

Projet ELYFOS

Production d'hydrogène renouvelable et bas carbone dans la zone industrialo-portuaire de Fos

Dossier de la concertation préalable



Éditorial du maître d'ouvrage

Expert de l'hydrogène, implanté sur la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer depuis plus de soixante ans, Air Liquide France Industrie peut capitaliser sur six décennies d'expérience et sur sa collaboration avec des industriels majeurs pour mettre en place un écosystème propice au déploiement d'un hydrogène renouvelable et bas carbone, indispensable pour atteindre la neutralité carbone à horizon 2050. C'est le sens du projet ELYFOS, qui a vocation à produire jusqu'à 16 000 tonnes d'hydrogène renouvelable et bas carbone par an.

L'objectif du projet ELYFOS ? Participer à la décarbonation de cette zone industrielle, qui représente à elle seule un quart des émissions industrielles de CO₂ en France, en alimentant les industriels voisins en hydrogène renouvelable et bas carbone ainsi que le secteur de la mobilité lourde ou intensive.

Ses atouts ? Un site « clé en main » d'ores et déjà exploité par Air Liquide France Industrie, un acteur identifié aussi bien par le territoire qu'à l'international et présentant l'avantage de maîtriser l'ensemble de la chaîne de valeur hydrogène, offrant ainsi une mise en service rapide. Mais aussi un emplacement stratégique, sur une zone artificialisée, réduisant ainsi considérablement les possibles impacts de son implantation sur l'environnement naturel.

La particularité de cette concertation préalable, menée par Air Liquide France Industrie, est de s'inscrire dans le débat public global Fos Berre Provence, un avenir industriel en débat. Sans y être obligé, Air Liquide a souhaité volontairement s'inscrire dans ce processus de dialogue avec le public afin d'aborder des thématiques communes aux industriels de la zone, dans l'intérêt commun de trouver des solutions pour décarboner ce territoire. C'est pourquoi Air Liquide participera aux modalités du débat qui le concerneront. Cette séquence amont de participation du public sera ainsi l'occasion de présenter et débattre des caractéristiques et enjeux du projet ELYFOS.

Ce dossier se veut le plus exhaustif possible à ce stade de développement du projet. Il présente ainsi les principaux thèmes que nous aborderons pendant cette période de participation du public et les enjeux de la production d'hydrogène. Dans les semaines à venir, toute l'équipe d'Air Liquide France Industrie sera ravie d'échanger avec vous sur le projet ELYFOS afin de vous en exposer les principes, de répondre à vos questions et de recueillir vos observations.

L'équipe ELYFOS

Sommaire du dossier

| | |
|---|-----------|
| Éditorial du maître d'ouvrage | 3 |
| Sommaire du dossier | 4 |
| L'organisation d'une concertation préalable volontaire dans un contexte de débat public global | 5 |
| ELYFOS en bref | 6 |
| Air Liquide, maître d'ouvrage du projet ELYFOS | 8 |
| 1. Les raisons d'être du projet ELYFOS | 15 |
| 1.1. L'hydrogène en quelques mots | 15 |
| 1.2. Les orientations européennes et nationales en faveur de l'hydrogène renouvelable | 19 |
| 1.3. L'hydrogène, un des vecteurs de la décarbonation de la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer | 21 |
| 1.4. ELYFOS : la contribution d'Air Liquide France Industrie à la décarbonation de la production d'hydrogène à Fos-sur-Mer | 22 |
| 2. Principales caractéristiques d'ELYFOS | 24 |
| 2.1. Un site d'implantation « clé en main » | 24 |
| 2.2. La solution de base : une production d'hydrogène renouvelable et bas-carbone par électrolyse de l'eau, capitalisant sur l'expérience d'Air Liquide | 25 |
| 2.3. Une variante à l'étude reposant sur une technologie émergente : le craquage d'ammoniac | 29 |
| 2.4. Critères de choix entre les deux solutions de production d'hydrogène | 30 |
| 3. Aperçu des effets potentiels du projet ELYFOS | 31 |
| 3.1. Les principaux effets sur l'environnement | 32 |
| 3.2. Les effets socio-économiques attendus | 34 |
| 3.3. Les enjeux de sécurité | 34 |
| 3.4. La surveillance de l'installation | 37 |
| 3.5. Appréciation des effets cumulés du projet ELYFOS avec les autres projets industriels | 37 |
| 4. L'absence de réalisation du projet ELYFOS et les alternatives pour la production d'hydrogène renouvelable et bas carbone sur la zone industrialo-portuaire de Fos | 40 |
| 4.1. L'absence de réalisation du projet ELYFOS | 40 |
| 4.2. Produire par d'autres technologies de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone | 40 |
| 4.3. Produire de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone ailleurs que sur le site de Fos Tonkin | 40 |
| 4.4. Importer des ressources renouvelables et bas-carbone | 41 |
| 5. Les modalités de mise en œuvre du projet | 43 |
| 5.1. Les procédures auxquelles le projet serait soumis | 43 |
| 5.2. Coût et financement | 44 |
| 5.3. Suites de la concertation : le calendrier prévisionnel | 45 |

L'organisation d'une concertation préalable volontaire dans un contexte de débat public global

La concertation préalable est une procédure organisée en phase amont d'un projet susceptible d'avoir un impact sur l'environnement, le cadre de vie ou l'activité économique d'un territoire. Selon l'article L. 121-15-1 du code de l'environnement, la concertation préalable permet à chacun et chacune de débattre de l'opportunité du projet, de ses objectifs et de ses principales caractéristiques, des enjeux socio-économiques qu'il est susceptible de générer et des impacts significatifs possibles sur l'environnement et l'aménagement du territoire. Le cas échéant, la concertation offre alors l'opportunité de débattre de solutions alternatives – y compris l'absence de mise en œuvre du projet.

La concertation préalable est obligatoire ou facultative, selon les caractéristiques du projet. Dans le cas du projet ELYFOS, dont le montant prévisionnel est estimé à 250 millions d'euros, la concertation n'est pas obligatoire. Néanmoins, Air Liquide France Industrie souhaite associer les acteurs du territoire et le public à une concertation préalable, menée volontairement, conformément à l'article L. 121-17 du code de l'environnement.

À ce titre, l'entreprise a sollicité la Commission nationale du débat public le 6 février 2025 afin qu'elle désigne un ou plusieurs garants pour l'accompagner dans cette concertation préalable et a signalé à cette occasion souhaiter que ce temps d'échange s'articule avec le Débat public global sur le territoire de Fos-Étang de Berre. La Commission nationale du débat public a ainsi désigné Valérie Sakakini et Étienne Ballan garants de la concertation préalable relative au projet ELYFOS.

Le projet ELYFOS sera donc débattu dans le cadre du Débat public global sur le territoire de Fos-Étang de Berre, tout en appliquant les dispositions réglementaires relatives à une concertation préalable.

En particulier, au terme de la concertation préalable, les garants établiront dans le délai d'un mois le bilan de la concertation résumant la façon dont elle s'est déroulée. Le bilan comportera une synthèse des observations et propositions présentées, des recommandations et, le cas échéant, mentionnera les évolutions du projet ELYFOS qui résulteraient de la concertation préalable.

Air Liquide France Industrie aura ensuite deux mois pour en tirer les enseignements. Ces deux documents, le bilan des garants et les enseignements d'Air Liquide France Industrie, seront joints au dossier d'enquête publique.

Les attentes d'Air Liquide France Industrie vis-à-vis de la concertation

Les équipes d'Air Liquide France Industrie souhaitent, à l'occasion de la concertation préalable, présenter aux parties prenantes locales et au grand public le projet ELYFOS, en partageant les enjeux, les caractéristiques et les incidences potentielles. Et ce à l'échelle du projet mais aussi à celle de la zone industrialo-portuaire, au travers des modalités du débat public global.

L'entreprise souhaite aussi recueillir l'avis des participants sur les deux options à l'étude du projet ELYFOS, afin de nourrir les futures décisions à prendre, ainsi que sur l'analyse des enjeux en présence, afin d'alimenter les dossiers réglementaires du projet.

Enfin, dans la perspective d'une poursuite d'une poursuite du projet, Air Liquide France Industrie attend de la concertation préalable qu'elle permette d'identifier les attentes des participants en matière d'informations (étant entendu que toutes les données ne sont pas disponibles au stade de la concertation préalable) et de dialogue.

ELYFOS en bref

Le projet ELYFOS consiste en l'installation sur le site Air Liquide France Industrie de Fos-Tonkin d'une unité de production d'hydrogène renouvelable et bas carbone par électrolyse de l'eau. L'électrolyse de l'eau est une méthode qui permet de produire de l'hydrogène sans émettre de CO₂. Grâce à une réaction électrochimique, l'eau (H₂O) est séparée en ses deux composants élémentaires : l'hydrogène (H₂) et l'oxygène (O₂).

L'électrolyseur, d'une puissance de 100 MW, permettrait de produire jusqu'à 16 000 tonnes d'hydrogène renouvelable et bas carbone par an pour fournir des industriels locaux qui l'utilisent dans leur procédé de fabrication et des acteurs de la mobilité lourde ou intensive. **Une fois en fonctionnement, ELYFOS contribuerait à décarboner l'activité industrielle du bassin et la mobilité lourde sur le territoire en évitant l'émission de 130 000 tonnes de CO₂ par an.**

Le projet représenterait une consommation électrique pouvant atteindre 1,5 GWh par an. Le site actuel d'Air Liquide France Industrie est d'ores et déjà raccordé au réseau de transport d'électricité par une liaison aérienne 225 kV et le projet ne nécessite pas de travaux significatifs de renforcement pour les ouvrages de raccordement spécifiques au site.



Situation géographique du projet ELYFOS

Dans le cadre du projet ELYFOS, l'option retenue au moment de la rédaction de ce dossier est la production d'hydrogène renouvelable et bas carbone par électrolyse de l'eau. Néanmoins, une variante est étudiée en parallèle par Air Liquide France Industrie : la production d'hydrogène renouvelable par craquage d'ammoniac. Cette variante est également soumise à la concertation du public.

Qu'est-ce que l'hydrogène renouvelable et bas carbone ?

L'article L. 811 du code de l'énergie exige que l'hydrogène renouvelable soit produit soit « par électrolyse en utilisant de l'électricité issue de sources d'énergies renouvelables [...] soit par toute une autre technologie utilisant exclusivement une ou plusieurs de ces mêmes sources d'énergies renouvelables et n'entrant pas en conflit avec d'autres usages permettant leur valorisation directe ». L'hydrogène bas carbone, quant à lui, est « l'hydrogène dont le procédé de production engendre des émissions inférieures ou égales au seuil retenu pour la qualification d'hydrogène renouvelable, sans pouvoir, pour autant, recevoir cette dernière qualification, faute d'en remplir les autres critères ».

LES ENJEUX DU PROJET

- Contribuer à la **décarbonation des activités industrielles** en fournissant les industriels de la Zone industrialo-portuaire (ZIP) de Fos-sur-Mer en hydrogène renouvelable et bas carbone, et les acteurs de la **mobilité lourde ou intensive** du territoire, par exemple en approvisionnant la station de recharge des poids lourds fonctionnant à l'hydrogène HyAMMED (recharge de poids lourds sur le site d'Air Liquide France Industrie à Fos-Tonkin)
- Répondre aux objectifs français et européens de **transition énergétique**, en participant à l'accélération du déploiement de la filière hydrogène renouvelable et bas-carbone, vecteur de souveraineté énergétique
- Contribuer à l'**attractivité du bassin**, et à la **souveraineté nationale**, en facilitant l'accès aux ressources dont ont besoin les industriels.

ELYFOS EN QUELQUES CHIFFRES

Unité de production
d'une **puissance** de
100 MW

130 000 t
de CO₂
évités chaque année

Production de
45 t d'hydrogène/jour
soit **16 000 t/an**
essentiellement à destination de l'industrie

0 **émission directe de CO₂**
liée à l'électrolyse

Air Liquide France Industrie, maître d'ouvrage du projet ELYFOS

Air Liquide France Industrie est une société du groupe Air Liquide, un leader mondial des gaz, technologies et services pour l'industrie et la santé.

Air Liquide France Industrie est présent sur l'ensemble du territoire français, avec 59 implantations au service de 200 000 clients de secteurs très variés comme la métallurgie, l'agroalimentaire, la recherche, la pharmacie, l'automobile, les matériaux, l'artisanat... L'entreprise produit ou distribue des gaz de l'air (oxygène, azote, argon...), de l'hydrogène, du dioxyde de carbone, de l'hélium, etc.

UN PIONNIER DE L'HYDROGENE

Le groupe Air Liquide est un pionnier de l'hydrogène, l'histoire a commencé avec l'aventure spatiale il y a 60 ans.

Aujourd'hui, le Groupe est reconnu en tant qu'expert de cette molécule. Il déploie ses technologies sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement de l'hydrogène, de la production au stockage, jusqu'à la distribution.

