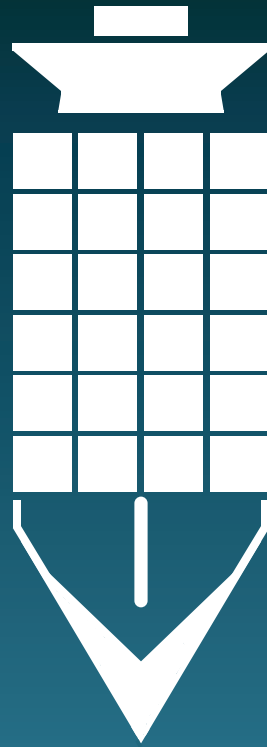


Avril 2025
Version définitive



Regards sur la décarbonation du transport maritime et des systèmes portuaires

Approche géographique de l'avenir du port de
Nantes Saint-Nazaire

Master 2 ALM Nantes Université

2024 - 2025



Remerciements

Ce diagnostic est l'aboutissement de plusieurs mois de travail. En préambule, nous souhaitons adresser tous nos remerciements aux personnes avec qui nous avons pu échanger et qui nous ont aidés au cours de nos recherches. En commençant tout d'abord par remercier M. Kassous, M. Foulquier et M. Guineberteau, encadrants de ce diagnostic, pour leur aide précieuse, le temps qu'ils nous ont accordé et tous nos échanges qui nous ont permis, à plusieurs reprises, de porter un nouveau regard sur le sujet.

Merci également au cluster CARGO, pour leurs explications ainsi que pour toute la documentation transmise. Cela a été un vrai plaisir de travailler avec eux et de découvrir le monde portuaire et ses enjeux.

Merci enfin à nos collègues de master GAED avec qui nous avons eu l'occasion d'échanger, ce qui nous a permis d'améliorer continuellement notre travail et rendu.

Sommaire

Remerciements	1
Sommaire.....	2
Avant-propos	4
INTRODUCTION	5

Partie I : Etat de l'art et méthode : clés de lecture de la décarbonation..... 12

I.1 Clés de lecture de la décarbonation..... 14

I.1.1 Les différentes approches et méthodes de décarbonation : quelles solutions pour quel avenir ?.....21

I.1.2 La décarbonation face aux contraintes spatiales et sociales.....30

I.2 Les éléments de méthodologie 35

Partie II : Vers quels avenir pour le Grand port maritime de Nantes Saint-Nazaire ?..... 41

II.1 Stratégie(s) du port en réponse à la SNBC : un volontarisme politique qui guide les transformations 43

II.1.1 Electrification des quais : un projet ambitieux aux défis multiples.....45

II.1.2 Nouveaux Carburants pour les navires : enjeux et perspectives59

II.1.3 L'avenir de la centrale thermique à charbon de Cordemais66

II.1.4 Énergies renouvelables et infrastructures portuaires : quels défis ?71

II.2 Evolution de la flotte : quelles dynamiques pour un transport maritime plus durable ? 79

II.2.1 Dans le monde : Les tendances globales dans l'évolution de la flotte.....81

II.2.2 Quels type de navires et quelles adaptations ?.....83

II.2.3 Repenser la desserte du port vers le reste du territoire.....90

II.3 La réadaptation du port : quelles perspectives ? 95

II.3.1 Une fermeture de la raffinerie de Donges ?.....96

II.3.2 Démanteler une raffinerie : quels enjeux ?97

II.3.3 Les impacts sociaux des reconversions 105

II.3.4 La raffinerie de Donges : un avenir incertain.....	107
II.3.5 Le port exportateur et producteur d'énergie : quelles opportunités ?.....	110
Partie III : Défis et perspectives : les limites de notre étude.....	131
III.1 Défis politico-juridiques de la décarbonation et perspectives d'adaptation climatique.....	133
III.1.1 Décarbonation du secteur maritime : nécessité d'une impulsion politique et juridique plus forte.....	134
III.1.2. Les impacts du changement climatique sur les infrastructures portuaires : un défi majeur pour l'avenir des ports	136
III.2 La décarbonation : quelles limites sur le terrain ?.....	140
III.2.1 Des solutions techniques encore insuffisantes.....	141
III.2.2 Nantes Saint-Nazaire, quelle place dans le système portuaire européen et mondial ?.....	144
III.3 L'acceptabilité des projets de décarbonation	146
III.3.1. Les enjeux de l'acceptabilité sociale	147
III.3.2. Les freins spécifiques liés aux technologies de décarbonation	149
III.3.3 Les stratégies pour améliorer l'acceptabilité.....	153
III.4 Décroissance : Un avenir possible pour le Port de Nantes-Saint-Nazaire ?154	
III.4.1 Définir la décroissance dans le cadre du port de Nantes-Saint-Nazaire.....	155
III.4.2 Scénarios de décroissance : utopie ou catastrophe ?	156
III.4.3 Les implications économiques de la décroissance pour le port.....	157
III.4.4 Les implications sociales : quel avenir pour les travailleurs du port ?	158
III.4.5 Un port sans flux peut-il encore être un port ?.....	158
CONCLUSION	160
Bibliographie	163
Table des figures.....	177
Annexe	178

Avant-propos

Dans le cadre de notre deuxième année de master Aménagement du Littoral et de la Mer, dispensé par l'Institut de Géographie et d'Aménagement Régional de l'Université de Nantes (IGARUN), nous avons eu l'opportunité de mener une étude sur les enjeux de la décarbonation du transport maritime et des ports. Une attention particulière a été portée au Grand Port Maritime (GPM) de Nantes Saint-Nazaire, notamment à travers un travail prospectif sur les effets possibles de la décarbonation aux niveaux spatial, économique, social et environnemental. Cette étude répond à une commande formulée par le cluster CARGO, un groupe de recherche spécialisé dans la décarbonation du transport maritime. Dans ce cadre, au cours du premier semestre, nous avons défini une méthodologie et élaboré un plan afin de répondre au mieux à la problématique posée. Afin de mener cette étude dans les délais impartis, l'ensemble de la promotion a contribué à l'avancement de ce travail. Le groupe est composé de 19 étudiants issus de formations diverses, bien que majoritairement en géographie. Des groupes de travail ont été constitués afin de répondre au mieux aux différents axes de recherche. Le document que vous feuilletez actuellement, et que nous avons le plaisir de vous présenter, constitue notre rendu final.

INTRODUCTION

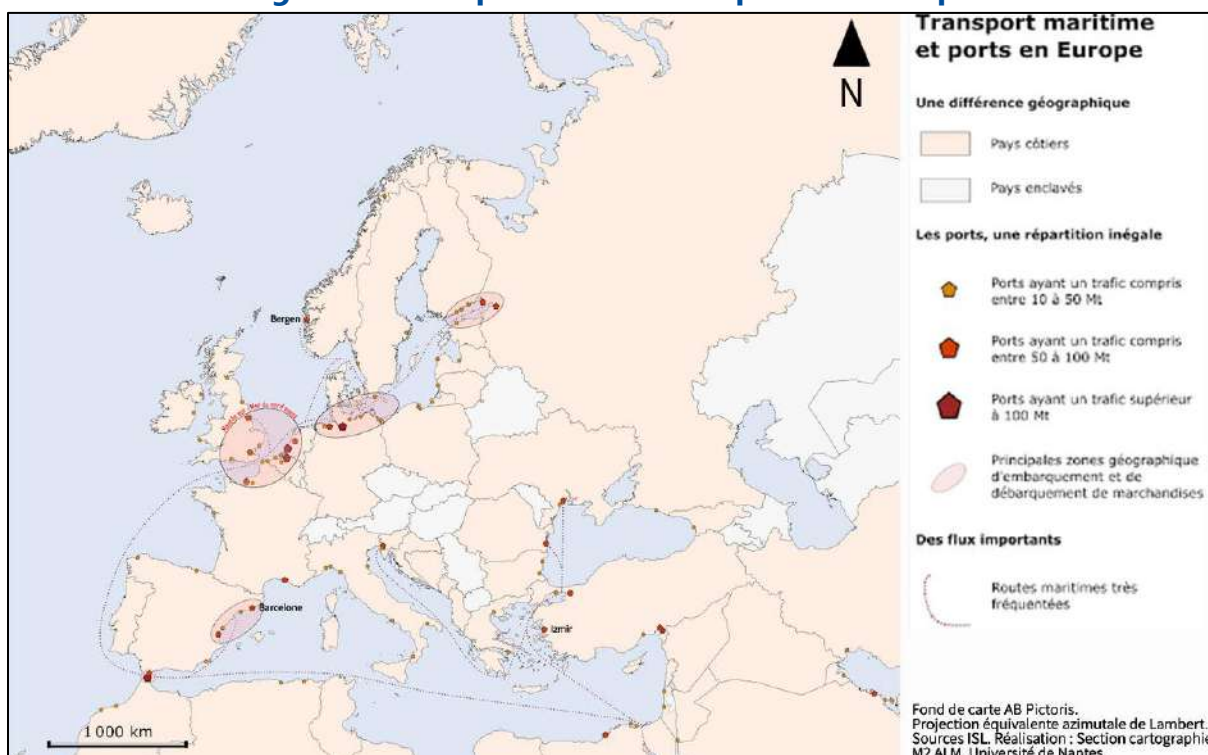


Transport maritime : enjeu de décarbonation

Le transport maritime constitue le principal pilier du commerce international, avec près de **90 % des échanges mondiaux de marchandises transitant par voie maritime** (UNCTAD, 2023). Cette prédominance s'explique par les avantages économiques du fret maritime, qui permet d'acheminer des volumes considérables à moindre coût sur de longues distances par rapport aux autres modes de transport.

Entre 2000 et 2019, le volume du commerce maritime a progressé de 3 % par an en moyenne, atteignant un total de 11 milliards de tonnes transportées en 2019. Les ports mondiaux jouent un rôle essentiel dans cette dynamique. En Europe, les ports de Rotterdam, Anvers et Hambourg figurent parmi les plus importants (figure 1) tandis qu'en France, **Le Havre, Marseille-Fos et Nantes Saint-Nazaire occupent une place centrale** (Rodrigue, 2022).

