



Source: Port of Skagen

## WP2 – Pilot 4 - Deliverable

*State of the art and renewable ammonia potential in maritime and ports ecosystems of Brest area*

Author: DEGUEURCE Axelle, Regional Council of Brittany  
Date: 2025-09-30  
Version: Final Version

## Agenda

1	Executive Summary .....	3
2	Ammonia potential in the port of Brest .....	5



## 1 Executive Summary

As part of the REDII Ports project, the Regional Council of Brittany has carried out a study of the state of the art and the potential of renewable ammonia in the maritime and port ecosystems of Brest. This study has two aims:

- To understand the extent to which ammonia meets the needs of shipping as a fuel, and how it compares with hydrogen;
- To analyze the Brest case study theoretically: implications for the port, local production from renewable energies and the relevance of exporting ammonia from Brest.

The first part of the study showed that ammonia offers key advantages for decarbonizing the maritime transport sector, as its combustion is CO<sub>2</sub>-free and its industry (production and logistics) is already mature, as it is widely used in the agricultural sector. Ammonia is therefore set to become one of the main alternative fuels, accounting for up to 40% of e-fuels consumed worldwide by 2050. To achieve this, a dual commitment from operators and ports is required. For operators, it is a question of working on reliable and economically reasonable engines or propulsion systems. For ports, it is a question of providing the right fuel in a secure and reliable way, according to catch and bunkering conditions compatible with operators' expectations.

With regard to hydrogen, ammonia is today a simpler and more economical means of exporting hydrogen over long distances (compared with transporting liquid hydrogen). This solution is particularly attractive in markets where imported ammonia can be more competitive than locally-produced hydrogen (shipping costs are up to 75% lower for the same distance than for hydrogen), bearing in mind, however, that ammonia converted back into hydrogen by cracking involves an energy loss of around 12 to 15%. But creating the infrastructure and value chain to support the delivery of ammonia as a hydrogen carrier will take time and significant investment. However, this creation should have a major impact on total demand for low-carbon ammonia between now and 2040. At the same time, supplying ships with conventionally-produced ammonia would not improve GHG emissions from the maritime sector. To produce decarbonated ammonia, we need to rely on new plants supplied with renewable/low-carbon hydrogen. The development of the "low-carbon ammonia" sector is therefore closely linked to the development of the hydrogen sector. What is uncertain today is the pace at which these technologies will be deployed.

The economic analysis carried out in the second part of the study does not allow us to draw any conclusions as to the competitiveness of a region like Brittany in the production of low-carbon hydrogen and ammonia: there are still too many uncertainties about uses at present. In any case, producing competitive ammonia in Brittany will require a strong energy policy to achieve stable, low electricity prices, as well as long-term public economic support for the industry. In the port of Brest, in particular, importing and storing ammonia on the quayside seems to be the most appropriate solution for the area. This will enable us to limit our land footprint in a pressurized environment, while minimizing industrial risks in a densely populated urban area. Furthermore, the issue of cohabitation with other fuels available at the port (hydrocarbon, LNG) will be easier to address with ammonia storage alone. Particular attention should also be paid to the results of the first ships in commercial operation using ammonia as a fuel, in terms of engine reliability, operating costs, on-board risk management and NO<sub>x</sub> and N<sub>2</sub>O emissions. The



next three years will give a strong indication of the rate of deployment of vessels using ammonia as a fuel.



## 2 Ammonia potential in the port of Brest

# **Etude de l'état de l'art et du potentiel de l'ammoniac renouvelable dans les écosystèmes maritimes et portuaires brestois**

## **Phase 2 : Potentiel de l'ammoniac renouvelable dans les écosystèmes maritimes et portuaires brestois**

---

### **Destinataire :**

**Guillaume LABAS**

Chef du Service de la prospective, de l'économie, de l'environnement et de l'exploitation,

*Direction des ports, 283 avenue du général Patton, Rennes*



### **Consortium :**

#### **SYNOPS CONSEIL :**

Louis LONGHINI, Directeur Industrie

[l.longhini@synops-conseil.fr](mailto:l.longhini@synops-conseil.fr)

7 place Darcy, 21000 Dijon



#### **Eurogroup Consulting :**

Anne-Laure NOAT

[Anne-laure.NOAT@eurogroupconsulting.com](mailto:Anne-laure.NOAT@eurogroupconsulting.com)

25 Quai du Président Paul Doumer, 92400 Courbevoie



# Table des matières

<b>I. Contexte</b> : .....	<b>3</b>
<b>II. Résumé des entretiens</b> .....	<b>4</b>
1. Financiers.....	4
2. Armateurs .....	6
3. Institutionnel .....	7
4. Développeur de projet.....	9
<b>III. Dimensionnement technicoéconomique de l'unité de production</b> .....	<b>11</b>
1. Dimensionnement de l'unité de production : .....	11
4.1. Scénarios de dimensionnement.....	13
4.2. Occupation foncière.....	14
2. Modèle économique .....	16
2.1. Chiffrage des scénarios.....	16
2.2. Sensibilités .....	18
<b>IV. Application au Port de Brest</b> .....	<b>23</b>
1. Contraintes.....	23
2. Les usages .....	28
2.1. Stratégie de conversion de flottes des acteurs du maritime .....	28
2.2. L'ammoniac : Une molécule connue à bord de certains navires.....	31
2.3. La place de l'ammoniac comme vecteur énergétique à Brest .....	32
<b>V. Conclusion</b> .....	<b>33</b>
<b>VI. Annexes – Evolution du prix tonne C02</b> .....	<b>35</b>
<b>VII. Annexes – comptes-rendus des entretiens</b> .....	<b>36</b>
2.4. Crédit agricole (CACIB) – 22/10/24.....	36
2.5. BPI – 24/10/24.....	37
2.6. Louis Dreyfus Armateurs - 18/10/24 .....	38
2.7. Piriou – 25/10/24.....	39
2.8. Lhyfe – 17/10/24 .....	41
2.9. Total Energies – 31/10/24 .....	42
2.10. ADEME – 19/11/24 .....	43
2.11. Brest Port – 29/12/24.....	44
2.12. HY24 – 09/12/24 .....	46
2.13. CMA CGM – 12/12/24 .....	47
2.14. Elengy – 12/12/24.....	49

# I. Contexte :

## Contexte global de l'étude :

La région Bretagne participe au projet RED II Ports, visant à étudier différents carburants alternatifs, et a par ailleurs été sollicitée par un consortium européen pour travailler sur la décarbonation des ports

Dans ce contexte, l'hydrogène a été rapidement reconnu comme un vecteur clé, et une étude dédiée à son utilisation potentielle est actuellement en cours de finalisation.

Parallèlement, l'ammoniac a également été identifié comme un vecteur prometteur à explorer, malgré les défis et contraintes liés à son utilisation.

Ainsi, la Région a commandité une étude sur le potentiel de l'ammoniac produit à partir d'hydrogène renouvelable et sur les chaînes logistiques associées dans l'écosystème maritime brestois. L'étude commanditée doit permettre de :

- Comprendre dans quelle mesure l'ammoniac répond aux besoins du transport maritime en qualité de carburant, et comment il se compare à l'hydrogène ;
- Analyser le cas d'étude de Brest de manière théorique : implications pour le port, production locale à partir d'énergies renouvelables, business model, et pertinence de l'exportation d'ammoniac depuis Brest.

## 1ère phase de l'étude :

La première étape de cette étude était de réaliser un état de l'art de la pertinence de l'usage de l'ammoniac pour la transition énergétique en général et pour le transport maritime en particulier, mis en perspective avec l'usage de l'H2 et des chaînes de valeurs associées. Ces travaux ont été présentés en séance lors d'un CoTec par l'intermédiaire d'un support synthétisant l'étude de l'état de l'art (qui a également été traduit en anglais).

À l'issue de cette phase, il a été décidé d'enclencher la phase 2 de l'étude, centrée sur le potentiel théorique de l'ammoniac pour le port de Brest.

## 2ème phase de l'étude :

La seconde étape de cette étude était de réaliser un rapport d'étude de potentiel incluant :

- Des infographies
- Un recensement des acteurs et navires
- Un diagnostic des besoins actuels et futurs
- Une étude de faisabilité technicoéconomique sur les 4 étapes que sont la production, la distribution, le stockage et la consommation, une analyse de rentabilité à l'export (et SWOT).

Ce rapport est également supplémenté d'un résumé technique, de l'ensemble des données ayant servi à nourrir les calculs (et notamment les feuilles de calculs en .xlsx), ainsi que d'une présentation à destination du CoTec et du CoPil reprenant ces éléments (en français et en anglais)

## II. Résumé des entretiens

### 1. Financiers

#### Contexte global :

L'ammoniac joue un rôle de plus en plus important dans les efforts de décarbonation, notamment en raison de sa facilité de production lorsqu'il bénéficie d'une électricité à faible cout et décarbonée. Il offre des perspectives intéressantes en tant que vecteur d'hydrogène, source de combustion, et carburant alternatif pour le secteur maritime. Cependant, les couts de production varient considérablement en fonction des procédés utilisés. En Europe, l'ammoniac gris, produit à partir de sources fossiles, affiche un cout moyen d'environ **550 €/tNH<sub>3</sub>**, tandis que l'ammoniac vert, élaboré à partir d'hydrogène renouvelable, présente un cout nettement plus élevé, oscillant entre **1 000 et 1 500 €/tNH<sub>3</sub>**. Cette différence de cout constitue un obstacle majeur à l'adoption à grande échelle de l'ammoniac vert. L'ammoniac étant aujourd'hui une commodité mature facilement transportable, les différents couts de production sont analysés avec grand intérêt.

#### Réflexions et visions autour de l'ammoniac :

Les experts financiers sont réservés quant à l'utilisation de l'ammoniac comme carburant maritime, notamment en raison des risques liés à sa sécurité et à sa toxicité, qui le rend moins attractif comparé à d'autres alternatives. Parmi celles-ci, le méthanol est largement préféré, avec un ratio d'acceptabilité de 1 pour 10 en sa faveur. Le **méthanol** présente l'avantage d'être moins dangereux et de pouvoir être utilisé en combinaison avec des carburants fossiles. Cette caractéristique en fait une option plus adaptée pour les grandes routes commerciales, bien que son utilisation dépende de la disponibilité d'infrastructures spécifiques de ravitaillement. Par ailleurs, les investisseurs se tournent davantage vers des solutions portuaires basées sur **l'hydrogène** ou **l'électricité**, jugés plus viables à long terme.

En dehors de son rôle potentiel comme carburant, l'ammoniac pourrait être exploité pour d'autres usages prometteurs. Il constitue notamment une solution efficace pour **le transport de l'hydrogène**, en permettant de le stocker sous forme d'ammoniac avant de le "craquer" à destination pour libérer de l'H<sub>2</sub>. Cette approche facilite les défis logistiques liés à l'hydrogène. De plus, l'ammoniac peut également être utilisé comme **source de combustion** pour produire de l'électricité. Bien que des projets sont en cours pour l'utiliser dans des centrales à charbon dans certaines centrales en Corée et au Japon, cette application reste aujourd'hui non viable en Europe, en raison de limitations technologiques et économiques.

Un des freins d'investissement réside dans le marché actuel de l'ammoniac. Cette molécule étant déjà une commodité maîtrisée avec un marché propre, les contrats de moyen et long terme sont inexistant dans cet écosystème. Le besoin d'amortissement de nouvelles usines d'ammoniac « vert » de 20 à 30 ans ne peut donc pas être couvert, et les couts de production ne sont pas adaptés au marché actuel.

#### Investissements et dispositifs financiers mis en place :

##### Investissements actuels :

Les investissements régionaux dans des projets liés à l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) sont encore limités, contrairement à ceux dans l'hydrogène (H<sub>2</sub>). Cependant, les acteurs locaux restent ouverts à l'idée d'explorer l'ammoniac, en particulier si des entreprises d'envergure manifestent un intérêt. Les startups et PME locales pourraient bénéficier de financements, notamment pour des projets innovants axés sur l'hydrogène.

##### Leviers de Financement Disponibles :

Les structures locales et nationales offrent plusieurs dispositifs de financement pour les projets d'innovation dans les filières H<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub>, incluant des subventions à la création et au financement en recherche et développement (R&D). Voici les options clés :

1. Subventions et Financements R&D :

- Les subventions pour les études de faisabilité sont disponibles en amont des projets pour les PME (moins de 250 employés), avec une aide maximale de **50 000 €**.

2. Prêts et Équité :

- Les prêts à faible taux sont disponibles pour certaines filières industrielles. Cependant, les projets ambitieux, nécessitant un financement supérieur à **100 millions d'euros**, risquent de dépasser les capacités de financement de structures telles que Bpifrance (BPI). Dans ce cas, une combinaison de financement, impliquant des prêts et des aides de structures comme la Banque des Territoires et l'ADEME, serait envisageable.

3. Dispositifs Filière :

- Certains dispositifs "filière" permettent un soutien ciblé à travers des outils industriels. Les prêts à taux réduit sont particulièrement encouragés pour les entreprises visant à renforcer l'industrialisation et à soutenir des initiatives à long terme dans les secteurs du H<sub>2</sub> et potentiellement du NH<sub>3</sub>.

Projets et acteurs :

Plusieurs acteurs majeurs jouent un rôle clé dans le développement et l'adoption de l'ammoniac vert. Des entreprises établies comme **Fertiberia** et **Yara** ont déjà lancé la production d'engrais décarbonés, ouvrant la voie à une transition vers des pratiques plus durables. Ces acteurs historiques prennent un risque modéré, car ils maîtrisent la chaîne logistique et possèdent des clients. Par ailleurs, de nouveaux entrants sur le marché, tels que **Fertighy**, pourraient transformer l'offre en France en introduisant une nouvelle usine de production. Cependant, le développement de l'ammoniac vert reste un défi financier, fortement tributaire du soutien politique pour structurer et stimuler la demande.

Certaines compagnies, à l'image de **Trafigura** et d'entreprises belges spécialisées, se démarquent comme pionnières dans l'adoption de l'ammoniac. Grâce à leur expertise dans la gestion de substances à haut risque industriel, elles encouragent son intégration dans divers secteurs.

Des sociétés d'investissement comme Hy24 (ARDIAN) ont investi dans quelques sociétés comme **Hy2Gen** (Allemagne) : Projets pour exporter de l'hydrogène via le crackage de l'ammoniac, **Intercontinental Energy** (Australie) : Production d'ammoniac pour exportation vers le Japon et la Corée (décarbonation des centrales électriques charbon).

Sur le plan logistique, des hubs européens comme **Anvers**, **Rotterdam** et **Hambourg** dominent actuellement en tant que points d'importation stratégiques pour l'ammoniac, bénéficiant d'infrastructures bien développées.

En France, le **port de Fos** possède un fort potentiel pour devenir un centre méditerranéen d'importation, offrant ainsi une alternative à la dépendance actuelle vis-à-vis de Rotterdam. Toutefois, des défis logistiques persistent, notamment en ce qui concerne la localisation des unités de « crackage » d'ammoniac et leur maturité technologique. La décision de les implanter dans les ports ou dans des zones industrielles intérieures reste en discussion, avec des tests en cours sur des prototypes de ces équipements.

Maturité de l'ammoniac :

Actuellement, l'ammoniac en tant que carburant maritime n'est pas encore assez mature pour une adoption à grande échelle. Le premier usage d'ammoniac en tant que carburant maritime sera dans les navires transportant de l'ammoniac.

## 2. Armateurs

### Contexte global :

Les armateurs sont engagés dans une transition énergétique pour réduire les émissions du transport maritime, en s'appuyant sur des carburants alternatifs et des solutions technologiques innovantes. Cette transition s'inscrit dans un contexte où la durée de vie moyenne des navires atteint 30 ans, nécessitant des stratégies à court et moyen terme. Actuellement, le méthanol est privilégié comme levier de décarbonation pour certains navires (type RoRo), notamment en raison de sa simplicité d'utilisation et de la clarté des itinéraires. D'autres options, comme l'hydrogène, les batteries ou l'ammoniac, sont également explorées pour répondre aux besoins spécifiques des différents types de navires.

### Réflexions et visions autour de l'ammoniac :

L'ammoniac est considéré par les armateurs comme un potentiel carburant d'avenir avec une capacité significative pour décarboner le transport maritime, mais son adoption est actuellement freinée par plusieurs limitations. Sa densité énergétique, bien qu'inférieure à celle des carburants fossiles, offre un compromis intéressant comparé à l'hydrogène, qui reste difficile à stocker et à transporter en raison de ses exigences techniques élevées. L'ammoniac est facile à manipuler et à stocker, ce qui en fait une option stratégique pour le transport maritime longue distance, notamment pour les porte-conteneurs et les vraquiers, deux segments où la demande en énergie est élevée.

