorisation du CO₂
15 projets industriels d'ici 2050
- 27** Captage et transport du CO₂
Construire les infrastructures de la décarbonation
- 27** Trajectoires de décarbonation
Réduire progressivement les émissions du territoire

20



28



Engagement

- 29** Le gaz : un enjeu local
La force du collectif
- 31** Horizon 2030
Les premières infrastructures bas carbone
- 31** Horizon 2050
Une nouvelle géographie industrielle et énergétique



Frédéric MOULIN
Président de France Gaz
Île-de-France – Normandie

La transition énergétique ne peut reposer sur la seule électrification, et doit mobiliser des solutions déjà disponibles, déjà efficaces.

Qu'est-ce qui a motivé les acteurs de la filière gaz à réaliser ce rapport ?

L'objectif est de présenter les solutions de la filière gaz aux entreprises du territoire en donnant la parole aux professionnels concernés. Nous sommes, en effet, à un moment clé avec deux aspects essentiels : la compétitivité et la décarbonation. Nous partageons dans ce rapport notre conviction que la transition énergétique ne peut reposer sur la seule électrification et doit mobiliser des solutions déjà disponibles, déjà efficaces. En sachant qu'en Normandie le gaz joue un rôle très important avec une consommation majoritairement industrielle. Les entreprises de la vallée de la Seine, dans de nombreux secteurs d'activités, ont besoin d'énergie et principalement de gaz.

Vous proposez justement – et présentez ici – plusieurs leviers pour répondre aux enjeux de compétitivité et de décarbonation ?

D'abord il faut accélérer la production de gaz renouvelables et bas carbone sur le territoire, qu'il s'agisse du biométhane mais aussi du CO₂ et de l'hydrogène. Cela passe également par des solutions visant à améliorer la performance énergétique des industries. Tout ceci s'inscrit dans une logique territoriale avec, bien sûr, la question de la souveraineté. Or, il y a ici une combinaison d'atouts forts avec, principalement, des infrastructures gazières puissantes, disponibles et dimensionnées, pour servir des besoins très importants en énergie. Il y a, aussi, un potentiel de production de gaz renouvelables et bas carbone avec la méthanisation mais aussi la valorisation de déchets industriels. Le gaz renouvelable contribue à renforcer la souveraineté énergétique. Citons, enfin, en Normandie, la présence d'entreprises d'ingénierie avec des expertises de haut niveau, qui proposent des solutions pertinentes au secteur économique.

Toute cette infrastructure ouvre aussi des perspectives pour de nouvelles filières ?

Nous ne sommes pas très loin des grandes places aéroportuaires ce qui est un atout pour le carburant de synthèse. Il y a un potentiel important et la Normandie a un rôle à jouer grâce à ses réseaux existants. Réseaux ayant la capacité de transporter diverses molécules, aujourd'hui du méthane CH₄ (fossile ou

renouvelable), et demain de l'H₂ et du CO₂. Un des vrais enjeux est de permettre aux industries d'avoir accès à du gaz renouvelable pour leur besoin de décarbonation. La PPE3* fixe un cap avec un objectif de 44 térawattheures (TWh) à l'horizon 2030. C'est un signal important envoyé aux filières de production, qui devra être confirmé pour l'avenir. Il faut aussi apporter des solutions pour optimiser les systèmes énergétiques comme des chaudières industrielles émettant moins de CO₂.

La problématique du CO₂ constitue aussi un enjeu majeur pour les entreprises ?

Il y a en Europe, notamment dans les ports, de grands systèmes qui s'organisent autour de la logistique du CO₂. C'est un défi très important pour la vallée de la Seine. Il faut être en capacité d'apporter des solutions à des entreprises pour lesquelles l'électrification ne constitue pas la seule solution de décarbonation. Notre enjeu est donc de proposer des solutions de collecte, d'acheminement et de valorisation du CO₂. Nous sommes fortement mobilisés sur ces sujets car la décarbonation repose sur un bouquet de solutions complémentaires, fondé sur les synergies entre les énergies et les réseaux. Gaz renouvelables, CO₂ et hydrogène participent ensemble à cette dynamique. C'est ce que nous documentons dans cette publication.

* Programmation Pluriannuelle de l'Énergie.

Anfrage



Le gaz, une énergie capitale pour le territoire

LE GAZ, une énergie qui compte

Après le pétrole, et avant l'électricité, **le gaz est la 2^{ème} énergie la plus utilisée** par les entreprises normandes. Les industries de l'Axe Seine, entre autres, sont fortement utilisatrices de gaz pour leur production ou leur process de fabrication. Il y a un véritable maillage territorial rendant cette énergie facilement et rapidement disponible à des coûts compétitifs.

L'Axe Seine bénéficie également d'infrastructures particulièrement développées : réseaux de transport, stockage souterrain et maillage de distribution permettent d'alimenter rapidement les sites industriels et de sécuriser les approvisionnements énergétiques du territoire.

Mais conséquence directe : **près de 10 millions de tonnes de CO₂** sont émis chaque année par les industries de l'Axe Seine. D'où la forte mobilisation des industriels et des énergéticiens pour accompagner la décarbonation du territoire et développer de nouvelles solutions énergétiques bas carbone.

La Normandie **figure parmi les territoires les plus engagés** dans le développement des gaz renouvelables. Le gaz entre aujourd'hui dans une nouvelle phase de son histoire industrielle avec l'émergence de nouvelles solutions énergétiques et de nouveaux usages. Plus que jamais, les solutions gaz et les infrastructures de distribution et de transport par canalisation ont de l'avenir !

Consommation



Consommation du gaz
en Normandie :
35,72 TWh en 2025, soit

10 %

de la consommation
française



Industrie

60 %

Chimie : 36%
Raffinage
et pétrochimie : 54%



Part des gaz renouvelables

3,8 %

de la consommation
régionale

ÉCONOMIE ET EMPLOI



20 %

du PIB normand
industriel



10 242

salariés dans la filière gaz et services
énergétiques en Normandie en 2025



1 130

établissements liés à la filière gaz et
services énergétiques en Normandie

L'industrie, responsable de 20 % des émissions de gaz à effet de serre, bénéficie déjà des nombreux atouts du gaz : une énergie stockable, pilotable, adaptée aux besoins des procédés industriels et porteuse d'un fort potentiel de décarbonation.

Le gaz offre une grande souplesse d'exploitation avec un démarrage rapide des installations, une forte densité énergétique et un rendement très élevé des chaudières gaz. C'est une énergie qui permet aux industriels de maintenir leur compétitivité tout en sécurisant leurs approvisionnements énergétiques.

Au-delà de son usage énergétique, le gaz intervient également comme matière première dans certains procédés industriels, où la molécule de méthane est indispensable (pour la production de fertilisants par exemple).

Les infrastructures gazières, maillées et résilientes (stockage, terminaux méthaniers, réseaux de transport et de distribution du gaz...) jouent, par ailleurs, un rôle essentiel dans l'équilibre et la flexibilité du système énergétique, notamment lors des pics de consommation (hiver comme été), lors des périodes de forte tension sur le réseau électrique ou lors des périodes de faible production des énergies électriques (voir encadré). Le gaz constitue par ailleurs aujourd'hui l'une des principales solutions de stockage énergétique à grande échelle.

À l'heure où les entreprises doivent conjuguer compétitivité et réduction de leur empreinte carbone, ces infrastructures offrent aussi un socle essentiel pour accompagner progressivement l'arrivée des gaz renouvelables et bas carbone.

Le gaz, un pilier de l'équilibre énergétique

Lors de la vague de froid et de neige du 7 janvier 2026, le système gazier français a fourni **jusqu'à 125 GW de puissance instantanée**, contre 90 GW pour le système électrique au même moment.

Cette puissance équivaut à celle de :

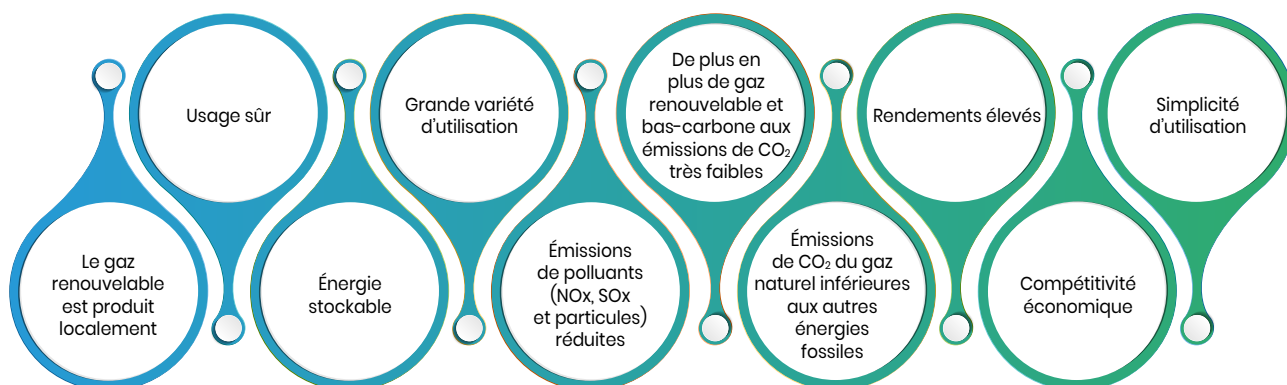
- 125 réacteurs nucléaires classiques,
- ou 68 réacteurs EPR de type Flamanville.

À l'inverse, lors des épisodes de forte chaleur de **juin 2026**, les centrales à cycle combiné gaz (CCG) ont également joué un rôle essentiel. Alors que plusieurs réacteurs nucléaires réduisaient ou interrompaient leur production et que la production solaire variait au fil de la journée, elles ont permis de sécuriser l'approvisionnement électrique grâce à leur grande réactivité et flexibilité.

Le biométhane, produit par la technologie de méthanisation, la plus mature, constitue déjà une réponse concrète pour de nombreux industriels. Son principal avantage réside dans sa compatibilité immédiate avec les installations existantes : il peut être utilisé sans transformation lourde des équipements ni remise en cause des procédés industriels.

Enfin, le biométhane est produit localement à partir de déchets agricoles, industriels ou territoriaux. Une logique qui contribue à renforcer la souveraineté énergétique tout en valorisant les ressources du territoire.