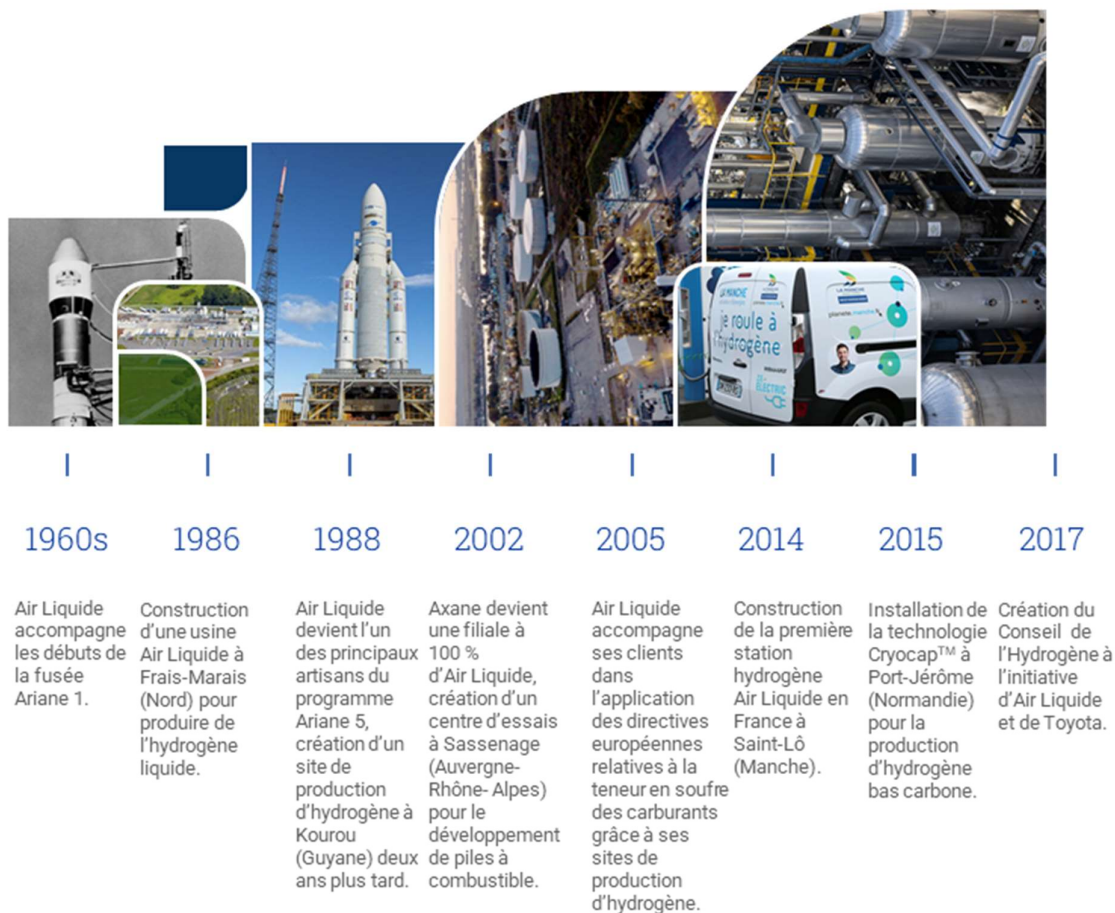




Figure 1 - Retour sur 60 d'expérience en hydrogène

Normand'Hy, premier électrolyseur à grande échelle sur le territoire français

Air Liquide Normand'Hy est une pierre angulaire de l'écosystème de décarbonation qu'Air Liquide met en place aux côtés d'autres acteurs industriels majeurs sur l'axe de la vallée de la Seine en Normandie. Il consiste à construire un électrolyseur de 200 MW dans la zone industrielle de Port-Jérôme en Normandie pour produire de l'hydrogène renouvelable et bas carbone pour l'industrie et les mobilités lourdes ou intensives. La construction est en cours avec une mise en service prévue pour 2026. Air Liquide Normand'Hy permettra d'éviter l'émission de plus de 250 000 tonnes de CO₂ par an.



Figure 2 - Vue aérienne du chantier Normand'Hy (2025)

LES OBJECTIFS CLIMAT DU GROUPE AIR LIQUIDE : ATTEINDRE LA NEUTRALITÉ CARBONE SUR L'ENSEMBLE DE LA CHAÎNE DE VALEUR À HORIZON 2050

Air Liquide est convaincu d'avoir un rôle à jouer dans la décarbonation de la planète et que son expérience peut aider l'industrie à progresser sur la voie de la décarbonation. Conformément aux ambitions européennes et nationales, le Groupe s'est ainsi engagé à atteindre la neutralité carbone sur l'ensemble de la chaîne de valeur à horizon 2050.

La décarbonation du Groupe repose sur 3 leviers :

- **L'approvisionnement massif en électricité bas carbone / renouvelable**

Air Liquide a signé en 2024, un montant record de contrats pluriannuels d'achat d'électricité (PPA) en Asie, Europe et Amérique du Sud, ajoutant plus de 2 500 GWh par an d'électricité bas carbone et renouvelable aux capacités précédemment sécurisées. Ces accords, pour la plupart effectifs à partir de janvier 2025, permettront de décarboner les usines existantes d'Air Liquide et soutiendront la future croissance décarbonée du Groupe. Cela s'ajoute aux PPA déjà signés et marque une nouvelle étape importante dans l'engagement d'Air Liquide d'atteindre la neutralité carbone d'ici 2050.

- **La modernisation des actifs avec l’optimisation énergétique et la production d’hydrogène par électrolyse**

En février 2025, Air Liquide a annoncé deux projets d'électrolyseurs de grande échelle pour produire de l'hydrogène renouvelable et bas carbone en Europe. Le premier projet, ELYgator, un électrolyseur Air Liquide d’une capacité de 200 MW valorisant de l’électricité renouvelable provenant de deux parcs éoliens offshore, permettra de répondre aux besoins de la plateforme industrielle de TotalEnergies ainsi qu’à ceux d’autres industriels et de la mobilité lourde ou intensive en Europe. De plus, Air Liquide et TotalEnergies ont annoncé la création d'une coentreprise visant à développer un électrolyseur de 250 MW destiné à alimenter le site de la raffinerie de Zeeland. Ces deux projets viennent s’ajouter au projet de 200 MW en construction en Normandie.

- **Le captage du carbone**

Air Liquide et Dunkerque LNG, exploitant du terminal méthanier de Dunkerque, ont obtenu le soutien de l’Union européenne pour créer une infrastructure de transport et d’exportation de CO₂. Objectif : réduire les émissions de carbone du bassin industriel de Dunkerque. L’infrastructure comprendra une canalisation pour transporter le CO₂ depuis les sites de captage jusqu’à un terminal dans le port de Dunkerque, où il sera liquéfié puis chargé sur des navires. D’Artagnan bénéficierait d’une subvention de plus de 160 millions d'euros dans le cadre du programme de financement CEF-E (*Connecting Europe Facility for Energy*) en cas de réalisation du projet. Près de 1,5 million de tonnes par an transiteraient par les nouvelles infrastructures et, à terme, jusqu’à 4 millions de tonnes de CO₂ supplémentaires par an, soit plus de 5 % des émissions de gaz à effet de serre de l’industrie en France.

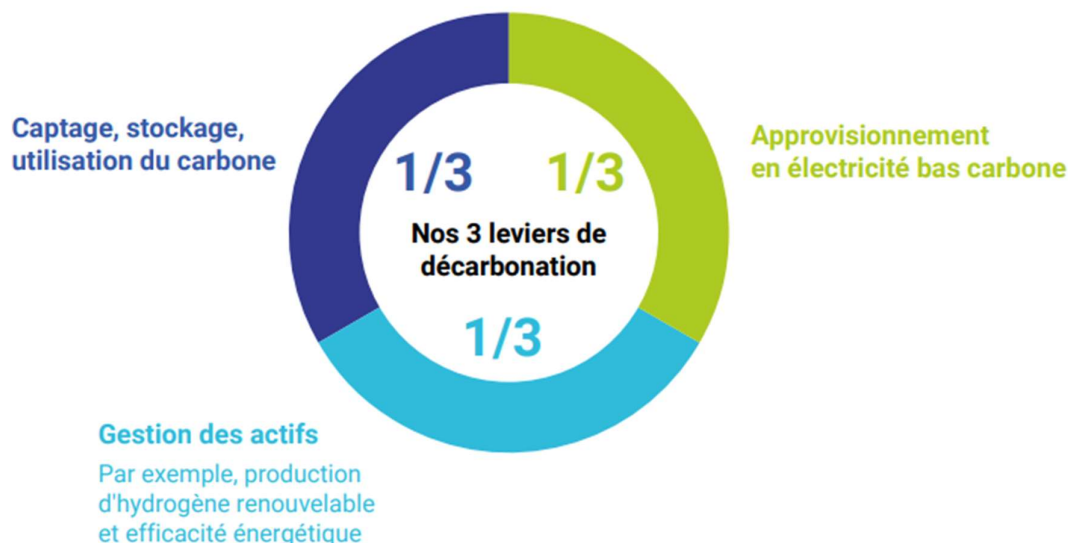


Figure 3 - Les trois leviers de décarbonation du groupe Air Liquide (rapport RSE 2023)

UN ACTEUR HISTORIQUE DE LA ZONE INDUSTRIALO-PORTUAIRE DE FOS-SUR-MER

Présent en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur depuis plus de 50 ans, Air Liquide France Industrie exploite des unités de production de gaz de l'air (azote, oxygène, argon,), des unités de production, de purification et de compression d'hydrogène, ainsi que des réseaux de canalisations pour alimenter ses clients industriels dans le bassin de Fos-sur-Mer.

Implanté depuis 1972 dans la zone industrielle de Fos, Air Liquide France Industrie fournit les gaz indispensables aux procédés industriels. Ses trois principaux sites de production sont situés à Fos Tonkin, Fos Audience et Lavéra, au plus près d'industriels de la zone, approvisionnés avec son propre réseau de canalisations.

Dans la zone industrialo-portuaire, Air Liquide France Industrie produit actuellement de l'hydrogène par une unité de vaporéformage du méthane et des installations de purification de l'hydrogène généré par d'autres activités industrielles de la zone. Une unité additionnelle de production d'hydrogène renouvelable par vaporéformage est par ailleurs projetée avec un démarrage prévu en 2028, pour répondre aux besoins de la bioraffinerie de TotalEnergies La Mède¹. Un réseau de canalisations dédié au transport de l'hydrogène approvisionne des industriels dans la zone et la station HyAMMED.

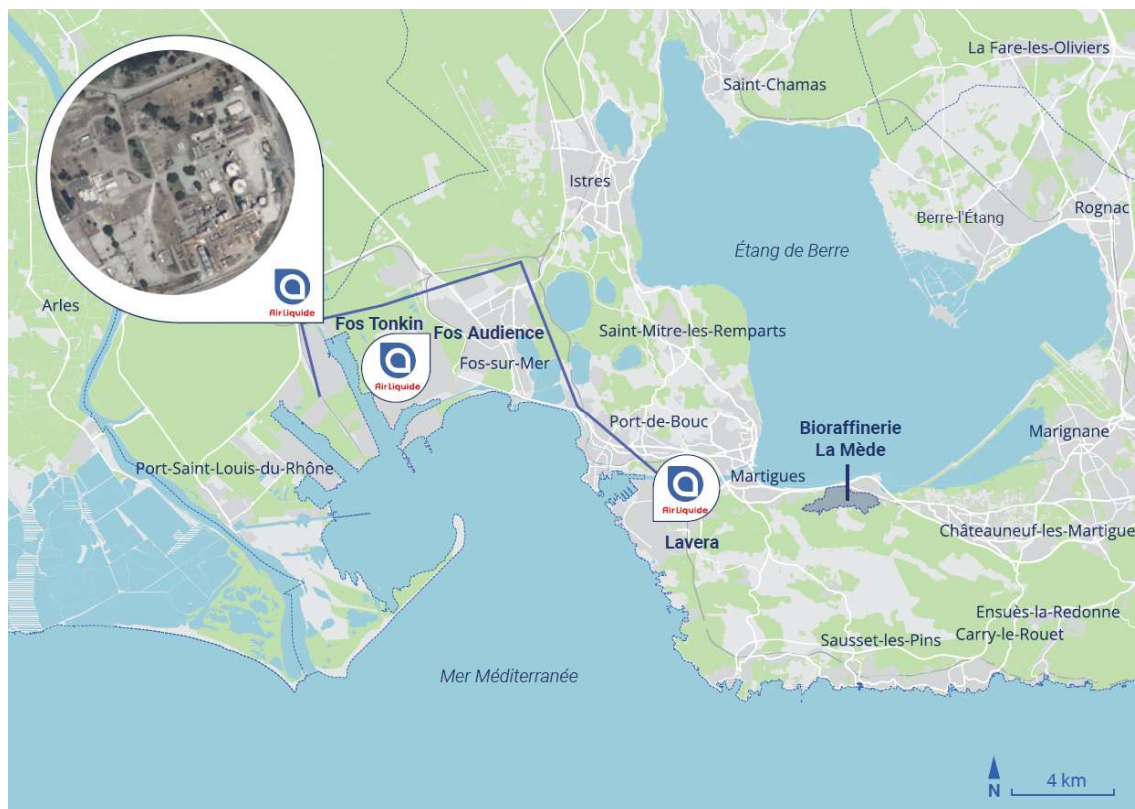


Figure 4 - Situation des sites de production et du réseau de canalisations d'hydrogène d'Air Liquide France Industrie dans la ZIP de Fos-sur-Mer

¹ Après une concertation préalable du 31 janvier au 10 mars 2022, le projet est désormais en concertation continue: concertation-masshylia.fr

Air Liquide France Industrie exploite également un centre de conditionnement d'hydrogène en semi-remorque à Lavera et un site industriel pour conditionner les gaz en bouteilles à Vitrolles.

Au travers du projet ELYFOS, Air Liquide France Industrie entend renforcer sa contribution à la décarbonation de la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer.

1. Les raisons d'être du projet ELYFOS

1.1. L'hydrogène en quelques mots

1.1.1. Qu'est-ce que l'hydrogène ?

L'hydrogène, comme le fer ou le cuivre, est un des 118 éléments naturels connus à ce jour qui composent l'univers. Comme tous les éléments, il se présente sous forme d'atomes c'est-à-dire un noyau autour duquel gravitent des électrons. Dans le cas de l'hydrogène, un seul électron gravite autour d'un noyau composé d'un seul et unique proton.

Si l'hydrogène (H_2) est la molécule la plus abondante de l'univers, il a une particularité : il est presque toujours combiné avec d'autres éléments, à commencer par l'eau (H_2O) composée de 2 atomes d'hydrogène combinés avec un atome d'oxygène, ou encore dans les carburants fossiles où les atomes d'hydrogène sont combinés avec des atomes de carbone (essence = C_7H_{16}).

1.1.2. À quoi sert l'hydrogène ?

Le marché mondial de l'hydrogène est aujourd'hui essentiellement un marché industriel : l'hydrogène est un produit utilisé par les procédés dans l'industrie pétrolière et dans l'industrie chimique. Le marché mondial de l'hydrogène industriel est estimé aujourd'hui à 60 Mt et le marché français est lui estimé à près de 1 Mt. Les trois marchés les plus importants sont la désulfuration de carburants pétroliers (60 %), la synthèse d'ammoniac principalement pour les engrais (25 %) et la chimie (10 %)². Avec la transition énergétique, de nouvelles applications de l'hydrogène se développent pour décarboner les industries les plus intensives en carbone comme la sidérurgie ou l'industrie du verre mais aussi comme vecteur d'énergie dans le domaine de la mobilité lourde (par exemple, les camions) ou intensive (par exemple, flottes de taxis).

1.1.3. Comment l'hydrogène est-il produit ?

Aujourd'hui dans le monde, environ 95 % de l'hydrogène est encore produit à partir d'énergies fossiles. En France, la situation est similaire : l'essentiel de l'hydrogène est produit à partir de méthane, en le faisant réagir avec de la vapeur d'eau pour obtenir d'un côté du dioxyde de carbone et de l'autre de l'hydrogène (avec des émissions de l'ordre de 11 kg eq CO_2 / kg H_2 ³). De l'hydrogène est aussi produit par électrolyse depuis de nombreuses années, mais essentiellement par électrolyse du chlore et de la soude, dont il est un co-produit.