Figure 1 : Transport maritime et ports en Europe

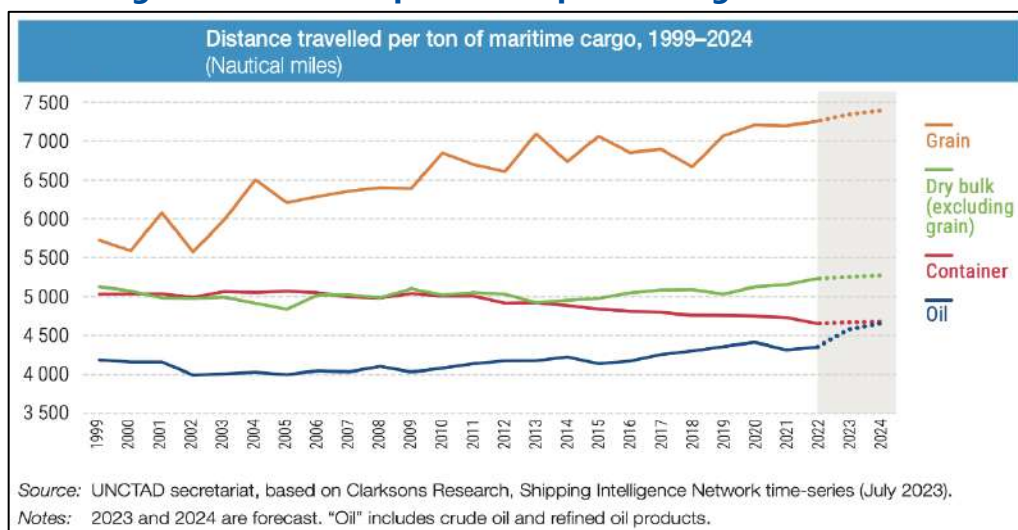


Les distances parcourues par les navires vraquiers et pétroliers ont augmenté en raison des tensions géopolitiques qui ont redéfini les routes commerciales ¹, notamment en Europe, qui cherche de nouveaux fournisseurs d'énergie, suite à la

¹ United Nations Conference on Trade and Development. (2023). *Review of Maritime Transport 2023*.

guerre en Ukraine (figure 2). Néanmoins, les distances parcourues par les navires porte-conteneurs ont légèrement diminué, grâce à une meilleure optimisation des chaînes d'approvisionnement, avec la création de hubs de production plus proches des marchés finaux.

Figure 2 : Distance parcourue par les cargos, 1999-2024



Les ports jouent un rôle clé dans ce système, et leur adaptation à l'évolution du secteur maritime est cruciale. Les terminaux portuaires sont classés en trois grandes catégories (Rodrigue, 2022) : ceux dédiés aux marchandises générales (conteneurs, voitures, palettes), ceux de cargaison de vrac (liquide ou solide), et les terminaux de passagers. Le développement des infrastructures portuaires a souvent été accéléré par la privatisation, en réponse à la conteneurisation et aux besoins croissants de performance logistique. Cependant, cette libéralisation des activités soulève des questions sur la gestion stratégique des ports, en particulier face à une possible réindustrialisation européenne qui pourrait modifier l'utilisation de ces routes maritimes.

L'industrie maritime, avec son modèle basé sur des navires de plus en plus grands, réduit les coûts d'exploitation par unité de transport, mais cela entraîne une pression accrue sur les infrastructures portuaires. Ce gigantisme pose des défis environnementaux majeurs, liés aux émissions de CO₂ générées par les navires.

Le transport maritime, bien qu'indispensable au commerce mondial, reste largement dépendant des énergies fossiles, notamment du pétrole (Saad et al, 2012), ce qui expose le secteur à des risques géopolitiques. Les réserves mondiales de pétrole et de gaz sont limitées, et la croissance de la consommation énergétique pourrait aggraver cette dépendance (Roy, 2007). Le secteur maritime, bien que stratégique, doit s'adapter aux enjeux de décarbonation, et les ports, dans cette dynamique, doivent moderniser leurs infrastructures pour réduire leur empreinte carbone. Une régulation juridique est indispensable pour encadrer cette transition énergétique vers un modèle moins polluant et plus durable.

La décarbonation du secteur maritime est un enjeu emblématique dans la lutte contre le changement climatique. Cette empreinte carbone est principalement due à l'utilisation de fioul lourd, un carburant riche en soufre et en particules fines, ce qui en fait l'un des plus polluants du secteur des transports. Face aux impératifs climatiques et aux objectifs mondiaux de neutralité carbone, la nécessité d'intégrer un modèle plus durable, respectueux de l'environnement et des sociétés est essentiel. L'ambition est de réduire les émissions annuelles totales de GES d'au moins 50 % en 2050 par rapport à 2008. Ainsi qu'une réduction de 40 % de l'intensité carbone de la flotte mondiale à l'horizon 2030 par rapport à 2008. L'Organisation Maritime Internationale (OMI), dans sa stratégie de réduction des émissions de GES de juillet 2023, a renforcé ses ambitions de décarbonation du transport maritime international pour atteindre le zéro net des émissions de GES à horizon 2050. L'OMI a également adopté des objectifs de réduction intermédiaires des émissions absolues de GES des navires, à savoir entre 20 % et 30 % d'ici 2030 puis entre 70 % et 80 % d'ici 2040, par rapport à 2008². L'Union Européenne a renforcé ses engagements en intégrant le transport maritime au Système d'échange de quotas d'émission (SEQE-UE) dès 2024 et en imposant l'usage de carburants alternatifs à partir de 2025 via le règlement FuelEU Maritime³. La Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) de la France prévoit une transition progressive vers des ports et navires décarbonés, notamment en promouvant l'électrification des quais et l'usage de carburants renouvelables⁴. Ces engagements impliquent une restructuration complète des infrastructures maritimes, une mutation des chaînes logistiques et un renouvellement des flottes, posant des défis techniques, économiques et réglementaires.

² Travaux de l'OMI pour réduire les émissions de GES provenant des navires. OMI. (sd).

³ Conseil de l'Union Européenne, 2023. Communiqué de presse : *Initiative FuelEU Maritime: le Conseil adopte une nouvelle loi visant à décarboner le secteur maritime*

⁴ *Stratégie nationale bas-carbone (SNBC)*, Ministères Aménagement du territoire Transition écologique, 2024

Sur les territoires, les enjeux sont multiples : s'intégrer aux activités déjà en place dans les territoires concernés cela signifie à la fois trouver les espaces disponibles pour y placer les infrastructures nécessaires, et prendre en compte l'espace environnant et les nuisances qui peuvent être créés par la décarbonation. Mais aussi maîtriser l'espace utilisé : densifier les activités pour freiner l'artificialisation des espaces naturels. Enfin s'adapter aux risques littoraux qui peuvent être prégnants sur les territoires comme la submersion ou l'érosion. Plus globalement, une condition est de favoriser l'acceptabilité des projets par la population pour permettre une mise en place sereine des projets. Il est donc nécessaire d'intégrer les considérations environnementales dans l'aménagement des infrastructures, et dans la conception même des navires. La mise en place de cette décarbonation se doit d'inclure les enjeux économiques : les investissements et les coûts liés à la décarbonation doivent être moindres et sociaux : en permettant aux ports de garder leur compétitivité et en créant des emplois, notamment dans une dynamique de réindustrialisation française et du port de Nantes Saint-Nazaire.

Notre étude porte principalement sur le port de Saint-Nazaire, le quatrième plus grand port de France, qui traite environ 30 millions de tonnes de marchandises par an et génère près de 28 000 emplois (Nantes Saint-Nazaire Port, 2018). Il accueille également des industries stratégiques telles que la construction navale (Chantiers de l'Atlantique), la pétrochimie (raffinerie de Donges) et les énergies renouvelables, notamment l'éolien offshore. Ce port situé en Pays de la Loire est aujourd'hui en pleine réflexion sur le futur de son fonctionnement et met d'ores-et-déjà en place des projets autour de l'énergie verte au travers d'un hub multimodal énergétique. Si ces premiers projets sont à la phase de réflexion, il est nécessaire de positionner les espaces où cette transition est possible et d'adapter le port de Saint-Nazaire aux défis actuels. Plusieurs questions se posent alors :

- **Comment organiser les territoires pour mettre en place cette transition énergétique ?**
- **Comment les solutions connues de décarbonation impliquent-elles de repenser l'espace portuaire ?**
- **Jusqu'où iront ces changements et qu'impliquent-ils sur le terrain ?**

Dans ce contexte, des chercheurs se mobilisent pour comprendre le défi de la décarbonation maritime. Le cluster Cargo est un exemple de cette fédération d'acteurs de recherche. Trois objectifs composent son action :

- *"Donner de la visibilité à l'offre et aux résultats de recherche"*
- *Construire une vision commune des enjeux de la décarbonation du transport maritime*
- *Faciliter l'émergence de nouvelles collaborations et projets de recherche"*

La question centrale qui se pose est de savoir **comment concilier les impératifs de décarbonation du transport maritime et portuaire avec les enjeux environnementaux, économiques et territoriaux, tout en assurant l'adaptation des infrastructures du port de Nantes Saint-Nazaire aux défis climatiques et énergétiques ?**

Nous présenterons d'abord dans une première partie de notre diagnostic, les clés de lecture de la décarbonation, en abordant les cadres juridiques (stratégies internationales et SNBC), les acteurs impliqués puis nous présenterons quelles sont les méthodes de décarbonation des ports et des navires. Un focus sera fait sur le port de Nantes/Saint-Nazaire à travers une cartographie des ressources et une fiche technique synthétique. Ensuite, nous détaillerons notre méthodologie, basée sur une recherche bibliographique, une analyse spatiale et l'étude de cas ciblés, permettant une exploration précise des thématiques essentielles à la décarbonation.

Partie I : Etat de l'art et méthode : clés de lecture de la décarbonation



I.1. Clés de lecture de la décarbonation

La décarbonation maritime désigne **l'ensemble des stratégies et technologies visant à réduire l'empreinte carbone du transport maritime et des infrastructures portuaires, notamment par la diminution des émissions de gaz à effet de serre (GES)**. Face à ces défis, les acteurs du transport maritime sont appelés à accélérer leur transition vers un modèle plus sobre en carbone, conforme aux engagements climatiques internationaux.

Plusieurs facteurs poussent à la décarbonation du transport maritime. Dans un premier temps, les impératifs climatiques avec la réduction des émissions de CO₂ qui est essentielle pour limiter le réchauffement climatique sous les +1,5°C d'ici 2100, objectif fixé par l'Accord de Paris ⁵. Dans un deuxième temps, les pressions réglementaires croissantes : Le transport maritime est progressivement intégré aux politiques climatiques internationales et nationales. Par exemple, l'Union Européenne a inclus le secteur maritime dans le **Système d'échange de quotas d'émissions (SEQE-UE), obligeant les compagnies à payer pour leurs émissions de CO₂** ⁶. Troisièmement, l'évolution des attentes sociétales : De plus en plus de consommateurs et d'investisseurs privilégient les entreprises engagées dans la transition écologique. Cela peut pousser les compagnies maritimes à adopter des pratiques plus durables pour préserver leur compétitivité. Enfin, les innovations technologiques : L'essor de nouvelles technologies bas-carbone, telles que la propulsion à l'hydrogène, les voiles rigides, et les carburants de synthèse, offre des alternatives aux énergies fossiles, bien que leur déploiement à grande échelle reste un défi.

La décarbonation du transport maritime ne concerne pas uniquement les navires. Elle implique une transformation profonde des infrastructures portuaires et des territoires littoraux. Les ports jouent un rôle clé dans cette transition, en intégrant des solutions de raccordement électrique à quai, en proposant l'accès à des énergies renouvelables (éolien offshore, hydrogène vert), et en adaptant leurs infrastructures pour accueillir des navires plus écologiques.