Les atouts du gaz



REGARD TERRAIN D'UN INDUSTRIEL

CHRISTOPHE CROISON

DIRECTEUR DU SITE CRISTAL
UNION À FONTAINE-LE-DUN



« Nous privilégions deux types de ressources : le gaz naturel et la biomasse. »

La sucrerie Cristal Union de Fontaine-le-Dun (76) produit du sucre blanc, à partir de betteraves cultivées localement, à destination des professionnels de l'agro-alimentaire.

Cristal Union s'est engagé depuis plusieurs années dans une démarche de décarbonation ?

Chez Cristal Union, nous avons deux mots d'ordre depuis 20 ans déjà : consommer le moins d'énergie possible et décarboner ! Notre groupe qui, pour toutes ses usines, a encore réduit de 20% ses émissions de CO₂ entre 2019 et 2025, vise -27,5% d'émissions d'ici 2030 et même -80% d'émissions d'ici 2050 ! Des investissements importants sont réalisés sur chaque site. A Fontaine-Le-Dun, nous avons par exemple entrepris de gros travaux pour optimiser les performances énergétiques de l'atelier d'évaporation. En maximisant le rendement thermique de cet atelier, nous allons économiser environ 20 000 MWh et ainsi réduire de 6,8% nos consommations de gaz. Ce nouvel atelier d'évaporation sera mis en service en septembre 2026. Et en 2027, nous allons enchaîner avec l'optimisation de notre atelier diffusion

Avez-vous d'autres exemples d'équipements et d'installations permettant d'améliorer les performances environnementales du site de Fontaine-Le-Dun ?

Notre objectif est d'économiser l'eau et l'énergie à chaque étape du procédé sucrier. Toutes les sucreries de Cristal Union, dont celle de Fontaine-le-Dun, sont autonomes en eau. Concrètement, cela signifie

que nous n'avons plus besoin de prélever d'eau dans la nappe car nous utilisons l'eau extraite des betteraves pour faire fonctionner notre site. Et cette eau, nous la recyclons. Depuis 2019, un bioépurateur permet de recycler nos eaux usagées et d'autoproduire 7% du gaz que nous consommons. Nous autoproduisons aussi de l'électricité sur un turbo alternateur avec une partie de notre vapeur haute pression.

Est-ce que vous valorisez également les pulpes de betteraves ?

Une grande partie des pulpes de betteraves sert à l'alimentation animale. Et depuis février 2025, nous avons noué un partenariat avec l'entreprise BioNorrois qui produit 100 GWh de biométhane à partir d'une autre partie de nos pulpes. Nous fournissons 60% des pulpes qui alimentent leur

méthaniseur. Ce biométhane couvre les besoins énergétiques de 30 000 habitants.

Pourquoi avoir choisi le gaz pour le site de Fontaine-Le-Dun ?

Nous avons de gros besoins thermiques. Pour décarboner, nous privilégions deux types de ressources : le gaz naturel et la biomasse. Et nous cherchons toujours, en parallèle, à réduire au maximum nos consommations. Car la meilleure décarbonation, c'est l'énergie que nous ne consommons pas ! Les travaux entrepris et à venir à Fontaine-Le-Dun vont dans ce sens. Nous allons ainsi pouvoir améliorer grandement nos performances environnementales dans les mois et les années à venir.



Site de Cristal Union à Fontaine-le-Dun - Crédit photo : CRISTAL UNION

LE RÉSEAU en images

Axe Seine

LE HAVRE
PÔLE INDUSTRIEL : SYNERZIP LH

PORT-JERÔME
PÔLE INDUSTRIEL : INCASE

ROUEN
PÔLE INDUSTRIEL : UPSIDE

Données en date de juin 2026

— Réseau de transport de NaTran

— Réseau de transport de GRDF

 Points d'avitaillement publics proposant du bioGNV

 Grands sites industriels sur le territoire de l'Axe Seine

Un réseau au service du développement industriel



La proximité et le développement des infrastructures gazières constituent un levier majeur pour accompagner l'implantation de nouvelles activités industrielles sur le territoire. Notamment pour celles dont le fonctionnement nécessite d'importants volumes énergétiques.

HAROPA PORT joue, à ce titre, un rôle moteur à travers les nombreux appels à projets qu'il lance régulièrement pour accompagner le développement d'activités logistiques, industrielles et énergétiques sur l'Axe Seine. Ces consultations permettent d'accélérer l'émergence de nouveaux projets industriels liés notamment à la transition énergétique.

Dans le cadre de l'appel à projets « Ouest A29 » lancé en 2024, plusieurs entreprises ont ainsi été retenues, dont l'énergéticien Qair, porteur du projet METHAVERT destiné à produire du e-méthanol à partir d'hydrogène bas carbone et de CO₂.

Dans le cadre de ce projet, le réseau de transport de gaz de NaTran joue un rôle déterminant. Associé au développement futur de réseaux de transport d'hydrogène ou de CO₂, constitue un élément clé pour accompagner l'implantation de nouvelles usines et renforcer l'attractivité de la zone industrialo-portuaire du Havre.



KRIS DANARADJOU

DIRECTEUR GÉNÉRAL ADJOINT DÉVELOPPEMENT CHEZ HAROPA PORT

« La décarbonation fait partie de notre ADN »

Kris Danaradjou, directeur général adjoint en charge du développement d'HAROPA PORT, revient sur les atouts de l'Axe Seine, l'attractivité de son écosystème industrialo-portuaire et le rôle structurant du port dans la transition énergétique.

De nombreuses entreprises choisissent de s'implanter sur l'Axe Seine. Quels sont les principaux atouts de notre territoire ?

La vallée de la Seine constitue à la fois un ensemble portuaire majeur et un écosystème industrialo-portuaire de premier plan. Pour les nouveaux acteurs, l'intérêt de s'y implanter est de rejoindre un cluster déjà constitué, de bénéficier de réseaux actifs d'énergie et de transport, et de développer des synergies avec les entreprises présentes sur le territoire. C'est aussi l'opportunité de trouver des débouchés commerciaux en réponse aux besoins des industries existantes, en particulier dans le domaine de la décarbonation. L'un des enjeux consiste précisément à alimenter ces industries historiques avec de nouvelles sources d'énergie décarbonées. Nous disposons également d'un atout essentiel : du foncier disponible pour accueillir de nouvelles activités industrielles, complémentaires de l'écosystème existant. Je pense notamment aux producteurs d'hydrogène, de méthanol de synthèse, de lithium et, plus largement, aux acteurs des nouvelles énergies.

L'énergie est donc un enjeu fort aujourd'hui, et surtout demain, pour ces industries ?

Oui, l'énergie est vitale pour ces nouvelles implantations industrielles. En termes de consommation d'énergie en amont dans le processus de production, nous changeons d'échelle par rapport à des industries de la génération précédente, avec des nouveaux projets qui ont besoin de plusieurs centaines de MW pour produire de l'hydrogène décarboné ou des molécules de synthèse. Nous avons travaillé avec RTE pour doubler la capacité électrique disponible sur la zone Le Havre/Port Jérôme avec le projet « transition énergétique des boucles de Seine ». La ressource en gaz est aussi disponible sur la zone. L'enjeu est d'avoir aussi un réseau de distribution bien maillé pour alimenter tous les sites. Nous travaillons en bonne intelligence avec les gestionnaires de réseaux pour anticiper les besoins et présenter des terrains les mieux préparés possibles pour accueillir des projets industriels. Par ailleurs, les réseaux de transport d'énergie servent aussi à exporter l'énergie depuis les installations industrialo-portuaires vers les zones de consommation. L'ensemble de la vallée de la Seine est interconnecté par des pipelines, la voie d'eau, le ferroviaire et le réseau routier, ce qui lui permet de jouer ce rôle de hub énergétique historique. Depuis plus de 70 ans, des pipelines relient Le Havre aux aéroports parisiens pour les alimenter en kérosène ; demain, ces mêmes réseaux pourront transporter des carburants d'aviation durables.

HAROPA PORT a anticipé depuis plusieurs années les enjeux des entreprises notamment face à la question de la décarbonation.

La décarbonation fait pleinement partie de notre ADN. D'abord parce que nous sommes un opérateur du ministère de la transition écologique. Ensuite, parce que la création même d'HAROPA PORT répondait à cette ambition : intégrer la décarbonation au cœur de la chaîne logistique et industrielle. La zone industrialo-portuaire de l'Axe Seine représente une part significative des émissions industrielles de CO₂ en France, de l'ordre de 10 à 15 %. Il est donc indispensable de proposer des alternatives concrètes pour diminuer l'empreinte carbone de ce cluster avec de nouvelles énergies (notamment l'hydrogène vert), de nouvelles techniques (par exemple la captation de carbone) mais aussi, grâce aux atouts du transport fluvial, maritime et ferroviaire. La voie fluviale, en particulier, dispose encore d'importantes capacités. Aujourd'hui, environ 20 % des conteneurs transitent par le fleuve ou par le rail, et cette part progresse régulièrement. Le fluvial est adapté aux conteneurs, aux colis lourds, mais aussi aux matières pondéreuses, notamment ceux liés au secteur de la construction. En complément le ferroviaire permet d'étendre les zones desservies en France avec des connexions régulières vers les grandes métropoles françaises.

Transformation



Les solutions pour la décarbonation industrielle

LA FILIÈRE GAZ

Des leviers concrets pour l'industrie



La France vise la neutralité carbone en 2050 avec un 1^{er} objectif d'ici 2030 de passer d'une consommation de 60 % d'énergies fossiles à 60 % d'énergies décarbonées.

La troisième **Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE3)**, publiée en février 2026, fixe la stratégie énergétique de la France pour la période 2026-2035. Cette feuille de route va permettre au pays de réduire sa dépendance aux énergies fossiles en établissant des priorités d'actions. L'enjeu est écologique, économique et de l'ordre de la souveraineté nationale.

L'objectif fixé par la PPE est l'injection dans les réseaux de 44 TWh⁽¹⁾ de biométhane en 2030.

Cette trajectoire s'appuie à la fois sur le développement de la méthanisation et sur l'émergence de nouvelles technologies de

production de gaz renouvelables comme la pyrogazéification, la gazéification hydrothermale ou encore le power-to-methane.