Afin de produire de l'hydrogène avec des émissions réduites de CO_2 , plusieurs options existent d'ores et déjà :

- en utilisant du « biométhane » un gaz issu de la fermentation de matières organiques telles que les déchets alimentaires ou agricoles, et non d'origine fossile, l'hydrogène produit est alors d'origine renouvelable, avec des émissions de l'ordre de 2 kg eq CO_2 / kg H_2 . D'autres intrants renouvelables peuvent aussi être utilisés en remplacement du biométhane, comme dans le

² Plan de déploiement de l'hydrogène pour la transition énergétique, Ministère de la transition écologique et solidaire, 2019

³ Les données d'émissions citées dans cette partie proviennent de la base carbone de l'Ademe (<https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/base-carbone-complete-de-lademe-en-francais-v17-0/>) ou d'un rapport de l'IAE (<https://www.iea.org/reports/towards-hydrogen-definitions-based-on-their-emissions-intensity>)

cas des projets développés par Air Liquide France Industrie pour les bio-raffineries de TotalEnergies à La Mède et à Grandpuits en région parisienne. ;

- le craquage d'ammoniac qui ne produit aucune émission de CO₂ directe. Les émissions indirectes sont fortement dépendantes de la source de l'ammoniac (voir partie §2.3). Les émissions indirectes quant à elles (liées à la production à l'étranger et au transport) sont très variables en fonction des modes de production et de transport, mais doivent être inférieures à 3,38 kg eq CO₂ / kg H₂ pour pouvoir que l'hydrogène puisse être qualifié de renouvelable au sens de la Directive Energie Renouvelable⁴ ;
- l'électrolyse de l'eau (H₂O) permet également de produire de l'hydrogène en « cassant » la molécule d'eau grâce à un courant électrique. Si l'électricité utilisée est issue d'une source renouvelable (ex : solaire ou éolienne) ou bas carbone (ex : nucléaire), l'hydrogène produit est respectivement renouvelable ou bas carbone. Selon l'électricité utilisée, les émissions sont comprises entre 0,45 et 2,58 kg eq CO₂ / kg H₂ ;
- en captant le CO₂ émis lors du vaporéformage. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) considère⁵ des émissions comprises entre 1,5 et 6 kg eq CO₂ / kg H₂ en fonction de la qualité du gaz naturel et avec un taux de capture du CO₂ de 93 %. Ces émissions pourraient même devenir négatives, si du biométhane était utilisé pour alimenter le vaporéformeur.

⁴ Journal Officiel de l'Union Européenne. Directive (UE) 2018/ 2001 du Parlement Européen et du Conseil relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables; p 128.

⁵ <https://www.iea.org/reports/towards-hydrogen-definitions-based-on-their-emissions-intensity>

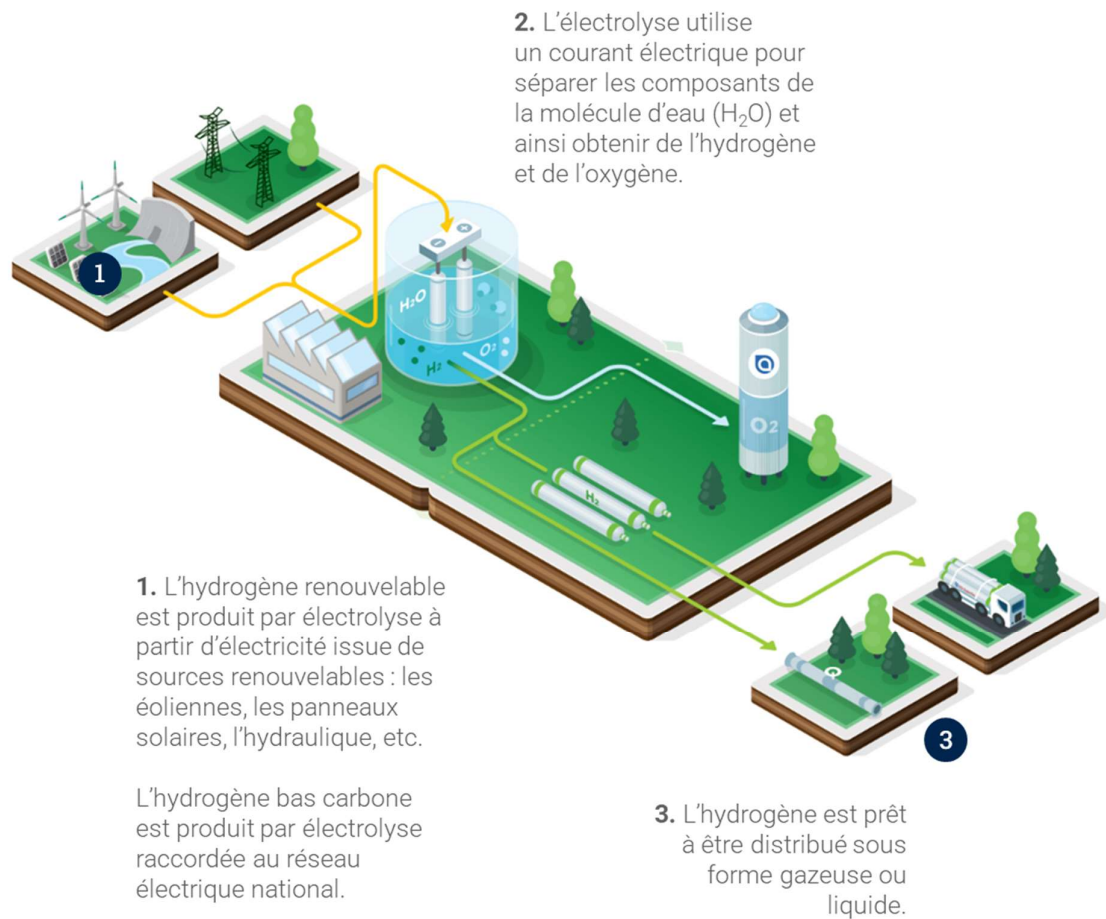


Figure 5 – Principe général de la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau

1.1.4. L'hydrogène : une solution pour décarboner l'industrie et la mobilité lourde ou intensive

En France, le premier secteur de gaz à effet de serre est celui du transport (32 %). L'industrie (manufacturière, construction, production d'énergie) représente quant à elle 29 % des émissions en 2022⁶.

La décarbonation de l'industrie par l'hydrogène est un objectif porté par Air Liquide France Industrie. L'hydrogène, est notamment utilisé dans l'industrie de la chimie mais aussi pour d'autres usages (alimentaire, verrerie, raffinage, etc.) : l'enjeu des prochaines décennies est d'accélérer la production d'hydrogène bas carbone et renouvelable pour participer à la décarbonation de ces secteurs.

D'autre part, l'hydrogène peut contribuer à décarboner la mobilité. Les véhicules à hydrogène sont des véhicules électriques dotés d'une pile à combustible intégrée qui convertit l'hydrogène en électricité. Ces véhicules n'émettent ainsi que de l'eau lorsqu'ils roulent. Présent sur l'ensemble de la chaîne de valeur de l'hydrogène, Air Liquide participe au développement du réseau de stations à hydrogène, à destination des usages intensifs (par exemple, flottes de taxis) et lourds (par exemple, les camions). Plus généralement, le Groupe contribue à l'émergence de nouveaux usages pour lesquels l'hydrogène est une solution clé de décarbonation, comme le soulignent les pouvoirs publics dans le cadre de l'élaboration de la stratégie nationale en matière d'hydrogène⁷

Pour atteindre la neutralité carbone à horizon 2050, les politiques nationales et européennes encouragent toutes les solutions permettant de répondre aux exigences de ces secteurs sans émettre de CO₂.

PARTICIPER A LA DECARBONATION DE LA MOBILITE LOURDE OU INTENSIVE : LA STATION HYAMMED

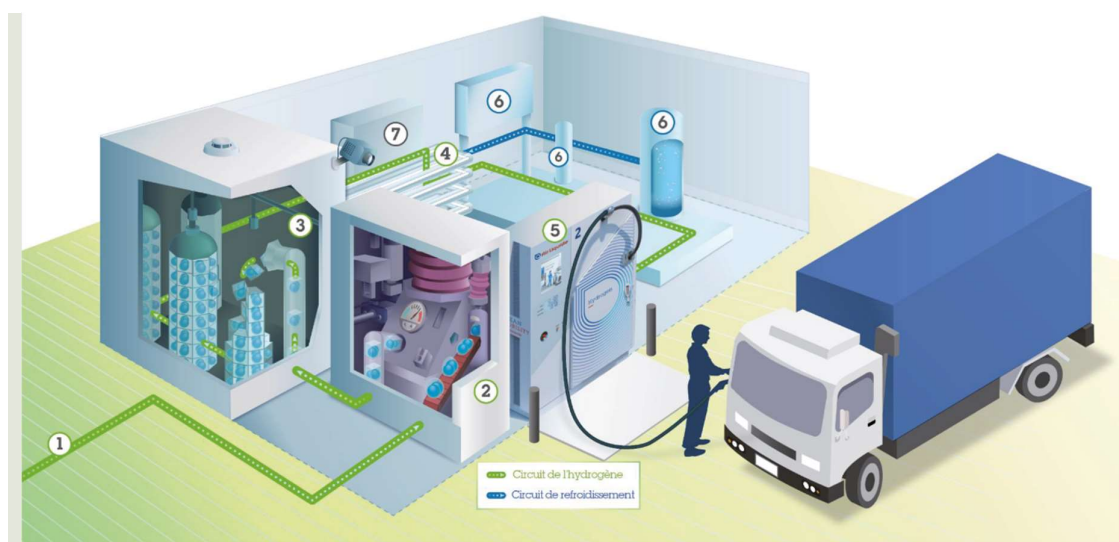
HyAMMED (Hydrogène à Aix-Marseille pour une Mobilité Écologique et Durable) est une station hydrogène bas carbone de grande capacité (700 bar, 1 tonne/jour) installée sur le site Air Liquide de Fos Tonkin et conçue par Air Liquide permettant jusqu'à 20 rechargements journaliers de camions hydrogène effectuant de longues distances, avec une autonomie pouvant aller jusqu'à 800 kilomètres.

HyAMMED a le potentiel de transformer le transport de marchandises dans la métropole Aix-Marseille-Provence, l'une des régions les plus peuplées de France, à travers une réduction des émissions de CO₂ de plus de 1 500 tonnes par an, soit l'équivalent de plus de 2 millions de kilomètres parcourus en camion.

Actuellement, la station est alimentée par l'hydrogène bas carbone co-produit par électrolyse par KemOne sur son site de Fos-sur-Mer. La station pourrait bénéficier du projet ELYFOS une fois celui-ci en fonctionnement, même si l'essentiel de l'hydrogène produit serait dédié à l'industrie.

⁶ Voir <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat-2023/pdf/pages/partie4/partie4.pdf>

⁷ [Accélérer le déploiement de l'hydrogène, clé de voûte de la décarbonation de l'industrie](#), Ministère de l'économie, des finances, et de la souveraineté industrielle et numérique, février 2023



- 1 Source d'hydrogène**
L'hydrogène (H₂) bas carbone est acheminé sous forme gazeuse par canalisation.
- 2 Phase de compression**
L'hydrogène est comprimé à 400 ou 875 bar.
- 3 Buffers**
Une fois comprimé, l'hydrogène est stocké dans des bouteilles appelées « buffers ».
- 4 Échangeur**
Avant sa distribution, l'hydrogène est refroidi à l'aide de l'échangeur et du groupe froid.
- 5 Dispenser**
Il permet la distribution de l'hydrogène dans le réservoir du véhicule à 350 (poids lourds) ou 700 bar (véhicules légers ou poids lourds).
- 6 Groupe froid**
Il alimente l'échangeur en liquide de refroidissement. Il est composé d'une cuve tampon, qui stocke et régule le liquide, de pompes et d'une armoire électrique de gestion.
- 7 Armoire de gestion générale**
Armoire électrique dédiée au pilotage de la station.

Figure 6 - Fonctionnement de la station HyAMMED

1.2. Les orientations européennes et nationales en faveur de l'hydrogène renouvelable

Dans un objectif d'atteinte de la neutralité carbone à horizon 2050, l'Union européenne s'est attelée à produire un ensemble de texte visant à décarboner l'ensemble des secteurs et à favoriser les technologies qui soutiennent cette transition vers une énergie propre et dont le fonctionnement entraîne des émissions de gaz à effet de serre extrêmement faibles ou nulles, voire négatives.

Le Règlement pour une industrie « zéro net » (*The Net-Zero Industry Act*)⁸, initiative découlant du plan industriel du pacte vert pour l'Europe⁹ qui vise à accroître la production de technologies propres dans

⁸ Voir https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/net-zero-industry-act_en?prefLang=fr

⁹ Voir https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_fr

son territoire, a ainsi été publié au Journal Officiel de l'Union européenne le 28 juin 2024¹⁰. Ce texte a pour objectif d'améliorer le fonctionnement du marché intérieur en établissant un cadre permettant d'assurer l'accès de l'Union à un « *approvisionnement sûr et durable en technologies « zéro net* », y compris en augmentant les capacités de production des technologies « zéro net » et de leurs chaînes d'approvisionnement ». Pour cela, le Règlement prévoit notamment des incitations financières et des mécanismes de financement pour soutenir les entreprises qui investissent dans des technologies de production d'hydrogène bas carbone.

Au niveau national, la France travaille depuis 2020 sur une stratégie ambitieuse d'accélération du déploiement de la production d'hydrogène, clairement identifiée comme une solution de décarbonation de l'industrie. Différents mécanismes de financements ont ainsi été imaginés afin d'investir massivement dans des technologies innovantes tout en soutenant la transition écologique.