Toutefois, cette mutation soulève plusieurs défis comme les contraintes spatiales : la mise en place de nouvelles infrastructures énergétiques (hydrogène, électrification des quais) nécessite des surfaces disponibles, ce qui peut entrer en conflit avec d'autres usages du littoral, notamment les activités portuaires

⁵ *Publication du 6e rapport de synthèse du GIEC*. Ministères Aménagement du territoire & Transition écologique. 2023

⁶ *Marché carbone européen (ETS) - transport maritime*. Ministère de la Transition écologique. 2025

traditionnelles et la préservation des écosystèmes (Rodrigue, 2022). Le coût des investissements est également une limite : **La transition énergétique maritime demande des investissements colossaux, estimés à 1 000 milliards de dollars d'ici 2050 pour atteindre la neutralité carbone** (Deloitte, 2022). Le financement de cette transition repose à la fois sur des politiques publiques (subventions, taxes carbone) et sur des engagements privés. Malgré des avancées notables, la décarbonation maritime reste un défi complexe. Si certaines solutions (électrification des ports, amélioration de l'efficacité énergétique des navires) sont déjà en cours de déploiement, d'autres (carburants alternatifs, captation du CO₂) nécessitent encore des investissements en recherche et développement avant d'être viables à grande échelle.

Un jeu d'acteur complexe : du global au local

Le transport maritime, élément central de la globalisation, impacte fortement les littoraux à toutes les échelles. Si "l'équilibre décisionnel se centralise sur quelques acteurs maritimes et logistiques, qui désormais *font* les ports et les corridors d'acheminement" parfois éloignés des grandes villes portuaires (Foulquier, 2019), de nombreux autres acteurs exercent une influence directe sur la décarbonation des activités portuaires et maritimes. Décisionnelle, incitative ou productiviste, cette influence reste essentielle. Cette première partie vise à dresser un état des lieux des nombreux acteurs impliqués, leur rôle dans la décarbonation et les relations complexes qui les unissent.

La décarbonation des infrastructures portuaires repose sur une coordination entre divers acteurs décisionnels à différentes échelles (figure 3).

Figure 3 : Les acteurs en présence



L'Organisation Maritime Internationale (OMI)

Au sommet de cette pyramide, l'OMI établit des règles mondiales pour réduire les émissions de CO₂ dans le transport maritime. Elle crée un cadre réglementaire universel couvrant tous les aspects du transport maritime, de la conception des navires à leur mise au rebut, en veillant à leur efficacité énergétique et à leur respect de l'environnement.

L'Union Européenne

L'Union européenne joue un rôle clé, notamment avec la *FuelEU Maritime Regulation* adoptée en 2023, qui encourage l'usage de carburants renouvelables et de technologies propres. Comme évoqué précédemment, depuis 2022, le secteur maritime est intégré au système d'échange de quotas d'émissions (SEQE). Les compagnies maritimes doivent donc désormais acheter des quotas de CO₂ pour couvrir une partie de leurs émissions de gaz à effets de serre. Par ailleurs, des financements soutiennent les projets bas carbone dans ce secteur, conformément à l'objectif de neutralité carbone d'ici 2050, fixé par le Pacte Vert.

Les gouvernements nationaux

En France, deux politiques publiques encadrent la transition énergétique⁷ :

- La Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), qui priorise les actions énergétiques à dix ans, actualisées tous les cinq ans.
- La Stratégie nationale bas-carbone (SNBC), définissant la trajectoire vers une économie zéro carbone d'ici 2050, avec des budgets carbone sectoriels contraignants.

Ces cadres incluent directement les activités portuaires, renforçant leur transition énergétique.

Les collectivités locales et les autorités portuaires

Les collectivités locales jouent un rôle clé dans l'aménagement territorial via les plans d'urbanisme (PLU/PLUi), intégrant des infrastructures vertes comme l'électrification des quais et les énergies renouvelables.

Au centre, les **autorités portuaires** incarnent le modèle de "Landlord Port", où elles gèrent le foncier bord-à-quai et régulent les activités, souvent confiées à des opérateurs privés. Elles assurent la coordination des objectifs multi-scalaires en matière d'aménagement et de transition énergétique.

Le modèle du "Landlord port" repose sur des acteurs opérationnels majeurs ayant un rôle crucial dans la décarbonation des infrastructures portuaires et du transport maritime.

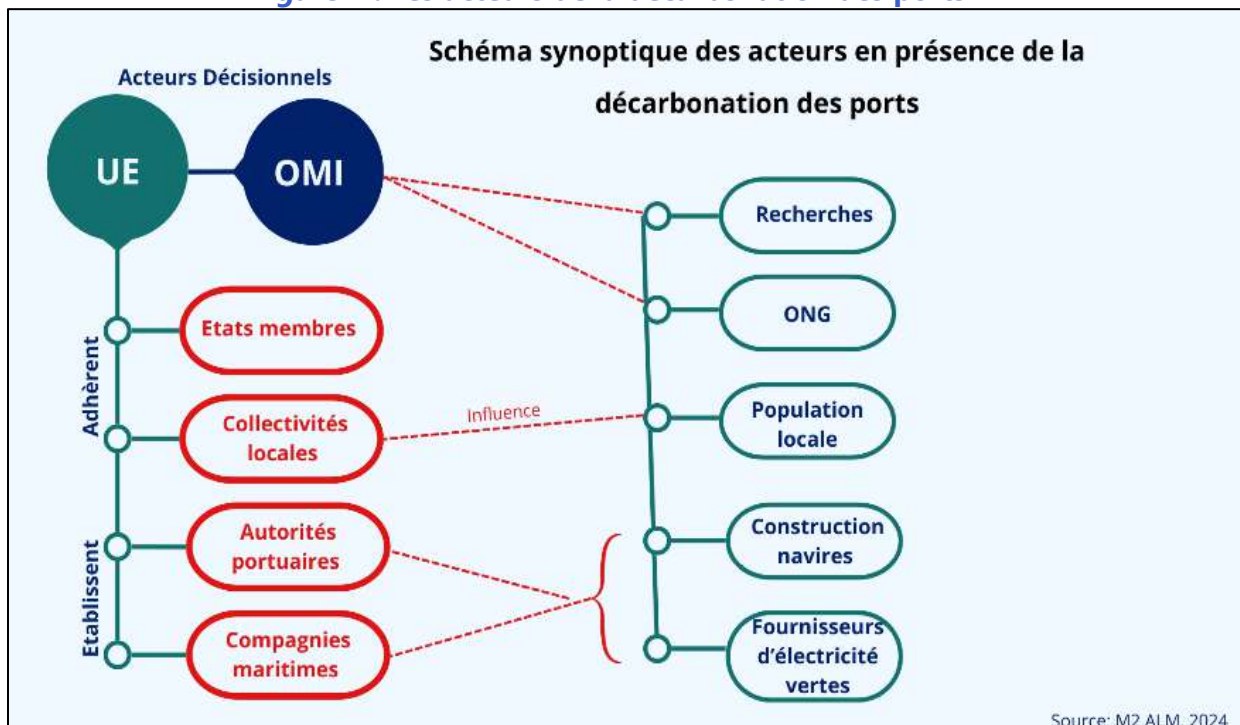
- **Armateurs** : Des sociétés qui équipent, entretiennent et exploitent un navire pour des activités commerciales, de transport ou de pêche. Comme Maersk ou CMA CGM, qui investissent dans des carburants alternatifs (GNL, hydrogène) et des technologies de réduction des émissions (scrubbers, propulsion vélique).
- **Constructeurs navals et TPE/PME** développent des navires écologiques et des systèmes énergétiques innovants (moteurs hybrides, optimisation des coques).
- **Fournisseurs d'énergie** (EDF, Total, RTE) favorisent les énergies renouvelables et s'adaptent à la montée de l'électrification portuaire, posant des enjeux d'aménagement.

⁷ Neutralité carbone, adaptation... La politique de la France face au changement climatique. Vie publique. 2024

- **ONG et associations sectorielles** (ex. ICS, Transport & Environment) et initiatives locales (ADELE) influencent via plaidoyers et collaborations.
- **Institutions académiques** conçoivent et testent des solutions innovantes comme l'hydrogène et les carburants synthétiques.

Tous ces acteurs interagissent directement ou indirectement. Il est pertinent d'explorer leurs interactions pour mieux comprendre leur rôle dans la décarbonation. Le schéma synoptique (figure 4) illustre ces connexions, mettant en évidence une hiérarchie des pouvoirs.

Figure 4 : Les acteurs de la décarbonation des ports



Le schéma illustre les acteurs extérieurs qui influencent ou sont influencés par la prise de décision. Nous avons classifié certains acteurs comme "fournisseurs", c'est-à-dire ceux qui apportent des biens et services contribuant à la décarbonation des ports.

Les initiatives de décarbonation des ports génèrent des tensions entre les parties prenantes. Gouvernements et ONG exigent des réglementations strictes et des investissements, tandis que les entreprises privées redoutent les coûts. Ces

divergences, comme au port de Rotterdam, compliquent la transition. Il est essentiel de les prendre en compte pour réussir la décarbonation.

La diversité des acteurs et de leurs interactions complique l'évolution des activités portuaires. Nous allons maintenant analyser leur fonctionnement, en amont et en aval.

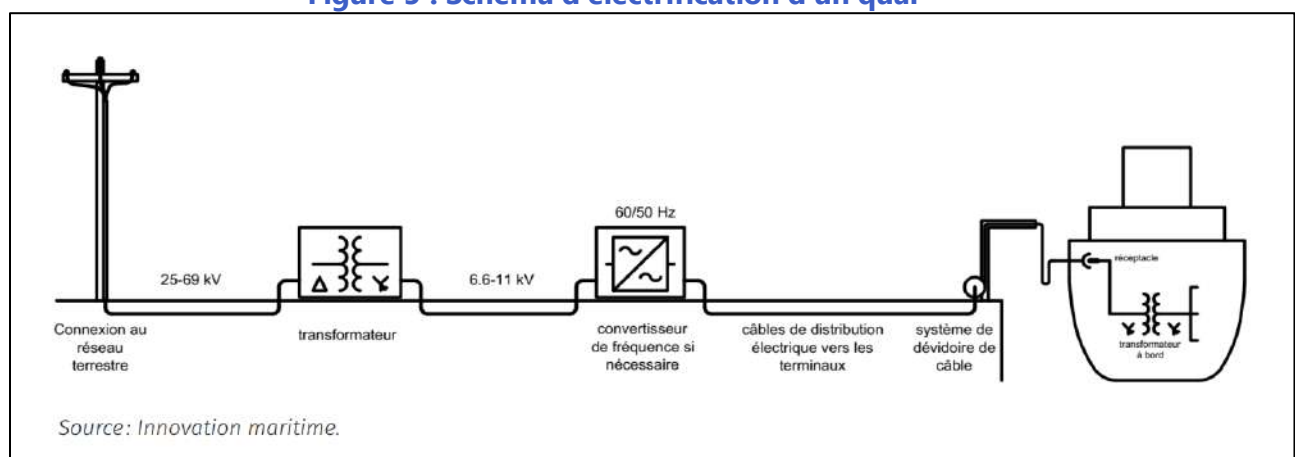
I.1.1 Les différentes approches et méthodes de décarbonation : quelles solutions pour quel avenir ?

La répartition des émissions de gaz à effet de serre (GES) dans le transport maritime est inégale entre celles générées par les navires à quai dans les ports et celles produites durant leurs trajets en mer. Pourtant, les solutions de décarbonation pour ce secteur s'appliquent à ces deux niveaux. Cette partie examine les avancées de la recherche sur les projets et techniques de décarbonation des ports et des navires pour réduire les émissions de GES tout en impliquant la dimension spatiale de ces avancées.