La transition énergétique repose ainsi sur la complémentarité des solutions : amélioration de la sobriété et de l'efficacité énergétique, développement progressif des gaz renouvelables et bas carbone et électrification des usages lorsque cela est possible.

Les infrastructures gazières historiques évoluent pour accueillir et distribuer ces nouvelles molécules énergétiques.

⁽¹⁾Un térawattheure correspond à un milliard de kilowattheures (kWh).

Des technologies au service de la décarbonation

Avec 229 unités de méthanisation en fonctionnement, dont 69 injectant du biométhane dans les réseaux, et 50 autres projets en cours, la Normandie a le vent en poupe. La méthanisation concerne de nombreuses parties prenantes : agriculteurs, industriels, collectivités qui, ainsi, valorisent leurs déchets.

Qu'il s'agisse d'effluents d'élevage, de boues de station d'épuration, de résidus de l'agro-industrie ou des déchets des consommateurs, la palette des ingrédients entrant dans la ration des méthaniseurs est large. La méthanisation conjugue des atouts non négligeables, apportant revenus complémentaires et fertilisants aux agriculteurs.

Mais surtout, cette énergie décarbonée permet de réduire fortement les émissions de gaz à effet de serre. La combustion de biométhane dans une chaudière émet en effet près de **6 fois moins de CO₂** que le gaz naturel.

Le biométhane présente également un avantage majeur : **il s'appuie sur les infrastructures déjà en place**, ce qui permet d'accélérer leur développement tout en limitant les adaptations nécessaires pour les utilisateurs. Une solution concrète pour accompagner progressivement la décarbonation des usages.

A l'échelon français, la capacité de production de biométhane est de 16 TWh aujourd'hui mais atteindra 80 TWh en 2035. La Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) prévoit d'ailleurs une montée en puissance progressive dans le mix énergétique français avec **l'utilisation exclusive de gaz renouvelables d'ici 2050**.

La méthanisation en chiffres



Source Métha'Normandie



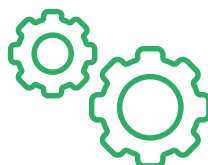
69

unités en injection
de biométhane



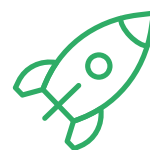
3,8 %

de la consommation
régionale de gaz couverte



1 144 GWh

PCS injectés en 2025



+ 50

projets en
développement

Les méthaniseurs, équipements phare en Normandie - Crédit photo : GRTgaz / ROSTAND Jacques





Pyrogazéification – Crédit photo : NaTran / Marechaux Luc

Si les méthaniseurs sont aujourd'hui l'équipement phare en Normandie, d'autres technologies émergent progressivement pour valoriser davantage de déchets et produire de nouvelles formes de gaz renouvelables, avec **une soixantaine de brevets déjà déposés en France**.

Aux côtés de la méthanisation, le principe de pyrogazéification (proche de la fonction pyrolyse d'un four) consiste à brûler des déchets solides – comme certains déchets de bois, résidus industriels, combustibles solides de récupération (CSR) ou déchets non recyclables – et d'assurer leur décomposition sous forme gazeuse. La technologie permet, également, la production de biochar, un fertilisant aux caractéristiques prometteuses pour enrichir les sols.

« **Il y a également**, souligne Pierre-Yves Hureau, Responsable des nouveaux gaz renouvelables Nord-Ouest chez GRDF, **la gazéification**

hydrothermale qui valorise des déchets liquides issus des stations d'épuration ou du lavage industriel dans l'agro-alimentaire ». C'est un procédé très efficace tout juste sorti de sa phase d'expérimentation et pour lequel, sur le territoire de Granville, un démonstrateur industriel sortira de terre en 2028.

Comme l'explique Frédéric Moulin, président de France Gaz Île-de-France Normandie : « **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** ».

La méthanisation a montré la voie en Normandie et de nouvelles technologies vont permettre, dans un avenir proche, de concilier les besoins des industriels, des consommateurs, tout en préservant notre environnement.



Méthanisation des champs et méthanisation des villes

Nutritionniste pour méthaniseur

Mathieu Deschamps, sur sa ferme familiale de 360 hectares à Cléville, près d'Yvetot en Seine-Maritime, est confronté à la variation des cours du porc et donc à des problèmes de rentabilité.

« J'ai souhaité, explique-t-il, **traiter mes effluents d'élevage et avoir une activité économique plus stable en disposant d'une source de revenus complémentaires, d'où l'installation, il y a 14 ans, d'une petite unité de méthanisation** ». En fin d'année, il va toutefois passer à la vitesse supérieure et produire 70 GWh*, par an, en absorbant 72 000 tonnes de biodéchets dont 45% de ses propres effluents d'élevage. Si les 5 premières années ont été déficitaires, la méthanisation représente aujourd'hui environ 50% de ses revenus. Il s'agit d'un métier à part entière avec une dizaine de salariés mobilisés pour déballer, trier, produire, épandre, et des entreprises qui collectent les déchets. « **Je travaille également avec un nutritionniste en méthanisation afin que la ration soit bien équilibrée pour produire un gaz de qualité. Gaz qui alimente ensuite des industriels et du chauffage collectif** », souligne Mathieu Deschamps. Cette professionnalisation s'accompagne aussi de 2 à 3 contrôles annuels par les services de l'État.

Sur la ferme de Cléville, la valorisation des déchets dont les effluents d'élevage et la production de biométhane va éviter l'émission de 14 000 tonnes de CO₂ chaque année.

Un système vertueux au service de l'environnement

Et si les contraintes économiques et les impératifs écologiques nous faisaient progresser ? Portons un regard croisé sur une unité de méthanisation chez un agriculteur et un futur projet dans la banlieue rouennaise pour valoriser les biodéchets ménagers. C'est l'entreprise Tryon environnement qui va installer, sur 4 500 m² à Saint-Etienne-du-Rouvray, une unité qui traitera 10 000 tonnes de déchets alimentaires par an pour les transformer, d'un côté, en gaz et, de l'autre, en un fertilisant organique de qualité pour les terres d'agriculteurs locaux. « **Nous recevrons, et nous pourrons aussi collecter, les biodéchets issus de la restauration collective, de cantines, d'hôpitaux ou encore de produits périmés de la grande distribution. En sachant que notre rayon d'actions privilégié est d'environ 30 kilomètres autour de notre unité. C'est un véritable projet de territoire** » commente Véronique Martens, responsable des Relations publiques et du Développement chez Tryon environnement. Le projet économique repose essentiellement sur la vente de biométhane et sur la gestion des déchets alimentaires.

A l'avenir, les déchets des particuliers pourront également être traités puisque la métropole rouennaise va poursuivre l'implantation de 1 000 points d'apports volontaires, associée à la distribution de bioseaux pour les locataires en appartements. Cette démarche de la collectivité s'inscrit dans le cadre de la loi Anti-Gaspillage pour une Économie Circulaire (AGEC) de février 2020. Pour rappel, près de 10 millions de tonnes de déchets alimentaires sont produits chaque année en France (soit 142 kilos par Français) dont 40% issus du gaspillage alimentaire. Tryon apporte donc une réponse pertinente grâce à sa petite unité de méthanisation dont la production permettra d'alimenter en biométhane, à compter de fin 2027, l'équivalent de 40 bus roulant au bioGNV ou 3 000 maisons pour leur chauffage. Cet équipement, baptisé Modulo, se déploie dans d'autres villes de France et représente un investissement de 6 millions d'Euros.



Crédit photo : NaTran / Dureuil Philippe

*70 millions de KWh.

Une nouvelle brique du mix énergétique industriel

L'hydrogène bas carbone s'impose progressivement comme l'un des leviers majeurs de la transition énergétique industrielle. Déjà utilisé dans certains secteurs comme le raffinage ou la chimie, il devrait jouer un rôle croissant dans la décarbonation des procédés industriels et des mobilités lourdes.

La Normandie dispose, là aussi, de nombreux atouts pour accompagner ce développement : forte concentration industrielle, infrastructures

portuaires et besoins importants en hydrogène. La région est aujourd'hui **la première consommatrice d'hydrogène en France**.

Les infrastructures énergétiques existantes permettront également d'accompagner progressivement le transport et l'utilisation des gaz renouvelables et des nouvelles molécules énergétiques bas carbone, en complément des filières de valorisation du CO₂.

Le plus grand électrolyseur d'Europe à Port-Jérôme

Avec une capacité de 200 MW, l'électrolyseur Air Liquide Normand'Hy est le plus grand d'Europe. Il fournira de l'hydrogène, notamment, à la raffinerie Total Energies et alimentera différentes stations-service. Un quart de la production étant destiné à être un carburant pour des véhicules roulant à l'hydrogène. Cette installation en cours de déploiement permettra d'éviter l'émission de 250 000 tonnes de CO₂ par an.

L'électrolyse consiste à casser, à l'aide d'un courant électrique, les molécules d'eau (H₂O) pour obtenir de l'hydrogène. Ce dernier alimente ensuite une pile à combustible qui produit de l'électricité.



L'électrolyseur Air Liquide à Port-Jérôme - Crédit photo : AirLiquide/ AdrienDaste

Des projets dans les tuyaux

Chaque année, l'industrie française émet plus de **62 millions de tonnes de CO₂** dont environ 10 millions pour les sites industriels normands. Pour atteindre la neutralité carbone en 2050, le captage, le stockage et la valorisation du CO₂ ont été identifiés par l'Union Européenne comme **une option stratégique majeure en s'appuyant sur la technologie baptisée CCUS***.

Dans cette chaîne de valeur, le CO₂ capté par les industriels, gestionnaires de déchets, exploitants de chaufferies, d'incinérateurs ou d'installations de méthanisation sera ensuite acheminé, vers des sites de destination grâce à des infrastructures de transport par canalisations souterraines adaptées.