Cette volonté de mettre à profit les technologies pertinentes pour une décarbonation rapide s'est, par ailleurs, traduite lors de la présentation du projet de loi relatif à l'industrie verte en Conseil des ministres le 16 mai 2023. À cette occasion, les membres du Gouvernement ont mis en exergue le nécessaire accompagnement de l'industrie française, « *l'une des plus vertueuses au monde* », dans la réduction de son impact environnemental. En effet, bien que la production industrielle française demeure l'une des moins émissives en cycle de vie (en comparaison avec l'industrie européenne) grâce à un mix électrique décarboné et des normes environnementales exigeantes, celle-ci représente 18 % des émissions annuelles de gaz à effet de serre nationales. L'ambition étatique est claire : « *faire de la France le leader de l'industrie verte en Europe* ». Pour ce faire, la loi, promulguée le 23 octobre 2023 met en place quatre leviers : faciliter, financer, favoriser et former. Dans ce contexte, le texte modifie, notamment, le code de l'urbanisme et permet désormais à l'État, à ses établissements publics, aux collectivités territoriales et à leurs groupements, de se prononcer, après enquête publique, sur l'intérêt général d'une installation de production d'hydrogène renouvelable ou bas-carbone, « *y compris leurs ouvrages de raccordement, ou d'un ouvrage du réseau public de transport ou de distribution d'électricité* ».

Parallèlement, le Gouvernement a mis en consultation ses nouvelles orientations stratégiques pour le développement de l'hydrogène. Celles-ci ont pour objectifs d'installer une capacité de production d'hydrogène bas carbone de 4,5 GW en 2030 et de 8 GW en 2035 et de déployer l'hydrogène décarboné et ses infrastructures de transport en France, et reposent sur un « *soutien sans équivoque du Gouvernement en faveur du déploiement de la production d'hydrogène sur le territoire national en assurant aux industriels le modèle économique nécessaire pour accélérer leur décarbonation, grâce notamment à un mécanisme de soutien de 4 Md€ sécurisant sur 10 ans la compétitivité de l'hydrogène décarboné par rapport à l'hydrogène fossile*¹¹. » Une nouvelle stratégie nationale hydrogène est attendue en 2025 pour valider l'ambition et le déploiement de cette filière émergente.

¹⁰ Voir https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=OJ:L_202401735

¹¹ [Consultation sur la nouvelle stratégie française de déploiement de l'hydrogène décarboné](#) menée du 15 décembre 2023 au 19 janvier 2024

1.3. L'hydrogène, un des vecteurs de la décarbonation de la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer

La ZIP de Fos-sur-Mer a été créée en 1964 par l'État pour l'implantation d'usines sur 10 000 hectares bordant le golfe de Fos. Implantée à proximité de plusieurs villes et villages (Port-de-Bouc à 4 km, Saint-Mitre-les-Remparts à 5 km, Istres à 9 km, Martigues à 9 km, et Port-Saint-Louis-du-Rhône à 12 km), elle est aujourd'hui l'une des plus importantes zones industrialo-portuaires d'Europe. Moteur de l'économie régionale, cet espace concentre des activités industrielles diverses et les principaux acteurs des secteurs de la sidérurgie, de l'énergie et de la pétrochimie y sont implantés.

Chaque année, les industriels du territoire de la ZIP de Fos-sur-Mer et du pourtour de l'Étang de Berre consomment environ 150 000 tonnes d'hydrogène issu du vaporéformage de méthane ou co-produit dans des procédés (pétrochimie, chimie, raffinage)¹².

Le 16 janvier 2023, le ministre délégué chargé de l'industrie a annoncé la création de « Zones Industrielles Bas Carbone », soutenues financièrement par l'État dans le déploiement de technologies, infrastructures et réseaux de décarbonation. Ces zones devront être consacrées à la réindustrialisation verte en permettant aux entreprises d'investir dans la transition écologique. À travers le projet SYRIUS, la ZIP de Fos-sur-Mer et de l'Étang de Berre a été désignée lauréate de cet appel à projet porté par l'ADEME et est devenue, aux côtés du bassin industriel de Dunkerque, une des deux premières « zones industrielles bas carbone ».

Le programme SYRIUS (SYnergies Régénératives IndUstrielles Sud)

SYRIUS est une dynamique collective regroupant les principaux industriels, hubs logistiques et acteurs économiques de la zone industrialo-portuaire de Fos, du pourtour de l'étang de Berre et du bassin de Gardanne.

Il a pour ambition d'accélérer la décarbonation de l'industrie pour concilier durablement économie, enjeux environnementaux et qualité de vie.

Ses missions sont de mobiliser, fédérer et accompagner les acteurs industriels majeurs du territoire afin de construire avec eux des feuilles de route de décarbonation intersectorielles, d'identifier des projets structurants et d'optimiser leur mise en œuvre.

Ses objectifs sont les suivants :

- réduire de 80 % les émissions de gaz à effet de serre à horizon 2050 ;
- favoriser l'émergence de nouvelles filières industrielles ;
- développer les infrastructures clés pour accompagner la mutation du territoire industrialo-aéro-portuaire.

La décarbonation de cette production d'hydrogène apparaît en effet essentielle à la transition de la ZIP de Fos-sur-Mer, au travers de solutions complémentaires : électrolyse de l'eau, vaporéformage de méthane avec capture de carbone ou de biométhane, imports par « hydrogènoducs » (canalisations dédiées au transport d'hydrogène) ou voie maritime sous forme d'ammoniac, etc.

¹² D'après l'étude n°12 du programme SYRIUS intitulé « Recherche d'optimum pour le système H2 du bassin Fos-Berre-Gardanne-Manosque »

Le développement de la filière hydrogène a fait l'objet de l'étude n°12 du programme SYRIUS intitulé « Recherche d'optimum pour le système H₂ du bassin Fos-Berre-Gardanne-Manosque », à laquelle Air Liquide a contribué, et dont les principaux enseignements sont les suivants :

- la ZIP de Fos-sur-Mer et de l'Étang de Berre présente un potentiel important de consommation d'hydrogène décarboné, qui pourrait lui permettre de réduire de plus d'un tiers ses émissions actuelles de CO₂ à horizon 2050 (contribuant ainsi considérablement à l'objectif de neutralité carbone¹³ visée à la même date). D'autres solutions, telles que l'électrification de certains usages, devront ainsi intervenir en complément de l'hydrogène afin d'atteindre cet objectif ;
- l'implantation de nouvelles activités qui utiliseraient de l'hydrogène décarboné engendrerait également un évitement de l'ordre de 6 millions de tonnes de CO₂ ;
- le territoire dispose d'un écosystème de producteurs et de consommateurs d'hydrogène (existants et à venir) lui assurant une fiabilité (existence d'outils de production) et devrait lui permettre d'être compétitive (demande minimale sécurisée par la présence de consommateurs importants, existence d'un cadre d'échange sur le bassin et nombreux projets en cours) ;
- l'emplacement géographique même de la ZIP lui offre un accès privilégié à des infrastructures de transport et de stockage en cavité saline et à la Méditerranée (importations d'ammoniac facilitées) ;
- la compétitivité croissante de la zone pourrait lui permettre de jouer un rôle majeur dans l'approvisionnement de consommateurs diffus dans d'autres secteurs que l'industrie (la mobilité lourde ou intensive par exemple).

Ces premiers éléments issus de l'étude dépendent toutefois de plusieurs critères dont les prix de l'électricité et les perspectives d'évolutions des mécanismes de soutien (notamment l'incitation réglementaire et fiscale à la production et consommation d'hydrogène décarboné).

1.4. ELYFOS : la contribution d'Air Liquide France Industrie à la décarbonation de la production d'hydrogène à Fos-sur-Mer

À travers le projet ELYFOS, Air Liquide France Industrie a pour ambition de produire de l'hydrogène renouvelable et bas carbone, en priorité à destination des industriels de la zone. Cela permettrait d'alimenter les acteurs historiques, qui se fournissent actuellement en hydrogène « carboné », mais également les futurs acteurs qui souhaitent s'implanter sur cette zone.

Outre la volonté de concourir rapidement à la décarbonation de la ZIP de Fos-sur-Mer, cette possibilité est facilitée par l'existence d'un réseau de canalisations exploité par Air Liquide France Industrie, dont l'une est d'ores et déjà dédiée au transport d'hydrogène. Reliant Fos-sur-Mer à Lavéra, elle ne nécessiterait pas d'adaptation dans le cadre du projet ELYFOS.

¹³ La neutralité carbone implique un équilibre entre les émissions de carbone et l'absorption du carbone de l'atmosphère par les puits de carbone afin d'atteindre des émissions nettes nulles.

UNE STRATEGIE BASEE SUR LES BASSINS INDUSTRIELS

Pour accélérer le développement de la filière, le groupe Air Liquide déploie une stratégie centrée sur les bassins industriels qui lui permet de développer des synergies opérationnelles et d'en faire bénéficier les entreprises qui y sont implantées. C'est le cas en Normandie (projet Normand'Hy) où Air Liquide France Industrie développe le premier réseau mondial d'hydrogène bas carbone et renouvelable au service des industries locales

Le projet ELYFOS permettrait ainsi d'éviter l'émission de 130 000 tonnes de CO₂ par an.

La décision d'investissement est notamment liée à l'obtention des autorisations et à la signature de contrat de fourniture d'hydrogène renouvelable et bas carbone. Des discussions sont en cours avec des industriels.

2. Principales caractéristiques d'ELYFOS

2.1. Un site d'implantation « clé en main »

Le projet ELYFOS serait localisé sur du foncier disponible du site Air Liquide France Industrie de Fos Tonkin, sur lequel l'activité de séparation de gaz de l'air (oxygène, azote, argon) a débuté en 1972 pour produire principalement de l'oxygène et de l'azote gazeux livrés par canalisation aux clients industriels de la ZIP.

Air Liquide France Industrie fournit également ses clients régionaux en semi-remorques. Pour ce faire, des unités de liquéfaction alimentent des stockages de grande capacité (oxygène, oxygène médical, azote, argon). Les semi-remorques dédiées à chaque gaz viennent charger sur le site de Fos Tonkin.

Le site accueille également une activité hydrogène, purifiant de l'hydrogène généré par d'autres activités industrielles de la zone, connecté à la station de recharge HyAMMED (présentée dans la partie §1.1.4) et livrant les clients industriels de la ZIP par canalisation.

Ce site présente ainsi de nombreux avantages :

- de l'espace disponible et déjà artificialisé, de l'ordre de 15 hectares, qui permet l'implantation de nouvelles unités de production ;
- un raccordement déjà existant au réseau de transport d'électricité par une liaison aérienne 225 kV et le poste électrique ROCADE situé au sein du site, et suffisamment dimensionné pour accueillir de nouvelles unités de production ;
- l'existence d'un réseau de canalisations dédié sur le site Fos-Tonkin et desservant la zone industrialo-portuaire, facilitant le transport de l'hydrogène vers les utilisateurs.

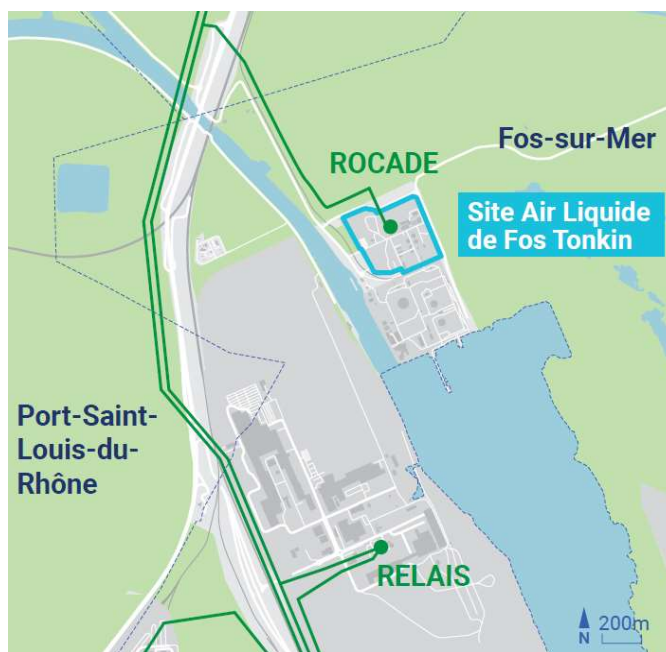


Figure 7 - Carte du site Air Liquide France Industrie à Fos-Tonkin et situation par rapport au réseau de transport d'électricité (en vert, les lignes et postes d'une tension de 225 kV)

Le site d'Air Liquide France Industrie est directement voisin de celui du terminal méthanier de Fos Tonkin, où est développé le projet Medhyterra de terminal d'import d'ammoniac bas carbone.

2.2. La solution de base : une production d'hydrogène renouvelable et bas carbone par électrolyse de l'eau, capitalisant sur l'expérience d'Air Liquide

2.2.1. Le principe de la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau

L'électrolyse de l'eau consiste à casser, à l'aide d'un courant électrique, les molécules d'eau (H_2O) et ainsi obtenir de l'hydrogène et du dioxygène, sans émettre de dioxyde de carbone¹⁴.

L'origine de l'électricité utilisée par l'électrolyse conditionne la nature de l'hydrogène produit. Dans le cas où l'électricité provient de sources renouvelables (éoliennes ou panneaux solaires par exemple), l'hydrogène est dit « renouvelable ». Si l'électrolyse utilise de l'électricité provenant du réseau français, largement nucléaire et donc décarboné, l'hydrogène est qualifié de « bas carbone ».

2.2.2. Une technologie maîtrisée par Air Liquide France Industrie

Plusieurs technologies de production d'hydrogène par électrolyse de l'eau existent à l'heure actuelle. Le projet ELYFOS utiliserait la technologie PEM pour « *proton exchange membrane* » (membrane échangeuse de protons) fournie par une co-entreprise d'Air Liquide avec Siemens Energy.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN ELECTROLYSEUR PEM

Un électrolyseur PEM contient un ensemble de cellules empilées. Au sein de chaque cellule, une membrane polymère conductrice de protons sépare physiquement l'hydrogène et l'oxygène. Quand le courant électrique passe, les molécules d'eau se dissocient : les protons traversent la membrane et se transforment en hydrogène gazeux, tandis que l'oxygène est évacué séparément¹⁵.