Les armateurs soulignent néanmoins que la technologie de l'ammoniac n'est pas encore suffisamment mature pour une intégration immédiate et massive comme carburant maritime. Les défis incluent le développement de moteurs capables de fonctionner efficacement avec de l'ammoniac, ainsi que des préoccupations liées à sa toxicité et aux risques environnementaux en cas de fuite. De plus, la densité étant bien inférieur au fioul actuellement utilisé il faudrait doubler le volume des réservoirs ce qui engendrerait une diminution de place réservée au transport des marchandises. Ces aspects rendent son utilisation plus complexe par rapport à des solutions comme le méthanol ou l'HVO, déjà déployées sur certains types de navires. L'avantage des navires-méthanol ou HVO est qu'ils peuvent également fonctionner avec des carburants fossiles classiques. À contrario le choix d'avoir une motorisation ammoniaque réduit les alternatives, et laisse peu de choix de se « retourner » en cas d'échec de cette filière, ou de coût d'approvisionnement trop onéreux.

De plus, l'ammoniac est actuellement envisagé davantage comme un vecteur énergétique que comme une solution immédiate, en particulier dans le cadre de son utilisation pour transporter et "craquer" l'hydrogène à destination.

L'ammoniac pourrait également jouer un rôle clé comme fluide frigorigène dans les systèmes de réfrigération des navires, une application déjà bien maîtrisée, notamment dans les navires de pêche. Cette expertise dans la manipulation de l'ammoniac pour la réfrigération pourrait servir de tremplin pour une utilisation plus large dans les systèmes de propulsion. Par ailleurs, des projets émergent pour intégrer l'ammoniac dans la conception de navires plus petits, permettant ainsi d'expérimenter son impact environnemental et opérationnel avant une adoption à grande échelle.

Les corridors verts entre l'Asie et l'Europe offrent une opportunité stratégique pour positionner l'ammoniac comme un carburant décarboné dans le transport maritime international. Cependant, pour que cette vision devienne réalité, des investissements importants sont nécessaires dans les infrastructures portuaires, notamment pour le stockage et le soutage.

Dans le cadre de la transition énergétique maritime, la gestion foncière des ports intégrant plusieurs types de carburant en cohabitation peut s'avérer complexe. Des solutions innovantes, comme des unités mobiles de stockage, de distribution ou des systèmes de cracking flottant sont actuellement explorées pour surmonter les défis liés à la manipulation et à une utilisation sécurisée de l'ammoniac dans les ports.

En résumé, l'ammoniac est perçu comme une solution prometteuse, mais encore immature. Il représente une piste à fort potentiel pour répondre aux exigences de décarbonation du transport maritime, tout en posant des défis techniques, environnementaux et réglementaires qu'il reste à surmonter. Son rôle futur dépendra des avancées technologiques, du soutien politique et des initiatives pour structurer la demande et les infrastructures associées.

#### Projets et acteurs :

Des initiatives émergent pour intégrer l'ammoniac dans les opérations maritimes. En **Norvège**, un système de cracking flottant est en cours de développement pour convertir l'ammoniac en hydrogène à bord des navires, tout en permettant le soutage de navire à navire.

En France, des ports comme **Saint-Nazaire** jouent un rôle clé dans la transition énergétique, bien que les ports français ne soient pas forcément moteurs dans le développement des infrastructures pour le stockage et le soutage de l'ammoniac.

De plus, les ports émettent des réserves quant à une possible production d'ammoniac en France, due à un coût de l'électricité élevé comparé à d'autres pays.

#### Maturité de l'ammoniac :

L'ammoniac, bien qu'identifié comme un carburant prometteur, manque encore de maturité pour une potentielle utilisation généralisée dans le secteur maritime. Des défis techniques et réglementaires subsistent, notamment en matière de normes et de certifications. Les technologies comme la propulsion diesel-électrique et les systèmes intégrant des batteries offrent des solutions transitoires, mais l'adoption de l'ammoniac nécessitera davantage de recherche, de développement et d'investissement pour surmonter les contraintes actuelles.

En résumé, si l'ammoniac n'est pas encore prêt pour un usage à grande échelle, il reste une piste de réflexions sur l'avenir des carburants maritimes et s'impose comme une alternative stratégique à explorer dans le cadre des objectifs de zéro émission.

## **3. Institutionnel**

#### Contexte global :

La décarbonation du secteur maritime est vue comme un des secteurs clés de la transition énergétique. En Europe, les premières politiques publiques se sont davantage axées autour de la décarbonation du transport terrestre et la décarbonation industrielle. La décarbonation maritime fait face à des leviers de décarbonation moins mûre par rapport au transport terrestre, et des problématiques de compétitivité et d'emploi moins important que le secteur industriel.

#### Réflexions et visions autour de l'ammoniac :

##### Contexte national :

À l'échelle nationale, l'ammoniac est principalement vu comme un produit industriel destiné à faire des engrais. La modélisation des usages de l'ammoniac dans les transports maritimes est trop incertaine pour dessiner une stratégie intégrant cet usage. La stratégie nationale de décarbonation de l'ammoniac se confronte à plusieurs problématiques :

- Compétitivité de production & situation avec la Russie
- Sites français vieillissants qui nécessitent de nouveaux investissements

Il apparaît un manque de cohérence entre une politique publique tournée autour de la décarbonation et une politique publique de réindustrialisation. Certains sites clés comme celui de YARA au Havre, qui fournit la majorité de l'urée destinée à faire de l'AdBlue sont soutenus massivement par l'état et un fort regard est posé sur ces installations. D'autres sites récemment fermés (LAT Nitrogen en Seine & Marne, YARA à Montoir de Bretagne) ont traduit les stratégies privées de délocalisation des unités de production d'ammoniac ou d'engrais, faisant face à de trop grands couts de mise aux normes et de décarbonation des usines.

#### Contexte local :

Le port de Brest occupe une position stratégique dans la région Bretagne, à la fois en tant qu'acteur économique clé et en tant que plateforme logistique majeure. Ce port se distingue par ses caractéristiques uniques et ses ambitions de développement à long terme.

#### Caractéristiques du port

Le port de Brest est principalement un port d'importation, spécialisé dans les hydrocarbures et le gaz et les réparations navales. Ses installations sont adaptées au stockage et à l'embouteillage de ces ressources, tandis que ses quais se spécialisent progressivement pour répondre aux besoins spécifiques des flux énergétiques. Brest est également un port en longueur, favorisant la réparation navale grâce à des infrastructures adaptées à ce secteur stratégique. Cette activité représente un levier important pour son positionnement dans le réseau maritime régional.

#### Importance économique et sociale

Avec 1 500 emplois directs et 2 500 emplois indirects, le port contribue significativement à l'économie régionale, générant un revenu annuel estimé à 22 millions d'euros. Ces chiffres reflètent son rôle central dans l'écosystème économique local, notamment dans les domaines de la logistique, de l'énergie et de la réparation navale.

#### Planification stratégique et ambitions

Le port de Brest s'inscrit dans une stratégie de développement sur 40 ans, visant à équilibrer l'emploi et la transition écologique. Ce plan, financé à hauteur de 500 millions d'euros sur 10 ans (dont 30 % par le secteur privé), vise à moderniser les infrastructures, renforcer les services liés à l'énergie et intégrer le port dans des chaînes logistiques plus fluides. Brest ambitionne de diversifier ses activités, avec des terminaux spécialisés pour l'énergie et la réparation navale, tout en s'inscrivant dans les objectifs européens du réseau **TEN-T**, qui assure une visibilité accrue, mais impose des normes strictes à respecter.

#### Enjeux environnementaux et transition énergétique

Dans le cadre de sa transition écologique, le port explore des solutions innovantes, comme l'électrification progressive des quais d'ici 2035, la gestion des flux massifiés et le développement de projets liés au GNL (Gaz Naturel Liquéfié) et au méthanol. Brest évalue également la possibilité de libérer du foncier en retirant les cuves de stockage d'hydrocarbures, bien que la production d'ammoniac vert reste limitée à cause des contraintes foncières.

## Contributions à la décarbonation maritime

Bien que le port ne dispose pas encore de solutions matures pour produire de l'ammoniac vert, il peut jouer un rôle clé dans son stockage et sa distribution, soutenant ainsi les initiatives de décarbonation du secteur maritime. En collaborant avec d'autres ports de la mer du Nord pour partager technologies et services, Brest se positionne comme un acteur engagé dans la transition énergétique à l'échelle européenne.

Cette combinaison d'atouts logistiques, économiques et environnementaux confère au port de Brest un rôle central dans la stratégie locale et nationale de décarbonation maritime, tout en offrant des perspectives d'emplois et de revenus significatifs pour la région.

## **4. Développeur de projet**

### Contexte global :

Les développeurs de projet jouent un rôle essentiel dans la transition énergétique, en intégrant des solutions innovantes, notamment basées sur l'hydrogène, dans divers secteurs industriels. Cette approche vise principalement à réduire les émissions de carbone, notamment dans des industries comme la sidérurgie. Toutefois, les stratégies spécifiques aux e-fuels ou à la production d'ammoniac restent en retrait en raison des compétences techniques requises et des incertitudes liées aux marchés émergents.

### Réflexions et visions autour de l'ammoniac :

L'ammoniac émerge comme un vecteur énergétique prometteur, en particulier pour le transport de l'hydrogène vert et comme carburant alternatif à long terme. Cependant, sa compétitivité en France est limitée par le cout élevé de l'électricité. En revanche, des régions comme le Maghreb et l'Amérique latine, dotées de ressources énergétiques renouvelables à bas cout, sont privilégiées pour sa production, combinée à une stratégie d'importation vers l'Europe pour optimiser les couts et répondre à une demande croissante.

Dans les industries, l'ammoniac est déjà utilisé comme fluide frigorifique ou testé en co-combustion dans certaines centrales électriques, principalement en Asie. Pour le transport maritime, il est envisagé comme carburant pour des navires de grande capacité (tankers, vraquiers), bien que des contraintes techniques et de sécurité en limitent actuellement l'adoption. D'autres solutions, comme le méthanol et le Gaz Naturel Liquéfié (GNL), sont privilégiées à court terme en raison de leur compatibilité avec les infrastructures existantes et de leur maturité technologique.

Ainsi, bien que l'ammoniac soit perçu comme un levier stratégique pour l'avenir, les efforts se concentrent actuellement sur des carburants plus facilement exploitables, tels que le méthanol, en raison de ses avantages opérationnels et logistiques.

### Projets et acteurs :

Les développeurs de projet investissent dans des initiatives internationales et européennes visant à renforcer la production et l'intégration de l'ammoniac vert dans les chaînes d'approvisionnement :

- **International** : Au Maghreb, des projets exploitent des électrolyseurs de 200 MW pour une production annuelle de 200 000 tonnes. En Amérique latine, le projet H2 Pecém combine production locale et exportation vers l'Europe.
- **Europe** : Le projet du Havre vise une production de 1 000 tonnes par jour, soutenu par 149 millions d'euros de subventions. Ce projet intègre des technologies avancées

comme l'électrolyse et la capture du CO<sub>2</sub> pour répondre aux besoins agricoles et industriels, tout en explorant des applications maritimes et la production d'AdBlue.

Dans le transport maritime, des innovations comme le cracking flottant de l'ammoniac en hydrogène et des corridors verts entre l'Asie et l'Europe sont à l'étude pour surmonter les défis logistiques et faciliter son adoption.

#### Maturité de l'ammoniac :

Malgré le potentiel de l'ammoniac vert, son déploiement à grande échelle est freiné par plusieurs défis techniques et logistiques. D'une part, des solutions adaptées pour les réservoirs, en particulier sur les navires à capacité limitée tels que les porte-conteneurs, sont nécessaires pour garantir une intégration efficace. D'autre part, des préoccupations concernant la sécurité et l'acceptation des infrastructures portuaires demeurent des obstacles à surmonter. Toutefois, des avancées sont en cours à travers des projets pilotes, notamment dans le cadre de la co-combustion et dans certaines zones maritimes stratégiques. Bien que l'ammoniac soit perçu comme une solution d'avenir, son développement dépend d'investissements soutenus pour résoudre ces défis et permettre son adoption à large échelle.

### III. Dimensionnement technicoéconomique de l'unité de production

Le rôle de ce chapitre et d'évaluer un coût de production d'ammoniac renouvelable en Bretagne, et d'étudier ses sensibilités. Deux scénarios de dimensionnement ont été réalisé ainsi que plusieurs sensibilités économiques, notamment en vue d'évaluer les leviers importants permettant la viabilité du projet.

#### 1. Dimensionnement de l'unité de production :

Rappel des caractéristiques techniques de l'ammoniac :

	Ammoniac liquide	GNL liquide	Fioul IFO 380	
<b>Massé volumique</b>	0.682 kg/L.	0.46 kg/L.	0.98 kg/L	
<b>Densité</b>	0.682	0,46	0.98	
<b>Densité énergétique</b>	11.5 MJ/L	22.4 MJ/L	38 MJ/L	
<b>Pouvoir calorifique</b>	Inférieur Supérieur	18,6 MJ/kg 22,5 MJ/kg	46 à 55 MJ/kg 50 à 60 MJ/kg	40 à 42 MJ/kg 42 à 45 MJ/kg

Tableau 1. Caractéristiques de différents carburants

Pour donner un ordre d'idée :

**100 Litres de fioul  $\Leftrightarrow$  170 Litres de GNL  $\Leftrightarrow$  330 Litres d'ammoniac**

Pour avoir la même quantité d'énergie, il faudra donc **3 fois plus d'espace de stockage d'ammoniac en tant que carburant que le fioul** sur les bateaux.

De plus l'énergie d'ignition de l'ammoniac est bien supérieure à celui du fioul ce qui signifie qu'il faudra utiliser plus d'énergie pour bruler de l'ammoniaque et maintenir cette combustion que pour le fioul. C'est pour cela que l'ammoniac pourrait utiliser en co-combustion avec un autre comburant possédant un pouvoir calorifique plus élevé.

Rappel : Procédé Haber-Bosh

La production d'ammoniac repose sur le procédé Haber-Bosch (HB), une technologie industrielle essentielle, mais énergivore. Ce processus chimique combine l'hydrogène et l'azote pour synthétiser de l'ammoniac, un composé clé dans la fabrication d'engrais. Bien que le procédé soit performant grâce à un système de recyclage des gaz, il reste énergétiquement exigeant et indirectement émetteur de CO<sub>2</sub> en raison de la production d'hydrogène.

Le cœur du procédé se trouve dans un réacteur fonctionnant à une pression de **15 à 25 MPa** et une température de **400 à 450 °C**. Un catalyseur à base de fer<sup>1</sup> favorise la réaction entre le dihydrogène (H<sub>2</sub>) et le diazote (N<sub>2</sub>). Cependant, le taux de conversion direct est limité à 15 %, nécessitant un recyclage des gaz non convertis. Une fois le mélange gazeux refroidi dans un condenseur, l'ammoniac se condense et est extrait, tandis que les gaz restants (H<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>) sont recompressés, réchauffés, et réintroduits dans le réacteur. Ce système de boucle de recyclage permet d'atteindre un rendement global allant de **98 % à 99.9%** (soit **0,18 tH<sub>2</sub> consommé par tonne d'ammoniac produit**).

<sup>1</sup> magnétite ou wustite

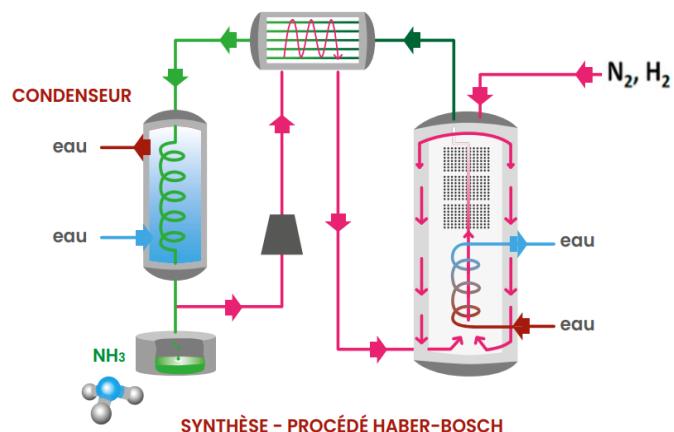


Figure 1 : Schéma de production d'ammoniac par Haber-Bosch

Chimiquement, le procédé Haber-Bosch n'émet pas directement de CO<sub>2</sub>. Cependant, la production de l'hydrogène utilisé repose majoritairement sur des combustibles fossiles (gaz naturel et charbon), générant des émissions significatives de **11 à 23 kgCO<sub>2</sub> par kilogramme d'hydrogène**. En raison de la forte consommation continue d'hydrogène, les sites de production d'ammoniac incluent systématiquement une unité de production d'hydrogène carboné sur place, ce qui alourdit leur empreinte carbone globale.