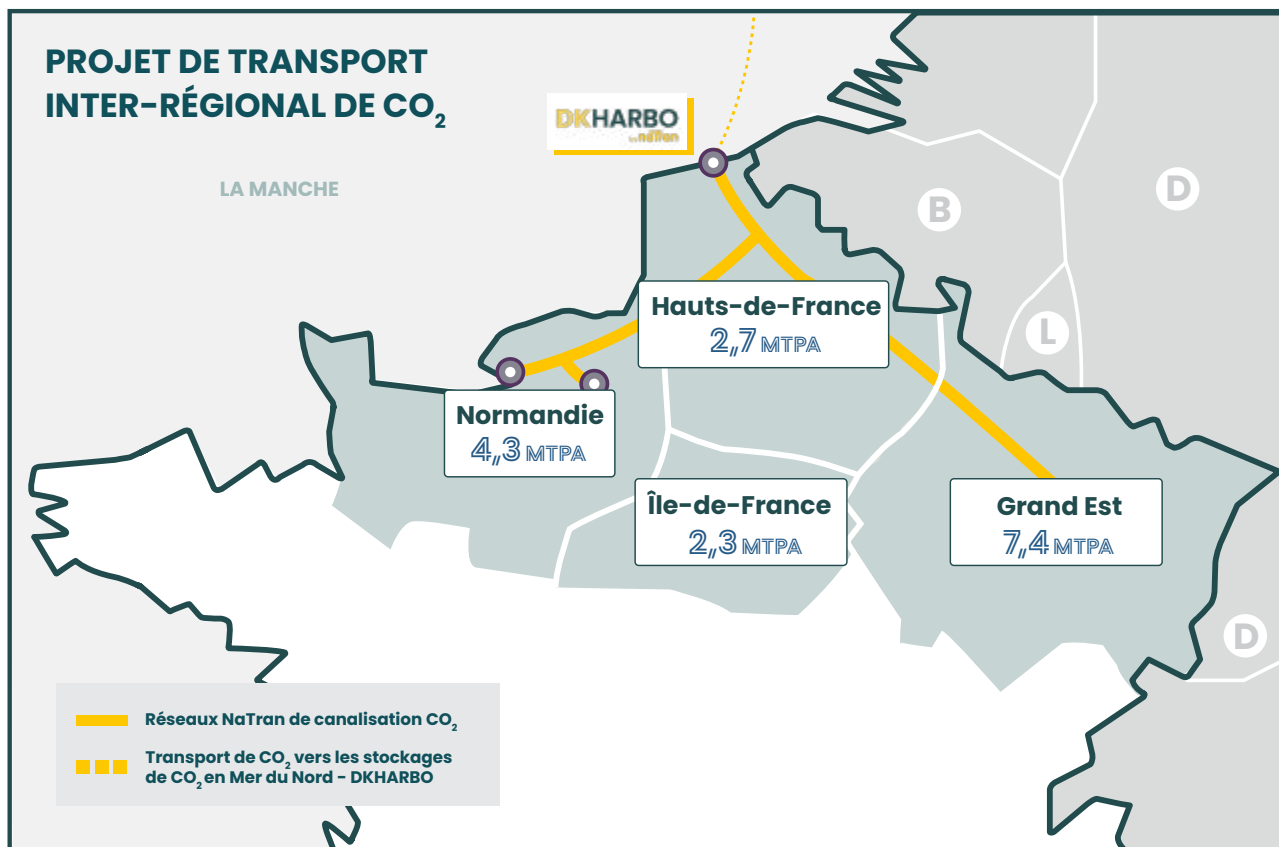
Selon les cas, ce CO₂ pourra être orienté vers des sites de stockage géologique permanent ou vers des unités de valorisation destinées à produire des carburants durables (maritime ou aérien).

Pour préparer ces grands corridors énergétiques de demain, NaTran a lancé un **appel à manifestation d'intérêt (AMI)** relatif au projet de transport du CO₂ en Normandie, dans les Hauts-de-France, le Grand Est et l'Île-de-France. D'une longueur totale de 1 000 km, ce projet de réseau pourrait couvrir les besoins des sites de ces quatre régions françaises.

« **Il faut bien comprendre**, souligne Jérôme Gilliet, Responsable Développement Territorial chez NaTran, **que ce n'est pas un droit à polluer et qu'il faut d'abord faire tous les efforts de sobriété possible. Au final, il faudra toutefois bien séquestrer du CO₂.** »

« **Grâce à cet appel à manifestation d'intérêt, les besoins du marché et l'intérêt économique d'une telle infrastructure ont été confirmés. En tant que gestionnaire du réseau de transport de gaz, NaTran dispose du savoir-faire pour accompagner le développement d'une infrastructure de transport de CO₂ interrégional,**

*CCUS Carbon Capture, Utilisation and Storage



avec un accès aux tiers transparent et non discriminatoire. », rappelle Chrystel Machu, Responsable Développement Territorial chez NaTran.

La Normandie apparaît déjà comme l'un des territoires structurants de cette future chaîne de valeur du CO₂. 37 acteurs normands se sont positionnés, dont 17 industriels et 20 sites de méthanisation souhaitant valoriser leur CO₂ biogénique.

Les besoins de transport identifiés pour la seule Normandie atteignent ainsi **4,3 millions de tonnes de CO₂** par an, dont 1,5 million de tonnes de CO₂ biogénique. Les besoins liés à la valorisation du CO₂ représentent, à eux seuls, 1,1 million de tonnes par an.

L'AMI démontre l'émergence d'un marché français du CO₂ avec, d'un côté, une disponibilité importante de CO₂ biogénique, de l'autre, des besoins pour des projets de valorisation mais aussi de transport en vue

d'un stockage permanent. Qu'il s'agisse des carburants aéronautiques, du transport maritime ou de nouvelles molécules énergétiques bas carbone.

C'EST QUOI

le CO₂ d'origine biogénique ?

CO₂ issu de matières organiques d'origine récente et renouvelable
(plantes, déchets organiques, résidus agricoles ou forestiers).

Contrairement au CO₂ d'origine fossile, il s'inscrit dans le cycle naturel du carbone :

il correspond à du carbone préalablement capté par les végétaux lors de leur croissance.

Le CO₂ biogénique a un **impact climatique neutre** lorsqu'il est réémis ou valorisé.



CH0C : UNE CHAUDIÈRE RÉVOLUTIONNAIRE

Réduction de 90% des émissions de CO₂

La Ch0C est une chaudière industrielle de 3MW, de nouvelle génération, conçue pour faciliter la capture du CO₂ émis lors de la combustion du gaz. Le CO₂ est récupéré directement en sortie de chaudière et peut, ensuite, être séquestré ou valorisé. Cette chaudière repose sur le développement de briques technologiques de pointe assurant un très haut niveau de décarbonation à un coût compétitif. Pour une même quantité de gaz consommée, la chaudière permet de mieux valoriser la chaleur produite. Bientôt commercialisée, la Ch0C produira de la vapeur avec un coût inférieur de 40% à celui d'une chaudière électrique selon les données du projet et équivalent à une chaudière biomasse. 16 professionnels se sont mobilisés pendant 3 ans pour réaliser cette performance technologique. Le remplacement de 1000 chaudières industrielles éviterait l'émission de 4 millions de tonnes de CO₂ par an. La Ch0C est une réponse innovante et fiable pour les industriels désireux de concilier économie et écologie.



Site de Methavert à Rogerville.

NOUVEAUX CARBURANTS

L'Axe Seine à la pointe

Le transport aérien et maritime fait face à un immense défi : réduire ses émissions de CO₂ alors même que les besoins de mobilité continuent de progresser. Pour certains usages — notamment les avions ou les grands navires — l'électrification ne constitue pas aujourd'hui une solution réaliste à grande échelle. D'où l'émergence de nouveaux carburants bas carbone produits à partir d'hydrogène et de CO₂ capté sur les sites industriels.

Ces carburants de synthèse — également appelés **e-fuels** — représentent **l'une des grandes pistes de décarbonation pour les prochaines décennies**. Ils permettent de produire des molécules énergétiques capables de remplacer progressivement les carburants fossiles dans l'aviation, le maritime ou certains usages industriels.

L'Axe Seine dispose justement de plusieurs atouts majeurs pour accompagner le développement de ces nouvelles filières. Le territoire concentre à la fois des infrastructures portuaires stratégiques, des réseaux industriels existants et une proximité immédiate avec les grands aéroports parisiens.

Plusieurs projets industriels d'envergure sont déjà engagés. Ainsi, l'énergéticien européen Qair va implanter une unité de production d'hydrogène et de méthanol sur un site de 60 hectares à Rogerville, à proximité du Grand Canal du Havre et de l'autoroute A29. L'entreprise, spécialisée dans les énergies renouvelables, est lauréate d'un appel à projets lancé par HAROPA PORT.

Cette unité, baptisée Méthavert, produira à terme, 200 000 tonnes de e-méthanol — qui entre dans la catégorie des e-fuels — et alimentera le transport maritime et l'industrie. **« Le e-fuel,** explique Alexandre Mombazet,

business developer chez Qair, est un carburant de synthèse produit à base d'hydrogène décarboné, d'électricité, d'eau et de CO₂. La vertu principale du e-fuel est son impact réduit de 70% par rapport à un carburant classique. Son autre atout est lié à l'indépendance énergétique de la France, puisque l'électricité, comme le CO₂, sont produits et émis localement. Enfin, en termes de débouchés, le e-méthanol est consommé par des industries chimiques locales et dans le transport maritime. Quant à l'hydrogène, il sert à produire de l'ammoniac ».