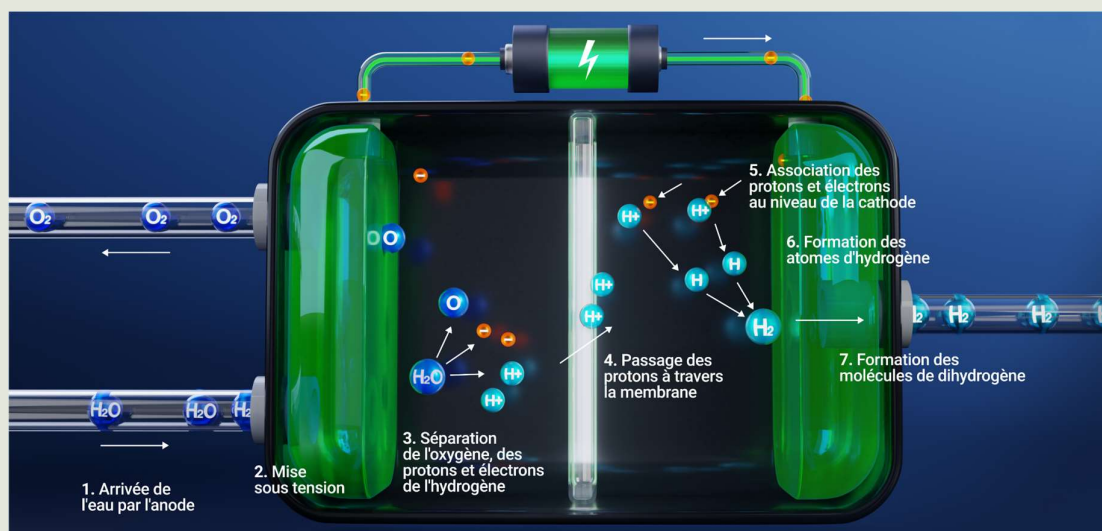


Figure 8 - Fonctionnement de l'électrolyseur PEM

¹⁴ Pour en savoir plus : <https://www.airliquide.com/fr/histoires/hydrogene/les-electrolyseurs-pem-pour-produire-de-hydrogene-renouvelable-comment-ca-marche>

¹⁵ Pour en savoir plus en vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=2Pve8vXMwuM>

La technologie PEM est utilisée dans les installations déjà fonctionnelles du Groupe au Canada depuis 2021 et en Allemagne depuis 2023, et dans les installations en construction dont Normand'Hy (à Port-Jérôme-sur-Seine, en Seine-Maritime), qui doit être mise en service en 2026. L'utilisation de la même technologie d'électrolyse et des « briques technologiques » associées (purificateurs, stations de traitement de l'eau), assure, d'un projet à l'autre, la maîtrise de la technique et des calendriers.

Le projet ELYFOS tire ainsi parti de l'expérience acquise par Air Liquide sur d'autres projets hydrogène permettant une possible mise en œuvre rapide (à l'horizon 2028-2029).

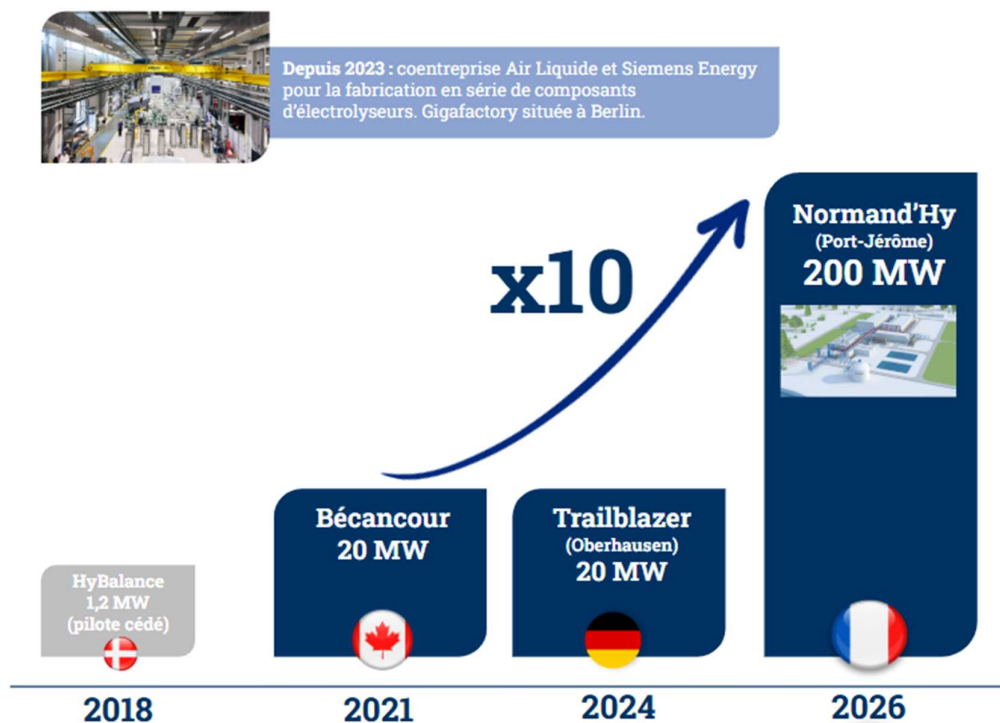


Figure 9 - Électrolyseurs Air Liquide : une augmentation progressive des capacités

2.2.3. Les aménagements nécessaires sur le site de Fos-Tonkin

En plus des unités d'électrolyse elles-mêmes, le projet ELYFOS intégrerait les unités suivantes :

- la transformation de l'électricité (passage du courant alternatif au courant continu) et sa répartition dans toute l'installation ;
- la station de traitement de l'eau en amont de l'électrolyse (pour éviter l'introduction de minéraux dans les électrolyseurs) ;
- la station de séparation des gaz (hydrogène et oxygène), de compression de l'hydrogène et de son injection dans le réseau de canalisations hydrogène de la zone.

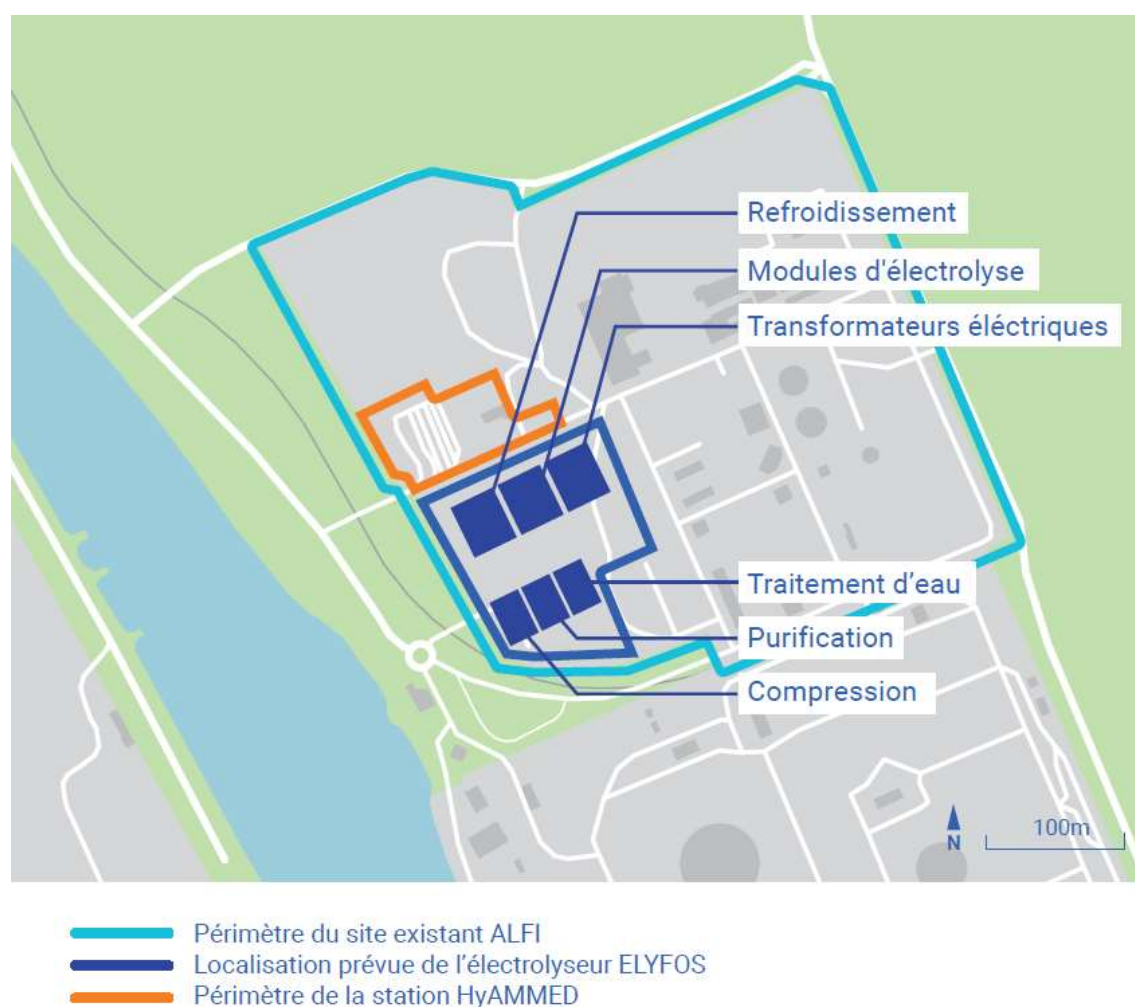


Figure 10 – Implantation schématique des installations du projet ELYFOS

ZOOM SUR L'OXYGÈNE

Air Liquide France Industrie exploite à Fos-sur-Mer des unités de production de gaz de l'air (azote, d'oxygène et d'argon). La matière première est l'air ambiant : les productions de ces gaz sont liées et interdépendantes. Chaque gaz répond aux spécifications qualité exigées par les clients, c'est le cas, par exemple, de l'oxygène médical produit à Fos Tonkin.

La valorisation de l'oxygène généré par le projet ELYFOS n'est pas envisagée pour fournir les clients actuels. Elle nécessiterait des investissements supplémentaires, augmenterait les consommations énergétiques et détériorerait les performances industrielles des unités actuelles qui produisent les autres gaz nécessaires à l'industrie de la zone.

2.2.4. L'eau utilisée

Selon les estimations actuelles, le projet ELYFOS nécessiterait environ 1 million de m³ d'eau par an (des études sont en cours afin de réduire cette quantité – voir §3.1.2), dont environ 30 % serait rendu au milieu.

Les deux tiers du volume prélevé seraient utilisés pour le refroidissement des unités, le tiers restant étant utilisé pour la production à proprement parler. Il s'agirait d'eau brute fournie par le réseau du Grand Port Maritime de Marseille-Fos (GPMM), qui alimente l'ensemble des industriels en eau brute depuis 1972. L'eau de ce réseau provient d'un pompage dans le canal d'Arles à Fos. Elle est acheminée par le GPMM jusqu'aux sites utilisateurs.

Afin d'accueillir les nouveaux projets, le GPMM investit depuis 2024 pour mettre à niveau ses ouvrages et développer de nouvelles branches de ses réseaux d'eau. L'approvisionnement en eau se ferait selon les mêmes méthodes et règles que pour les industriels historiques. L'adduction d'eau pour les nouveaux projets de la ZIP s'inscrit dans le plan de développement de la distribution d'eau par le GPMM qui préserve la ressource en collaboration avec les autorités compétentes en la matière.

2.2.5. L'électricité utilisée

Le fonctionnement d'une unité d'électrolyse d'une capacité de 100 MW requiert une puissance électrique pouvant aller jusqu'à 170 MW, soit une consommation maximale de 1,5 GWh par an. En effet, les consommations électriques des autres unités (traitement de l'eau, séparation, purification et compression) et des marges liées aux variations de production sont à prendre en compte. À titre de comparaison, 39 000 GWh d'électricité ont été consommés en 2023 dans la région¹⁶.

L'électricité serait acheminée depuis le réseau de transport d'électricité par les infrastructures existantes du site Air Liquide France Industrie de Fos Tonkin. Par conséquent, aucun aménagement n'est nécessaire pour alimenter le projet ELYFOS.

L'approvisionnement massif d'électricité bas carbone est l'un des leviers de la stratégie de décarbonation d'Air Liquide, en particulier pour l'alimentation de ses électrolyseurs. Afin d'optimiser le facteur de charge des électrolyseurs tout en utilisant l'électricité la plus bas carbone possible,

¹⁶ <https://www.rte-france.com/actualites/bilan-electrique-paca-energies-renouvelables>

Air Liquide France Industrie prévoit de :

- maximiser l'alimentation en l'électricité d'origine renouvelable, au moyen de PPA (voir encart ci-dessous) à signer pendant les phases ultérieures de développement du projet. L'hydrogène produit est dans ce cas renouvelable ;
- compléter avec de l'électricité bas carbone provenant du mix français. L'hydrogène produit dans ce cas est renouvelable à proportion du contenu renouvelable du mix français, le complément étant bas carbone grâce au faible contenu carbone du réseau électrique français.

ASSURER LA PRODUCTION D'HYDROGENE RENEUVELABLE GRACE AUX PPA

Utiliser de l'électricité d'origine renouvelable pour produire des gaz industriels et médicaux bas carbone est l'un des engagements pris par Air Liquide pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Air Liquide a donc recours à des PPA (*power purchase agreements*), des contrats d'achat qui peuvent durer jusqu'à 25 ans et assurent au Groupe de l'électricité renouvelable sur le long terme. L'année 2024 a d'ailleurs été marquée par une forte accélération dans ce domaine puisqu'un volume record de PPA a été signé en 2024 par Air Liquide dans le monde, équivalent à plus de 1,2 Mt de réduction des émissions de CO₂ par an, avec plus de 2 500 GWh d'électricité bas carbone, dont une partie en France pour alimenter l'électrolyseur Normand'Hy.

2.3. Une variante à l'étude reposant sur une technologie émergente : le craquage d'ammoniac

L'électrolyse de l'eau est une solution parmi d'autres pour la décarbonation de la production d'hydrogène. Depuis 2023, Air Liquide France Industrie évalue la technologie du craquage d'ammoniac, qui constitue une variante à l'étude pour le projet ELYFOS.

2.3.1. L'ammoniac dans la chaîne de valeur de l'hydrogène

L'ammoniac (NH₃) est une molécule constituée d'un atome d'azote et de trois atomes d'hydrogène. Il est utilisé dans plusieurs secteurs, principalement comme engrais dans l'agriculture. Les infrastructures nécessaires à sa production, son transport et son utilisation à grande échelle sont déjà en place en France et ailleurs dans le monde. Inversement, il n'existe pas, à ce jour, d'infrastructures à grande échelle pour le transport de l'hydrogène.

L'idée générale est donc de produire de l'ammoniac avec une faible empreinte carbone dans des régions avec des ressources abondantes en énergies renouvelables, de le transporter vers des régions utilisatrices où il est converti en hydrogène par craquage. Dans ce cas, les premières étapes de la chaîne de valeur de l'hydrogène sont réalisées à l'étranger.

2.3.2. Le principe de production d'hydrogène par craquage d'ammoniac

Le craquage de l'ammoniac est le procédé qui consiste à convertir l'ammoniac en hydrogène à grande échelle. Un des éléments clés de ce procédé est le « cracker » d'ammoniac, un four de craquage catalytique dans lequel la synthèse de l'ammoniac est inversée à des températures élevées. Les gaz en résultant sont principalement de l'hydrogène et de l'azote. Après un nouveau procédé de séparation, de l'hydrogène purifié est obtenu.