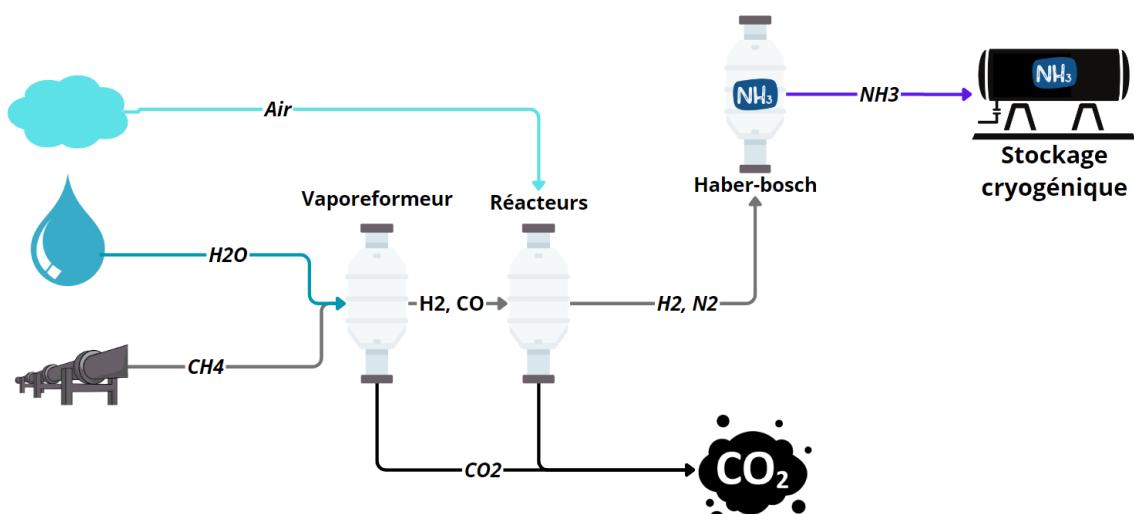


Figure 2: Schéma de production ammoniac carboné

## 1.1. Scénarios de dimensionnement

Nous avons dimensionné deux scénarios pour le port de Brest différenciés sur le tonnage de production :

Ces scénarios ont été élaborés en s'appuyant sur les installations de production d'ammoniac existantes à l'échelle mondiale (voir premier livrable de l'étude)<sup>2</sup>, tout en tenant compte des contraintes économiques et techniques liées à ce type de projet portuaire. Les usines de production utilisent de l'hydrogène renouvelable/bas-carbone par électrolyse et donc visent à produire de l'ammoniac bas-carbone.

1. **Premier scénario** : la mise en œuvre d'une production d'ammoniac de 50 tonnes par jour (MTPD<sup>3</sup>).
2. **Deuxième scénario** : la mise en œuvre d'une production d'ammoniac de 500 tonnes par jour (MTPD).

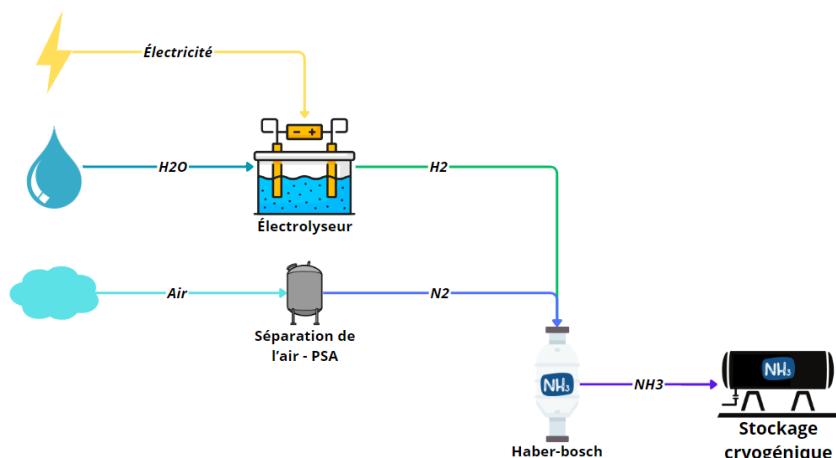


Figure 3 : Schéma de production d'ammoniac bas-carbone

À titre d'information, un porte-conteneurs de 13 000 EVP (équivalent vingt pieds), soit environ **360 mètres de longueur** qui utilisera uniquement de l'ammoniac en carburant consommera en moyenne 40 000 tonnes d'ammoniac par an et dispose d'une capacité de réservoir de 8 000 à 10 000 tonnes d'ammoniac.

Il convient de noter qu'un bateau de ce type ne s'avitaille généralement pas lorsque son réservoir est vide. En effet, il se réapprovisionne progressivement lors de ses escales, parallèlement aux opérations de déchargement des conteneurs.

Le scénario **500 MTPD** est donc **un scénario produisant massivement de l'ammoniac** pouvant alimenter **tout type de navires et porte container**, le scénario **50 MTPD** représente un projet plus modeste capable d'alimenter de premiers **navires de plus petites tailles** ou avec de **faibles volumes**.

<sup>2</sup> Aujourd'hui, les installations industrielles de production d'ammoniac varient en moyenne entre 400 et 1500 MTPD

<sup>3</sup> L'unité Metric Ton Per Day sera utilisé par la suite

## 1.2. Occupation foncière

Production de 50 tonnes/jour d'ammoniac avec un électrolyseur de 20 MW :

Superficie de l'installation :	
Empreinte au sol de l'électrolyseur	700 m <sup>2</sup>
Empreinte au sol du procédé Haber-Bosch	400 m <sup>2</sup>
Stockage NH <sub>3</sub> (4jours) :	Environ 150 m <sup>2</sup>
<b>Total</b>	<b>1 250 m<sup>2</sup></b>

Tableau 2 Superficie au sol de l'installation d'une production de 50 MTPD d'ammoniac

### Périmètre de sécurité :

Le périmètre de sécurité a été calculé en fonction de différents scénarios accidentels, notamment les fuites et explosions. En cas de rupture d'un réservoir de stockage d'ammoniac, une fuite de 10 à 50 tonnes de NH<sub>3</sub> pourrait libérer un nuage gazeux, dangereux à proximité. Bien qu'un BLEVE<sup>4</sup> soit moins probable dans une petite installation, un incendie externe pourrait endommager les réservoirs.

Les périmètres de sécurité associés à cette installation sont définis à l'aide de modèles de dispersion de gaz tels qu'ALOHA :

Zone	Seuil de concentration	Distance typique (approximative)
Zone d'exclusion totale	SEL 5 000 ppm (letalité immédiate)	200 à 500 m
Zone de danger élevé	SEL 1 000 ppm (effets graves)	500 à 1 000 m
Zone de vigilance accrue	SEL 300 ppm (toxicité modérée)	1 à 2 km
Zone de précaution	50-100 ppm (irritation)	Jusqu'à 3 km, selon le vent

Tableau 3 Zone de Danger autour d'une installation de 50 MTPD d'ammoniac

Les distances de sécurité peuvent être influencées par des facteurs tels que le vent et la topographie. Un vent faible (<2 m/s) pourrait concentrer le gaz, tandis qu'un vent fort (>5 m/s) favoriserait la dispersion, mais réduirait la létalité. La présence de zones urbaines ou de barrières naturelles impacte également la propagation du gaz.

Pour une installation produisant **50 tonnes/jour**, voici les recommandations pour le périmètre de sécurité :

- **500 m** : Zone d'exclusion immédiate.
- **1 km** : Zone de danger élevé, nécessitant des mesures de confinement et de protection.
- **2 à 3 km** : Zone de vigilance accrue, incluant la communication et la gestion des populations.

<sup>4</sup> Vaporisation violente à caractère explosif d'un liquide, ici de l'ammoniac liquide

## Production de 500 tonnes/jour d'ammoniac avec un électrolyseur de 200 MW :

Superficie de l'installation :	
Empreinte au sol de l'électrolyseur	22 000 m <sup>2</sup>
Empreinte au sol du procédé Haber-Bosch	2500 m <sup>2</sup>
Stockage NH <sub>3</sub> (4jours) :	Environ 630m <sup>2</sup>
Total	25 130 m <sup>2</sup>

Tableau 4 Superficie au sol de l'installation d'une production de 500 MTPD d'ammoniac

### Périmètre de sécurité :

Le périmètre de sécurité autour de l'installation a été calculé en prenant en compte divers scénarios accidentels, incluant des fuites et explosions. En cas de rupture d'un réservoir, une fuite de 100 à 500 tonnes d'ammoniac pourrait se vaporiser rapidement, créant un nuage gazeux dense, particulièrement dangereux à proximité. Les impacts de ces évènements dépendent principalement de la quantité d'ammoniac libérée et des conditions météorologiques locales.

Les périmètres de sécurité sont définis à l'aide de modèles de dispersion de gaz tels qu'ALOHA<sup>5</sup>, en tenant compte des seuils de concentration standard pour les effets graves et mortels.

Zone	Seuil de concentration	Distance typique (approximative)
Zone d'exclusion totale	SEL 5 000 ppm (letalité immédiate)	500 à 1 000 m
Zone de danger élevé	SEL 1 000 ppm (effets graves)	1 à 2,5 km
Zone de vigilance accrue	SEL 300 ppm (toxicité modérée)	3 à 5 km
Zone de précaution	50-100 ppm (irritation)	Jusqu'à 8 km, selon le vent

Tableau 5 Zone de Danger autour d'une installation de 500 MTPD d'ammoniac

Les conditions météorologiques ont un impact important sur la dispersion du gaz. En cas de vent faible (<2 m/s), le gaz peut rester concentré sur de longues distances, augmentant le danger. En revanche, un vent fort (>5 m/s) favorisera la dispersion du gaz, mais réduira la létalité en raison de l'augmentation de la zone affectée horizontalement. La présence d'éléments naturels comme des collines ou des zones urbaines peut également influencer la propagation du gaz.

Pour une installation produisant **500 tonnes/jour d'ammoniac** avec un espace de stockage important, voici une estimation du périmètre de sécurité :

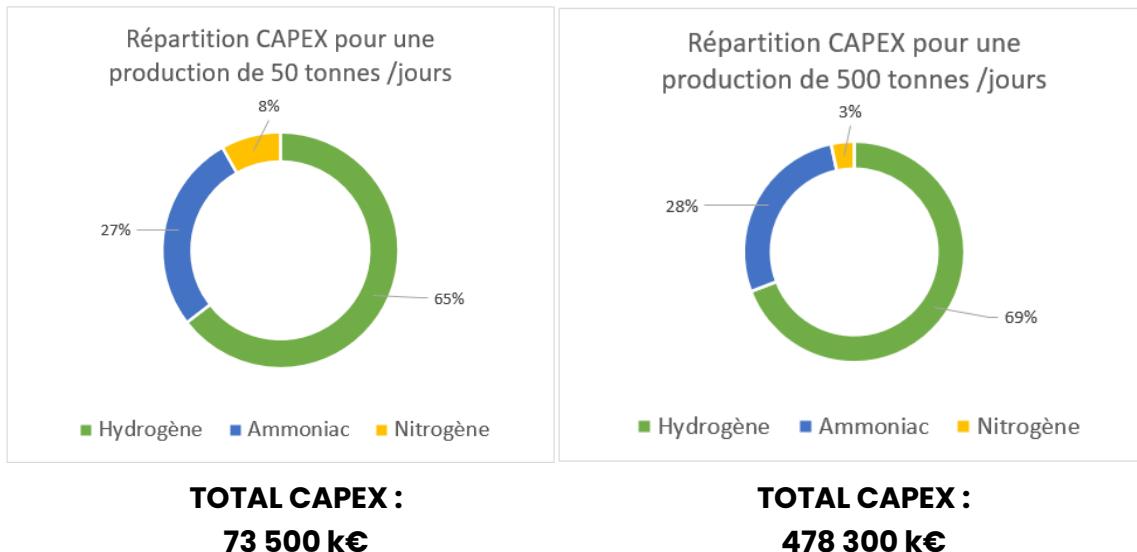
- **1 km** : Zone d'exclusion totale.
- **3 km** : Zone de préparation à l'évacuation pour des effets graves.
- **5 à 8 km** : Zone de vigilance accrue pour des effets modérés.

<sup>5</sup> Guide pour la rédaction des études de dangers des installations de réfrigération à l'ammoniac : [dra-14-141532-11390c-guideedd-nh3-1441269436.pdf](http://dra-14-141532-11390c-guideedd-nh3-1441269436.pdf)

## 2. Modèle économique

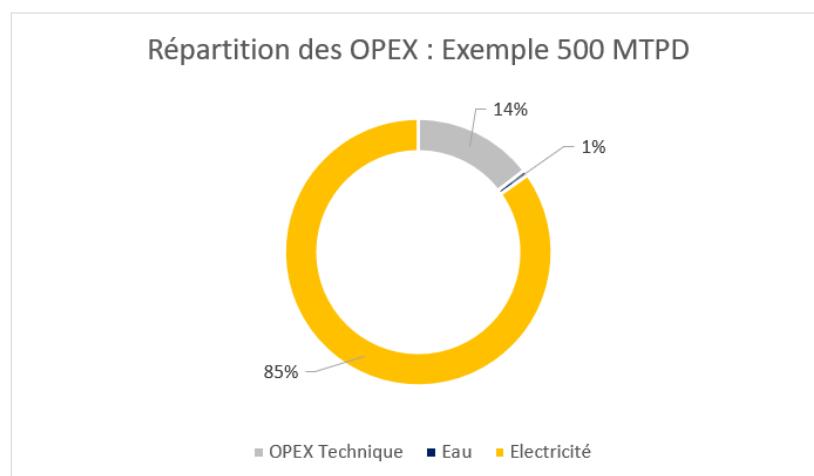
### 2.1. Chiffrage des scénarios

#### CAPEX :



Bien que l'hydrogène soit le principal contributeur aux couts d'investissement dans les deux scénarios, son poids augmente légèrement à plus grande échelle, tandis que les couts relatifs à l'azote diminuent proportionnellement. Cela traduit l'optimisation des couts d'investissements pour les grandes installations de production d'ammoniac, aujourd'hui déjà mature et maîtrisé à une échelle industrielle.

#### OPEX :

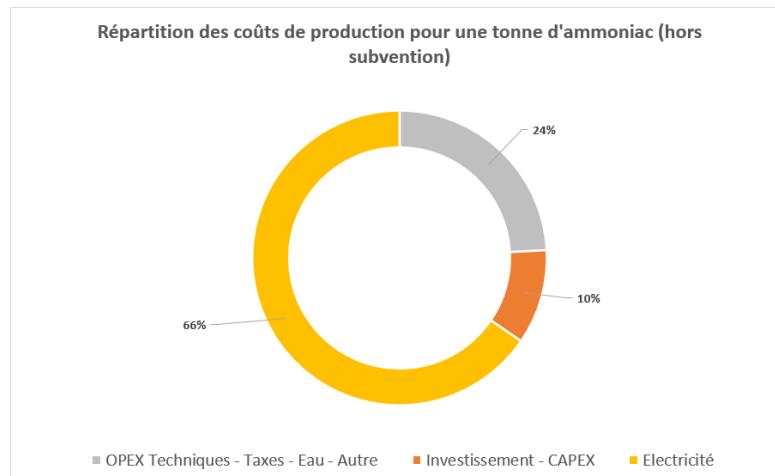


Les couts opérationnels liés à la consommation d'électricité dominent le modèle économique du projet. En effet, la production d'hydrogène, la purification de l'eau, la production d'azote et la gestion des fluides dans l'installation consomment uniquement de l'électricité. Pour une installation plus petite (50 MTPD), la part des OPEX techniques peut être légèrement supérieure.

Pour une installation de 500 MTPD, l'usine consommera entre **1.8 et 2.5 TWh/an<sup>6</sup>** (suivant les années et les maintenances réalisées) ;

Pour une installation de 50 MTPD, il n'y a pas de perte d'efficacité énergétique, l'usine consommera donc entre **0.18 et 0.25 TWh/an**.