Engie est l'autre lauréat de l'appel à projet d'HAROPA PORT pour piloter, avec Air France – KLM, une étude de faisabilité pour produire du « kérosène vert » baptisé e-SAF (Sustainable Aviation Fuel) à partir d'hydrogène renouvelable et de CO₂ fourni par les industriels locaux. Ce carburant de synthèse va jouer un rôle clé dans la transition énergétique de l'aviation. Air France intègre aujourd'hui déjà 2% de e-SAF dans son kérosène et vise 10% en 2030. Comme le souligne Jérôme Gilliet, Responsable Développement Territorial chez NaTran : **« Les futurs carburants bas carbone vont avoir besoin d'hydrogène mais aussi de CO₂ biogénique. D'où l'importance des infrastructures énergétiques et des réseaux capables de connecter les émetteurs et utilisateurs de CO₂ du territoire. »**

Ces nouvelles filières ouvrent des perspectives importantes pour l'industrie normande. Elles pourraient permettre de valoriser le CO₂ capté sur le territoire tout en créant de nouvelles activités industrielles autour des carburants bas carbone. Derrière ces projets se dessine aussi une nouvelle ambition pour l'Axe Seine : **devenir l'un des grands territoires européens de la transition énergétique industrielle.**

VERDEMOBIL BIOGAZ VALORISE LE CO₂

Les pionniers d'un secteur porteur

En 2008, le fondateur et président de l'entreprise Philippe Khairallah, a été assurément un visionnaire. Il a imaginé un process, développé des brevets, construit des machines pour, d'abord produire du biogaz puis valoriser le CO₂. L'activité vise à installer des équipements près d'unités de méthanisation. Aussi, près de 20 ans plus tard, VERDEMOBIL BIOGAZ connaît une forte croissance et, surtout, s'inscrit dans un marché à fort potentiel en ayant su diversifier ses activités (BioGNL, Bio H₂ etc). Au fil des ans, la volonté de maîtriser toutes les phases du métier s'est accrue. Aujourd'hui les équipes de VERDEMOBIL BIOGAZ, étudient, conçoivent, fabriquent des équipements, en assurant la maintenance et même le transport du CO₂. Leur maîtrise de l'ensemble des opérations leur permet de proposer des solutions sur mesure en adaptant les dimensions et les technologies à chaque client. Le plus souvent, les exploitants signent un partenariat avec VERDEMOBIL BIOGAZ qui investit dans les installations pour récupérer et commercialiser le CO₂. L'entreprise, de plus, restitue le biométhane qui, sans cela, aurait été perdu, paie l'électricité et propose la récupération de la chaleur. Un partenariat intéressant pour les exploitants, qu'ils soient agriculteurs, gestionnaires de stations d'épuration ou d'usines agro-alimentaires. De même, l'une des clés de leur réussite est d'implanter des unités de captage et de valorisation du CO₂ (dûment contrôlé), non seulement à proximité des unités de méthanisation mais également proche des clients. L'idéal pour la livraison étant une durée de 2 heures maximum. Le principe du cycle court est donc central dans l'activité.

Les débouchés – pour ne parler que du CO₂ – sont très larges et les utilisateurs se multiplient : depuis les traditionnels producteurs de boissons gazeuses, en passant par les abattoirs, jusqu'aux professionnels de l'agro-alimentaire qui mettent des aliments sous atmosphère protégée. « *Les perspectives sont très positives, commente Duarte Viegas responsable du développement, avec une grande palette d'utilisations. Le BioCO₂, dont la pureté est de 99,9%, est ainsi utilisé pour la conservation de vaccins, le nettoyage cryogénique mais aussi pour revaloriser d'anciens bétons et, bien sûr, les carburants de synthèse. Pour ces derniers, le marché français va doubler en 2030* ».

Rupture d'approvisionnement

Fin 2024, l'entreprise vendéenne a procédé à une levée de fonds de 150 millions d'euros pour accompagner son développement. VERDEMOBIL BIOGAZ comptera, d'ici fin 2026, une vingtaine d'installations, principalement dans l'Ouest de la France, pour une soixantaine de salariés.

Aujourd'hui, les producteurs de bières, sodas, eaux gazeuses... restent les premiers utilisateurs de CO₂. A l'été 2025, un accélérateur est intervenu avec une rupture d'approvisionnement contraignant ces professionnels à stopper leur activité. Ils ont alors cherché d'autres ressources et d'autres fournisseurs dont VERDEMOBIL BIOGAZ. « **L'un des atouts de notre process est la production continue toute l'année avec un bilan carbone dix fois moins élevé que le CO₂ fossile** », argumente Duarte Viegas.



Méthavie, installation de BioCO₂. - Crédit photo : VERDEMOBIL BIOGAZ

Trajectoires



ZIBAC : préparer l'industrie bas carbone de demain

SOCRATE

Préparer l'industrie bas carbone de demain sur l'Axe Seine

Comment conjuguer décarbonation, compétitivité industrielle et souveraineté énergétique ? C'est tout l'enjeu du programme ZIBAC* porté sur l'Axe Seine par l'association SOCRATE. Derrière cet acronyme — **Synergie pour une Organisation Collective et Raisonnée sur l'Axe Seine de la Transition Énergétique** — se retrouvent les grands acteurs industriels et portuaires du Havre, de Port-Jérôme et de Rouen avec un objectif commun : imaginer les solutions énergétiques de demain.

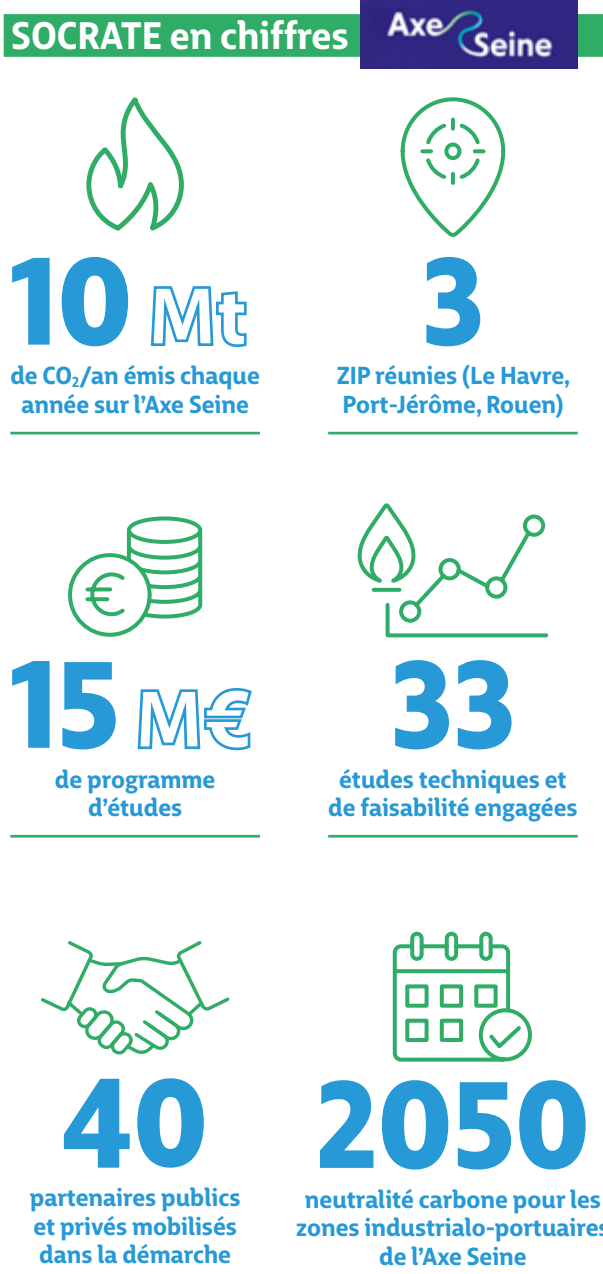
L'Axe Seine constitue, en effet, l'un des principaux bassins industriels émetteurs de CO₂ en France avec environ **10 millions de tonnes d'émissions annuelles** réparties entre Le Havre, Port-Jérôme, Rouen et Paris. Raffineries, chimie, logistique, transport maritime ou aérien : le territoire concentre des industries stratégiques pour lesquelles la décarbonation suppose de transformer en profondeur les modèles énergétiques existants.

Lauréat du programme national ZIBAC soutenu par l'ADEME et France 2030, **SOCRATE** (le ZIBAC normand) pilote plusieurs études de faisabilité destinées à identifier les leviers les plus pertinents pour accompagner cette transition : gaz renouvelables, hydrogène, valorisation du CO₂, carburants de synthèse ou encore nouvelles infrastructures énergétiques. Ces études représentent un investissement de **15 millions d'euros** financés par l'État, l'ADEME et la Région Normandie et les partenaires.

Au-delà des technologies, l'ambition est aussi territoriale. L'objectif est de construire une véritable logique d'écologie industrielle où les déchets des uns deviennent les ressources des autres. Car l'Axe Seine dispose d'atouts rares : infrastructures portuaires majeures, réseaux énergétiques existants, concentration industrielle, savoir-faire techniques et proximité des grands marchés européens.

Entre les infrastructures actuelles et les futurs projets énergétiques en devenir, le territoire possède ainsi de nombreux atouts pour **attirer de nouvelles activités industrielles tout en accompagnant la décarbonation des sites existants.**

* ZIBAC : Zones Industrielles-Portuaires Bas Carbone





« Beaucoup d'entreprises cherchent à consommer du biogaz. »

L'État a incité les industriels à lancer des études pour inscrire leur activité dans une logique de décarbonation ?

Dans le cadre de SOCRATE, nous avons en effet lancé en avril 2023 un vaste programme d'études dont l'objectif majeur est d'identifier les trajectoires de décarbonation, à horizon 2050, sur nos zones industrielles. Rappelons que ces dernières émettent chaque année près de 10 millions de tonnes de gaz à effet de serre et qu'il y a un véritable enjeu à réduire, compenser et transformer ces émissions.

La question de l'énergie est, évidemment, au cœur de la trentaine d'études que vous réalisez et le gaz est une thématique importante ?

Beaucoup d'entreprises sont très consommatrices de gaz et, ne pouvant électrifier leur procédé, cherchent à consommer du biogaz. Nous avons donc identifié de nouveaux procédés. La méthanisation, bien sûr, mais aussi la pyrogazéification et la gazéification hydrothermale. Ce sont deux procédés différents pour obtenir du biogaz et surtout avec des gisements différents. Que ce soit pour l'énergie (chaudière et four) ou le process (pour produire de l'hydrogène), tous veulent regarder comment monter en puissance sur la consommation de biogaz. C'est pourquoi nous étudions les possibilités de déploiement d'usines de fabrication de biogaz pour répondre aux besoins et attentes des industriels.

L'Axe Seine est-il un secteur géographique propice pour accueillir de nouvelles industries ?