I.1.1.1 Le raccordement à quais : une solution incontournable mais encore limitée

A l'échelle des ports, les bateaux à quai utilisent leur carburant pour continuer de s'alimenter, ce qui représente près de 25% des émissions totales pour un porte conteneur classique lors de son trajet (Cargo, 2024). Pour cela, les projets les plus viables en termes de décarbonation sont le raccordement des bateaux au réseau terrestre. Cette terminologie anglaise du « cold ironing » qui peut se traduire par le « repassage à froid » correspond au raccordement des navires avec le quai du port pour s'alimenter en énergie pour éviter sa consommation de carburant durant son escale (figure 5).

Figure 5 : Schéma d'électrification d'un quai



Cette réflexion existe depuis le début des années 2000 dans certains ports comme en Suède. Les grands ports français comme Le Havre ou Marseille ont commencé des travaux sur certains quais.⁸

Cependant pour pouvoir acheminer assez d'énergie pour alimenter les bateaux et pallier la consommation d'énergies fossiles, **il est primordial de produire davantage d'énergie mais aussi qu'elle provienne d'un mix énergétique renouvelable pour éviter un report des émissions dans un autre secteur** (Cargo, 2024).

Toutefois, plusieurs limites ressortent face aux nouvelles infrastructures en lien avec l'électrification des quais. Elles requièrent d'importants investissements financiers pour ajuster les installations portuaires. Ainsi, la problématique de l'universalité des branchements et de la puissance de l'énergie qui alimente les bateaux représente une limite actuelle pour les ports (Innes et Monios, 2018 et Spengler et Tovar, 2021).

I.1.1.2 Produire une énergie décarbonée : entre innovation et contraintes spatiales

La décarbonation du transport maritime passe par des innovations techniques permettant de réduire les émissions de carbone. Voici ci-dessous des méthodes de production d'énergie "verte".

Hydrogène : une alternative encore trop coûteuse

L'hydrogène est une technologie réputée en Europe, participant à la décarbonation des ports.⁹ Il permet de remplacer les combustibles fossiles. La production d'hydrogène est encore souvent dépendante des combustibles fossiles, ce qui produit principalement de l'hydrogène appelé « gris », qui a un bilan carbone encore élevé. Concernant l'hydrogène « vert », qui lui est produit par électrolyse à partir d'eau, il reste tout de même coûteux et nécessite des infrastructures pour son stockage et son transport. Cependant, bien qu'il soit présenté comme une option de futur pour remplacer les énergies fossiles, son développement est freiné par des coûts de production élevés.¹⁰ La production d'hydrogène vert requiert des quantités

⁸ Rapport d'Innovation maritime. *Électrification des quais au Québec*. (2022)

⁹ Hydrogen+. (2022). *Les ports européens passent à l'hydrogène*.

¹⁰ Energy Transitions Commission. (2021). *Global Hydrogen Executive Summary*.

considérables d'énergie renouvelable, et la mise en place des installations nécessaires pour le stockage et l'acheminement de ce carburant est complexe et coûteuse.

Énergie osmotique et thermique : une technologie prometteuse à développer

L'énergie osmotique exploite la différence de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce pour générer de l'électricité (Connaissances des énergies, 2024), idéale dans les estuaires où ces eaux se mélangent. Disponible en continu et indépendante des conditions météorologiques, la ressource mondiale est estimée à 2000 TWh/an. (Bocquet et. al, 2023) Toutefois, cette technologie reste peu développée, faute de recherche et d'investissements. Le principal frein réside dans la faible performance des membranes actuelles, qui permettent le transfert d'énergie mais nécessitent des milliers de m² pour être viables. Le coût élevé de production et d'entretien de ces membranes, ainsi que l'emprise spatiale massive, rendent cette technologie non viable pour l'instant. Bien qu'elle puisse théoriquement couvrir un dixième des besoins mondiaux, son développement est très limité. (Statkraft, 2013).

Énergie solaire

Les ports exploitent de plus en plus leur étendue pour l'installation de panneaux solaires, une technologie utilisant le rayonnement du soleil pour produire de l'énergie. Par exemple, le port de Barcelone a récemment lancé un projet ambitieux pour produire jusqu'à 120 GWh grâce à l'installation de panneaux photovoltaïques sur des toits et pergolas avec une superficie totale de 627 000 m² (Port de Barcelona, 2023). D'autres ports, notamment La Rochelle et Brest, investissent également dans le photovoltaïque, mais de manière encore plus innovante, des panneaux flottants sont installés sur des bassins.¹¹ Le port de Brest a mis en place une centrale photovoltaïque flottante sur 247m² appelée « HelioRec » pour une production de 18,5 MWh/an pour « contribuer à la décarbonation du port de Brest » (Chesnais-Girard, président de la région Bretagne, 2023¹²), dans le but de produire de l'électricité tout en ayant une emprise au sol la plus faible possible. Le principal avantage du photovoltaïque est sa simplicité d'installation. Cependant, cette technologie est fortement dépendante des

¹¹ «Charente-Maritime : un projet de photovoltaïque flottant dans les tuyaux à Saint-Mandé-sur-Brédoire», Sud Ouest, 07 janvier 2024

¹² «Le port de Brest s'engage dans la décarbonation de ses installations : inauguration du prototype de panneau solaire flottant d'HelioRec», 17 octobre 2023, Région Bretagne

conditions météorologiques et nécessite un entretien important lorsqu'elle est utilisée en mer, due à la salinité et l'humidité qui accélèrent la dégradation des équipements.

Gaz Naturel Liquéfié (GNL)

Le GNL permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre (jusqu'à 25 % pour le matériel de manutention) et diminue la pollution atmosphérique des navires lors des manœuvres et à quai (Gueguen Hallouët, 2022). Pour soutenir l'usage du GNL, les ports investissent dans des infrastructures adaptées tels que les terminaux méthaniers, l'installations de stockage et distribution et services d'avitaillement pour navires au GNL. Exemple : Le port de Barcelone combine stockage de GNL et études sur l'hydrogène vert pour produire du bio-GNL (Deiss, 2022). Les installations GNL offrent des services d'avitaillement qui influencent les escales des navires, renforçant la compétitivité des ports équipés.

Le méthanol

Le méthanol est de plus en plus considéré comme une alternative viable aux carburants fossiles dans le secteur maritime. Il peut être produit à partir de sources renouvelables (biomasse, hydrogène vert et CO₂ capté) ou fossiles (gaz naturel), bien que seul le méthanol vert soit véritablement neutre en carbone. Son principal avantage réside dans sa combustion plus propre par rapport au fioul lourd, réduisant significativement les émissions de particules fines, d'oxydes de soufre (SO_x) et d'oxydes d'azote (NO_x).¹³

D'un point de vue technique, le méthanol liquide est plus facile à stocker et à manipuler que l'hydrogène ou l'ammoniac, car il ne nécessite pas de cryogénéisation ni de pressurisation extrême. De plus, les infrastructures portuaires peuvent être adaptées plus aisément pour son stockage et son approvisionnement.¹⁴ En matière d'utilisation à bord, certains moteurs diesel existants peuvent être modifiés pour fonctionner avec du méthanol, ce qui limite les coûts de conversion des navires.¹⁵ Cependant, des défis persistent. D'une part, le méthanol fossile reste dominant sur le marché, ce qui limite son impact environnemental. Pour atteindre une véritable décarbonation, il est crucial de développer le méthanol renouvelable, issu de l'électrolyse de l'eau associée à une

¹³ "Methanol as fuel heads for the mainstream in shipping", DNV, 20 avril 2023

¹⁴ *World Energy Outlook 2022 – Analysis*. IEA

¹⁵ "Maersk secures green methanol for maiden voyage of the world's first methanol-enabled container vessel", Maersk, 13 juin 2023

captation de CO₂ ou de la gazéification de biomasse.¹⁶ D'autre part, le coût du méthanol vert reste actuellement plus élevé que celui du fioul conventionnel, bien que des incitations réglementaires et des avancées technologiques puissent réduire cet écart à moyen terme (Transport & Environment, 2023). Des ports comme Rotterdam et Singapour investissent également dans des infrastructures d'avitaillement pour anticiper la croissance de cette filière énergétique (Maersk, 2023 ; Port of Rotterdam, 2023).

Énergies marines renouvelables (EMR)

Sur les territoires côtiers, les énergies marines renouvelables (EMR) représentent une solution prometteuse. Ces technologies valorisent les ressources marines renouvelables, offrant un potentiel estimé à 20 000 TW, soit l'équivalent de la consommation énergétique mondiale en 2016 (Blanchard, 2017).

- **Usines marémotrices** : Elles exploitent les marées via le marnage, comme à l'usine de la Rance. Prévisibles et durables (jusqu'à 100 ans), elles offrent une capacité mondiale de 300 TWh/an. Toutefois, leurs coûts élevés, l'intermittence et les impacts environnementaux limitent leur déploiement (Miossec, 2013 ; Connaissance des énergies, 2024).

- **Énergie hydrolienne** : Fonctionnant grâce aux courants de marée, elles sont discrètes et puissantes, mais dépendent de sites spécifiques (courants puissants, activités humaines et écosystèmes respectés). Le projet Flowatt dans le Raz Blanchard prévoit une ferme hydrolienne en 2026 (Miossec, 2014 ; Flowatt).

- **Énergie houlomotrice** : Convertissant la force des vagues, elle offre un potentiel mondial de 80 000 TWh/an. Exploitable principalement sur la façade atlantique, elle présente des défis liés aux coûts, aux tempêtes et à l'intégration paysagère. Le projet CETO 5 pourrait représenter une avancée significative en 2025 (IFPEN, 2018 ; Le Hub, 2024).

- **Énergie thermique des mers (ETM)** : Basée sur la différence de température entre eaux de surface et profondes, elle est continue et prévisible (10 000 TWh/an). Cependant, cette technologie coûteuse et immature reste limitée aux zones tropicales. Le projet PLOTEC, en cours aux Canaries, vise à surmonter ces défis (Miossec, 2014).

¹⁶ *World Energy Transitions Outlook 2023*. IRENA

Il existe encore d'autres sources décarbonées :

Technologie géothermique : Exploitable pour le chauffage à Nantes-Saint-Nazaire, mais la production électrique reste limitée par des caractéristiques géologiques défavorables¹⁷

Nucléaire au thorium : Potentiellement moins polluant que l'uranium, il offre des perspectives prometteuses.¹⁸ Cependant, il nécessite des avancées techniques pour devenir viable à grande échelle (Dumé, 2022).

En ce qui concerne les perspectives pour la décarbonation des ports, si les EMR et d'autres énergies décarbonées offrent des solutions attractives, leur développement est souvent freiné par des coûts élevés, une maturité technologique insuffisante et des contraintes environnementales. À ce jour, seules l'éolien offshore, les hydroliennes et, dans une moindre mesure, l'ETM présentent un niveau de maturité technologique permettant un déploiement régional limité, notamment à Nantes-Saint-Nazaire (Blanchard, 2017).