### Cout de production :



On remarque que la place du CAPEX par rapport aux OPEX est minime, l'industrie de l'ammoniac dépend donc fortement d'aides au fonctionnement plutôt que d'aide à l'investissement.

La part non négligeable des OPEX opérationnelles s'explique par l'indexation de ces couts sur une inflation modélisée dans le BP. À contrario, le choix a été fait de modéliser l'électricité avec des couts maîtrisés sur le long terme via des PPA. La stratégie de sourcing d'électricité peut influer fortement la répartition des OPEX.

Le cout de production d'ammoniac dépend de nombreux paramètres dont les sensibilités et leurs répercussions sont explicitées dans la partie suivante.

<sup>6</sup> Soit la totalité de la production éolienne terrestre de Bretagne en 2022 (Source : Observatoire de l'environnement en Bretagne, [lien](#))

## 2.2. Sensibilités

Les différentes sensibilités ont été simulées sur le scénario d'une installation produisant 500 tonnes d'ammoniac par jour.

En ce qui concerne les différentes sensibilités réalisées, nous avons identifié trois paramètres principaux qui influencent le prix de vente final de l'ammoniac vert produit. Par ailleurs, nous avons fixé un TRI (Taux de Rendement Interne) à 12 %, considérant qu'un tel niveau rend le projet attractif.

L'hypothèse d'un projet mis en service en 2030 a été prise.

Pour rappel le prix de marché de l'ammoniac est très volatil, car dépendant du prix du gaz, du marché agricole (demande) et de la zone d'échange. Hors période de crise, le cout de l'ammoniac varie aujourd'hui entre **300 et 550 €/t NH<sub>3</sub>**.

### Le cout de l'électricité

Prix d'électricité (hors taxes, lissé <sup>[1]</sup> )	35 €/MWh	70 €/MWh	100 €/MWh
Prix de production de la tonne d'ammoniac	650 €/tNH <sub>3</sub>	1046 €/tNH <sub>3</sub>	1384 €/tNH <sub>3</sub>

Avec des subventions standards (10% sur les CAPEX et 1,50€/kgH<sub>2</sub> sur les OPEX sur 15 ans) et avec compensation carbone  
*Tableau 6 Sensibilité du prix de l'électricité*

Comme déjà démontré, le prix de l'ammoniac bas-carbone est fortement indexé au prix de l'électricité. Cette dépendance à la ressource énergétique n'est pas nouvelle pour cette industrie historiquement dépendante des prix du gaz naturel.

Afin de produire de l'ammoniac compétitif, maîtriser sur le long terme un cout d'approvisionnement électrique bas est donc un prérequis. À ce jour en France, que ce soit avec les contrats d'allocation de production nucléaire lancée en 2024 par l'état, ou avec des PPA renouvelables lissés, le cout d'approvisionnement électrique descendre en dessous de 60 €/MWh.

On notera que les prix indiqués si dessous comprennent déjà un certain volume d'aides et de subventions, davantage détaillé par la suite.

### Les quotas carbone & la compensation carbone

#### Explication quotas carbone ETS :

Le système d'échange de quotas d'émission (SEQE-UE) est un mécanisme de l'Union européenne qui vise à réduire progressivement les émissions de gaz à effet de serre (GES) des secteurs industriels. Il repose sur le principe du "pollueur-payeur".

Chaque année, des entreprises reçoivent et/ou achètent des quotas d'émission (en tCO<sub>2</sub>). Chaque quota autorise l'émission d'une tonne de CO<sub>2</sub> équivalent. Si une entreprise dépasse son quota, elle doit acheter des droits supplémentaires. Si elle émet moins que les autres usines de son secteur, elle peut vendre l'excédent sur le marché. Le marché carbone européen couvre depuis 2005 les installations de production d'ammoniac

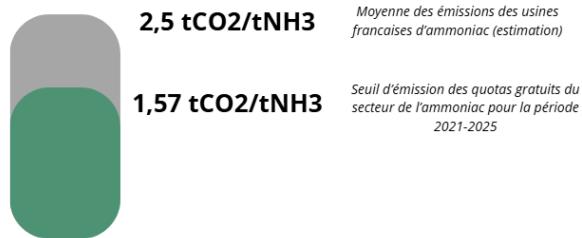


Figure 4 : Exemple du seuil d'émission pour le secteur de l'ammoniac en Europe

**Exemple :**

- ❖ Une usine qui produit **500 MTPD et qui émet 2,5 tCO2/tNH3** produit doit acheter chaque année  $(2,5 - 1,57) * 500 * 365 = 170\,000$  quotas sur le marché.
- ❖ Une usine qui produit **500 MTPD et qui émet 1,3 tCO2/tNH3<sup>7</sup>** produit peut vendre  $(1,57 - 1,3) * 500 * 365 = 50\,000$  quotas sur le marché chaque année

En vue de la fin de ces quotas gratuits actée pour 2032, la réduction du nombre d'émissions de quotas gratuits est en accélération, et d'autres secteurs sont ajoutés<sup>8</sup> au marché carbone (maritime, ...).

Ces modifications vont donc **augmenter la valeur des quotas CO2** sur le marché (davantage de demandes pour moins d'offres), et vont modifier durablement les modèles économiques des installations produisant de l'ammoniac en Europe. Pénalisant les installations les plus émettrices de CO2 tout en rémunérant les installations les plus décarbonées.

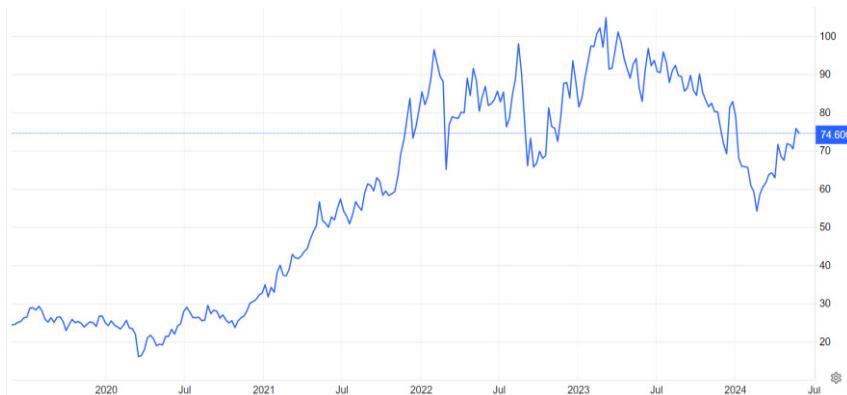


Figure 5 : Évolution des prix des quotas carbone période 2019 - 2024

<sup>7</sup> Uniquement le scope 1 d'émission est pris dans les calculs de seuil. Ce qui veut dire qu'une installation de production d'ammoniac vert pourrait revendre l'intégralité de ses quotas d'émission CO2

<sup>8</sup> Voir livrable phase 1

## Explication Compensation cout carbone :

Le mécanisme de **compensation des couts indirects carbone** permet aux industriels fortement consommateurs d'énergie de compenser une partie des couts liés aux émissions indirectes de CO<sub>2</sub>. Chaque année, les entreprises éligibles peuvent demander une aide financière calculée en fonction de leurs niveaux de production, de leur efficacité énergétique et du cout des quotas CO<sub>2</sub> sur le marché<sup>9</sup>. La compensation des couts indirects carbone peut être vu comme une aide étatique aux industries nationales sur leur consommation énergétique.

À titre d'exemple, plus de **1 milliard d'euros ont été versés en France aux industries en 2023** au titre des compensations des couts indirects carbone.

Ce dispositif vise à prévenir les fuites de carbone (délocalisation vers des pays sans taxes carbone industriels) tout en incitant les industriels à investir dans des technologies plus propres par l'électrification. Cependant il est prévu que ce mécanisme prenne fin en 2030 avec la mise en place du MACF<sup>10</sup>, des discussions sont en cours pour faire perdurer ce mécanisme d'aide aux entreprises énergointensives.

Le volume de revenus pour cette compensation carbone est **indexé au prix des quotas CO<sub>2</sub>** et en fonction du volume de production industrielle, d'un facteur d'émission sectorielle<sup>11</sup>, un facteur d'émission nationale.

Dans les sensibilités, la prise en compte d'hypothèses de prolongement dégressif de ce mécanisme d'aide aux industries nationales a été réalisée.

<b>Prix moyen de la tonne de CO<sub>2</sub> (sur 20 ans)</b>	0 €/tCO <sub>2</sub>	138,94 €/tCO <sub>2</sub>	250 €/tCO <sub>2</sub>
<b>Prix de vente de la tonne d'ammoniac</b>	1125 €/tNH <sub>3</sub>	1046 €/tNH <sub>3</sub>	922 €/tNH <sub>3</sub>

Avec des subventions standards (10% sur les CAPEX et 1,50€/kgH2 sur les OPEX) et avec compensation carbone. Prix d'électricité à 70€/MWh

Tableau 7 Sensibilité du prix moyen de la tonne de CO<sub>2</sub> (sur 20 ans)

Les prix d'évolution du marché carbone ont une incidence importante sur le prix de production d'ammoniac. En effet, ce marché à plusieurs leviers important :

- ✓ Ajout de bénéfices via la vente des quotas ETS généré par l'installation
- ✓ Augmentation des aides de compensations cout carbone sur l'électricité achetée
- ✓ Plus de pénalités sur l'ammoniac carboné, et donc une plus grande compétitivité sur le marché

*Les graphiques de modélisation d'évolution du prix carbone suivant ces trois sensibilités sont disponibles en Annexes*

<sup>9</sup> Donc plus les quotas sont élevés, plus les entreprises ont le droit à une aide importante de compensation cout carbone

<sup>10</sup> Mécanisme d'ajustement du carbone aux frontières

<sup>11</sup> Définis dans le code de l'énergie

## Les subventions

Les leviers d'aides économiques existants peuvent prendre deux formes : Des subventions sur les CAPEX ou sur les OPEX.

Les scénarios ont été réalisés en prenant en compte des niveaux de subventions CAPEX réalistes par rapport aux politiques nationales et européennes actuelles, et un mode de subvention OPEX basée sur le mécanisme d'aide à la production d'hydrogène établie par la France dont le premier guichet devrait paraître en 2025<sup>12</sup>.

Subventions CAPEX	47 831 k€ (Soit 10% des CAPEX)	95 662 k€ (Soit 20% des CAPEX)	95 662 k€ (Soit 20% des CAPEX)	0 k€
Subvention OPEX (sur 15 ans)	1 €/kgH <sub>2</sub> Soit 506 M€ sur 15 ans	2 €/kgH <sub>2</sub> Soit 972 M€ sur 15 ans	3 €/kgH <sub>2</sub> Soit 1 456 M€ sur 15 ans	0 €/kgH <sub>2</sub>
Prix de vente de la tonne d'ammoniac	1 138 €/tNH <sub>3</sub>	933 €/tNH <sub>3</sub>	774 €/tNH <sub>3</sub>	1390 €/tNH <sub>3</sub>

Avec compensation carbone à 70€/MWh

Tableau 8 Sensibilité des subventions CAPEX et OPEX

Le volume économique de soutien public à la décarbonation et la réindustrialisation n'est négligeable pour aucun secteur, et l'ammoniac n'en fait partie. Des mécanismes existent pour atteindre ces niveaux de subventions, les différents projets sont principalement classés par un critère d'efficacité de décarbonation (en €/ tCO<sub>2</sub> évité). Le secteur historique de l'ammoniac représente une source non négligeable des émissions de CO<sub>2</sub> en France, et une part importante de nos importations<sup>13</sup>.

Cependant l'ammoniac est déjà une commodité mondialisée facilement échangeable et transportable, la compétition de l'ammoniac décarboné sera donc également à l'échelle mondiale. Les premiers projets en construction nous indiquent des couts de production dans des pays du sud et livraison en Europe autour de 900 – 1000 €/tNH<sub>3</sub><sup>14</sup>. Ces prix peuvent donc être atteints en France moyennant une volonté politique d'accompagner économiquement une forme de souveraineté sur ce secteur.

## Conclusion :

À partir des différentes sensibilités étudiées, pour le scénario de production de 500 MTPD, il serait nécessaire de fixer **le prix de vente de la tonne d'ammoniac à environ 1 050 euros**. Le scénario d'un projet plus petit de 50 MTPD engendre des résultats similaires sur les sensibilités, mais avec des couts de production supérieurs.

Dans ce scénario, qui semble le plus réaliste, les hypothèses suivantes ont été retenues : un cout de l'électricité de 70 €/MWh, des subventions CAPEX à hauteur de 10 %, des subventions OPEX de 1,50 €/kgH<sub>2</sub>, et un prix moyen de revente de la tonne de CO<sub>2</sub> de 138,94 € sur 15 ans, et avec une aide à la compensation cout carbone durant les premières années de mise en service.

<sup>12</sup> Mécanisme d'aide à la production d'hydrogène piloté par l'ADEME avec un premier dépôt de dossier prévu pour le 14 Mars 2025. Le mécanisme permettra de subventionner jusqu'à 4€/kgH<sub>2</sub> les projets industriels, les usines d'ammoniac étant éligibles.

<sup>13</sup> 65% de notre ammoniac consommé est importé, cf livrable partie 1

<sup>14</sup> Résultat marché H2Global pour importation à Rotterdam 2024

À titre de comparaison, H2Global (en Allemagne) a récemment signé un contrat d'importation portant sur **259 000 tonnes d'ammoniac vert** à importer d'ici 2033. Ce contrat prévoit un prix d'achat de **1 000 euros par tonne d'ammoniac importée**, pour un prix de vente moyen net en Egypte fixé à **811,30 euros**.

En moyenne, le cout de transport de l'ammoniac est estimé entre 50 et 200 euros par tonne, avec des variations en fonction de la quantité transportée et de la localisation.

Actuellement, le prix de la tonne d'ammoniac en Europe est d'environ **520 euros**. Le prix de vente de la tonne d'ammoniac vert dans le cadre de cette étude serait donc **près de deux fois supérieur à celui du marché actuel de l'ammoniac carboné**, et peut être proche du marché émergeant de l'ammoniac renouvelable si de fortes subventions sont fléchées vers ce type de projet.

## IV. Application au Port de Brest

Suite au dimensionnement technique, la dernière étape de cette étude consiste à projeter le projet en situation réelle, sur le port de Brest

### 3. Contraintes

#### Espace foncier :

Le port de Brest est caractérisé par sa proximité avec la ville de Brest, des habitations sont situées à proximité des différents quais. Ces mêmes quais sont en cours de spécialisation, on peut notamment citer la zone dédiée EMR ou la zone chantier naval. La spécification des quais permettra notamment d'optimiser les flux de navires.

Afin de s'éloigner au maximum des habitations, et de se placer sur une zone ou du foncier pourrait être disponible, le foncier étudié se situe à l'extrémité du port. La cohabitation avec le futur liquéfacteur GNL prévu pour 2030 n'a pas été approfondie. L'enlèvement des cuves de stockages d'hydrocarbures à proximité peut libérer du foncier. L'idée de cette partie est de regarder l'espace au sol que prendrait une installation de production d'ammoniac (50 MTPD ou 500 MTPD) et si cela est en adéquation avec les distances de sécurités à respecter pour ce type d'industrie.



Image 1 Cuves de stockage d'hydrocarbures sur le port de Brest

Les différentes surfaces prises par les scénarios ont été décrites en III.2.