Nous avons beaucoup d'outils sur nos territoires pour pouvoir accueillir de nouvelles industries, dont des industries du futur. C'est presque du « *plug and play* » : les sites industriels s'installent, il y a de l'eau, de l'électricité, du gaz, de l'azote, et on peut même capter leur CO₂. Il est possible d'avoir accès à tout ce qui est logistique et utilités et, en même temps, bâtir des projets en commun avec les voisins. On vit une mutation industrielle que notre territoire est capable d'accueillir. Si nous pouvons offrir sur le territoire des électrons décarbonés, du biogaz et du CO₂ biogénique, c'est extrêmement attractif.





Pyrogazéification - Crédit photo : NaTran / MARECHAUX LUC

GAZ RENOUVELABLES

Transformer les déchets du territoire en énergie

La méthanisation a ouvert la voie. Mais les études menées dans le cadre du programme SOCRATE montrent que le **potentiel du territoire est encore largement sous-exploité**.

Aujourd'hui, le territoire de l'Axe Seine dispose d'une capacité de production de gaz renouvelable d'environ 125 GWh/an provenant uniquement des unités de méthanisation déjà en fonctionnement. Cela représente à peine 1 % de la consommation de gaz du territoire estimée à 17 300 GWh/an.

Le périmètre étudié comprend 23 unités de méthanisation en fonctionnement dont 7 unités en injection, 11 en cogénération et 5 en combustion. Une particularité qui illustre déjà la densité industrielle de l'Axe Seine : 6 unités de méthanisation sont directement adossées à des sites industriels, notamment chez VPK, Tereos, Saipol ou DS Smith.

L'étude pilotée par Biomasse Normandie, Solagro et S3D s'est intéressée à l'ensemble des gisements disponibles sur le territoire : effluents agricoles, biodéchets des collectivités, boues de stations d'épuration, déchets industriels liquides, combustibles solides de récupération ou encore déchets de bois.

Au total, les études identifient un gisement potentiel de près de **3,6 millions de tonnes de matière brute par an** dont environ 30 % seraient mobilisables à moyen terme, soit

plus d'un million de tonnes de ressources valorisables chaque année. Plus de 70 % de ce potentiel concerne la méthanisation, mais les nouvelles technologies ouvrent également des perspectives importantes.

Aux côtés de la méthanisation, la pyrogazéification permet, par exemple, de produire du gaz renouvelable à partir de déchets solides peu valorisés jusqu'ici, notamment certains déchets de bois ou combustibles solides de récupération. La

gazéification hydrothermale, encore émergente, vise quant à elle la valorisation de déchets liquides industriels ou de boues de stations d'épuration.

Ces nouvelles filières restent aujourd'hui à des niveaux de maturité différents. La méthanisation bénéficie déjà d'un cadre réglementaire structuré et d'installations opérationnelles tandis que la pyrogazéification et la gazéification hydrothermale poursuivent encore leur développement technologique et économique.

Pour autant, ces technologies dessinent déjà une nouvelle logique énergétique territoriale où les déchets agricoles, industriels ou territoriaux deviennent progressivement des ressources capables d'alimenter les besoins énergétiques des industries de l'Axe Seine.

**L'enseignement clé de l'étude :
un potentiel encore largement
sous-exploité, avec un gisement
potentiel de près de 3,6 millions
de tonnes de matière brute par an**



Marie GUILLET

DIRECTRICE DE BIOMASSE NORMANDIE

« La Normandie a un écosystème favorable au développement du gaz renouvelable »

Biomasse Normandie est une association qui accompagne les acteurs du territoire dans leur transition énergétique ?

Nos 30 salariés conduisent des missions de conseil et d'expertise auprès des collectivités et des acteurs économiques. Nous agissons, en toute indépendance sur la Normandie à travers, par exemple, des observatoires sur les thèmes « énergie-climat » et sur les déchets. Notre association, créée en 1983, anime également des filières sur le « bois énergie » et la « méthanisation-gaz renouvelable ». A cela s'ajoute la réalisation d'études et d'expertise dans nos domaines de compétences (chaleur renouvelable et gestion des déchets, méthanisation) pour des maîtres d'ouvrages publics ou privés.

Vous avez, entre autres, mené une étude pour SOCRATE* sur l'identification des gisements de production de gaz renouvelable.

L'objectif était d'identifier le potentiel de production de gaz renouvelable sur l'Axe Seine en s'intéressant à la méthanisation, la pyrogazéification et la gazéification hydrothermale. Ces trois technologies vont entrer dans beaucoup de process industriels. Nous avons identifié les gisements disponibles pouvant alimenter ces filières mais aussi leur mode actuel de gestion. Nous avons proposé et étudié des modèles de développement, avec des recherches d'équilibre technico-économiques. Il y a globalement un potentiel assez important notamment pour la gazéification hydrothermale qui traite des déchets industriels dangereux et non dangereux que l'on retrouve en quantité importante sur l'Axe Seine du fait du fort tissu industriel mais, également, les boues d'épuration.

La Normandie est un territoire relativement en pointe dans la production de gaz renouvelable ?

Plusieurs facteurs expliquent cette dynamique. Tout d'abord, nous sommes une région avec une agriculture forte. La majorité des intrants dans la méthanisation sont agricoles avec une grande partie d'effluents ; la part des cultures ne représente pas plus de 7% en moyenne. Un autre facteur majeur réside dans le fait que très tôt, il a été mis en place un écosystème favorable à ce développement au travers de Métha'Normandie, programme d'animation territoriale piloté techniquement par Biomasse Normandie et la Chambre d'agriculture. Ce qui a permis de fédérer les différents acteurs de la filière dont la Région, l'ADEME, les services de l'État, les Syndicats d'énergie, NaTran et GRDF. De notre côté, nous travaillons aussi sur l'acceptabilité des projets avec une charte, des formations, des supports de communication afin de favoriser le dialogue entre les agriculteurs et leurs riverains.

* SOCRATE : Synergie pour une Organisation Collective et Raisonnée sur l'Axe Seine de la Transition Énergétique

Retrouvez les chiffres
de la méthanisation sur
www.methanormandie.fr





E-FUELS ET VALORISATION DU CO₂

15 projets industriels d'ici 2050

Longtemps considéré comme un déchet, le CO₂ pourrait demain devenir une véritable matière première industrielle. C'est tout l'enjeu de l'étude cofinancée par l'ADEME dans le cadre du programme SOCRATE Axe Seine, dont l'objectif est de définir les conditions de développement des filières de production de molécules bas carbone destinées aux secteurs aérien, maritime, gazier et chimique.

Le principe consiste à associer du CO₂, capté sur des sites industriels, à de l'hydrogène renouvelable afin de produire de nouvelles molécules énergétiques capables de remplacer progressivement certains carburants fossiles. Trois grandes filières ont plus particulièrement été étudiées : **le e-SAF** destiné à l'aviation, **le e-méthanol** pour le transport maritime et fluvial et **le e-méthane** injectable dans les réseaux gaziers.

Selon l'étude, les filières de valorisation du CO₂ et de production de e-fuels représentent des

solutions de décarbonation à fort potentiel avec **des réductions d'émissions pouvant atteindre jusqu'à 90 %** par rapport aux énergies fossiles conventionnelles.

L'objectif pour SOCRATE est de construire une trajectoire de décarbonation cohérente et coordonnée à l'échelle territoriale, même si les différentes filières présentent encore des niveaux de maturité variables.

Plusieurs projets industriels illustrent déjà cette dynamique. Au Havre, ENGIE développe ainsi le projet kerEAUzen destiné à produire du carburant aérien durable de synthèse à partir d'hydrogène renouvelable et de CO₂ capté localement. Toujours au Havre, Qair porte le projet METHAVERT pour produire du e-méthanol destiné au transport maritime et à l'industrie. Près de Rouen, Verso Energy a également annoncé le projet DéZir visant la production de carburants aéronautiques durables.



Perspectives de développement étudiées dans le cadre du programme SOCRATE

Filière	2030	2040	2050
E-méthanol	512 GWh	2 620 GWh	3 844 GWh
E-SAF	804 GWh	6 433 GWh	22 481 GWh
E-méthane	404 GWh	1 978 GWh	3 279 GWh

Au total, l'étude envisage le déploiement d'une **quinzaine de projets industriels d'ici 2050**, dont neuf dédiés au e-SAF et six au e-méthanol. Les investissements nécessaires sont estimés entre **13,8 et 17,7 milliards d'euros**.

Un élément clé : le CO₂

Les études menées dans le cadre du programme SOCRATE ont permis d'identifier des gisements de CO₂ mobilisables estimés entre **2,8 et 3,9 millions de tonnes par an** à horizon 2050. Un volume important mais qui ne permettra toutefois de couvrir qu'une partie des besoins futurs :

- 26 % de la demande en e-fuels en 2030,
- 29 % en 2040,
- 39 % en 2050.

Le territoire devra donc, à terme, importer une partie du CO₂ ou du méthanol nécessaire pour répondre aux besoins des futures unités de production.

Le développement de ces nouvelles filières suppose également d'importants efforts d'investissement pour le captage du CO₂ et la mise en place d'infrastructures de transport adaptées. Car les sites émetteurs de CO₂ ne sont pas toujours situés à proximité des

futurs sites de production de e-fuels. Plusieurs solutions sont étudiées : transport par barges, camions ou réseaux de canalisations, ces derniers étant considérés comme essentiels à long terme.

La question de la **compétitivité économique** reste évidemment centrale. Aujourd'hui, les e-fuels demeurent entre **quatre et sept fois plus coûteux** que leurs équivalents fossiles, principalement en raison du coût de production de l'hydrogène bas carbone. Les études anticipent toutefois une baisse progressive des coûts à horizon 2040 avec le développement des technologies et l'augmentation des volumes de production.

Pour accompagner cette transition, plusieurs leviers apparaissent indispensables : soutien public, mécanismes de sécurisation économique, tarifs d'électricité compétitifs mais aussi développement de partenariats multi-acteurs associant industriels, énergéticiens, spécialistes du captage du CO₂ et acteurs des filières énergétiques.

Derrière ces projets se dessine ainsi une nouvelle ambition industrielle pour l'Axe Seine : **faire du territoire l'un des grands pôles européens de production de molécules énergétiques bas carbone**.





CAPTAGE ET TRANSPORT DU CO₂

Construire les infrastructures de la décarbonation

Certaines industries continueront demain à émettre du CO₂ malgré les efforts réalisés en matière d'efficacité énergétique et de décarbonation. Pour ces émissions dites « résiduelles », le captage, le transport et la valorisation du carbone apparaissent désormais comme des leviers incontournables.