I.1.1.3 Techniques de navigation décarbonées

Réduction de la traînée des navires

Optimiser la forme des navires, notamment le bulbe, la voûte et les appendices, permet de réduire la résistance aux vagues et aux frottements. Des techniques comme l'injection d'air sous la carène et les revêtements spécifiques offrent des gains de 5 à 20 % sur la consommation et les émissions. La technologie est mature avec un retour sur investissement de 1 à 3 ans pour les grands navires. Cependant, des contraintes subsistent : coûts initiaux, absence de régulation pour les petits navires, et défis liés à la polyvalence des optimisations (dossier des Armateurs de France, 2024).

¹⁷ ADEME. (sd). *La géothermie, et les pompes à chaleur air-eau pour une collectivité*

¹⁸ "A long terme, quel rôle pourrait jouer le thorium dans le nucléaire ?" IAEA (Agence internationale de l'énergie atomique), 19 avril 2023

Amélioration du rendement propulsif :

L'efficacité de la propulsion est accrue par des propulseurs optimisés (formes, matériaux composites), le biomimétisme, et des dispositifs d'économie d'énergie. Ces solutions offrent des gains de performance de 3 à 10 % avec un retour rapide sur investissement. Cependant, les coûts élevés des équipements et le temps limité pour les études d'optimisation restent des freins (dossier des Armateurs de France, 2024).

Efficacité énergétique des équipements à bord :

L'optimisation énergétique vise à éviter les consommations inutiles via la récupération de chaleur, le réglage des moteurs, ou encore l'amélioration des dispositifs de pont et des systèmes de climatisation. Ces solutions, accessibles à tous types de navires, apportent des gains énergétiques significatifs à faible coût. Toutefois, elles dépendent de profils opérationnels précis et d'outils de modélisation en cours de développement (dossier des Armateurs de France, 2024).

Écoconception

L'écoconception, encore marginale dans les réglementations internationales, repose sur des analyses de cycle de vie et l'adoption de matériaux à faible impact carbone (acier, aluminium, composites). En France, des initiatives existent pour le démantèlement des navires et l'utilisation de matériaux écologiques. Malgré des solutions matures soutenues par des obligations réglementaires, des limites persistent : absence de méthodologie partagée, manque de données, et contraintes sur l'approbation des matériaux (dossier des Armateurs de France, 2024).

Efficacité opérationnelle

Optimiser la consommation énergétique des navires passe par des outils d'aide à la navigation écologique, le routage tenant compte des conditions météorologiques, et des pratiques comme les arrivées "juste à temps" ou la réduction des temps d'escale. Le suivi des performances et la formation des équipages permettent également d'identifier les surconsommations et d'adapter les pratiques. Ces solutions simples à mettre en œuvre offrent des gains importants grâce aux outils numériques, mais des limites subsistent : bande passante limitée, qualité des données, partage des bénéfices et formation insuffisante (dossier des Armateurs de France, 2024).

Sobriété énergétique

Réduire la vitesse des navires est une mesure efficace, pouvant réduire les émissions de 30 %. Promue par la France auprès de l'OMI, cette approche favorise aussi des systèmes comme la propulsion vélique. Toutefois, une réduction excessive de vitesse pourrait nécessiter davantage de navires pour répondre à la demande mondiale, prévue en hausse de 2,1 % par an.¹⁹ Cette mesure est simple et économique, mais ses effets sur l'économie des opérateurs, en particulier pour les ferrys, restent un frein (dossier des Armateurs de France, 2024 ; Gatti, 2019).

Capture du CO₂ à bord

Cette technologie, issue du secteur industriel, vise à capter et stocker le CO₂ émis par les navires utilisant des carburants fossiles. Bien que prometteuse pour compléter les carburants alternatifs, elle reste coûteuse et énergivore, avec des défis liés à l'encombrement à bord, la logistique et les incertitudes réglementaires. Elle est adaptée aux grands navires et pourrait ouvrir de nouveaux marchés pour les ports français (dossier des Armateurs de France, 2024).

Hybridation et électrification des navires

L'électrification concerne surtout les petits navires opérant en zones protégées, avec des batteries rechargées à quai. Pour les grands navires, l'hybridation, en combinant propulsion thermique et électrique, notamment pour les ferries et navires de maintenance offshore. Les navires électriques présentent des avantages comme l'absence d'émissions directes et une réduction des nuisances sonores, mais sont limités par leur poids, leur encombrement, et leur dépendance au mix énergétique pour produire l'électricité (dossier des Armateurs de France, 2024).

Propulsion vélique

Utiliser le vent comme énergie renouvelable via des voiles, rotors ou kites permet de réduire considérablement les besoins énergétiques. Cette technologie est particulièrement adaptée aux routes maritimes où le vent est abondant. Bien que gratuite à l'utilisation, elle nécessite des adaptations du navire et reste plus efficace à

¹⁹ Rapport de la CNUCED. *Review of Maritime Transport 2023*, United Nations Conference on Trade and Development.

des vitesses réduites. La France se positionne comme innovatrice dans ce domaine, avec des projets en développement (dossier des Armateurs de France, 2024).

Propulsion nucléaire

Réservée aux navires militaires, la propulsion nucléaire offre une autonomie exceptionnelle et aucune émission de CO₂. Cependant, les coûts initiaux élevés, les contraintes réglementaires, et la réticence du public freinent son application commerciale. Certains projets de cargos nucléaires sont néanmoins en cours d'étude.²⁰

²⁰ “La propulsion navale nucléaire”, Voix du Nucléaire, 13 avril 2023 et “L'étonnant retour en grâce des projets de cargos nucléaires”, Ouest France, 10 mars 2024

I.1.2 La décarbonation face aux contraintes spatiales et sociales

Pour produire l'énergie décarbonée, les ports et leurs territoires sont amenés à changer. Ce sont donc ces problématiques que soulève le géographe Michel Deshaies : « *l'étude géographique de la transition énergétique consiste notamment à analyser les transformations territoriales résultant de l'évolution du système de production énergétique : organisation du territoire, impacts sociétaux, paysagers et environnementaux réels et perçus* ». Comment les territoires vont pouvoir mener à bien cette transition entre des systèmes de production tournés les énergies fossiles vers des productions décarbonées ? Toutes les techniques de décarbonation se heurtent à la problématique foncière. Les EMR et leur développement nécessitent de l'espace pour développer l'industrie, stocker les matériaux et assembler les pièces, le tout sur le long terme (Cluster Maritime Français, 2020).

I.1.2.1 La nécessité de repenser les espaces

Qu'est-ce que le démantèlement industriel ?

«*Le démantèlement d'une installation recouvre l'ensemble des opérations réalisées par l'exploitant après l'arrêt définitif de celle-ci jusqu'à l'atteinte d'un état qui limite ou supprime totalement les risques que présente le site pour l'homme et l'environnement. Il intègre la réhabilitation des équipements et bâtiments, voire la déconstruction totale du site* » (Cahen, 2012). À l'échelle du port de Nantes Saint-Nazaire, le démantèlement est envisagé autour de trois activités nécessitant des énergies fossiles : la raffinerie de Donges, la centrales à charbon de Cordemais et le terminal méthanier de Montoir-de-Bretagne. Les énergies fossiles représentent 70% du trafic total du port et requièrent des aménagements spéciaux dans le port²¹. Le démantèlement de ces trois industries tendrait à la décarbonation avec une réduction des flux de bateaux. Mais leur démantèlement doit être anticipé afin d'avoir un temps d'avance sur l'évolution du trafic des énergies fossiles (Delepouve et al, 2020). Selon la législation européenne, le démantèlement doit être réalisé par les locataires, c'est-à-dire les exploitants ou propriétaires des infrastructures qui sont responsables de la

²¹ Port Nantes Saint Nazaire. (2023). *Rapport annuel & RSE 2023*

planification et du financement, tout en garantissant le respect des normes de sécurité et environnementales. (*Code de l'urbanisme : Sous-section 2 Article R111-63*).

Les acteurs du démantèlement

Les autorités jouent un rôle régulateur, définissant les normes environnementales à respecter. En France, des organismes comme l'Agence de la transition écologique assurent la supervision des opérations de démantèlement mais aussi la gestion des risques environnementaux associés, tels que la pollution des sols et des eaux. Afin de dépolluer le site il existe aussi des entreprises spécialisées, telles que Veolia et Suez, qui sont engagées pour gérer la dépollution des sols et le traitement des déchets industriels dangereux. D'autres, comme Vinci ou Bouygues, se concentrent sur les travaux de démolition. Ces entreprises utilisent des technologies, comme le désamiantage par confinement pour éviter la dispersion de polluants dans l'air²². Enfin, des ONG, telles que Greenpeace et les Amis de la Terre, surveillent les projets de démantèlement pour s'assurer que les enjeux environnementaux et sociaux sont pris en compte. Elles jouent également un rôle dans la sensibilisation publique sur les risques écologiques associés au démantèlement.²³

I.1.2.2 Exemples de chantiers de démantèlement et technologies innovantes

Le démantèlement des navires : un exemple d'infrastructure portuaire

Le démantèlement mobilise une chaîne d'acteurs incluant les propriétaires de navires, des entreprises spécialisées, ainsi que des autorités régulatrices pour encadrer les risques environnementaux et assurer une gestion efficace des matériaux dangereux. À ce titre, la Convention de Hong Kong (2009) impose aux propriétaires de navires de maintenir une liste des « matériaux dangereux » présents à bord pour prévenir tout risque lors du démantèlement. (Lucas, 2021)

Au port de Bordeaux, le démantèlement de navires a eu lieu. Cependant, les technologies et normes mises en place à l'époque étaient moins rigoureuses et moins

²² Suez (s.d). *Reconversion de sites industriels* ; Véolia. (2022). *Démantèlement industriel : gestion des polluants et des déchets dangereux*. ; Agence de la Transition Écologique. (2021). *Rapport annuel sur les infrastructures industrielles*.

²³ *Démantèlement de la centrale nucléaire de Tricastin*. (2025, mars 25). Greenpeace France.

soucieuses des questions de dépollution, ce qui limite la pertinence de cet exemple par rapport aux exigences modernes.²⁴.

Les processus de démantèlement des navires et des infrastructures fossiles partagent des étapes similaires, notamment la gestion des matériaux dangereux (amiante, hydrocarbures) et la nécessité d'études d'impact rigoureuses. Le principe de prévention, comme celui de précaution, s'applique également à ces deux industries, nécessitant une coordination entre les divers acteurs pour anticiper les risques et minimiser les dommages environnementaux. (Lucas, 2021).

Réhabilitation de la raffinerie Pétroplus : un modèle d'innovation durable

Le projet de réhabilitation de la raffinerie Pétroplus à Petit-Couronne (Seine-Maritime) illustre comment transformer un site industriel de 250 hectares en friche depuis 2013 en un espace durable, conciliant dépollution et revitalisation économique. La première étape consiste en le démantèlement des infrastructures obsolètes et la dépollution des sols et eaux souterraines, fortement contaminés par des résidus pétroliers. La société Valgo utilise des technologies avancées pour sécuriser le site, limiter les émissions toxiques et protéger la Seine et les écosystèmes locaux (Branquet, 2019).

La deuxième étape est la valorisation des matériaux :

Près de 90 % des matériaux démantelés, comme les métaux, seront recyclés ou réutilisés, réduisant l'empreinte carbone et favorisant le développement économique local, en cohérence avec les pratiques similaires observées à Nantes-Saint-Nazaire (Branquet, 2019).