### Production de 50 tonnes/jour d'ammoniac

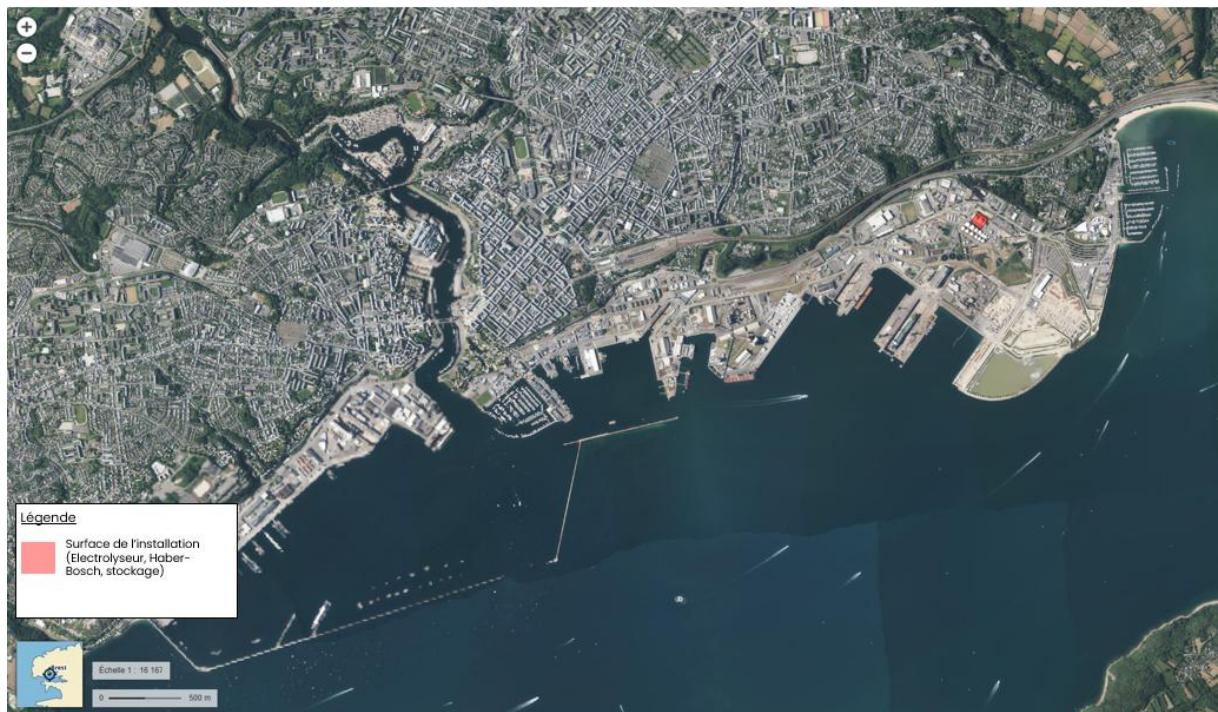


Figure 6 : Implantation 50 MTPD

### Production de 500 tonnes/jour d'ammoniac

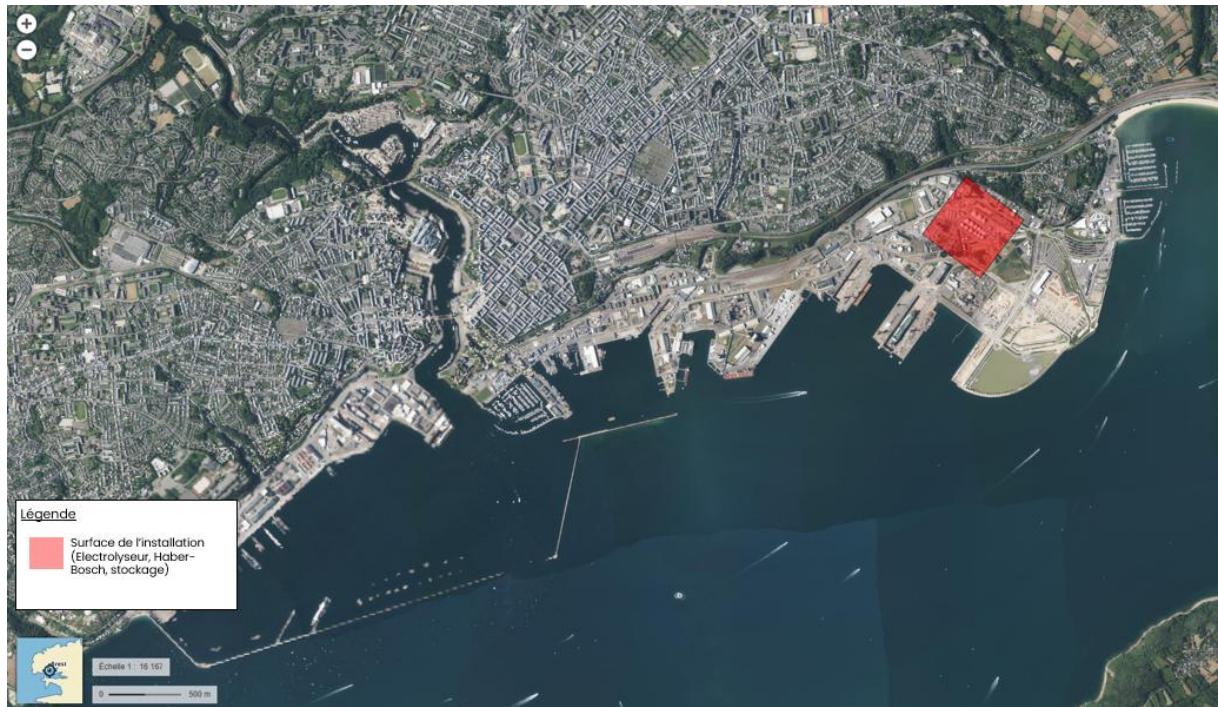


Figure 7 : Implantation 500 MTPD

On peut déjà observer que le foncier occupé par le scénario 500 MTPD est très contraint et demanderait un ajustement de l'espace au sol. Il est à noter que le foncier indiqué ne prend pas en compte le quai de soutage d'ammoniac, mais uniquement sa production, sa liquéfaction et son stockage.

## Règlementation & Sécurité :

Au-delà des seuils de sécurité liée aux installations de production et/ou stockage d'ammoniac, le secteur est régi par différente rubrique ICPE<sup>15</sup>. L'ICPE 4735 concernant l'ammoniac reprend des recommandations quant à la gestion des installations utilisant cette molécule.

Un projet de production ou de stockage sur le port de Brest sera sous régime d'autorisation concernant cette rubrique (alinéa 1.a). Il est notamment spécifié que

*« Pour les installations nouvelles, la délivrance de l'autorisation pourra être subordonnée à leur éloignement des habitations, des immeubles habituellement occupés par des tiers, des établissements recevant du public, des voies de communication (sauf voies de desserte de l'entreprise), des captages d'eau ou des zones destinées à l'habitation par des documents d'urbanisme opposables aux tiers. »*

La mise en place d'une unité de production sur le port de Brest peut donc se heurter aux exigences de la DREAL, de par la **proximité du port avec la ville de Brest**.

Au-delà des régimes ICPE, les études de dangers propres au projet révèlent différentes zones autour du projet en fonction de la gravité des effets liés à une fuite accidentelle.

Ces zones permettent **d'anticiper les risques et de mettre en place des plans d'évacuation et de confinement adaptés**. Elles doivent être intégrées à un plan de gestion des risques et maîtrisées par le SDIS local.

### Production de 50 tonnes/jour d'ammoniac<sup>16</sup>

Zone	Seuil de concentration	Distance typique (approximative)
Zone d'exclusion totale	SEL 5 000 ppm (letalité immédiate)	200 à 500 m
Zone de danger élevé	SEL 1 000 ppm (effets graves)	500 à 1 000 m
Zone de vigilance accrue	SEL 300 ppm (toxicité modérée)	1 à 2 km
Zone de précaution	50-100 ppm (irritation)	Jusqu'à 3 km, selon le vent

Tableau 9 Zone de Danger autour d'une installation de 50 MTPD d'ammoniac

<sup>15</sup> Installation classée Protection pour l'Environnement

<sup>16</sup> Valeurs indicatives, les distances finales sont indiquées par une étude de danger complète et spécifique



Figure 8 : Zone de danger autour de la zone de production et stockage d'ammoniac - 50 MTPD

#### Production de 500 tonnes/jour d'ammoniac<sup>17</sup>

Zone	Seuil de concentration	Distance typique (approximative)
<b>Zone d'exclusion totale</b>	SEL 5 000 ppm (letalité immédiate)	<b>500 à 1 000 m</b>
<b>Zone de danger élevé</b>	SEL 1 000 ppm (effets graves)	<b>1 à 2,5 km</b>
<b>Zone de vigilance accrue</b>	SEL 300 ppm (toxicité modérée)	<b>3 à 5 km</b>
<b>Zone de précaution</b>	50-100 ppm (irritation)	<b>Jusqu'à 8 km, selon le vent</b>

Tableau 10 Zone de Danger autour d'une installation de 500 MTPD d'ammoniac

<sup>17</sup> Valeur indicative, les distances finales sont indiquées par une étude de danger complète et spécifique

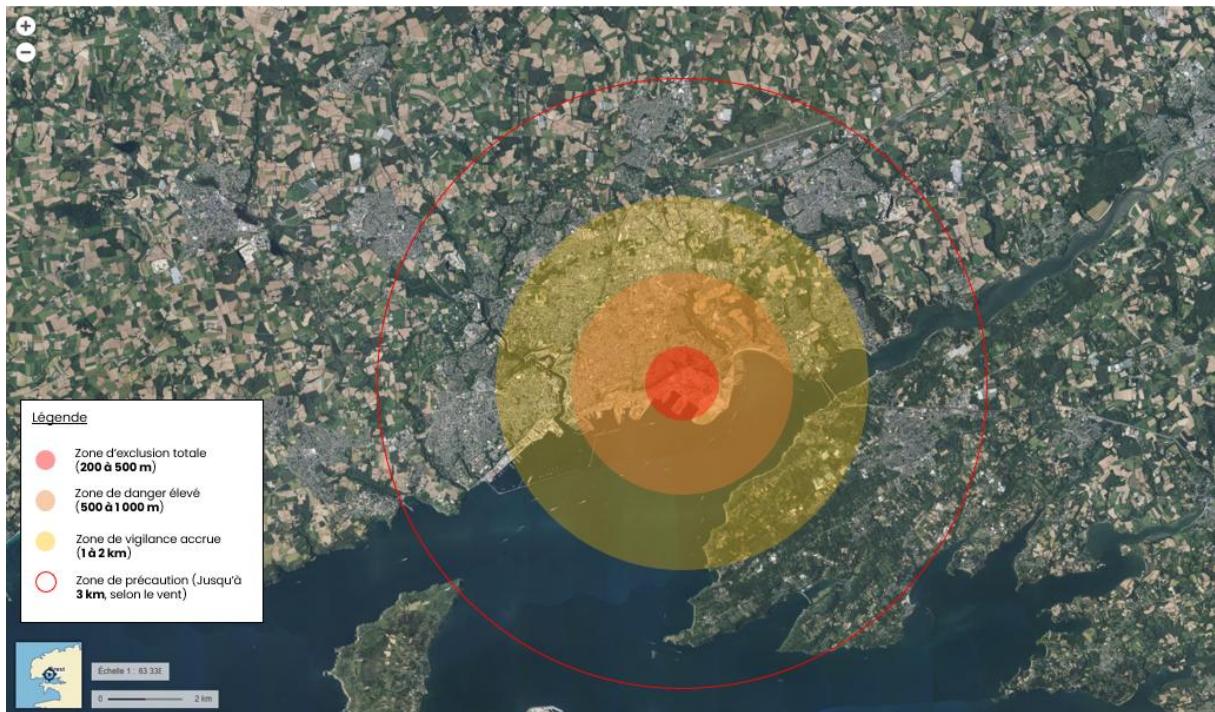


Figure 9 : Zone de danger autour de la zone de production et stockage d'ammoniac - 500 MTPD

Les contraintes identifiées à travers les cartes présentées ci-dessus mettent en évidence que les exigences réglementaires de sécurité, combinées aux limitations liées à l'empreinte au sol, rendent **le projet d'installation irréalisable**, notamment pour le scénario de production de 500 tonnes d'ammoniac par jour. Ce scénario, bien qu'il soit le plus pertinent pour l'avitaillement de grands navires tels que les porte-conteneurs, ne peut être envisagé par la proximité immédiate du port de Brest.

Le port de Brest présente également des risques significatifs en cas de fuite d'ammoniac. Pour une installation de 500 MTPD, une fuite nécessiterait l'évacuation de la population dans un rayon de 2,5 km afin de prévenir des effets graves de toxicité sur la santé.

En outre, en raison de sa configuration allongée et de sa proximité immédiate avec la ville, le port souffre de contraintes foncières majeures. **Ces caractéristiques empêchent l'implantation d'une installation d'une telle capacité de production.**

## 4. Les usages

Le développement d'un projet de production et de distribution d'ammoniac portuaire visant à décarboner la mobilité maritime doit être tourné autour d'usages concrets et pertinents.

Aujourd'hui la majorité des émissions de CO<sub>2</sub> sont émises par des « large ship », pouvant être séparées en trois catégories : Les portes containers, les navires-citernes (ou tankers) et les cargaisons en vracs.

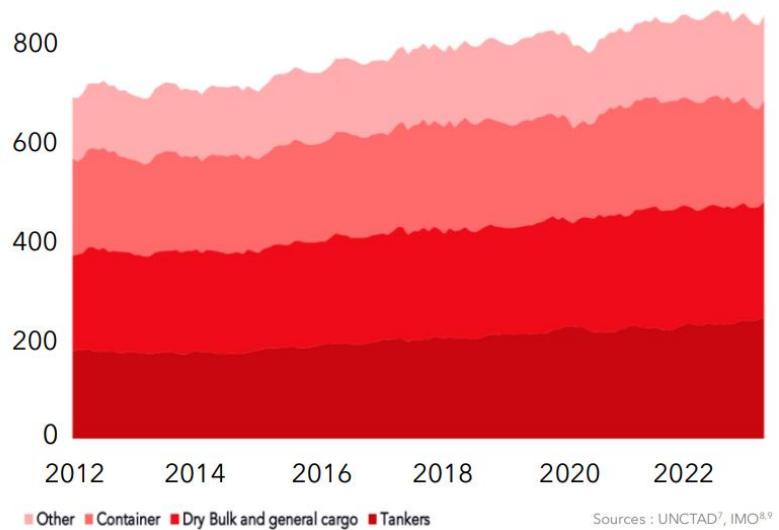


Figure 10 : Émission de CO<sub>2</sub> en Mt du secteur maritime

Sources : UNCTAD<sup>7</sup>, IMO<sup>8,9</sup>

L'intérêt de l'ammoniac comme vecteur de décarbonation réside avant tout ces trois types de navires.

### 4.1. Stratégie de conversion de flottes des acteurs du maritime

Les opérateurs du maritime sont sujets par différentes réglementations européennes et internationales. On retrouve les objectifs fixés par l'IMO<sup>18</sup> qui vise à la neutralité carbone en 2050, et en Europe les objectifs de la directive Fuel Maritime EU qui fixe une réduction de 80% des émissions de GES en 2050.

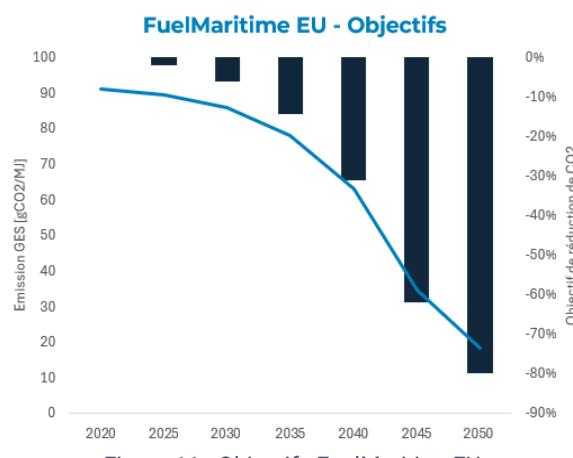
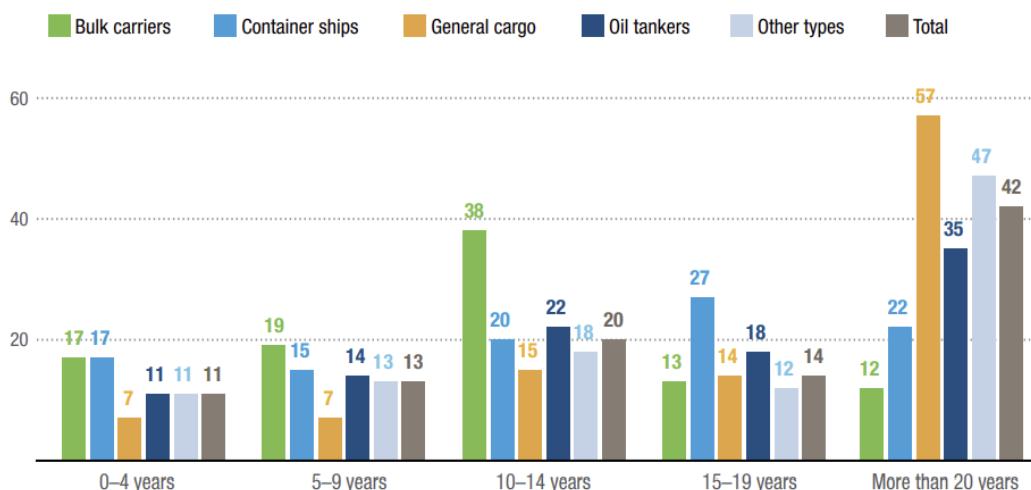


Figure 11 : Objectifs FuelMaritimeEU

<sup>18</sup> International maritime organisation

Que ce soit pour la directive FuelMaritimeEU ou l'IMO, les leviers de décarbonations avant 2030 **nécessitent finalement peu de changement de carburant**. On récentes plusieurs leviers permettant d'atteindre un premier niveau de réduction des GES comme l'optimisation des routes, l'amélioration de l'efficacité moteur, l'utilisation de carburant à bas niveau de soufre ou encore l'optimisation de la portance des navires existants. Le changement de carburant et de type de motorisation aura donc un intérêt certain pour les exploitants de navires après 2030, lorsque ces premiers leviers d'optimisation auront été levés.