Les études conduites dans le cadre du programme SOCRATE montrent que la réussite des trajectoires bas carbone reposera largement sur la capacité des industriels à mutualiser les infrastructures et les flux énergétiques.

L'enjeu consiste désormais à organiser la collecte, le transport et la valorisation du CO₂ à l'échelle territoriale. Car le véritable défi n'est pas seulement technologique : **il est aussi infrastructurel**.

Les travaux menés sur l'Axe Seine étudient ainsi plusieurs scénarios de développement d'un réseau secondaire de transport du CO₂ entre

les zones industrialo-portuaires du Havre, de Port-Jérôme et de Rouen afin d'acheminer le carbone capté vers des infrastructures de valorisation ou de stockage.

Une ressource recherchée

Cette logique de mutualisation ouvre également de **nouvelles perspectives pour les producteurs de gaz renouvelable**. Le CO₂ biogénique issu des méthaniseurs pourrait demain devenir une ressource recherchée pour la production de carburants de synthèse ou certaines applications industrielles.

Les études menées dans le cadre du programme ZIBAC montrent ainsi qu'à l'avenir, les infrastructures énergétiques ne fonctionneront plus de manière isolée mais dans une **logique de complémentarité** entre ports, industries, énergéticiens, producteurs de gaz renouvelable et acteurs du transport.

TRAJECTOIRES DE DÉCARBONATION

Réduire progressivement les émissions du territoire

Une dernière étude doit désormais permettre de consolider la trajectoire globale de décarbonation de la ZIBAC Normandie.

L'objectif sera d'évaluer, à horizon 2030 puis 2050, la manière dont les différents leviers étudiés — efficacité énergétique, électrification, gaz renouvelables, hydrogène, captage et valorisation du CO₂ ou encore e-fuels — pourront contribuer à réduire progressivement les émissions industrielles du territoire.

Cette approche vise aussi à hiérarchiser les priorités d'investissement et à identifier les infrastructures structurantes nécessaires pour

accompagner la transformation énergétique des zones industrialo-portuaires normandes.

Les premières orientations des scénarios nationaux de décarbonation montrent déjà que les territoires industriels devront s'appuyer sur une **combinaison de solutions complémentaires** plutôt que sur une énergie unique. Dans cette perspective, l'Axe Seine apparaît comme l'un des territoires les mieux positionnés pour expérimenter et déployer ces nouveaux modèles énergétiques à grande échelle

Erasmus

ENGAGEMENT : Un futur partagé

UN ÉCOSYSTÈME AU SERVICE DU TERRITOIRE La force du collectif

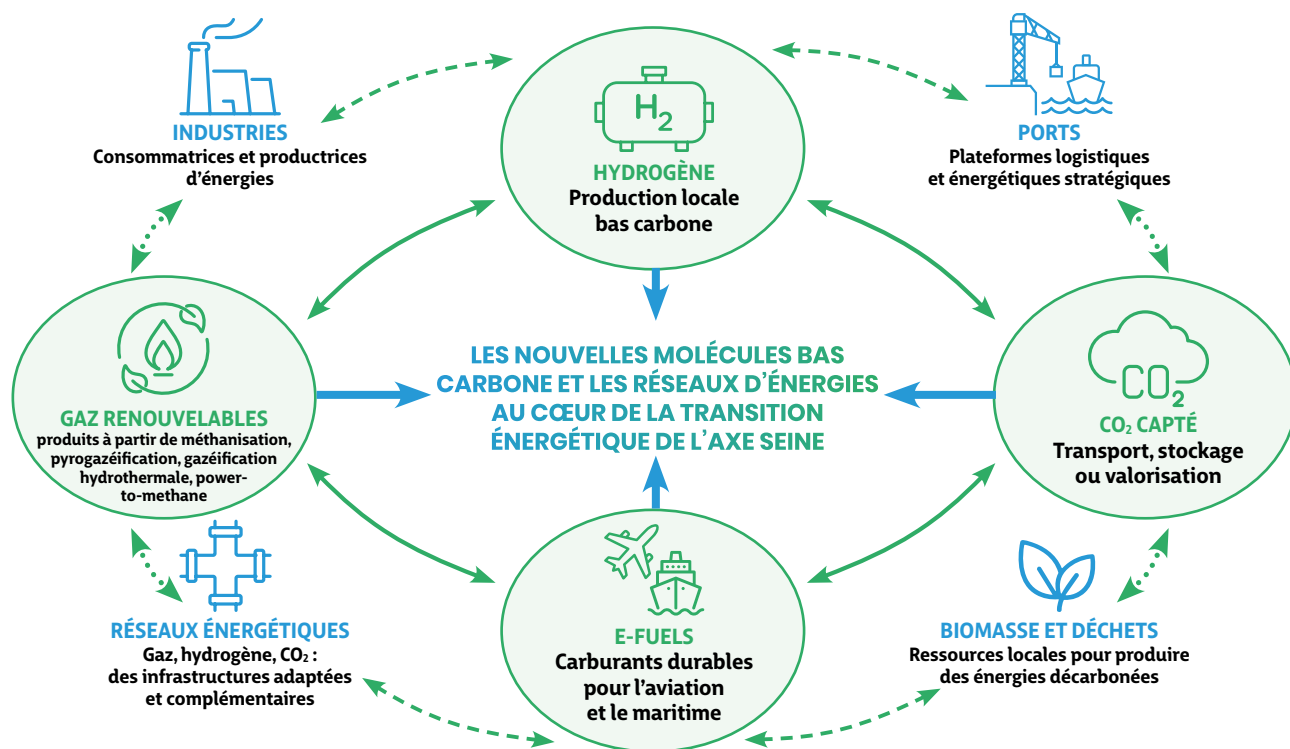
L'Axe Seine semble aujourd'hui concentrer la plupart des grands enjeux du monde économique, des territoires et, plus largement, de la société : énergie, production industrielle, défis environnementaux, compétitivité ou encore souveraineté nationale.

Sur chacun de ces sujets, la Normandie — et plus particulièrement l'axe Le Havre – Rouen — dispose d'atouts incontestables. Le nombre d'études déjà réalisées ou engagées, de projets émergents et d'initiatives industrielles innovantes illustrent une dynamique territoriale portée par **des acteurs engagés et aux compétences complémentaires**.

Les infrastructures existantes — et notamment le réseau gazier — constituent un socle stratégique pour accompagner les transformations énergétiques du territoire. Le maillage territorial, la diversité des activités industrielles et la complémentarité des

besoins permettent déjà de mutualiser des moyens, de développer des synergies locales et d'imaginer de nouveaux débouchés autour de l'hydrogène, des gaz renouvelables ou de la valorisation du CO₂.

L'Axe Seine apparaît ainsi, à la fois, comme une terre d'accueil pour de nouveaux projets industriels et comme un territoire capable d'anticiper les grands défis énergétiques des prochaines décennies. Production de carburants durables pour l'aviation, nouvelles infrastructures de transport du CO₂, montée en puissance des gaz renouvelables ou développement de l'hydrogène : les études menées dans le cadre du programme ZIBAC dessinent progressivement **une nouvelle géographie industrielle et énergétique pour le territoire**, faisant plus que jamais de la Normandie, une terre d'énergies.



COMPÉTITIVITÉ INDUSTRIELLE
Une industrie décarbonée et attractive



COOPÉRATIONS TERRITORIALES
Synergies entre industriels, énergéticiens, ports et collectivités



RÉDUCTION DES ÉMISSIONS
Vers la neutralité carbone et la préservation de l'environnement



SOUVERAINETÉ ÉNERGÉTIQUE
Des énergies locales, diversifiées et résilientes

Gaz renouvelables



Données issues des études ZIBAC



Un potentiel de production
de gaz renouvelable
multiplié par **7**
sur le territoire



Près de

900 GWh/an

de production potentielle identifiés



24

nouvelles unités
de production envisageables



+ de

260

emplois potentiels identifiés
dans les études



+ de

500 M€

d'investissements estimés

Hydrogène et nouvelles molécules



Le plus grand électrolyseur
d'Europe en cours de
déploiement à Port-Jérôme



250 000 t

de CO₂ évitées chaque année
grâce au projet Normand'Hy



Plusieurs milliards d'euros
d'investissements potentiels
à horizon 2050



Plusieurs projets industriels
de e-méthanol et de carburants de
synthèse déjà engagés sur le territoire

Captage et valorisation du CO₂



1 Mt

Jusqu'à
de CO₂ captables
chaque année sur l'Axe Seine



Un futur réseau de transport
CO₂ à l'échelle interrégionale



De nouvelles synergies entre
industriels, énergéticiens, ports
et acteurs de la méthanisation



Des perspectives de valorisation
du CO₂ pour les carburants
de synthèse, l'industrie et les
nouvelles molécules énergétiques

AXE SEINE 2030 - 2050 : Un territoire de synergies énergétiques

UNE TRAJECTOIRE EN 3 TEMPS

2026
AUJOURD'HUI

S'appuyer sur les infrastructures existantes et les premières solutions



GAZ NATUREL
Réseau gaz existant



BIOMÉTHANE
Unités de méthanisation en service



INDUSTRIES
Consommatrices d'énergie



RÉSEAUX
Infrastructures gazières

2030
LES PREMIERS DÉPLOIEMENTS

Déployer les premières infrastructures bas carbone et ouvrir de nouveaux débouchés



GAZ RENOUVELABLES
Montée en puissance du biométhane produit par méthanisation



HYDROGÈNE
Premiers électrolyseurs industriels



CO₂ CAPTÉ
Premières infrastructures de transport



E-FUELS
Premiers carburants durables (maritime, aviation)



Réseaux en adaptation

Réseau gaz adapté - Premières liaisons CO₂ - Développement d'un réseau hydrogène

2050
UN TERRITOIRE MULTI-ÉNERGIES INTERCONNECTÉ

Un écosystème énergétique intégré au service d'une industrie bas carbone



GAZ RENOUVELABLES
Production locale massive



HYDROGÈNE
Usages industriels et mobilité lourde



CO₂ VALORISÉ OU STOCKÉ
Enfouissement ou valorisation



E-FUELS
Carburants durables à grande échelle



RÉSEAUX
multi-énergies interconnectés



INDUSTRIES
décarbonées et compétitives



PORTS ET LOGISTIQUE
au cœur des nouvelles filières



ÉCONOMIE CIRCULAIRE
et souveraineté énergétique

REGARD D'EXPERT



VALÉRIE RAI-PUNSOLA

DÉLÉGUÉE GÉNÉRALE DE NORMANDIE ENERGIES

« En Normandie, il y a une place importante pour le biogaz ».