La troisième étape se concentre sur la reconversion économique du site :

Le site accueillera une plateforme économique moderne, générant des emplois et intégrée au tissu urbain local. Ce projet montre comment réhabiliter des friches industrielles en répondant aux objectifs de transition énergétique et écologique, tout en inspirant des initiatives similaires en France et en Europe (Branquet, 2019).

²⁴ OMI (2009). *Convention internationale de Hong Kong pour le recyclage sûr et écologiquement rationnel des navires*

I.1.2.3 Reconversion des espaces portuaires et décarbonation : enjeux et impacts

La reconversion des espaces portuaires, historiquement marqués par des infrastructures industrielles polluantes, est un levier essentiel pour la transition énergétique et la lutte contre le changement climatique. Ces projets, souvent portés par des partenariats public-privé, visent à intégrer des activités durables tout en conciliant enjeux économiques et écologiques (Chaline, 1988).

Tertiarisation et risques sociaux

La reconversion conduit souvent à une tertiarisation des activités, réduisant les sources de pollution directe et générant de nouveaux emplois, idéalement dans des secteurs durables comme les technologies vertes. Cependant, ces transformations peuvent engendrer des phénomènes de gentrification. Pour préserver la mixité sociale, les projets doivent inclure des politiques de logement accessible et garantir une répartition équitable des bénéfices entre habitants et investisseurs (Chaline, 1988).

Conséquences sociales et économiques

La délocalisation des sites industriels entraîne des pertes massives d'emplois et affaiblit le tissu économique local, sans offrir d'alternatives viables. Ce déséquilibre pèse lourdement sur les communautés touchées, mettant en lumière les limites des stratégies actuelles²⁵.

Acceptabilité des nouvelles infrastructures énergétiques

La mise en place d'infrastructures énergétiques (nucléaire, éolien, solaire) pour compenser la production fossile se heurte à des résistances locales (NIMBY – "Not In My Backyard") et à l'hésitation politique (NIMEY – "Not In My Election Year"). Ce paradoxe freine la transition, malgré la reconnaissance générale de son importance (Bourdin et al., 2024).

Souveraineté énergétique et modernisation des infrastructures

²⁵ "Raffinerie Total de Grandpuits : greenwashing et casse sociale", 16 décembre 2020, Libération

La réduction de la production énergétique nationale et la dépendance croissante à l'importation soulèvent des questions de souveraineté énergétique. Andreoni plaide pour moderniser les infrastructures existantes afin d'améliorer leur efficacité énergétique, plutôt que de les remplacer intégralement, une approche qui combine durabilité et optimisation des ressources (Andreoni, 2011).

L'analyse des clés de lecture de la décarbonation met en évidence les divers enjeux réglementaires, technologiques et territoriaux qui structurent cette transition. Si les stratégies internationales, européennes et nationales définissent un cadre normatif ambitieux, leur mise en œuvre repose sur un jeu d'acteurs complexe et sur l'adoption de solutions techniques adaptées aux réalités locales. La diversité des leviers de décarbonation tels que l'électrification des quais, développement des énergies renouvelables, nouveaux carburants, optimisation de la navigation et bien d'autres implique une transformation en profondeur des infrastructures portuaires et maritimes, soulevant des défis en matière d'aménagement et d'acceptabilité sociale. Dès lors, il est nécessaire de s'interroger sur la méthodologie employée pour analyser ces mutations, en combinant une approche théorique basée sur une revue bibliographique et une analyse empirique intégrant les dynamiques spatiales et économiques du port de Nantes Saint-Nazaire. Cette méthodologie nous permettra d'appréhender avec précision les implications territoriales de la décarbonation et d'évaluer les scénarios d'évolution possibles.

I.2 Les éléments de méthodologie

Pour conduire notre étude de façon rigoureuse et en cohérence avec nos objectifs de recherche, il était essentiel d'élaborer une méthodologie adaptée. Suite à notre état de l'art, plusieurs questionnements et hypothèses sont ressortis.

- **Quelles sont les conséquences géographiques sur le territoire impliquées par de tels changements ?**
- **Quelles sont les trajectoires de décarbonation au sein du port de Nantes - St Nazaire**
- **Quelle est la relation entre les acteurs, les industries, le port, l'environnement, les ressources du territoire, etc. ?**

Recherches bibliographiques et documentaires : un socle essentiel

Pour répondre à nos questionnements et hypothèses, nous nous sommes basés sur une recherche documentaire. Cette démarche nous a permis de nous familiariser avec les concepts de décarbonation des ports et du transport maritime et d'en évaluer leur avancée. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur l'analyse de textes scientifiques ainsi que sur l'exploitation de bases de données brutes, telles que celles de l'INSEE. Afin de garantir une approche aussi objective que possible, nous avons veillé à diversifier nos sources et à privilégier les plus neutres.

Des entretiens d'acteurs variés...

En complément de notre recherche documentaire et aux différents scénarios qui ont été choisis, des entretiens ont été fait pour confirmer ou infirmer les hypothèses et questionnements qui structurent notre dossier. Ces derniers sont des entretiens semi-directifs, adaptés à l'étude qualitative que nous effectuons. En effet, ces entretiens permettent de recueillir des informations et des avis détaillés et nuancés des acteurs en place concernant nos différentes hypothèses. En outre, ils offrent la possibilité de comprendre en profondeur l'expérience et la vision du monde des participants. Au-delà de l'analyse singulière des différents entretiens, ces derniers sont aussi comparés entre eux afin d'y trouver convergences et différences dans les positionnements des acteurs. Cela permet d'approfondir d'autant plus la compréhension du sujet et apportant une vision plus nuancée et contextuelle, en ayant tout de même un certain recul sur les avis et expériences de chacun des entretenus.

Permettant l'élaboration de **3 axes prospectifs**...

Cette base documentaire et ces entretiens nous ont permis d'élaborer notre approche au travers de 3 axes prospectifs qui permettent d'envisager différentes trajectoires possibles pour l'évolution du port. Trois grandes orientations émergent, chacune reposant sur des dynamiques spécifiques et des niveaux d'incertitude variables.

Le premier axe s'appuie sur la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) et considère que les transformations du port seront encadrées par un volontarisme politique fort. Dans cette hypothèse, la transition vers un modèle plus respectueux de l'environnement est une certitude, qui impose des investissements conséquents et des réformes structurelles. L'ensemble des infrastructures et des activités portuaires devrait alors être repensé pour s'aligner sur les engagements climatiques nationaux actuels.

Le deuxième axe envisage une évolution probable mais encore incertaine, reposant sur des transformations déjà envisagées dans les orientations du port. L'essor du transport de vrac modifierait son organisation et soulève des questions sur l'avenir de la flotte, notamment la réduction de la taille des navires, qui pourrait être avantageuse en termes de consommation énergétique et de coûts. La construction de ces nouveaux navires à Saint-Nazaire est une option, sous réserve d'espaces adaptés. Enfin, une réorganisation des flux maritimes semble probable, avec une hausse du vrac.

Le troisième axe envisage une réadaptation profonde du port face aux mutations économiques et environnementales. Plus incertain que les précédents, il suppose que le port devienne un territoire d'expérimentation pour de nouvelles stratégies de rentabilité. L'élévation du niveau de la mer et le changement climatique pourraient accélérer ces transformations. Une évolution clé serait la reconversion des zones industrielles de Donges et Cordemais, impliquant son démantèlement et la réaffectation de l'espace libéré. Deux options émergent : une réindustrialisation du site ou sa transformation en zone d'activités économiques (ZAE), chacune ayant des implications économiques et sociales qu'il conviendrait d'anticiper.

Limites de l'entretien semi-directif

Les entretiens semi-directifs présentent certaines limites susceptibles d'introduire des biais qu'il est important de reconnaître. Malgré une standardisation des questions, une part de subjectivité demeure, les réponses pouvant être influencées par les perceptions, croyances ou émotions des interviewés, ainsi que par le ton et

l'attitude de l'interviewer. Dans notre cas, les entretiens ont été menés par six personnes différentes, entraînant des variations dans l'approche et l'interaction avec les enquêtés. De plus, le choix et le nombre limité de participants affectent la représentativité des résultats, créant un possible biais de sélection. Certains individus ont refusé de participer, soit par manque de disponibilité, soit parce qu'ils ne se sentaient pas légitimes pour répondre au sujet. Enfin, la relation avec l'enquêté et les conditions de l'entretien ont également pu influencer sur la qualité des réponses.

Les entretiens, menés en visioconférence, par téléphone ou en présentiel, ont influencé le niveau de confort des participants. Certains se sont sentis plus à l'aise, tandis que d'autres ont pu être plus réservés ou intimidés selon le format. Cette variabilité peut avoir impacté la richesse des échanges, dont les thématiques sont détaillées en annexes.

Ce qu'il faut retenir des entretiens semi-directifs :

- Des entretiens semi-directifs ont exploré les hypothèses sur la décarbonation du transport maritime.
- Les participants ont exprimé des avis nuancés sur les stratégies de décarbonation des ports et des navires
- Les biais potentiels liés à la subjectivité des réponses et à la diversité des interrogés ont été identifiés.
- Les défis sociaux, notamment l'emploi maritime à Nantes Saint-Nazaire, ont été abordés.
- L'efficacité des politiques publiques a été évaluée, avec des suggestions d'amélioration.
- La compatibilité de la planification portuaire, dont le ZAN, avec la transition énergétique a été discutée
- Les perspectives du port de Saint-Nazaire et les évolutions des flux de transport maritime ont été envisagées.
- Des préoccupations ont émergé sur la formation de la main-d'œuvre pour accompagner la décarbonation.

À retenir – Partie I

La décarbonation maritime vise à **réduire l’empreinte carbone du transport maritimes et des infrastructures portuaires**.

- Le transport maritime représente **environ 3% des émissions mondiales de GES**, soit l’équivalent des émissions annuelles du Japon.
- Objectifs internationaux : **neutralité carbone en 2050**, réduction de 50% des émissions d’ici 2050 et 40% d’ici 2030.
- Pressions réglementaires croissantes : inclusion du maritime dans le SEQUE-UE et adoption de FuelEU Maritime pour les carburants alternatifs
- Enjeux majeurs : contraintes spatiales, coûts des investissements, adaptation de l’emploi et des formations.

Plusieurs échelles juridiques

- OMI : convention MARPOL, CII, EEXI, objectifs de réduction des émissions.
- UE : Pacte vert, SEQUE-UE, FuelEU Maritime, RED III (42,5% d’énergie renouvelable en 2030).
- France : SNBC, PPE, intégration des ports dans la transition énergétique.
- Échelles locales : SCoT et PLUi intégrant le zéro artificialisation nette (ZAN) et la transition des ports.

Quels acteurs ?

- OMI et UE pilotent la réglementation internationale et européenne.
- Gouvernements nationaux définissent les stratégies énergétiques (SNBC, PPE).
- Autorités portuaires et collectivités locales mettent en œuvre la transition sur le terrain.
- Armateurs et entreprises privées investissent dans les nouvelles technologies et carburants.
- ONG et institutions académiques influencent les politiques et développent des solutions.