Cependant, les navires ayant une durée de vie entre 25 et 30 ans, il est important pour les exploitants de penser dès maintenant la flotte qu'ils exploiteront après 2035. Sur ce sujet, le rythme de renouvellement des différents types de navires est inégal (cf graphique ci-dessous).



Source: UNCTAD calculations, based on data provided by Clarksons Research Services.

Note: Propelled seagoing vessels of 100 gross tons and above, as of 1 January 2024.

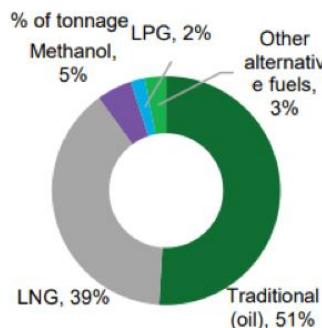
Figure 12 : Répartition des moyennes d'âge des différents navires en pourcentage, 2024

On notera que les vraquiers sont le type de flotte de véhicule ayant l'âge moyen le plus faible. Les « General » cargo représentent la flotte la plus âgée, ce type de navires excèdent rarement 150 mètres et laisse un doute quant à leur renouvellement total. Ces dernières années on voit que ces navires polyvalents sont remplacés par des flottes plus spécifiques comme des vraquiers ou des portes containers.

Les types de véhicules ayant un roulement de renouvellement suffisant et une forte appétence à l'ammoniac sont finalement **les portes containers & les transporteurs chimiques**. C'est aujourd'hui vers ces usages que les démonstrateurs de navires ammoniacs vont se tourner ces prochaines années.

Au-delà des leviers de décarbonation cités plus haut, et la réduction des flux de transport, l'unique moyen de décarboner totalement ces usages sont le changement de carburant. À ce jour, plusieurs scénarios coexistent : GNL, Ammoniac, Methanol, Hydrogène ...

Les stratégies privées de changement de carburants peuvent se traduire par l'observation des motorisations de bateaux nouvellement commandés :



Source: BloombergNEF,  
Clarksons Research

Figure 13 : Répartition des commandes de navires basée sur le tonnage de transport, Chiffre 2024

Ce qu'on observe est un premier **basculement des acteurs vers le GNL**, carburant connu et permettant d'atteindre un certain niveau de décarbonation en y associant des garanties d'origine de bioGNL. Ce vecteur reste un choix peu risqué pour ces acteurs étant donnée la maturité de la filière, il pose cependant le sujet de la disponibilité de la ressource (biogaz) et de l'analyse du cycle de vie réelle d'émission.

En dehors des commandes traditionnelles, le second vecteur **concerne le méthanol**. Ces navires restent tous des navires « dual fuel », permettant ainsi de fonctionner également uniquement en carburant conventionnel si le marché du méthanol n'est pas mature lors de l'exploitation, ou de fonctionner au méthanol uniquement dans certaines régions plus exigeantes réglementairement. Ce choix est donc un risque modéré, car il présente une porte de sortie avec un fonctionnement basé sur des carburants classiques. L'usage de méthanol comme carburant se base sur une technologie de moteur mature, et peut être un levier de décarbonation si le méthanol est produit avec de l'hydrogène renouvelable ou de manière biologique. Avec les coûts actuels de production de e-methanol, le TCO des navires devrait être nettement supérieur (entre +50% & +80% de coûts d'exploitation).

Le renouvellement actuel de navire fonctionnant à **l'ammoniac reste donc marginal** au niveau des commandes globales de navires. Bien que basé sur une industrie mature, et avec des coûts de carburant renouvelable qui sont plus bas que du méthanol le **manque de maturité et de retour d'expérience en exploitation commerciale** des moteurs ne permet pas de massifier les commandes. On notera cependant que le nombre de navires à l'ammoniac reste cependant 3 fois plus élevé que les navires commandés à hydrogène (15 navires ammoniacs commandés en 2024 contre 4 à l'hydrogène).

## 4.2. L'ammoniac : Une molécule connue à bord de certains navires

Comme présenté dans la phase 1 de cette étude, l'ammoniac est une molécule connue et maîtrisée industriellement. On produit et utilise 2,5 fois plus d'ammoniac annuellement que de méthanol.

Cette molécule est également facilement transportable, avec des températures de liquéfaction raisonnable (-33°C). On compte **plus de 40 navires transportant de l'ammoniac quotidiennement** en circulation dans le monde, avec la possibilité d'augmenter ce flux par rétrofit des méthaniers GNL.

Comme évoqué lors de ce rapport le sujet de la gestion du risque de cette molécule et de la maturation des technologies de combustion ammoniac sont les deux points qui freinent le développement de la filière ammoniac-énergie. Cependant, pour des navires transportant déjà de l'ammoniac, l'équipage est **déjà formé à la gestion de cette molécule et la présence d'ammoniac sur le navire**, effaçant ainsi un des freins de changement de carburant. En dehors des démonstrateurs en cours, le premier usage commercial à court et moyen terme de l'ammoniac se tournera certainement autour des navires transportant de l'ammoniac. Ce premier usage permettra de valider technologiquement les moteurs à combustion ammoniac et de s'affranchir de ses derniers défis<sup>19</sup> (voir rapport de la phase 1). Pour aller dans ce sens, l'IMO a récemment autorisé les transporteurs d'ammoniac à utiliser une partie de leur cargaison en tant que carburant comme c'est fait actuellement pour les méthaniers.

---

<sup>19</sup> Ammoniac non brûlé, émission de NOx, Gestion des arrêts/démarrages ...

### 4.3. La place de l'ammoniac comme vecteur énergétique à Brest

L'évolution des vecteurs de propulsions maritimes mène à un positionnement des ports internationaux qui évoluent également. Pour ces ports, la distribution des carburants adaptés permet de poursuivre ou de massifier des flux de navires présents sur le port. Associé aux modèles économiques des ports, les carburants durables demandent des temps de recharge qui varient également du carburant durable, et donc un temps d'arrêt sur le port qui augmente.

Comme démontré dans la présentation du modèle économique, une production d'ammoniac on-site sur le port de Brest ne **permettra pas d'atteindre les prix de marché actuels et futurs** si ce n'est avec une volonté et un soutien politique important. Le positionnement du port brestois peut cependant plus facilement se tourner vers du stockage et un soutage d'ammoniac, le port à l'avantage de maîtriser déjà la gestion et le stockage de carburant.

Une autre solution peut être de délocaliser le soutage des navires en dehors du port. Ainsi, le port prend un rôle unique de zone de stockage d'ammoniac, les flux de navires sont soutés en offshore permettant de réduire les risques d'exposition pour la population brestoise. Cette stratégie est regardée de prêt par différent port ayant des contraintes foncières importantes ou des besoins de stocker un trop grand nombre de carburant différents.

## V. Conclusion

La filière maritime prend place parmi les secteurs structurants pour réussir la transition énergétique nécessaire aux objectifs climatiques. Si ce secteur ne trouve pas de solution durable aujourd’hui, sa responsabilité dans les émissions de GES ne fera que croître.

Pour cela, les institutions mondiales et régionales s’activent pour créer des mécanismes règlementaires incitatifs et contraignants. La première étape pour les exploitants reste une meilleure gestion de leur flotte de navires actuelle, **mais un plafond d'émission résidera tant qu'aucun changement de carburant ne sera opéré**.

Pour répondre aux défis environnementaux et aux objectifs de décarbonation, une gestion proactive et innovante des futurs carburants est donc essentielle.

Cette gestion est double :

- › **Pour les exploitants**, elle consiste à travailler sur des moteurs ou moyens de propulsions fiables et économiquement raisonnables ;
- › **Pour les ports**, cela consiste à mettre à disposition le bon carburant d'une manière sécurisée et fiable, suivant des conditions de prises et de soutage compatible avec les attentes des exploitants.

Le besoin de **coordination et de planification entre exploitants et gestionnaire portuaire** est donc nécessaire pour réussir la transition énergétique du secteur maritime.

L'ammoniac fait partie aujourd’hui des solutions qui n’ont pas encore de part de marché significatif, mais qui s’imposera durablement dans les carburants durables. Supportée par une industrie mature et mondialisée, cette molécule présente surtout l'avantage d'être clé de nos sociétés modernes, et donc une industrie importante à conserver et décarboner. **La démocratisation de l'ammoniac en tant que carburant maritime est aujourd'hui davantage interrogée sur son rythme de déploiement (2030/2035/2040)** et à l'élaboration de nouvelle réglementation **que sur une incertitude quant à sa pertinence**.

Afin d'être un véritable carburant durable, cette molécule doit cependant être produite de manière décarbonée. Alimenter des navires avec de l'ammoniac produit de manière traditionnelle n'améliorerait pas les émissions de GES du secteur maritime sur tous les scopes d'émissions. Pour produire de l'ammoniac décarboné, il est nécessaire de s'appuyer sur de nouvelles usines s'approvisionnant en hydrogène renouvelable/bas-carbone. **La compétitivité d'une région comme la Bretagne dans la production d'hydrogène et d'ammoniac bas-carbone reste encore à être démontrée**. Comme expliquer à travers le volet économique de ce rapport, la facilité de transport de l'ammoniac implique l'existence d'un marché ouvert international. Produire de l'ammoniac compétitif en Bretagne nécessitera une politique énergétique forte afin d'atteindre des prix d'électricité stable et bas, mais également un soutien économique public long terme à cette industrie.

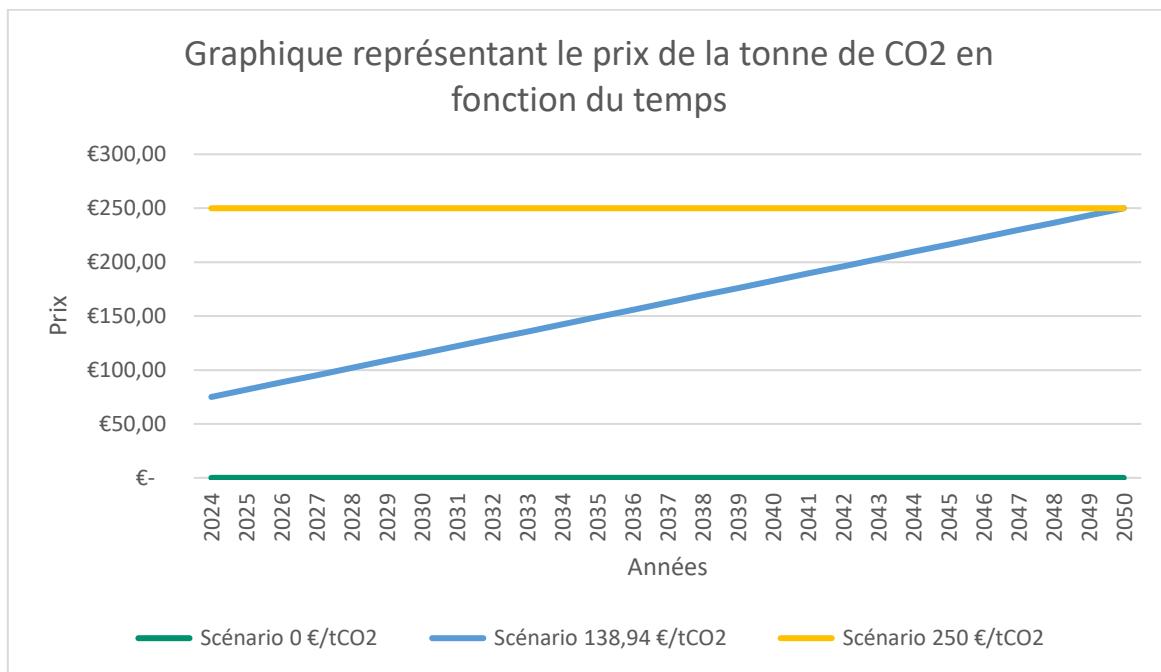
**Le port de Brest aura plus de facilité à importer et stocker de l'ammoniac à quai.** Cela permettra de limiter l'empreinte foncière dans un contexte sous tension, tout en limitant les risques industriels. Le sujet de la cohabitation avec les autres carburants disponibles sur le port (Hydrocarbure, GNL) aura plus de facilité à être traité avec uniquement du stockage d'ammoniac.

La planification de l'évolution des carburants gérée par un port comme Brest permet d'anticiper pour respecter les réglementations de sécurité et minimiser l'impact sur les populations locales. **Une attention particulière doit être portée sur les résultats des premiers navires en exploitations commerciales utilisant de l'ammoniac comme carburant** quant à la fiabilité de la motorisation, les couts d'exploitation, la gestion du risque à bord du navire et les émissions de NOx et N2O<sup>20</sup>. Les trois prochaines années donneront une indication forte sur le rythme de déploiement des navires ammoniac.

---

<sup>20</sup> Voir livrable de la phase 1 de l'étude

## VI. Annexes – Evolution du prix tonne CO2



## VII. Annexes – comptes-rendus des entretiens

### 4.4. Crédit agricole (CACIB) – 22/10/24

**Présent :** Louis LONGHINI - SYNOPS  
DE LAVAL Gabriel - CACIB  
RULLIER Mathilda - CACIB  
Anne-Laure NOAT – EUROGROUP

#### Contexte et Vision Globale

L'ammoniac est de plus en plus sollicité pour ses applications dans la décarbonation, grâce à sa facilité de production lorsque l'électricité est disponible à faible coût et décarbonée. Il offre des perspectives intéressantes comme vecteur d'hydrogène, source de combustion et carburant maritime alternatif.

- **Prix de production :** En Europe, l'ammoniac gris coûte environ **550 €/tNH3** alors que l'ammoniac vert, produit à partir d'hydrogène renouvelable, s'élève entre **1000 et 1500 €/tNH3**.

#### Nouveaux Usages et Défis de l'Ammoniac Vert

1. **Vecteur de transport pour l'hydrogène :** Solution prometteuse pour faciliter le transport de l'H<sub>2</sub> sous forme d'ammoniac, qui est ensuite "craqué" pour libérer l'hydrogène à destination.

#### Source de combustion :

- **Électricité :** Utilisé pour remplacer le charbon dans les centrales, notamment en Corée et au Japon, mais cette option n'est pas encore viable en Europe.
- **Carburant maritime :** Bien que complexe et toxique, l'ammoniac pourrait devenir un carburant maritime si les problèmes de sécurité pour les équipages sont résolus. Ce carburant pourrait d'abord être utilisé par les navires transportant eux-mêmes de l'ammoniac, sous réserve de certification.

#### Secteur Maritime : Commandes et Infrastructure

- **Préférence pour le méthanol :** Avec un rapport de 1 pour 10, le méthanol est préféré à l'ammoniac, notamment parce qu'il est moins dangereux et peut facilement être utilisé avec du carburant standard.
- **Gaz naturel liquéfié (GNL) :** Fonctionne bien pour les grandes routes commerciales, mais dépend d'infrastructures de ravitaillement spécifiques.
- **Acteurs pionniers :** Des compagnies comme Trafigura et certaines compagnies belges encouragent fortement l'adoption de l'ammoniac grâce à leur expertise dans la manipulation de substances à haut risque industriel.

#### Ports et Logistique

- **Ports leaders :** Anvers, Rotterdam et Hambourg se positionnent comme hubs pour l'importation d'ammoniac, facilitée par leur infrastructure.
- **Port de Fos :** En France, Fos pourrait profiter de son emplacement pour devenir un centre d'importation méditerranéen, réduisant ainsi la dépendance à Rotterdam.
- **Défis logistiques :** La question de la localisation des unités de crackage d'ammoniac (ports ou zones industrielles intérieures) reste ouverte, avec des essais en cours sur des prototypes de crackeurs.

#### Cadre Réglementaire et Enjeux Financiers

- **Guidelines et objectifs climatiques** : Les régulations de l'OMI, en Europe et dans le cadre de Fit for 55, influencent fortement les armateurs, mais leur transposition législative est encore en cours.
- **Taxe incitative sur l'azote** : Envisagée dans le cadre des amendements au PLF 24 et 25 pour encourager la décarbonation des intrants agricoles, cette mesure vise à imposer une part d'azote vert.