2.3.3. L'expérience d'Air Liquide : un pilote à Anvers

Air Liquide, convaincu de l'importance de l'hydrogène comme élément-clé de la transition écologique, participe à l'émergence de la filière en développant plusieurs types de production, dont le craquage d'ammoniac.

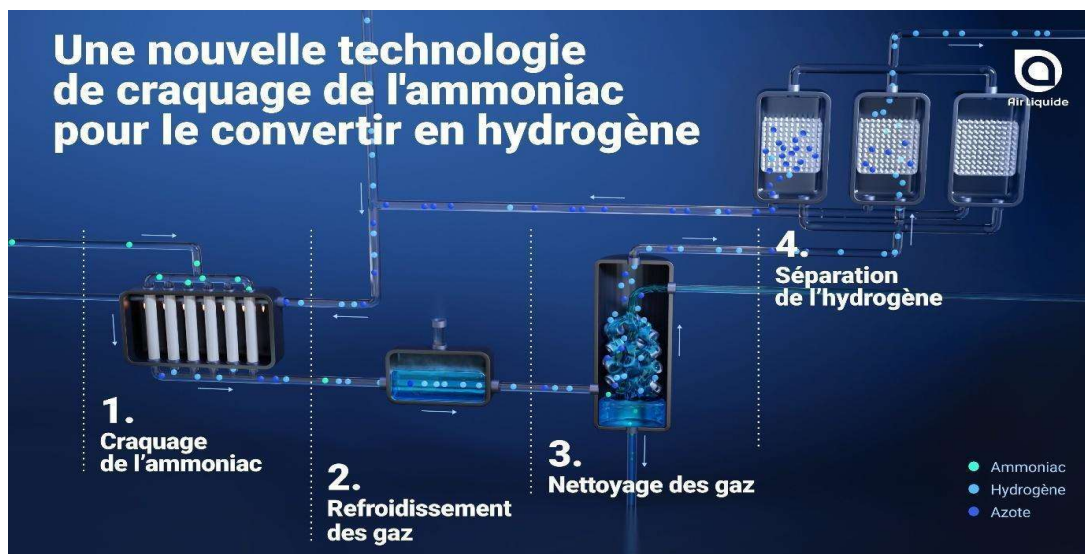


Figure 11 – La solution d'Air Liquide pour la production d'hydrogène par craquage d'ammoniac¹⁷

Air Liquide développe ainsi actuellement une unité pilote de craquage d'ammoniac de taille industrielle dans le port d'Anvers en Belgique. Elle doit permettre la conversion d'ammoniac en hydrogène, sans émissions directes de CO₂. Dans le cas où Air Liquide France Industrie déciderait de produire de l'hydrogène par craquage d'ammoniac dans le cadre du projet ELYFOS, le Groupe pourrait capitaliser sur cette expérience.



Figure 12 - Le pilote d'Air Liquide dans le port d'Anvers

¹⁷ Également en vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=hK14zfrVYIE&t=1s>

2.4. Critères de choix entre les deux solutions de production d'hydrogène

Au stade de la concertation préalable, l'option de référence d'Air Liquide France Industrie est la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, solution que le Groupe maîtrise déjà et qui garantit une mise en œuvre rapide en capitalisant sur l'expérience du projet Normand'Hy et les autres projets déjà en production. En outre, le choix de cette technologie participe davantage à la souveraineté industrielle européenne, en soutenant l'émergence de la filière de production d'hydrogène bas carbone, tandis que, dans la filière de production de l'hydrogène via l'ammoniac, les premières étapes de la filière seraient réalisées à l'étranger (voir partie §4.4).

Cependant, l'option de production d'hydrogène par craquage d'ammoniac également à l'étude présente plusieurs opportunités :

- le déploiement d'une technologie de craquage, validée sur un pilote industriel ;
- les synergies potentielles avec d'autres installations en développement, à commencer par le projet de terminal d'import d'ammoniac bas carbone Medhyterra sur un site industriel proche ;
- la préservation de la ressource en eau.

La réorientation éventuelle du projet ELYFOS dépendra essentiellement de considérations techniques, économiques et environnementales :

- technique : en premier lieu, la possibilité d'alimenter le site en ammoniac. De plus, Air Liquide France Industrie souhaite tirer parti des enseignements du pilote industriel d'Anvers prévus d'ici 2026 ;
- économique : la production d'ammoniac, son transport et son craquage génèrent des investissements et des coûts qui devront être précisés lors des phases ultérieures de développement du projet. Les deux solutions, craquage d'ammoniac et électrolyseur, seront comparées ;
- environnemental : l'empreinte carbone de l'ammoniac varie selon ses modes de production, de transformation, de transport et de son origine géographique. L'empreinte carbone du processus global sera un facteur déterminant dans le choix de la solution technique.

PRODUCTION D'HYDROGENE PAR ELECTROLYSE DE L'EAU OU PAR CRAQUAGE D'AMMONIAC : DES SOLUTIONS COMPLEMENTAIRES

France Hydrogène a mené une étude¹⁸ sur les enjeux et défis des importations d'hydrogène et ses dérivés pour la filière française. Les résultats montrent que la production domestique d'hydrogène par électrolyse de l'eau et l'importation d'ammoniac puis son craquage en France pourront coexister sur un même marché à horizon 2050. Les importations d'ammoniac permettraient d'ailleurs de diversifier les modalités d'approvisionnement de l'économie hydrogène française et de relâcher une partie de la pression sur la disponibilité des énergies primaires et du foncier en France.

¹⁸ <https://www.france-hydrogene.org/publication/enjeux-et-defis-des-importations-dhydrogene-et-ses-derives-pour-la-filiere-francaise/>

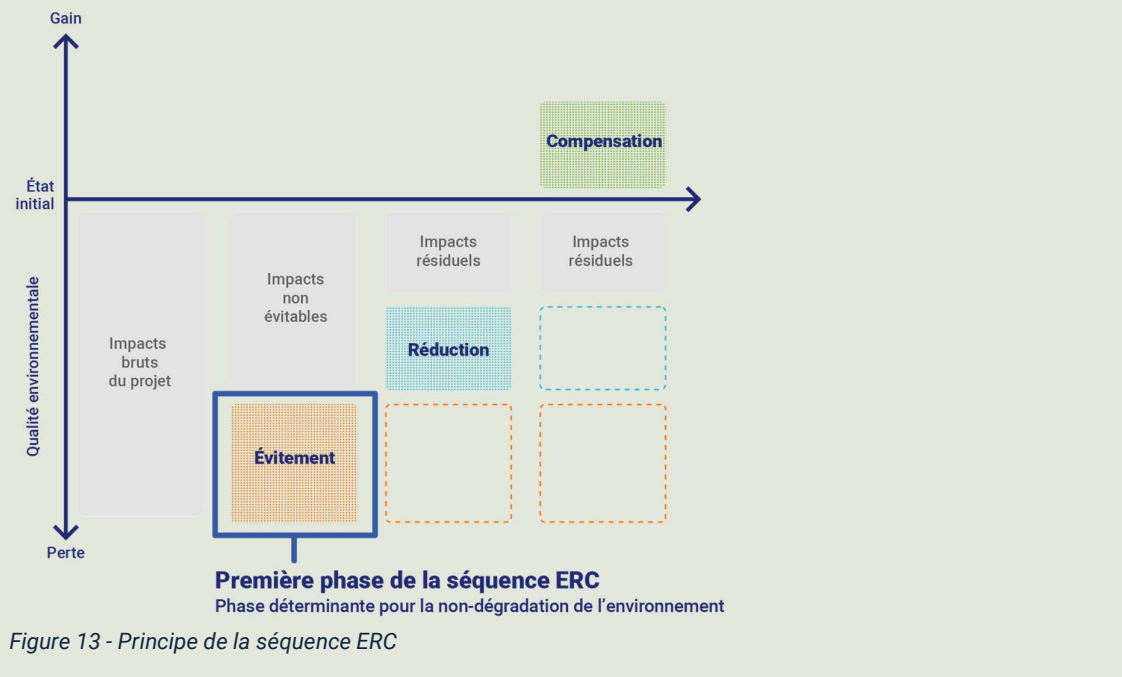
3. Aperçu des effets potentiels du projet ELYFOS

Si Air Liquide France Industrie décide de poursuivre le projet ELYFOS à la suite de la concertation préalable, une des principales étapes administratives sera la constitution du dossier de Demande d'autorisation environnementale (DAE) en vue de l'obtention des autorisations administratives requises pour la construction et l'exploitation de ce type d'Installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE).

Le cas échéant, ce dossier intégrera une étude d'impact du projet ELYFOS sur son environnement ainsi qu'une étude de dangers, rendues publiques lors d'une enquête publique. Au stade de la concertation préalable, ces études n'ont pas été réalisées mais Air Liquide France Industrie dispose d'ores et déjà de premiers éléments d'appréciation des effets du projet. Ces éléments se fondent sur les études d'ingénierie de base préliminaires (*Pre-FEED*) réalisées en 2022 et qui sont en cours d'actualisation, ainsi que sur les études du projet Normand'Hy.

LA SEQUENCE ERC

La séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur l'environnement dépasse la seule prise en compte de la biodiversité, pour englober l'ensemble des thématiques de l'environnement (air, bruit, eau, sol, santé des populations...). Elle s'applique, de manière proportionnée aux enjeux, à tous types de plans, programmes et projets dans le cadre des procédures administratives d'autorisation (étude d'impacts ou étude d'incidences thématiques, Natura 2000, espèces protégées...). Sa mise en œuvre contribue également à répondre aux engagements communautaires et internationaux de la France en matière de préservation des milieux naturels.



3.1. Les principaux effets sur l'environnement

3.1.1. Le milieu naturel

Le projet ELYFOS ayant vocation à s'implanter sur une zone industrielle déjà artificialisée et fortement anthropisée, sa construction ne devrait engendrer que des impacts limités sur l'environnement naturel par rapport à l'implantation sur un site vierge, même si ce point devra être confirmé dans le cadre des études environnementales à venir. De plus, l'existence d'un réseau de canalisations pour le transport d'hydrogène limitera considérablement les travaux nécessaires lors de la phase de construction.

Cela étant, le site d'implantation est entouré de zones d'intérêt environnemental qui nécessitent d'être prises en compte : zone Natura 2000, Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF), réserve naturelle nationale et parc naturel régional.

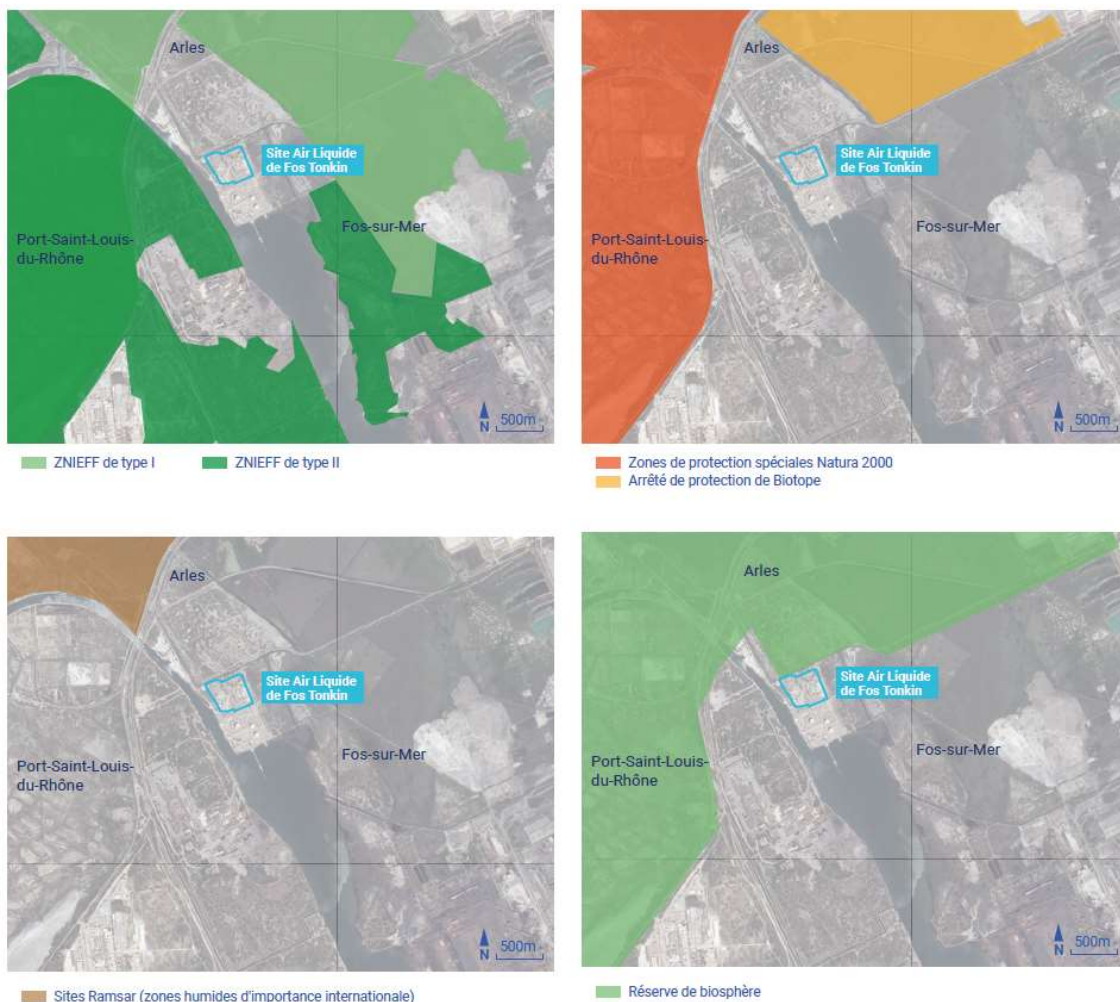


Figure 14 - Zonages environnementaux autour du site de Fos-Tonkin

Une étude faune-flore a été engagée et les premiers retours semblent confirmer qu'il n'existe aucun enjeu particulier en raison de la forte anthropisation des parcelles. L'étude, une fois terminée, permettra de qualifier précisément et de cartographier les possibles enjeux écologiques, s'ils existent. Ses résultats seront intégrés à l'étude d'impact environnemental que le public pourra consulter lors de l'enquête publique si le projet ELYFOS est poursuivi à l'issue de la concertation préalable.