Différentes méthodes de décarbonation

Électrification des quais

- Permet de réduire jusqu’à 25% des émissions des navires à quai.
- Déploiement en Europe, mais contrainte liée à l’universalité des branchements et à la puissance énergétique disponible

Techniques de production d’énergie décarbonée

- Optimisation hydrodynamique : réduction de la trainée, amélioration de la propulsion.
- Efficacité énergétique : récupération de chaleur, routage optimisé, gestion des équipements.
- Sobriété énergétique : réduction de la vitesse, utilisation de la propulsion vélique (voiles, rotors).
- Capture de CO₂ à bord : potentiel intéressant mais encore coûteux et complexe à mettre en œuvre.
- Navires hybrides/électriques : adaptés aux petits trajets, mais limitations pour les grands navires.
- Propulsion nucléaire : efficace mais controversée et coûteuse.

Les carburants alternatifs

- Biocarburants : réduit les émissions mais concurrence avec d’autres secteurs.
- Electro-carburants (e-fuels) : nécessitent beaucoup d’électricité renouvelable.
- GNL : solution transitoire mais problématique des émissions de méthane résiduel.

Nouvelles infrastructures et disponibilité spatiale

- Démantèlement des infrastructures fossiles (raffinerie de Donges, centrale de Cordemais).
- Problématique foncière : nécessité d’espace pour développer les nouvelles infrastructures d’énergie verte.
- Réhabilitation et reconversion : transformation des sites industriels pour la transition énergétique.
- Acceptabilité sociale : opposition locale aux nouvelles infrastructures énergétiques (effet NIMBY).
- Souveraineté énergétique : besoin de moderniser les infrastructures pour limiter la dépendance aux importations d’énergie.

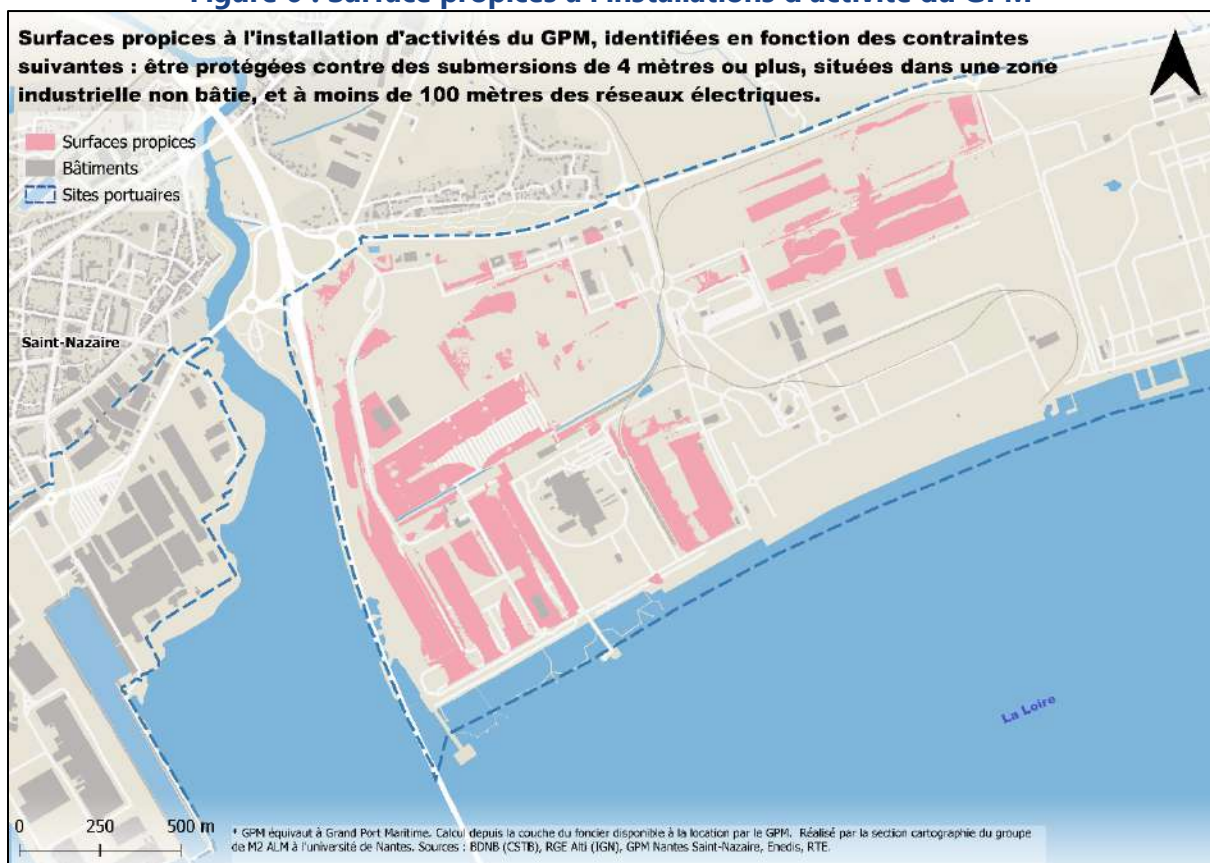
Partie II : Vers quels avenirs pour le Grand port maritime de Nantes Saint- Nazaire ?

- 1. Stratégie(s) du port en réponse à la SNBC : un volontarisme politique**
- 2. Evolution de la flotte : quelles dynamiques pour un transport maritime plus durable ?**
- 3. La réadaptation du port : quelles perspectives ?**

II.1 - Stratégie(s) du port en réponse à la SNBC : un volontarisme politique qui guide les transformations

La *Zone Industrielle Bas Carbone (ZIBAC) Loire Estuaire Décarbonation* s'inscrit dans la dynamique nationale tracée par la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC), visant à atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. Ce territoire stratégique regroupe une pluralité de projets ambitieux dédiés à la décarbonation des activités industrielles et maritimes, en mettant l'accent sur l'innovation et la transition énergétique. L'axe de prospective présenté ici explore les trajectoires possibles des initiatives déjà actées pour transformer le port de Nantes-Saint-Nazaire et les navires qui y transitent. En effet, comme le montre la carte suivante (figure 6), le port a un certain potentiel d'accueil. À travers cette analyse, nous chercherons à comprendre **en quoi ces projets, censés contribuer à réduire l'empreinte carbone, impliquent des transformations techniques, spatiales et socio-économiques.**

Figure 6 : Surface propices à l'installations d'activité du GPM



II.1.1 Electrification des quais : un projet ambitieux aux défis multiples

L'électrification des navires à quai est une stratégie envisagée dans différents ports, français comme internationaux. Cela permettrait de réduire la consommation de carburant des navires à quai lors de leur escale, comme celle des ports. L'un des postes d'émission le plus important des navires est à quai : **11 % des émissions maritimes globales selon Polytechnique insight** (Gueguen Hallouët et al. 2022). Dans le tableau ci-dessous, nous pouvons voir la consommation à quai en MWh par type de navires nécessaires dans le GPM de NSN.

Figure 7 : Récapitulatif des types de navires existants et leurs caractéristiques

Type de navire	Nombre de navires à NSN	Puissance moyenne à quai en MW	Temps d'escale	Consommation à quai en MWh
<i>Pétroliers</i>	410	1,4 MW	24h	13 776 MWh
<i>Rouliers</i>	212	1,5 MW	24h	7 632 MWh
<i>Vraquiers solides</i>	297	1 MW	24h	7 128 MWh
<i>Vraquiers liquides</i>	271	1 MW	24h	7 128 MWh
<i>Porte-conteneurs</i>	220	1,2 MW	24h	6 336 MWh
<i>Méthaniers</i>	114	6 MW	30h	20 520 MWh
Tous	2360 navires	15,12 MW	25h (moyenne)	62 520 MWh

Sources : Nur Najihah Abu Bakar et al (2023), Nantes Saint-Nazaire Port (2023), Officier de port (2013), Les Echos (2011) et Elengy (2024).

En fonction de l'énergie dont chaque navire a besoin en puissance moteur à quai et en additionnant les consommations de chaque type de navires, on obtient une consommation totale annuelle estimée de 62 520 MWh si le GPM de NSN électrifie ses quais. Cela implique donc une production d'électricité importante pour répondre à ces besoins, en théorie. Toutefois, en supposant une adoption progressive des technologies d'électrification et des réglementations environnementales plus strictes, on peut estimer qu'environ **70 % des navires seront équipés pour se connecter au réseau électrique à quai d'ici 2030. Le GPM NSN aurait besoin de 43 764 MWh.**

La Chine est un des pays pionniers de l'électrification de ses quais : *“La Chine est très en avance là-dessus, ils ont presque tous leurs quais à conteneur, maintenant ils sont équipés de connexions à quai, et la connexion à quai pour les ports de conteneur va devenir obligatoire à partir de 2025. Où il y aura de fortes taxes au monde, pour les navires qui ne se connectent pas.”* (Hervé Géraud). A l'échelle nationale, HAROPA Port (Le Havre, Rouen, Paris) a commencé ces travaux d'électrification. Cela passe par l'installation d'un réseau public ENEDIS et de postes électriques haute tension, pour fournir et répartir l'électricité nécessaire sur l'ensemble du port du Havre. Il est également nécessaire de mettre en place des transformateurs électriques pour permettre de raccorder les navires aux installations électriques. Sur ce port en particulier, le projet représente un hangar d' *“une surface de 1 200 m² pour accueillir des équipements de distribution haute tension nécessaires aux besoins spécifiques des navires”* (HAROPA Port, 2024).

Actuellement, le GPM de NSN a commencé à mettre en place l'électrification des quais. Depuis 2022, deux pontons du quai des Darses et des Charbonniers (Saint-Nazaire), sont électrifiés pour des navires des services portuaires et maritimes (figure 8). Cela se traduit par l'implantation d'un poste de transformation d'1MW qui alimente un réseau de prises en haute et basse tension le long des quais. Le quai des marées, situé à l'avant-port, a également fait l'objet d'une électrification (figure 9).