#### Compétitivité et Approvisionnement en Énergie

- **Sources d'électricité compétitives** : La péninsule ibérique pourrait devenir une zone stratégique pour la production d'ammoniac vert, grâce à son potentiel électrique plus élevé que celui des pays nordiques.
- **Investissements et acteurs** : Des entreprises comme Fertiberia et Yara ont initié la production d'engrais décarbonés, mais les nouveaux entrants tels que Fertigi pourraient redéfinir l'offre en France. Le développement de l'ammoniac vert reste toutefois coûteux et dépendant de soutiens politiques pour structurer la demande.

## 4.5. BPI – 24/10/24

**Présent :** Stanislas NOWAK - SYNOPS  
 Louis LONGHINI - SYNOPS  
 Basile LONGIN – BPI

#### Contexte et Intérêt pour les Projets NH<sub>3</sub> et H<sub>2</sub>

Actuellement, les investissements régionaux pour des projets d'innovation autour de l'ammoniac (NH<sub>3</sub>) restent limités, tandis que certains projets émergent dans le secteur de l'hydrogène (H<sub>2</sub>). Bien que les acteurs locaux n'aient pas encore initié de projets NH<sub>3</sub>, la région reste ouverte à l'idée, notamment si des entreprises d'envergure manifestent un intérêt. Les startups et PME locales pourraient bénéficier d'opportunités de soutien, particulièrement si elles sont axées sur des projets innovants en H<sub>2</sub>.

#### Leviers de Financement Disponibles

Les structures locales et nationales offrent plusieurs dispositifs de financement pour les projets d'innovation dans les filières H<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub>, incluant des subventions à la création et au financement en recherche et développement (R&D). Voici les options clés :

- Subventions et Financements R&D : Les subventions pour les études de faisabilité sont disponibles en amont des projets pour les PME (moins de 250 employés), avec une aide maximale de **50 000 €**.
- Prêts et Équity : Les prêts à faible taux sont disponibles pour certaines filières industrielles. Cependant, les projets ambitieux, nécessitant un financement supérieur à **100 millions d'euros**, risquent de dépasser les capacités de financement de structures telles que Bpifrance (BPI). Dans ce cas, une combinaison de financement, impliquant des prêts et des aides de structures comme la Banque des Territoires et l'ADEME, serait envisageable.
- Dispositifs Filière : Certains dispositifs "filière" permettent un soutien ciblé à travers des outils industriels. Les prêts à taux réduit sont particulièrement encouragés pour les entreprises visant à renforcer l'industrialisation et à soutenir des initiatives à long terme dans les secteurs du H<sub>2</sub> et potentiellement du NH<sub>3</sub>.

## Projets en Développement

- Cooperl
  - Bluefins
  - GreenPig
- 

## **4.6.        Louis Dreyfus Armateurs - 18/10/24**

### **Présent :**

Stanislas NOWAK - SYNOPS

Louis LONGHINI - SYNOPS

Yann CHAPEL - LDA

Thibault DROGUET - LDA

Oriane DHERSIN - EUROGROUP

### Présentation Générale

- Armateur français avec 170 ans d'expérience.
- Historique : principalement des vraquiers, récemment vendus.
- 3 Business Units :
  - **Câbliers** : 15 câbliers pour Alcatel à l'échelle mondiale.
  - **EMR – Énergies Marines Renouvelables** : 10 CTV (Crew Transfer Vessel), 2 SOV (Service Operation Vessel) en Europe.
  - **Transport et Logistique** : 3 RoRo, 10 navires principalement pour des activités aux Émirats (transbordement de minéraux).

### Transition Énergétique des Navires

- Consommation à court et moyen terme :
  - Méthanol, particulièrement pour les RoRo.
  - Stratégie mondiale en matière de consommation de carburant.
- Fournisseurs :
  - Solutions pour le **cracking de l'ammoniac**.
- Besoins énergétiques des SOV :
  - Transition vers l'hydrogène ( $H_2$ ) ou les batteries selon les stratégies spécifiques aux différents types de navires.
  - Durée de vie moyenne d'un navire : **30 ans**.
- Cas des RoRo :
  - Les navires RoRo sont alimentés en méthanol, un carburant simple à gérer car les itinéraires sont bien définis.
  - Les 3 RoRo, opérationnels en **2026**, consommeront du méthanol non "vert".
  - Port stratégique : Saint-Nazaire, en lien avec l'usine Airbus., un site stratégique pour la logistique aéronautique
  - Consommation de soutage : entre **10 et 15 ktonnes/an** pour les 3 RoRo.
- État des lieux des carburants alternatifs :
  - **HVO (Hydrotreated Vegetable Oil)** déjà en usage.
  - **Pas d'ammoniac pour l'instant** : technologie encore immature, réservée aux porte-conteneurs et vraquiers.

- **Pas de GNL (Gaz Naturel Liquéfié)** : perçu comme une technologie obsolète, avec des risques de "greenwashing".

### Opportunités Stratégiques

- Ammoniac :
  - Positionnement potentiel en tant que fournisseur/logisticien pour le transport d'ammoniac.
  - Les ports français ne sont pas encore moteurs sur le stockage et le soutage d'ammoniac, contrairement à d'autres pays comme la Norvège, où les investissements sont plus importants.
  - Réserves quant à la production d'ammoniac en France, à cause du coût élevé de l'électricité par rapport à d'autres pays.
- Green Corridor :
  - Discussions sur la création de corridors verts entre l'Asie et l'Europe pour le transport maritime décarboné.
- Solutions de stockage :
  - Crackage flottant pour le stockage et la distribution de l'H<sub>2</sub>, situé loin des ports pour minimiser les risques.
  - Développement de stations mobiles pour éviter l'occupation foncière dans les ports.
- Transport pur d'ammoniac :
  - LDA prend en charge le transport de l'ammoniac du port jusqu'à l'utilisateur final, en partenariat avec des développeurs.

### Projets et Innovations

- Projets en Norvège :
  - Développement d'un système de cracking flottant sur navire, pour importer de l'ammoniac et produire de l'H<sub>2</sub>. Soutage de navire à navire.
  - Problématiques : stockage d'ammoniac dans les ports (risques de dispersion, contraintes foncières).
- Calendrier :
  - **2029** : Mise en place du cracking d'ammoniac à grande échelle.

---

## 4.7. Piriou – 25/10/24

### Présent :

Stanislas NOWAK - SYNOPS  
Louis LONGHINI - SYNOPS  
Yann GUEZENEC – PIRIOU

### Présentation de Piriou et Capacité de Production

- Chantiers Navals : Piriou dispose de chantiers en France, au Vietnam et en Roumanie pour la construction de navires, ainsi qu'au Nigeria et à la Réunion pour les activités de réparation.

- Construction : Spécialisé dans les navires de taille moyenne (30 à 100 mètres), avec une production limitée à quelques unités par an et non orientée sur la production en série.

#### Perspectives R&D : Carburants de l'Avenir

- Carburants Prometteurs : Piriou considère l'ammoniac et le méthanol comme des carburants d'avenir, particulièrement pour les grands navires. Toutefois, les projets actuels se concentrent encore sur l'hydrogène malgré ses limitations (coût, capacité de stockage encombrante). À titre de comparaison :
  - Gazole = 1 (référence en densité énergétique),
  - Hydrogène = 20 (grande capacité mais stockage difficile),
  - Ammoniac = 3 (compromis en termes de densité énergétique et encombrement).
- Hydrogène : Bien que pertinent pour la réduction des émissions, l'hydrogène présente des défis en matière de stockage, augmentant le poids et la consommation des navires.

#### Applications et Utilisation Actuelle de l'Ammoniac

- Réfrigération : L'ammoniac est déjà utilisé comme fluide frigorigène sur les navires de pêche, dans des systèmes en circuit fermé pour les installations frigorifiques industrielles et potentiellement pour la climatisation.
- Projet de Petit Navire Ammoniac/Méthanol : Piriou envisage de développer un petit navire utilisant de l'ammoniac ou du méthanol d'ici 2025, avec pour objectif d'explorer l'impact environnemental de ces carburants.

#### Défis Techniques et Règlementaires

- Réglementation et Certification : La conformité réglementaire pour les carburants alternatifs comme l'hydrogène, le méthanol et l'ammoniac reste un obstacle, car les normes et certifications nécessaires (ex. PAC) sont encore en cours d'élaboration.
- Propulsion Diesel-Électrique : Piriou valorise les avantages de cette technologie pour la flexibilité de puissance qu'elle offre. Plusieurs groupes électrogènes peuvent alimenter le moteur électrique, permettant ainsi une gestion optimisée de l'énergie.
- Navires Polyvalents et Prédisposés aux Nouvelles Technologies : Certains modèles de navires sont conçus avec plusieurs options de propulsion et pourraient être facilement adaptés pour intégrer de nouvelles technologies lorsque celles-ci seront plus matures.

#### Objectifs de Zéro Émission et Solutions d'Avenir

- Besoins Clients : Une **demande croissante pour des navires à zéro émission** pousse l'entreprise à explorer des alternatives au diesel.
- Batteries : La technologie des batteries est suffisamment avancée pour une intégration à bord, apportant une option supplémentaire pour réduire l'empreinte carbone des navires en combinant plusieurs sources d'énergie.

---

## 4.8. Lhyfe – 17/10/24

### Présent :

Stanislas NOWAK – SYNOPS  
Louis LONGHINI – SYNOPS  
Ghislain ROBERT – Lhyfe

### Stratégie de Lhyfe

#### Positionnement :

- Lhyfe se concentre sur l'orientation industrielle, notamment dans le secteur de l'acier, avec un intérêt marqué pour l'hydrogène (H<sub>2</sub>).
- Bien qu'il y ait un intérêt pour les e-fuels, Lhyfe n'a pas de stratégie de développement dans ce domaine, ni dans la production d'ammoniac, en raison d'un manque de compétences.

### Projets en cours

#### Collaboration avec YARA :

- **Développement d'un projet de décarbonation** à Gonfreville-l'Orcher.

#### Projet du Havre :

- Capacité de production : **1000 MTPD d'ammoniac**.
- Consommation d'H<sub>2</sub> : **200 t/jour**.
- Subvention de **149 millions €**, soutenue par le cadre 2030 et l'Union européenne.

#### Détails techniques :

- Projet de **100 MW** avec une injection de **34 t/j** d'H<sub>2</sub> à **15%** dans les procédés.
- Mise en œuvre de l'injection d'H<sub>2</sub> et modification des processus, incluant des technologies innovantes pour les réacteurs, ainsi qu'une capture du CO<sub>2</sub>.
- Utilisation de pipelines pour le transport.
- Alimentation électrique : options PPA, marché spot, et mix réseau, avec un coût estimé à **60 €/MW**.
- Technologie d'électrolyse fournie par **thyssenkrupp** (alcalin ou alcalin pressurisé).

#### Calendrier :

- FID (Final Investment Decision) prévue pour **2025** et mise en service (MeS) prévue au **T3 2028**.

### Stratégies complémentaires pour l'ADEME

1. **Capture et stockage du carbone (CCS)**
2. **Importation d'H<sub>2</sub> vert**
3. **Modification des processus** : adaptation des méthodes de production d'ammoniac, utilisant de nouvelles technologies pour réduire les émissions.

#### Flexibilité opérationnelle :

- Capacité de fonctionnement entre **50% et 100%**, permettant une flexibilité accrue, notamment pour la production saisonnière.

#### Besoins en ammoniac

- La demande en ammoniac est particulièrement forte dans le secteur agricole, et sa production n'est pas linéaire.

#### Justification de la production au Havre :

- Production d'AdBlue : YARA fournit **60%** de l'AdBlue consommé en France.

- Lhyfe est lauréat de l'IPCEI avec un soutien de **180 M€** et finalise les subventions avec BPI. Lhyfe est le leader du dossier, sans l'association de YARA.

#### Autres observations

- **Verrerie** : Certains types de verre nécessitent des fours électriques plus performants.

---

## 4.9. Total Energies – 31/10/24

**Présent** : Stanislas NOWAK – SYNOPS

Louis LONGHINI - SYNOPS

Catherine BAILLY – TOTAL ENERGIES

Frédéric BLANC – TOTAL ENERGIES

Frédéric MEYER – TOTAL ENERGIES

#### Fournisseurs de Carburants Actuels et Alternatives

- Carburants traditionnels : Actuellement, les carburants pour le secteur maritime sont majoritairement des dérivés de raffinerie, principalement le fioul et le gazole. Depuis deux ans, des biocarburants sont également proposés.
- Développement du GNL : En 2022, le GNL (Gaz Naturel Liquéfié) a commencé à être commercialisé à Marseille, avec la mise en place de deux navires dédiés au soutage de bateaux, et l'ajout de bigaz.
- Absence de HVO pour le maritime : Le HVO (huile végétale hydrogénée) reste limité au marché de niche en raison de son coût élevé. Cependant, son usage pourrait être pertinent pour des missions longue durée en mer, car il peut être stocké jusqu'à six mois.

#### Recherche et Développement de Carburants Alternatifs

- Exploration de carburants « exotiques » : Des études sont en cours pour explorer l'usage de nouveaux carburants dans le secteur maritime.
- Méthanol : Le méthanol suscite un intérêt particulier, notamment avec des études en cours au port de Singapour, ainsi que des recherches sur le biométhanol et le e-méthanol.
- Ammoniac : Suivi actif des évolutions autour de l'ammoniac dans des groupes de travail spécifiques, et développement de l'ammoniac vert et de l'hydrogène. Toutefois, le groupe reste réservé quant au bunkering de l'ammoniac en raison de considérations de sécurité ; la perspective est que peu de ports offriront ce service dans un avenir proche.

#### Vision et Perspectives autour de l'Ammoniac

- Transport d'hydrogène vert : L'ammoniac est envisagé comme un vecteur de transport de l'hydrogène vert, sous réserve de subventions adéquates.
- Volonté de production : Intérêt exprimé pour la production d'ammoniac vert au sein du groupe.
  - Projets en cours : **Maroc** : Projet de production de 200 000 tonnes d'ammoniac avec une capacité de 200 MW d'électrolyseurs.
  - **Projet H2 Pecém** : Production d'ammoniac dans le cadre de ce projet.
- Stratégie d'importation : Pour rester compétitif, le groupe envisage l'importation d'ammoniac, notamment en provenance d'Amérique du Sud.

#### Enjeux et Défis

- Souveraineté : Aucune incitation étatique ne vise actuellement à garantir une souveraineté nationale sur le secteur de l'ammoniac.
- Acceptation des infrastructures : Des résistances locales peuvent émerger vis-à-vis de l'implantation d'infrastructures d'ammoniac dans les ports.

#### Évolution des Usages dans le Secteur Maritime

- Usage pour la co-combustion : Singapour et le Japon intègrent actuellement l'ammoniac dans la co-combustion pour les centrales à gaz et à charbon, envisageant ainsi une possible ouverture vers le secteur maritime dans le futur.
  - Conception des navires : Les tankers et vraquiers se prêtent mieux à l'usage de l'ammoniac car ils disposent d'un espace suffisant pour l'installation de réservoirs sur les ponts. À l'inverse, les porte-conteneurs rencontrent des difficultés d'espace, rendant l'intégration de l'ammoniac plus complexe.
- 

## 4.10. ADEME – 19/11/24

#### **Présent :**

Louis LONGHINI – SYNOPS

Adeline PILLET – Coordinatrice innovation & perspective, ADEME

Stéphane LECOINTE – Équipe Bretagne, Responsable Industrie, ADEME

Sylvain SOURISSEAU – Service décarbonation hydrogène, Aspect Socioéconomique, ADEME

#### Plan de transition sectorielle Ammoniac :

- L'ADEME n'a pas poussé pour avoir des répercussions opérationnelles. Sur le papier les PTS ont alimenté la Stratégie nationale bas carbone, mais il n'y a pas eu d'application en politique publique.

Les PTS représentent des études de prospective macroscopique, les évènements récents (fermeture du site de YARA à Montoir de Bretagne, **Plan de transition sectorielle Ammoniac** :

- fermeture du site de LAT Nitrogen en Seine & Marne) ne collent pas à ce jour à un scénario tracé. Le bilan sera fait en 2050
- Dans les modélisations, la montée des prix de l'énergie électrique n'a pas été anticipée
- L'ammoniac dans le transport maritime n'a également pas été pris en compte
- Par rapport à d'autres secteurs : Les solutions techniques pour décarboner ces sites sont présentes et existent avec des niveaux de maturités importants (CCS ou électrolyse)

#### Site de Montoir :

- Ils ont essayé de le sauver avec une prise de contact et la présentation des aides, mais c'était déjà trop tard. Le site devait fermé pour des raisons enviro

#### Zibac :

- C'est le début des synergies industrielles avec les ZIBAC (Saint Nazaire), mais il y a des individualités persistantes. On est loin d'avoir des projets de décarbonation industrielle, qui trouve également des leviers pour décarboner le maritime. Le maritime devra donc trouver à court et moyen terme des solutions individuelles.