La prise en compte des enjeux écologiques ne s'arrête pas aux parcelles concernées par le projet mais analysera également les potentiels effets induits par le projet sur les zones à proximité. Cette analyse alimentera notamment l'analyse du cumul des incidences avec les projets voisins et l'étude des incidences du projet sur les zones Natura 2000.

En phase de fonctionnement, l'impact du projet ELYFOS sur le milieu naturel devrait être très réduit compte tenu des faibles nuisances liées à la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau et des modalités de traitement des effluents liquides (voir §3.1.2).

3.1.2. La gestion de l'eau

Le projet ELYFOS utiliserait en exploitation de l'ordre de 1 million de m³ d'eau par an, répartis comme suit :

- environ ⅓ pour alimenter les électrolyseurs pour la production d'hydrogène ;
- environ ⅔ pour le refroidissement des installations.

L'eau nécessaire aux électrolyseurs est préalablement purifiée au moyen d'un osmoseur¹⁹ afin d'éviter d'introduire dans les électrolyseurs des éléments susceptibles d'en perturber le fonctionnement. L'osmoseur génère :

- de l'eau purifiée, qui alimente les électrolyseurs ;
- un effluent concentrant les éléments indésirables qui sera traité (via du charbon actif) avant rejet dans l'environnement, représentant environ 30 % des volumes prélevés.

Après électrolyse, l'hydrogène est humide : afin d'atteindre la qualité requise, il est séché grâce à un procédé d'adsorption lors duquel les molécules d'eau sont piégées. L'eau ainsi récupérée est réinjectée en amont des électrolyseurs.

¹⁹ L'osmoseur est un dispositif permettant de produire de l'eau considérée comme pure selon le principe de l'osmose inverse. Il débarrasse l'eau de la majeure partie de ses solutés tels que les chlorures, les sulfates, les phosphates, etc.

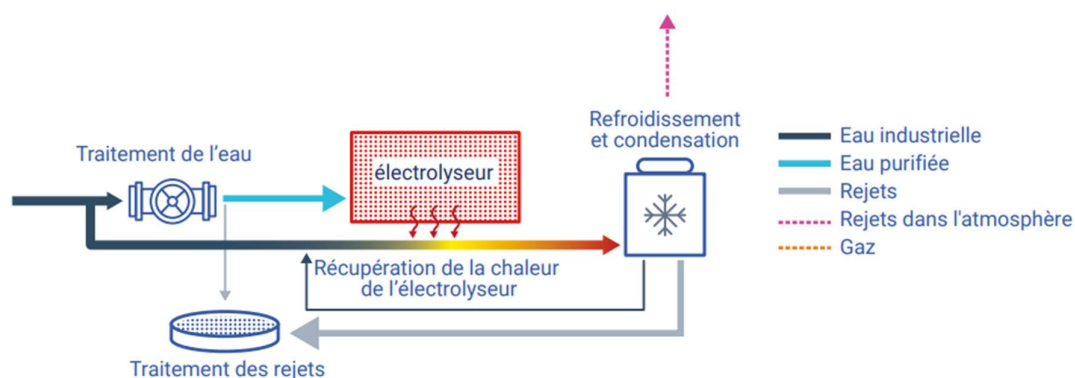


Figure 15 - Gestion de l'eau dans le projet ELYFOS

Le poste de consommation en eau le plus important est le refroidissement des installations. Après un traitement sommaire, l'eau circule dans des échangeurs de chaleur jusqu'à se transformer en vapeur. Elle est ensuite condensée dans des tours de refroidissement. Une partie de l'eau est rejetée à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau, tandis que le reste est réinjecté dans le circuit de refroidissement. On parle ainsi de circuit de refroidissement « semi ouvert ». Conscient des enjeux autour de la ressource en eau sur le territoire, Air Liquide France Industrie étudie actuellement des solutions pour maximiser le recyclage de l'eau de refroidissement et diminuer ainsi la consommation en eau du projet ELYFOS. Les premiers résultats sont attendus au deuxième semestre 2025.

3.2. Les effets socio-économiques attendus

Au-delà de son intérêt pour la décarbonation des activités industrielles du bassin, le projet ELYFOS générerait des emplois directs et indirects (en phase travaux et en phase d'exploitation), dont le nombre est en cours d'estimation, de l'ordre de quelques dizaines en phase d'exploitation et de quelques centaines en phase de construction.

Les unités de production Air Liquide étant largement automatisées, l'exploitation des trois principaux sites actuels de production en région Méditerranée représente environ 60 salariés, essentiellement des techniciens et ingénieurs d'exploitation et de maintenance.

3.3. Les enjeux de sécurité

Conformément à la réglementation relative aux ICPE, le projet ELYFOS devra faire l'objet d'une étude de dangers. Elle doit permettre, au regard des risques de l'installation et du retour d'expérience, d'analyser de manière exhaustive l'ensemble des scénarios accidentels pouvant survenir sur le site, d'évaluer leur probabilité d'occurrence et de décrire les mesures de maîtrise des risques mises en place.

3.3.1. Les enjeux liés à la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau

L'hydrogène est un gaz non toxique, non corrosif, non polluant, il n'a pas d'effet toxicologique connu. Dans l'industrie, il est utilisé de manière courante depuis des décennies dans de nombreuses applications.

L'hydrogène est inflammable, la maîtrise des risques liés repose sur trois grands principes :

- éviter toute fuite non contrôlée d'hydrogène dans l'atmosphère ;
- éviter toute entrée d'air dans les tuyauteries contenant de l'hydrogène ;
- éviter toute source d'inflammation à proximité des zones de fuites potentielles d'hydrogène.

Quant à l'oxygène, co-produit de l'électrolyse de l'eau, c'est un gaz naturellement contenu dans l'air que nous respirons (à hauteur de 21 %). Inodore et incolore, l'oxygène est un comburant : il active la combustion d'autres substances et peut être à ce titre un facteur aggravant en cas d'accident.

3.3.2. La maîtrise des risques industriels

La maîtrise des risques industriels est au cœur des activités industrielles d'Air Liquide France Industrie. Le Groupe exploite déjà de nombreux sites produisant annuellement 1,2 million de tonnes d'hydrogène, qui fournissent un retour d'expérience qui sera mis à profit pour le projet ELYFOS. L'expérience acquise avec l'exploitation des premiers électrolyseurs du Groupe sera en outre valorisée.

LA MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE GESTION DE LA SECURITE PAR AIR LIQUIDE FRANCE INDUSTRIE SUR L'ENSEMBLE DE SES SITES

Qu'ils soient SEVESO seuil haut ou non, Air Liquide France Industrie met en place sur chacun de ses sites un Système de gestion de la sécurité (SGS) avec sept thèmes directeurs :

- la formation et l'accompagnement du personnel pour accroître les compétences ;
- l'évaluation des risques d'accidents majeurs sur les installations ;
- la maîtrise des procédés, de l'exploitation et de la maintenance ;
- la maîtrise des modifications en vue de la réduction des risques ;
- la préparation aux situations d'urgence ;
- le suivi des objectifs et la prise en compte du retour d'expérience ;
- l'évaluation de la mise en œuvre de ce système par des audits internes et la définition des objectifs réalisables et du plan d'actions associé chaque année.

Au regard du retour d'expérience du Groupe et des bonnes pratiques de la filière, les mesures suivantes seraient *a minima* mises en œuvre pour le projet ELYFOS :

- l'instrumentation des installations (températures, pressions, concentrations, niveaux...);
- l'utilisation de l'azote²⁰, un gaz inerte, pour les phases sensibles d'arrêt et de démarrage des électrolyseurs ;
- la séparation de l'hydrogène et de l'oxygène produits ;
- la maîtrise de la ventilation dans les bâtiments pour éviter l'accumulation d'hydrogène et donc la création de conditions propices à une explosion, et amener le risque au niveau le plus faible possible ;
- l'installation d'un système de détection de fuite de gaz, à l'intérieur des bâtiments et en certains points critiques des installations extérieures (ce système permet notamment l'évacuation du personnel en cas de fuite d'hydrogène et l'arrêt et la mise en sécurité des installations) ;
- le choix de dispositions constructives adaptées pour les différents équipements, permettant de maîtriser les conséquences d'un accident ;
- la formation du personnel, l'intégration de moyens d'intervention et la définition d'un plan d'urgence du site.

À noter que la technologie PEM, fonctionnant à basse pression, est une technologie sûre. Les électrolyseurs PEM peuvent être arrêtés automatiquement en quelques instants, ce qui participe à la maîtrise du procédé et à la sécurité.

Les risques spécifiques liés au craquage d'ammoniac

Dans le processus de craquage d'ammoniac, variante du projet ELYFOS envisagée par Air Liquide, l'ammoniac est introduit sous forme gazeuse dans un four de craquage où il est chauffé à plus de 500°C. Cette opération transforme l'ammoniac en deux autres gaz : l'hydrogène et l'azote. Ces gaz chauds sont ensuite refroidis, purifiés et l'hydrogène est séparé, tandis que l'azote et l'hydrogène restants sont ajoutés à d'autres combustibles pour alimenter les brûleurs.

Le craquage d'ammoniac présente plusieurs risques, l'ammoniac étant un gaz inflammable, pouvant provoquer de graves brûlures de la peau et des lésions des yeux, toxique par inhalation et très toxique pour les organismes aquatiques²¹. Néanmoins, les caractéristiques et risques de l'ammoniac sont connus, gérés et maîtrisés, en témoigne son utilisation dans des procédés industriels depuis plus d'un siècle.

3.4. La surveillance de l'installation

En fonctionnement, Air Liquide France Industrie sera tenu de transmettre aux services de l'État les mesures réalisées. Par ailleurs, le service des installations classées pour la protection de

²⁰ L'azote représente 70 % de l'air que nous respirons et ne présente pas intrinsèquement de toxicité particulière.

Toutefois, en milieu confiné, une concentration trop importante d'azote peut provoquer une asphyxie. La présence de ce gaz et les dangers associés sont donc étudiés dans une étude de dangers

²¹ Source : INRS

l'environnement est susceptible de réaliser des contrôles inopinés du site pour veiller au respect de la réglementation. De même, l'État peut mettre en place une commission de suivi de site associant les parties prenantes.

3.5. Appréciation des effets cumulés du projet ELYFOS avec les autres projets industriels

3.5.1. Les effets cumulés sur la ressource en eau

Sans optimisation, le besoin en eau du projet ELYFOS s'élèverait à 1 million de mètres cubes par an lors de sa mise en service, prévue en 2029. Ce besoin est à mettre en perspective avec l'ensemble des projets de la zone. D'après les données agrégées à l'automne 2023 par la Commission Nationale du Débat Public dans le cadre d'une coordination des concertations Carbon, H2V, GravitHy, DEOS, Medhyterra et Neocarb, la consommation d'eau brute des projets alors connus, et selon leurs caractéristiques prévisionnelles, atteignait environ 13 millions de mètres cubes par an.

3.5.2. Les effets cumulés sur la ressource électrique

Le projet ELYFOS, selon la solution de base de la production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, nécessiterait une puissance maximale de 170 MW. Les échanges menés avec RTE indiquent que le projet ne nécessiterait pas de travaux significatifs de renforcement pour les ouvrages de raccordement spécifiques au site.

Cette puissance est à mettre en regard de celles d'autres projets sur la zone. En effet, la décarbonation de la zone industrialo-portuaire de Fos-sur-Mer, et plus généralement la transition énergétique du Grand Sud se traduit par des besoins de puissances électriques importants et dans des délais courts. Selon RTE, avec plus de 6 000 MW de demandes de raccordement au réseau de transport d'électricité, les puissances électriques nouvelles à horizon 2030 vont considérablement augmenter, dans une région où la pointe de consommation est aujourd'hui comprise entre 5 000 MW et 8 000 MW.

Air Liquide France Industrie conçoit le projet ELYFOS pour qu'il s'insère au mieux dans le réseau électrique, en s'appuyant sur les opportunités présentées par la technologie PEM. En effet, la puissance des électrolyseurs de ce type peut être modulée très rapidement, de la pleine puissance à l'arrêt total. Cette réactivité permet de s'adapter à l'évolution du couple production/consommation du réseau électrique. Le projet ELYFOS pourrait ainsi participer à des mécanismes de flexibilité, tel que l'effacement (voir encadré ci-après).

Qu'est-ce qu'un contrat d'effacement ?

Selon l'article L. 271-1 du code de l'énergie, « un effacement de consommation d'électricité se définit comme l'action visant à baisser temporairement, sur sollicitation ponctuelle envoyée à un ou plusieurs consommateurs finals par un opérateur d'effacement ou un fournisseur d'électricité, le niveau de soutirage effectif d'électricité sur les réseaux publics de transport ou de distribution d'électricité d'un ou de plusieurs sites de consommation, par rapport à un programme prévisionnel de consommation ou à une consommation estimée ». En d'autres termes, l'effacement consiste à demander à des consommateurs de réduire temporairement leur consommation d'électricité, lors des pointes. L'effacement concerne aussi bien les particuliers, qui sont incités à faire fonctionner leur chauffe-eau la nuit pour éviter les pointes de journée, que les industriels, qui sont incités à interrompre leur production en cas de tension sur le réseau.

La variante basée sur le craquage d'ammoniac nécessiterait une puissance moindre, inférieure à 10 MW.

3.5.3. Les effets cumulés sur l'environnement naturel

Compte tenu des caractéristiques du site d'implantation, déjà artificialisé, et sous réserve des conclusions des études à mener, les effets du projet ELYFOS sur l'environnement naturel devraient être très faibles et les éventuels besoins de compensation également réduits.

3.5.4. Les effets cumulés sur l'emploi et l'activité économique

La mise en service du projet ELYFOS, envisagée pour fin 2028-début 2029 pourrait coïncider avec la mise en service de projets voisins. Des recrutements de profils similaires pourraient ainsi être lancés par les industriels de la zone dans des temporalités proches, que ce soit lors de la phase travaux ou lorsque le site sera en fonctionnement (principalement techniciens d'exploitation et de maintenance).

3.5.5. Les effets cumulés en matière de risques industriels

Outre les risques industriels intrinsèques d'ELYFOS, Air Liquide France Industrie devra prendre en compte dans ses études de dangers le contexte industrialo-portuaire du site et les risques inhérents, notamment pour éviter les effets dominos, qui concernent les cas dans lesquels un incident dans une entreprise a un impact sur les entreprises à proximité.