La Normandie est une région très en pointe dans la production de gaz et de carburants verts mais il y a aussi des enjeux forts de décarbonation ?

En termes d'émission de CO₂ la région représente 9 à 10% des émissions nationales et, sur l'Axe Seine, c'est plus de 9 millions de tonnes de CO₂ émis par 15 sites. Pour agir sur ce CO₂ il faut s'intéresser au transport et à l'industrie. Or, pour produire du carburant d'aviation durable, le e-SAF (Sustainable Aviation Fuel), on utilise justement du CO₂ biogénique issu des chaudières à bois et des méthaniseurs. Nous pouvons ainsi citer le projet baptisé « DEZIR » ⁽¹⁾ de Verso Energy qui va produire, à Petit-Couronne près de Rouen, du carburant d'aviation durable, à partir de CO₂ capté auprès d'une chaudière biomasse à Alizay dans l'Eure.

La production de biogaz va-t-elle encore se développer en Normandie ?

Nous sommes un territoire d'industrie et donc nous consommons du gaz. Le gaz naturel est utile, d'une part, pour le raffinage pour produire de l'hydrogène gris, d'autre part, pour la chimie. Notre région est un territoire industriel et agricole, il y a donc une place importante pour le biogaz.

La PPE indique qu'il faut multiplier par 3 la production de biogaz en 5 ans, ce qui est intéressant pour la Normandie car nous avons de nombreux projets de biogaz. On voit, notamment, se développer de

gros méthaniseurs comme, par exemple, celui de Total Energies à Fontaine-le-Dun en Seine-Maritime. C'est le début d'une nouvelle histoire avec le développement de ces installations, pour notamment des questions de rentabilité.

Il y a aussi des projets faisant appel à des énergies nouvelles ?

Oui, nous pourrions mettre en avant le slogan : « Normandie, terre d'énergie, Normandie, terre de projets ». Côté électricité, il y a les EPR2 à Penly et les 8 parcs éoliens off-shore – actuels et futurs – au large de nos côtes. Mais,

comme évoqué, nous serons aussi le territoire produisant du carburant d'aviation durable, le e-SAF. Et pour produire ce carburant de synthèse, il faut, à la fois, de l'hydrogène renouvelable ou bas carbone et du CO₂ biogénique. Or, nous avons aussi de l'hydrogène pour l'industrie, notamment pour la production d'engrais. Il y a donc des usages mutualisés permettant de rentabiliser les investissements nécessaires à la production de ce type de kérosène. En plus, nous disposons, pour le e-SAF, d'un pipeline qui relie Le Havre et Rouen aux aéroports parisiens.

⁽¹⁾ DEZIR (Décarbonation en Seine-Eure et sur la Zone industrielle de Rouen) représente un investissement de 1,3 milliard d'€



Sucrerie et unité de méthanisation à Fontaine-le-Dun – Crédit photo : CRISTAL UNION



« Les professionnels du gaz ont un savoir-faire exceptionnel »

L'énergie – et notamment le gaz – représente un sujet essentiel pour vos adhérents ?

Le gaz, pour des activités chimiques est un élément important, à la fois comme matière première et comme énergie. C'est en particulier vrai pour l'hydrogène puisque la Normandie est la 1ère région de France en production et en utilisation. L'hydrogène entrant, notamment, dans la fabrication d'engrais. Mais, je tiens à insister sur le fait que le coût de l'énergie impacte les industries françaises par rapport aux concurrents notamment chinois et américains. C'est « alerte rouge » dans l'industrie chimique si on n'améliore pas la compétitivité énergétique. De plus, si la réglementation se durcit encore, nous allons perdre des pans industriels entiers. De même : attention à la taxation des émissions de CO₂ avec le projet actuel d'augmentation de cette taxe. Aujourd'hui, certaines entreprises n'y sont pas soumises ou ont des quotas gratuits. L'État envisage de modifier ces règles et de les y soumettre, il y a donc des risques de fermetures de certains sites par accentuation du déficit de compétitivité.

Les entreprises de la chimie sont engagées depuis plusieurs années dans une démarche importante de décarbonation ?

Le gaz est un excellent vecteur de transition car moins émetteur de CO₂ que le charbon ou encore que les hydrocarbures. Et puis la méthanisation est une très bonne solution qui a toute sa place ici, d'autant plus que nous avons des réseaux de distribution bien ramifiés. Les professionnels du gaz ont un savoir-faire exceptionnel. En effet, il ne suffit pas de produire du gaz, faut-il encore le distribuer intelligemment.

On peut ainsi développer la méthanisation, c'est une voie intelligente, mais il faut que les communes l'acceptent.

Concernant l'engagement des entreprises dans la décarbonation, l'association SOCRATE* – que je préside – réalise des études, avec les différentes parties prenantes, pour définir la meilleure façon de progresser. L'objectif est de proposer une trajectoire de décarbonation à horizon 2030, 2050 : Que faut-il faire ? Quels investissements prioriser ? Quels sont les grands enjeux ? Il faudra, ensuite, prendre les bonnes décisions avec

des politiques françaises et européennes très pertinentes et des conditions de mise en œuvre très améliorées (délais – contraintes).

Dans la démarche de la décarbonation, que pensez-vous des carburants dits verts ?

Techniquement, il n'y a aucun problème pour produire des carburants d'origine non fossile, mais se pose la question de l'équation économique. Mais si, par exemple, dans l'aviation il y avait une obligation généralisée d'augmenter le pourcentage de kérosène non fossile, cela pourrait être un argument positif. La Normandie est bien placée, car nous disposons de pipelines jusqu'à Orly et Roissy. Il y a, de plus, tout un écosystème extrêmement performant grâce à une densité industrielle importante. La Normandie est donc à la place où il faut être pour tirer profit de cette transition.





GLOSSAIRE

Biométhane

Gaz renouvelable produit à partir de déchets agricoles, industriels ou alimentaires via la technologie de la méthanisation. Il peut être injecté directement dans les réseaux de gaz existants pour tous les usages classiques du gaz (chauffage, cuisine, processus industriels) et comme carburant pour la mobilité lourde (le biométhane, utilisé comme carburant, est alors appelé bioGNV).

CCUS (Carbon Capture, Utilisation and Storage)

Ensemble des technologies permettant de capter le CO₂ émis par les industries afin de le stocker ou de le valoriser dans de nouveaux usages industriels ou énergétiques.

CO₂ biogénique

CO₂ issu de matières organiques renouvelables (méthanisation, biomasse, déchets organiques) pouvant être réutilisé dans certains procédés industriels ou pour produire des carburants de synthèse. Contrairement au CO₂ d'origine fossile, il s'inscrit dans le cycle naturel du carbone : il correspond à du carbone préalablement capté par les végétaux lors de leur croissance. Le CO₂ biogénique a un impact climatique neutre lorsqu'il est réémis ou valorisé.

E-fuels

Carburants de synthèse produits à partir d'hydrogène bas carbone et de CO₂ capté. Ils constituent une alternative aux carburants fossiles pour l'aviation, le maritime ou certains transports lourds.

E-méthanol

Carburant de synthèse produit à partir d'hydrogène bas carbone et de CO₂ valorisé. Il est principalement destiné au transport maritime et à certaines industries chimiques.

E-méthane

Gaz de synthèse produit à partir d'hydrogène et de CO₂. Il peut être injecté dans les réseaux de gaz existants.

E-SAF (Sustainable Aviation Fuel)

Carburant aérien durable de synthèse destiné à réduire les émissions de CO₂ du transport aérien. Aussi appelé « kérosène vert ».

Gaz bas carbone

Gaz dont la production ou l'utilisation génère peu d'émissions de CO₂ par rapport aux énergies fossiles conventionnelles.

Gaz renouvelables

Les gaz renouvelables sont des gaz qui ne sont pas extraits de réserves fossiles. Ils peuvent être produits à partir de différentes technologies

de production, qui sont complémentaires : la méthanisation, la plus mature, et des nouvelles technologies de production, en phase expérimentale, telles que la pyrogazéification, la gazéification hydrothermale ou le power-to-methane.

Gazéification hydrothermale

Technologie permettant de produire du gaz renouvelable à partir de déchets liquides ou boues industrielles sous haute température et haute pression.

GNV (Gaz Naturel Véhicule)

Gaz utilisé comme carburant pour les véhicules lourds, bus ou utilitaires.

Hydrogène bas carbone

Hydrogène produit avec un faible niveau d'émissions de CO₂, notamment grâce à l'électricité décarbonée.

Méthanisation

Procédé biologique de dégradation de matières organiques produisant du biogaz valorisable en énergie.

PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur)

Unité utilisée pour mesurer l'énergie contenue dans un gaz

PPE (Programmation Pluriannuelle de l'Énergie)

Feuille de route énergétique française fixant les objectifs nationaux en matière de production et de consommation d'énergie.

Pyrogazéification

Technologie transformant des déchets solides peu valorisés en gaz renouvelable grâce à une décomposition thermique à haute température.

SNBC (Stratégie Nationale Bas Carbone)

Feuille de route française définissant les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu'en 2050.

SOCRATE (Synergie pour une Organisation Collective et Raisonnée sur l'Axe Seine de la Transition Énergétique)

Programme ZIBAC (Zones Industrielles-Portuaires Bas Carbone) de l'Axe Seine soutenu par l'ADEME et France 2030.

TWh (Térawattheure)

Unité de mesure de l'énergie. 1 TWh = 1 milliard de kilowattheures.

ZIBAC

(Zone Industrielles-Portuaires Bas Carbone)

Programme national piloté par l'ADEME visant à accompagner la décarbonation des grandes zones industrielles et portuaires françaises.