#### Acceptation :

- Renouvellement groupe froid, beaucoup d'industrie sont poussés à se tourner vers de l'ammoniac ou du CO<sub>2</sub> : Mais pour basculer en ammoniac, la gestion du risque est une difficulté. Une réglementation interdisant totalement les PFAS peut tomber et bloquer les fluides frigo, donc booster la filière ammoniac comme fluide frigorigène
- Ammoniac comme fluide frigorigène : Mature et + efficace. Ce qui bloque c'est la gestion des risques.

#### ETS :

- Modélisation à plus de 250 €/tCO<sub>2</sub> 2050 à La commission à plusieurs scénarios
- Question du décalage du MACF : Si les premiers concernés par le MACF n'arrivent pas à le modéliser, est-ce que ça ne va pas mener à un décalage des réglementations couplées à du lobby industriel tourné autour de la sauvegarde du pouvoir d'achat. Réponse ADEME : Peut-être

#### En conclusion :

Les plans de transition sectorielle ont été faits dans un but de transition environnementale. Pour l'ammoniac, l'ADEME a modélisé une baisse de la consommation de l'ammoniac en France dans l'agriculture. Cependant, cette vision est parfois en opposition aux politiques de (ré)industrialisation portée par la DGE ou la BPI. Les hypothèses prises pour leurs modélisations se voulaient également françaises, le manque de modélisation à l'échelle internationale (coût du GNL américain, prix de l'H<sub>2</sub> dans d'autres pays, ...) freine la pertinence de cette étude.

---

## 4.11. Brest Port – 29/12/24

#### **Présent :**

Louis LONGHINI – SYNOPS

Stanislas NOWAK – SYNOPS

Fabienne VALLEE – BREST METROPOLE

Stéphane LUCAS – CAPITAINERIE

#### **. Caractéristiques et positionnement du port**

- **Port d'importation :**  
Spécialisé dans les hydrocarbures et le gaz. Activités principales centrées sur le stockage et l'embouteillage.
- **Port en longueur :**  
Structure facilitant la gestion logistique, mais nécessitant une adaptation des flux.
- **Réparation navale :**  
Segment stratégique avec des terminaux dédiés envisagés.

#### **2. Importance régionale**

- **Emplois :**
  - 1 500 emplois directs et 2 500 emplois indirects.
- **Revenus :**
  - 22 M€ générés annuellement.
- **Implantation :**  
Le port est membre du réseau européen TEN-T, offrant une meilleure visibilité mais imposant des contraintes réglementaires.

#### **3. Stratégie de développement à long terme**

- **Plan à 40 ans :**
  - Budget de 500 M€ sur 10 ans (30 % financés par le privé).
  - Volonté de développer les petits ports pour désengorger les grands ports.
- **Massification des flux :**
  - Problème : Les petits feeders peinent à s'adapter.
  - Proposition : Adapter la logistique en fonction des spécificités du port de Brest.

#### 4. Projets en cours et perspectives

##### Hydrocarbures et gaz :

- **Hydrocarbures :**
  - Peu d'emplois directs, mais revenus significatifs grâce aux frais d'immobilisation des navires.
  - Spécialisation progressive des quais.
- **Gaz Naturel Liquéfié (GNL) :**
  - Potentiel pour le biogaz breton.
  - Étude en cours pour un liquéfacteur, échéance avant 2030.
  - Objectif : Remplir les méthaniers en réparation avant leur départ.

##### Méthanol :

- Ambition d'importer et stocker du méthanol, en complément des hydrocarbures.

##### Électrification des quais :

- Plan progressif de 2023 à 2035, avec priorité aux quais à forte rotation.
- Exceptions : Quais de vrac, réparation navale, navires de service, et croisières à faible passage.

##### Réseau ferroviaire :

- Début de mise en place d'un service ferroviaire avec un train par mois, à renforcer.

##### Logistique post-portuaire :

- Développement de solutions mutualisées et privatisation partielle pour fluidifier les services.

#### 5. Enjeux fonciers

- **Stockage d'hydrocarbures :**
  - Retirage possible des cuves, libérant du foncier en fonction des cercles de danger.
- **Ammoniac vert :**
  - Le port n'a pas assez de foncier pour produire de l'ammoniac vert, mais peut envisager son stockage.

#### 6. Positionnement stratégique

- **Objectif :**  
Offrir des services et produits de qualité, avec une position renforcée sur le marché européen.
- **Collaboration :**  
Multiples partenariats avec des ports de la mer du Nord pour mutualiser technologies et services.

---

## 4.12. HY24 – 09/12/24

### Présents :

Sébastien Paillat - HY24 Partners  
Anne-Laure Noat - EUROGROUP  
Oriane Dhersin - EUROGROUP  
Louis Longhini – SYNOPS

### 1. Présentation de Hy24

- **Activité :** Société d'investissement spécialisée dans la filière hydrogène (H<sub>2</sub>) et ses dérivés (ammoniac, méthanol, carburants alternatifs).
- **Présence internationale :**
  - Investissements en **Europe, Amérique du Nord et Asie**.
  - 4 personnes basées aux **États-Unis**, 3 à **Singapour** (possibilité de mise en contact pour partenariats).
- **Investissements :**
  - Principalement dans des projets et portefeuilles d'entreprises touchant aux usages de l'ammoniac, du méthanol, et du H<sub>2</sub>.
  - Exemples :
    - **Hy2Gen (Allemagne)** : Projets pour exporter de l'hydrogène via le crackage de l'ammoniac.
    - **Intercontinental Energy (Australie)** : Production d'ammoniac pour exportation vers le Japon et la Corée (décarbonation des turbines).
    - **H2GreenSteel** : Décarbonation du secteur de l'acier par la production d'acier réduit à l'hydrogène renouvelable

### 2. Vision stratégique sur l'ammoniac

- **Ammoniac comme vecteur énergétique :**
  - Transport de l'hydrogène sous forme stabilisée, avec possibilité de le cracker à destination.
  - Utilisation pour la **co-combustion avec le charbon** dans des centrales en Asie (Japon/Corée) → Echec du premier AO organisé en Corée en 2024, un seul projet lauréat. N'a pas de sens dans des pays avec un mix électrique décarboné (France)
- **Usages industriels niche :**
  - Secteur des explosifs (ex. : projets au Québec pour produire du nitrate d'ammonium).
- **Fertilisants :**
  - Ammoniac vert destiné à des régions comme l'Amérique latine, où les besoins agricoles sont élevés.
- **Carburant maritime :**
  - Potentiel à long terme pour les navires (horizon **2035**).

### 3. Analyse des marchés et compétitivité

- **Marché français :**
  - Peu d'intérêt anticipé pour l'importation massive d'ammoniac, la France disposant d'un hydrogène bas carbone grâce au nucléaire.
  - Les ports français sont confrontés à des contraintes logistiques et de sécurité pour le stockage de l'ammoniac.
- **Coût de production :**

- Les projets européens (notamment nordiques) souffrent de coûts élevés, surtout comparés aux importations du Moyen-Orient.
- Les projets avancés peinent à descendre sous la barre des 1 000 €/tonne d'ammoniac vert.
- **Méthanol :**
  - Plus compétitif actuellement en termes de coûts et d'acceptation par les clients.
  - Les réglementations sur le méthanol (notamment pour l'aviation et les carburants maritimes) sont plus claires.

#### 4. Transition énergétique maritime

- **Ammoniac :**
  - Retard par rapport au méthanol pour les motorisations, mais fort potentiel à long terme. Sur le long terme (2040), l'ammoniac devrait prendre le pas sur le méthanol voir le GNL.
  - Développement des navires dual-fuel prévu pour **2035**, principalement pour les longs courriers.
  - Défis :
    - Complexité des infrastructures portuaires pour le stockage.
    - Risques liés à la sécurité (toxicité).
- **Méthanol :**
  - Décollage prévu après **2030** avec des projets de construction actuellement en cours.
- **Hydrogène liquide :**
  - Hy24 est sceptique quant à son adoption massive pour les navires.
- **Compétition entre carburants :**
  - Une première phase de compétition entre le GNL et le méthanol/ammoniac est attendue jusqu'à **2035**.
  - Le GNL restera dominant à court terme, permettant de respecter les seuils d'émissions jusqu'en **2031**.

#### 5. Perspectives et défis pour l'ammoniac

- **Logistique et crackage :**
  - La maturité de la chaîne logistique pour le crackage d'ammoniac reste un obstacle majeur.
- **Transition :**
  - Utilisation de navires dual-fuel pour gérer la transition vers des carburants alternatifs.
- **Compétitivité à l'export :**
  - Projets au Moyen-Orient pour réduire les coûts de production, avec un focus sur l'export vers l'Asie.

### 4.13. CMA CGM – 12/12/24

#### Présents :

Stanislas NOWAK - SYNOPS

Louis LONGHINI - SYNOPS

Damien VAN OOST – CMA CGM

#### 1. État actuel et projections de la flotte CMA CGM

- **Flotte actuelle :**
  - 650 navires, dont **60 navires LNG (gaz naturel liquéfié)**.
- **Projections 2028 :**
  - **120 navires LNG et 25 navires méthanol dual fuel.**
  - Les navires méthanol dual fuel lorsqu'ils fonctionnent sans méthanol, présentent une autonomie réduite, nécessitant davantage de recharges pour le même voyage.
- **Renouvellement de la flotte :**
  - Dépendant des conditions du marché. CMA CGM prévoit une **réduction du nombre total de navires** pour stabiliser les coûts d'acheminement et maximiser leur efficacité.

## 2. Carburants alternatifs : vision et projets

- **Hydrogène (H<sub>2</sub>) :**
  - Technologie encore en phase de démonstration, avec des perspectives d'utilisation via des **piles à combustible (PAC)**.
- **Ammoniac (NH<sub>3</sub>) :**
  - En attente de moteurs adaptés, actuellement en phase de test par les motoristes.
  - Les premiers navires à NH<sub>3</sub> devraient être des vraquiers ou des navires transportant déjà de l'ammoniac, afin de capitaliser sur des retours d'expérience.
  - Destiné aux **longs courriers**, loin des zones d'habitation en raison de sa toxicité.
- **Méthanol :**
  - Tests en cours sur les vraquiers. Dual fuel pour permettre une transition progressive.

## 3. Infrastructure et logistique

- **Terminaux conteneurs :**
  - Souvent proches des zones d'habitation, ils posent problème pour le soutage d'ammoniac en raison de sa toxicité.
  - Le soutage se fait uniquement lorsque les navires restent immobilisés suffisamment longtemps au port.
- **Terminaux chimiques :**
  - Situés loin des zones habitées, ils sont plus adaptés pour les opérations d'avitaillement en ammoniac.
- **Soutage LNG :**
  - Principaux ports en Europe pour CMA: **Marseille et Rotterdam**.

## 4. Enjeux et défis liés aux carburants alternatifs

- **FuelEU Maritime :**
  - Impact plus important sur les sociétés opérant exclusivement en Europe en raison des nouvelles contraintes réglementaires.
- **Retour d'expérience (REX) :**
  - CMA CGM attend les premiers retours des exploitations commerciales des navires fonctionnant à l'ammoniac et au méthanol, prévus dans les 2 prochaines années.
- **Impact européen :**
  - L'Europe représente environ **15 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>** et une part équivalente de l'approvisionnement en carburant.

## 6. Stratégie et différenciation selon les régions

- Les navires les plus anciens et polluants sont souvent affectés à des lignes moins exigeantes en matière de régulation, par exemple sur les routes africaines.
- Une catégorisation des navires est envisagée selon leur zone d'exploitation pour optimiser la transition énergétique.

#### **Caractéristiques portes conteneur :**

- Durée de vie entre 25 & 30ans
- Consommation moyenne methanol /NH3 → 40 000 tonnes / ans pour une contenance 8 000 à 10 000 tonnes pour les 360m

---

## **4.14. Elengy – 12/12/24**

#### **Présents :**

Stanislas NOWAK - SYNOPS

Louis LONGHINI - SYNOPS

Sebastien ROUSSEL – ELENGY

#### **1. Présentation d'Elengy**

- **Statut :** Filiale d'Engie spécialisée dans l'exploitation des terminaux méthaniers.
- **Rôle :**
  - Prend en charge la moitié du gaz consommé en France via ses infrastructures.
  - Création en 2010 d'un **Hub GNL**, destiné à soutenir le soutage des navires (micro-méthaniers) et l'avitaillement des porte-conteneurs ou navires de croisière.
- **Partie prenante :** Active dans l'étude du GNL pour le port de Brest.

#### **2. Vision et objectifs stratégiques**

- **Promotion du GNL :**
  - Favorise le GNL plutôt que l'ammoniac en tant que carburant alternatif, notamment pour sa maturité technologique et son rôle clé dans la transition énergétique.
- **Création de hubs de décarbonation :**
  - Ambition de développer des hubs intégrant de nouvelles molécules décarbonées telles que le **GNL**, l'**ammoniac**, l'**hydrogène (H<sub>2</sub>)** et l'**e-méthane**.
  - Refus d'inclure le méthanol en raison de sa difficulté de conservation à basse température.

#### **3. Axes stratégiques principaux**

1. **Décarbonation des activités et actifs d'Elengy :**
  - Optimisation des infrastructures existantes pour réduire leur empreinte carbone.
2. **Décarbonation de la mobilité lourde :**
  - Développement d'avitaillements adaptés pour les navires et véhicules industriels.
3. **Décarbonation des industriels :**
  - Projet CCS (capture et stockage de CO<sub>2</sub>) en cours à Montoir-de-Bretagne, visant à réduire les émissions industrielles.

#### **4. Utilisation et stockage de l'ammoniac**

- **Ammoniac comme vecteur d'hydrogène :**

- Un litre d'ammoniac transporte plus d'hydrogène qu'un litre d'hydrogène liquide, ce qui le rend attractif pour le transport et le stockage.
- **Applications :**
  - Utilisé pour capter les NOx (réduction des émissions polluantes).
  - Intégré dans la pétrochimie et d'autres industries lourdes.
- **Projet Fos Tonkin - Medhyterra :**
  - Transformation d'un terminal GNL en espace de stockage d'ammoniac.
  - Capacité prévue : **30 000 m<sup>3</sup>**, soit environ **20 000 tonnes d'ammoniac**.

## 5. Particularités des infrastructures d'Elengy

- **Infrastructure adaptée à la cryogénie :**
  - Privilégie les molécules qui se conservent à basse température (GNL, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, e-méthane).
- **Complémentarité GNL-NH<sub>3</sub> :**
  - Intégration progressive des nouvelles molécules en capitalisant sur les infrastructures existantes.

### Le projet Medhyterra

Le calendrier prévisionnel



### Le projet Medhyterra

En synthèse

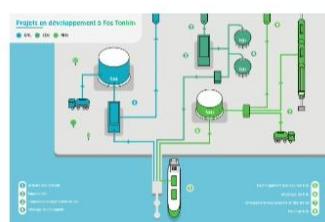


elengy

Mardi 15 octobre 2024 – Fos-sur-Mer

### Le projet Medhyterra

Le fonctionnement prévisionnel du terminal



22

#### LES MODALITÉS D'ACHEMINEMENT DE L'AMMONIAC

- **200 000 tonnes d'ammoniac bas-carbone** par an (10 et 15 opérations de déchargement de navires chaque année)

#### LES MODALITÉS DE STOCKAGE, DE GESTION ET DE TRANSFORMATION DE L'AMMONIAC SUR LE TERMINAL

- Un réservoir de stockage de 30 000 m<sup>3</sup> environ
- Une installation permettant de diluer de l'ammoniac avec de l'eau pour obtenir de l'ammonium

#### LES MODALITÉS D'EXPÉDITION DE L'AMMONIAC DEPUIS LE TERMINAL

- Distribution par **train** (1 train tous les 5 jours)
- Distribution par **caminion-citerne** (10 à 15 par jour)
- Distribution par **canalisation** vers les sites industriels voisins
- Rechargeement de navires de **soutage**

#### LES DÉBOUCHÉS COMMERCIAUX

- Partenariat avec l'entreprise Trammo<sup>®</sup>