D'une part, ELYFOS serait implanté sur le site Air Liquide de Fos Tonkin, déjà en activité et classé Seveso seuil haut compte tenu du stockage existant d'oxygène sous forme liquide. Le site est doté d'un Plan d'opération interne (POI)²². De la même façon, le site peut être soumis à un Plan particulier d'intervention (PPI) qui a pour objectif de répondre à tout incident survenant sur le site qui ne peut pas / plus être maîtrisé par les moyens internes: le plan assure la sauvegarde des populations, des biens et la protection de l'environnement lors que l'accident entraîne (ou pourrait entraîner) des dangers allant au-delà des limites de l'établissement. Ce plan d'urgence implique des moyens publics

²² Selon l'article R. 512-29 du code de l'environnement « le plan d'opération interne définit les mesures d'organisation, les méthodes d'intervention et les moyens nécessaires que l'exploitant doit mettre en œuvre pour protéger le personnel, les populations et l'environnement ».

et privés du département (voire d'autres échelons) et est donc placé sous la direction du Préfet avec l'assistance technique de l'exploitation. Dans le cadre du projet ELYFOS, que la production d'hydrogène soit envisagée par électrolyse de l'eau ou par craquage d'ammoniac, ces plans devront être mis à jour afin de prendre en compte des scénarios accidentels supplémentaires.

D'autre part, le projet ELYFOS est voisin immédiat du terminal méthanier exploité par Elengy et proche d'autres installations industrielles (ArcelorMittal, Kem One, LyondellBasell...). Les risques des installations existantes devront être pris en compte dans les études de dangers du projet ELYFOS, ainsi que les risques des autres projets industriels (comme Medhyterra, GravitHy, etc.), selon leur état d'avancement. Le projet ELYFOS devra aussi se conformer aux outils de planification locaux en matière de sécurité industrielle. En particulier, la zone industrialo-portuaire est couverte par trois Plans de prévention des risques technologiques (PPRT)²³: PPRT ARCELORMITTAL (approuvé le 1^{er} août 2013), PPRT FOS EST (approuvé le 30 mars 2018) et PPRT FOS OUEST (approuvé le 6 avril 2023)²⁴. Le site d'Air Liquide de Fos Tonkin est concerné par le PPRT FOS OUEST, à l'échelle duquel une Plateforme économique (PFE) a été constituée entre Air Liquide France Industrie, Kem One, LyondellBasell et Elengy. Le projet ELYFOS devra tenir compte des dispositions spécifiques prévues dans ce cadre.

²³ Institués par la loi du 30 juillet 2003, les PPRT ont, notamment, vocation à protéger les vies humaines en cas d'accident, grâce à la mise en place de mesures préventives sur les zones habitées et les sites industriels. À ce titre, ils peuvent contenir des zones de maîtrise de l'urbanisation future, des secteurs de mesures foncières pour l'existant (expropriation, délaissement), des zones de prescriptions sur l'existant. Les PPRT ont été mis en place par les pouvoirs publics afin d'avoir une vue d'ensemble de sites industriels situés sur une même zone et de réfléchir à une cohabitation entre industriels et riverains

²⁴ Voir <https://www.bouches-du-rhone.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Environnement-risques-naturels-et-technologiques/La-prevention/Plans-de-Prevention-des-Risques-Technologiques-PPRT>

4. L'absence de réalisation du projet ELYFOS et les alternatives pour la production d'hydrogène renouvelable et bas carbone sur la zone industrialo-portuaire de Fos

4.1. L'absence de réalisation du projet ELYFOS

En l'absence de réalisation du projet ELYFOS, la capacité de production d'hydrogène renouvelable et bas carbone sur la zone industrialo-portuaire de Fos serait réduite et probablement insuffisante pour répondre aux besoins (voir §1.3).

Le développement voire le maintien de certaines activités, et notamment de certaines industries qui auront besoin d'hydrogène renouvelable et bas carbone, pourrait alors être compromis.

Ne pas réaliser le projet ELYFOS reviendrait finalement à se priver d'une capacité massive de production d'hydrogène renouvelable ou bas carbone disponible à court terme, avec des coûts de production maîtrisés.

4.2. Produire par d'autres technologies de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone

À l'heure actuelle, pour des raisons de coûts, l'essentiel de l'hydrogène produit en France l'est à partir de produits fossiles, notamment par vaporéformage de méthane (voir §1.1.3).

L'utilisation de produits fossiles n'a pas été envisagée dans le cadre du projet ELYFOS, même si le captage du CO₂ émis par la production d'hydrogène à partir de ressources fossiles pourrait aussi être considéré, à l'instar de ce qui est fait sur le site Air Liquide de Port-Jérôme-sur-Seine. Il est alors nécessaire de trouver un débouché pour le CO₂ capté : soit une utilisation par d'autres activités industrielles, soit le stockage géologique permanent du CO₂. Dans les deux cas, des investissements significatifs sont nécessaires. Si des projets tiers sont en développement dans la zone industrialo-portuaire de Fos, leur mise en service annoncée est postérieure à la date de mise en service prévue d'ELYFOS.

Enfin, le procédé classique de vaporéformage pourrait être appliqué en remplaçant les hydrocarbures d'origine fossile par du « biométhane » ou des intrants biogéniques, mais la faisabilité de cette production reste conditionnée à la disponibilité de ressources organiques.

4.3. Produire de l'hydrogène renouvelable et bas-carbone ailleurs que sur le site de Fos Tonkin

Plusieurs options d'implantations peuvent être envisagées pour un projet de production d'hydrogène.

En premier lieu, il pourrait être considéré que les projets de production d'hydrogène déjà annoncés sur la zone industrialo-portuaire suffiraient. Ce n'est pas la vision d'Air Liquide France Industrie qui considère que tous les projets sont les bienvenus pour répondre aux besoins prévisionnels en hydrogène nécessaire à la décarbonation des activités existantes voire à l'attrait de nouvelles activités.

Ensuite, l'hydrogène pourrait être produit ailleurs en France, et acheminé jusqu'à la zone industrialo-portuaire de Fos au moyen d'infrastructures à créer.

Néanmoins, le site d'Air Liquide de Fos Tonkin est particulièrement adapté à la production d'hydrogène renouvelable et bas-carbone, quelle que soit l'option retenue. En effet, le site du projet ELYFOS :

- est déjà exploité par Air Liquide ;
- se trouve sur un foncier déjà artificialisé et industrialisé, limitant considérablement l'impact du projet sur l'environnement naturel par rapport à une implantation sur un site vierge ;
- est raccordé à un réseau électrique suffisant, ne nécessitant pas de travaux significatifs de renforcement pour les ouvrages de raccordement spécifiques au site, et disposant d'une alimentation suffisante en eau ;
- possède un réseau de canalisations dont une d'ores et déjà dédiée à l'hydrogène, limitant considérablement les travaux nécessaires à l'exploitation du site ;
- est situé à proximité de consommateurs d'hydrogène, potentiels clients ;
- est situé à proximité d'un projet d'infrastructures pour l'import d'ammoniac.

4.4. Importer des ressources renouvelables et bas-carbone

Une dernière famille d'alternatives consisterait à importer de l'hydrogène ou de l'ammoniac renouvelable ou bas-carbone :

- l'hydrogène pourrait être importé de certains pays d'Europe du Sud, d'Afrique du Nord, d'Asie ou d'Amérique du Sud, qui bénéficient de gisements d'énergies renouvelables très favorables qui pourraient permettre de produire de l'hydrogène sur place à bas coût. Néanmoins les options de transport (compression et transport par canalisation ou liquéfaction et acheminement par bateau) présentent des défis technologiques importants (les canalisations et navires permettant de transporter l'hydrogène sur de longues distances n'existent pas encore). En outre, la liquéfaction de l'hydrogène requiert de l'énergie pour refroidir l'hydrogène à -250°C ;
- l'ammoniac pourrait être utilisé comme un vecteur de transport d'hydrogène. C'est le principe de la variante considérée dans le cadre du projet ELYFOS (voir §2.3 et §2.4). Dans ce cas, ne serait réalisée en France que la dernière étape de la chaîne de valeur avant l'utilisation, à savoir le craquage de l'ammoniac.

5. Les modalités de mise en œuvre du projet

5.1. Les procédures auxquelles le projet serait soumis

Si le projet ELYFOS est décidé, Air Liquide France Industrie devra obtenir une autorisation environnementale.

La procédure d'autorisation environnementale regroupe les autorisations au titre des Installations classées pour la protection de l'environnement et de la « Loi sur l'eau ». Elle comprend également d'autres autorisations qui pourraient s'avérer nécessaires, en particulier, si les résultats des inventaires écologiques en cours en montrent le besoin, la dérogation relative aux espèces protégées.

La procédure est basée sur le dépôt d'un dossier de demande d'autorisation environnementale incluant notamment une étude d'impact et une étude de dangers.

L'ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Véritable rapport d'évaluation des incidences du projet sur l'environnement, l'étude d'impact doit être proportionnée à la sensibilité environnementale du site sur lequel le projet a vocation à s'implanter ainsi qu'à l'importance des travaux envisagés.

Selon l'article R. 122-5 du code de l'environnement, l'étude d'impact doit comporter :

- une description du projet ;
- une description de l'état initial de l'environnement sur le site et de l'évolution de cet état selon que le projet se fasse ou pas ;
- une description des incidences notables sur la population, la santé humaine, la biodiversité, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris les aspects architecturaux et archéologiques, et le paysage ;
- une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement.

Cette étude est accompagnée d'un résumé non technique, document pédagogique dont l'objectif est de faciliter la prise de connaissance par le public de l'étude d'impact.

L'ETUDE DE DANGERS

Obligation réglementaire pour tous les sites industriels classés sous le régime de l'autorisation, l'étude de dangers doit permettre d'analyser de manière exhaustive l'ensemble des scénarios accidentels pouvant survenir sur le site, et de définir des mesures de maîtrise des risques afin d'éviter qu'ils se produisent. Les objectifs et le contenu de l'étude de dangers sont définis dans la partie du Code de l'environnement relative aux installations classées. Selon l'article L. 181-25, l'étude de danger expose les risques que peut présenter l'installation, pour la commodité du voisinage, la santé, la sécurité, la salubrité publiques, pour l'agriculture, la protection de la nature, de l'environnement et des paysages, pour l'utilisation économe des sols naturels, agricoles ou forestiers, pour l'utilisation rationnelle de l'énergie ou encore pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique en cas d'accident, que la cause soit interne ou externe à l'installation.

Les principales étapes de la procédure d'autorisation environnementale sont les suivantes :

- l'instruction par les services de l'État (DREAL - Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement) de la demande d'autorisation ;
- l'avis de l'Autorité environnementale sur la prise en compte de l'environnement par le projet et la qualité de l'étude d'impact, auquel le maître d'ouvrage fait une réponse ;
- l'information du public par la tenue d'une enquête publique au cours de laquelle le public peut consulter le dossier de demande d'autorisation environnementale et déposer des observations et propositions sur le projet. Ces observations sont retranscrites dans l'avis du commissaire enquêteur ou de la commission d'enquête, auquel le maître d'ouvrage fait une réponse ;
- les avis spécifiques nécessaires aux procédures embarquées (par exemple, avis du CNPN si dérogation relative aux espèces protégées).

L'autorisation nécessaire au projet est délivrée par le préfet à l'issue de la procédure. Elle prend la forme d'un arrêté préfectoral d'autorisation qui précise les obligations liées au projet telles que les mesures environnementales et les suivis à mettre en place.

En outre, le projet nécessitera un dossier de demande de Permis de construire (PC) dont le service instructeur n'est pas déterminé à ce stade.

5.2. Coût et financement

Le projet ELYFOS représente un investissement évalué à 250 millions d'euros et serait financé par le groupe Air Liquide. Des programmes de subventions nationaux tels que le mécanisme de soutien à la production d'hydrogène décarboné de l'État français publié par le Ministère de la Transition écologique, de l'énergie, du climat et de la prévention des risques en décembre 2024, et européens tels que la Banque européenne de l'hydrogène sont à l'étude, avec possiblement des subventions publiques dont l'origine et les montants sont en cours d'évaluation, le recours à certains programmes étant dans certains cas lié au type d'utilisation de l'hydrogène produit.

Des études d'ingénierie de base préliminaires (*pre-FEED*) ont été réalisées en 2022 et sont aujourd'hui en cours d'actualisation. La décision d'investissement est attendue au premier semestre 2026 et sera notamment basée sur les éléments suivants :

- la solution retenue pour la production d'hydrogène ;
- la confirmation de la capacité du réseau de transport d'électricité à fournir l'électricité nécessaire au projet ;
- les enseignements de la concertation préalable ;
- l'obtention des autorisations administratives requises (autorisation environnementale, permis de construire) ;
- la signature de contrats commerciaux avec les consommateurs.

5.3. Suites de la concertation : le calendrier prévisionnel

À l'issue de la concertation, les garants produiront sous un mois un bilan qui sera rendu public et joint au dossier d'enquête publique. Le bilan pourra notamment comprendre des recommandations sur la poursuite des échanges au-delà de la concertation préalable. Air Liquide France Industrie aura ensuite deux mois pour en tirer les enseignements. En outre, au regard de ce bilan et de l'ensemble des échanges tenus lors de la concertation, Air Liquide France Industrie pourra décider de poursuivre ou non le projet et présenter les possibles modifications issues de la concertation.

Si le projet ELYFOS est confirmé, avec le principe de production d'hydrogène par électrolyse de l'eau, et sous réserve d'obtention des autorisations requises, sa mise en service est prévue fin 2028 / début 2029.

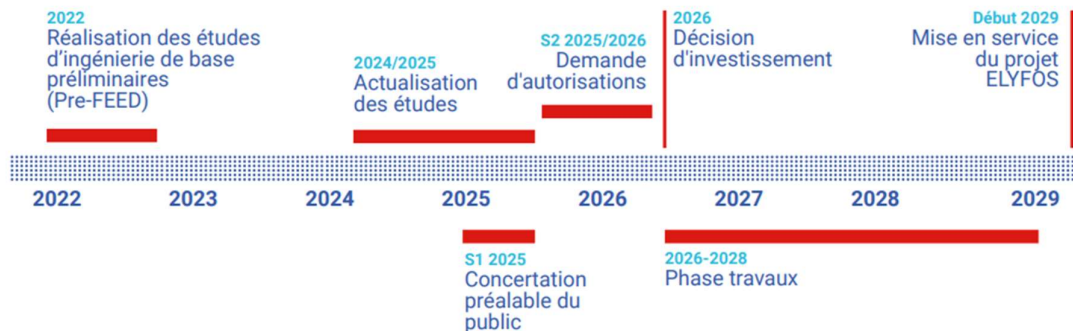


Figure 16 - Calendrier prévisionnel du projet ELYFOS