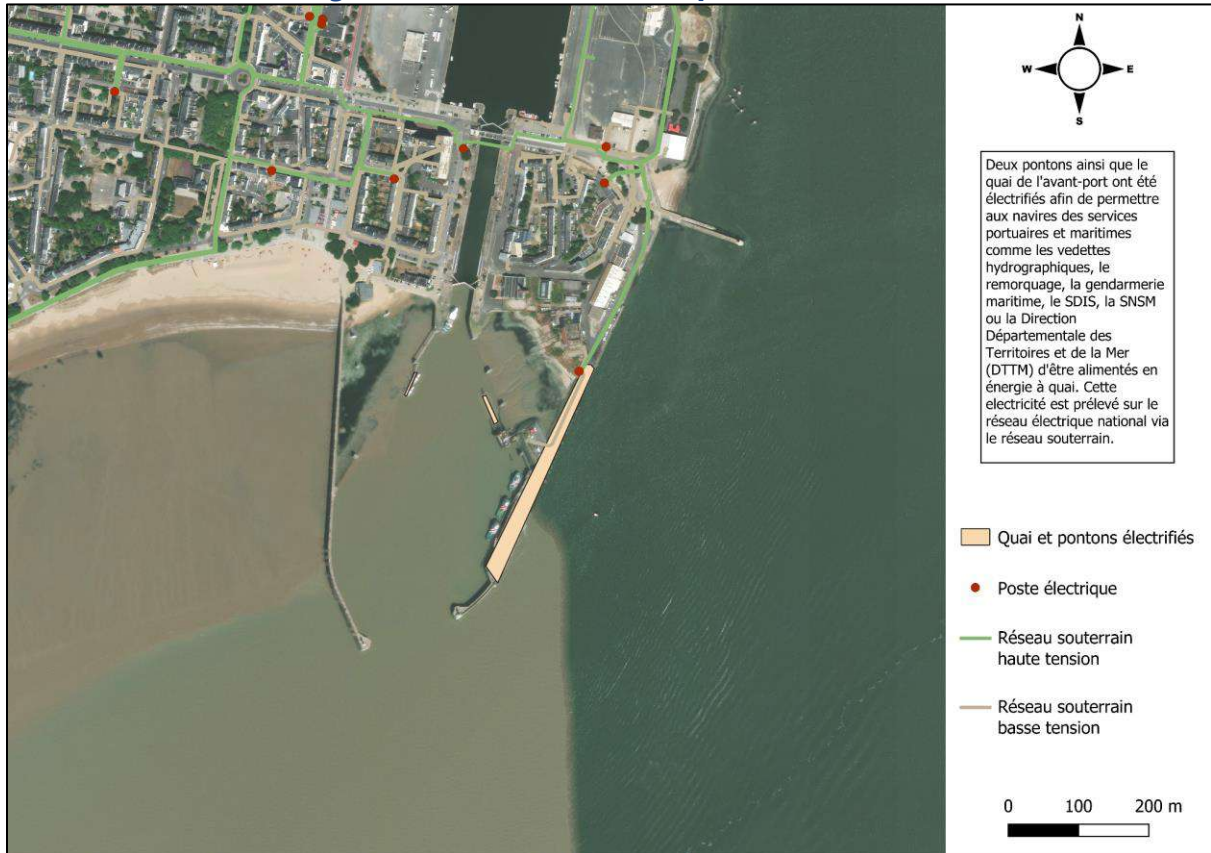
Figure 8 : Électrification du quai des Darses et des Charbonniers



Réalisation : M2 ALM

De plus, deux pontons pétroliers ont été électrifiés à Donges en 2023, à destination des petits navires de remorquages et de lamanage. Dans le projet stratégique 2021-2026 du port (Nantes Saint-Nazaire Port, 2021) des objectifs d'électrification des quais en 2023, 2025, 2030 sont mentionnés mais les projets spécifiques et les lieux concernés ne sont pas précisés. Toutefois, cela laisse supposer que l'électrification des quais va continuer à se développer dans le GPM de NSN.

Figure 9 : Electrification du quai des marées



Réalisation : M2 ALM

Dans cette logique, nous avons mené une étude prospective sur l'électrification des navires à quais, en prenant comme cas d'étude un terminal le terminal roulier BP 16. (figure 10). Le choix de ce terminal s'explique par le maintien des flux de navires rouliers sur le port, contrairement à d'autres flux comme les porte-conteneurs. Ce choix peut être lié à la diffusion des voitures électriques sur le territoire français. À noter qu'un appel d'offres a été lancé par le port (jusqu'au 4 février 2025) pour une "étude relative à la mise en œuvre d'une offre de raccordement électrique des navires sur le terminal roulier de Montoir-de-Bretagne" (Nantes Saint-Nazaire Port, 2025). Stéphan Marin nous a expliqué ce choix : "Et donc on [le port de Nantes Saint-Nazaire] a lancé un projet de consultation. C'est une étude de faisabilité sur la fourniture d'électricité sur un poste à quai. On commence par un premier, qui est le terminal roulier, parce que c'est peut-être le plus simple en termes de puissance. On est de l'ordre de 1 à 2 MW parce que les navires rouliers qui font escale chez nous sont assez peu consommateurs en électricité. Pour vous donner un exemple, les bateaux qui sont produits au chantier de l'Atlantique, on est tout de suite à 10-15 MW".

Figure 10 : Potentialité d'électrification du quai roulier



Source : IGN

Réalisation : M2 ALM

Le terminal roulier, situé à Montoir-de-Bretagne est la propriété de l'autorité portuaire du GPM de NSN et exploité par différentes entreprises. Les entreprises TEA Nantes, Gefco, CAT et Baudron y proposent des services logistiques ou de préparation automobile. Les opérations de manutentions sont assurées par Somaloir (et ses filiales Manocéan et MSO spécialisées dans les opérations de manutention portuaire et de logistique industrielle) et IDEA logistique. (Port de Nantes). Sur la carte, il y a 1555 mètres de câbles tirés. On estime que la pose d'un mètre de câble HTA coûte environ 250 - 800 €/m (installation/pose comprise).

Figure 11 : Estimation de coûts et surfaces requises pour les câbles et les transformateurs

<i>Coût des câbles</i>	de 388 750 à 1 244 000€
<i>Coût des transformateurs</i>	<ul style="list-style-type: none"> - 1 MVA= 1mW de puissance (petit navire) : 150 000 - 300 000€ - 3 MVA (moyen navire) : 300 000 - 600 000 € - 5 MVA (grand roulier) : 500 000 - 1 M€ - 10 MVA (très grand navire) : 1 M€ - 2,5 M€
<i>Surface requise installation nouveau transformateur</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Transformateur HTA 10 - 50 m² - Convertisseur de fréquence (si nécessaire) 20 - 100 m² - Cellules HTA (disjoncteurs, protections) 5 - 15 m² - Armoire de contrôle et SCADA 5 - 10 m² - Système de gestion des câbles OPS 10 - 30 m² - Zone de circulation pour maintenance 10 - 20 m²
Total	<ul style="list-style-type: none"> - 1 - 3 MVA (petit OPS) → 50 - 100 m² - 5 MVA (OPS moyen) → 100 - 200 m² - 10 MVA (OPS grand navire) → 200 - 400 m²

L'espace sur la carte est de 6000m², ce qui permet des installations multiples.

II.1.1.1 Technique : des défis de transformations du port et des navires

Quelle énergie est nécessaire en fonction du nombre et du type de navires pour un branchement à quai ?

D'après Hervé Géraud, *"L'alimentation électrique des navires à quai, c'est énorme. Le besoin en électricité. Quand je dis que c'est énorme, c'est énorme."* Comme présenté précédemment, le GPM de NSN ne propose pour le moment de l'électrification à quai que pour des petits navires ou des véhicules terrestres. Il est encore difficile de mettre en place de l'électrification à quais pour les différents navires qui existent : *"L'électrification des quais c'est complexe, ce n'est pas les mêmes prises, pas les mêmes puissances en fonction du navire qu'on va accueillir. Brancher des navires qui sont à quai ça prend du temps, donc les navires qui font juste un accostage et partent rapidement, ce n'est pas pertinent. Quelle faisabilité technique pour tirer les fils*

jusqu'au quais, s'il faut avoir la puissance électrique pour alimenter les quais". (Gwenaelle Cottonec). De plus, " Aujourd'hui, on a une consommation maximum de 300 MW sur la zone. [...] En 2030, ce ne sera pas 300 MW, ce sera 4 fois plus. Ce sera 1,4 gigawatt " (Martin Devyver). Il faut donc aussi prendre en compte la possible augmentation de la demande en électricité dans le port.

Pour un roulier, si sa puissance moteur est de 10 MW (Marti Turtiainen, 2005), à quai il utilise 10% de cette dernière donc 1 MW. Si un roulier reste à quai 24h, il a besoin de 24 MW.

Pour 212 navires rouliers/an au GPM NSN : 5088 MW par an sont nécessaires pour un branchement des navires à quai de 24h.

A l'échelle du terminal roulier, il faut une puissance délivrée par les transformateurs de 4 MW (car possibilité de quatre navires à quai en même temps, ce qui nécessite 1 MW pour chaque navire en même temps). Par an, cela reviendrait à l'utilisation de 5 GW de quantité d'électricité par an. Ainsi, on pourrait placer un transformateur de 4 MW sur le terminal afin de répondre aux besoins en énergie nécessaire pour un branchement à quai des navires sur ce terminal roulier. Ci-dessous un encart récapitulatif.

En chiffres

ÉLECTRIFICATION DES QAIS DU GPMNSN

Exemple du terminal roulier

Surface du terminal : environ **130 hectares**

Espace foncier disponible : **18 hectares**

Espace foncier disponible à moins de 200m d'un réseau HTA : **18 hectares**

1.2 km de quais avec un maximum de **4 navires en simultané**

369 milliers de tonnes en transit



Les navires au terminal roulier c'est :

24

Heures d'escales en moyenne par navires

212

Navires par an

7 632

MWh par an si branchement à quai de l'ensemble des navires

L'électrification du terminal en quelques chiffres :

1 transformateur de 4 à 5 MVA : 100 à 500 m2



5 à 15 tonnes de fioul économisés à chaque escale de 24h



1555 mètres de câbles supplémentaires pour raccordement



Le prix moyen d'achat est d'environ 593,50 \$ par tonne de fioul



1 nouveau parking destiné au chargement des véhicules électrique : 25659 m2



36 MWh d'énergie consommé par escale (prix d'achat moyen de 123 € par MWh)



D'où provient l'électricité ?

Elle peut provenir du réseau terrestre national présent, il faut faire des raccordements jusqu'au quai. Toutefois, l'électricité n'est pas forcément décarbonée sur tout le réseau national, il pourrait donc être envisagé de produire à même le port l'électricité décarbonée nécessaire à l'électrification des quais dans le GPM de NSN. Mais, selon Stéphan Marin pour le GPM de NSN : *"Nous, il n'y a pas de normes. On n'a pas d'obligation de fournir de l'électricité verte. On a une obligation de fournir de l'électricité. C'est complètement délirant. Nous, en France, on a un champ juste à proximité. On a des centrales nucléaires. On a aussi, elle tourne ce matin, une magnifique centrale à gaz qui tourne à plein tube. Elle est à deux kilomètres de moi. Donc on crame du fossile pour faire de l'électricité qui n'est pas verte."* L'électrification des quais présente donc des limites car si les navires et les quais sont décarbonés, ce ne sera pas forcément le cas de la source d'énergie de l'électricité.

Quels travaux sont nécessaires sur les quais ?

La question du raccordement semble plutôt simple : *"Cette question de fréquence électrique n'est pas un vrai problème car les ports peuvent avoir une interface avec le réseau, comme typiquement en France avec RTE"* (Arnaud Garnier). Selon Stéphan Marin, la problématique est plutôt liée aux câbles : *"Concernant l'électrification du terminal roulier de Nantes St Nazaire : " La question qu'on se pose aujourd'hui quand on regarde un petit peu ce qui est faisable, c'est d'avoir éventuellement un poste électrique à terre, et puis après un système de câbles qui vient rejoindre le bateau. Le problème, c'est les longueurs de câbles. Parce qu'on a des pertes de rendement. Une autre possibilité, c'est qu'aujourd'hui il y a des générateurs électriques qui existent dans des conteneurs, qui sont déplaçables, et qu'on pourrait mettre ici. Ce sont des générateurs qui fonctionnent soit au méthanol, soit à l'hydrogène. "* (Stéphan Marin). Une autre difficulté est réglementaire : ***"Ce qui est compliqué aussi, c'est que la réglementation, on n'a pas les mêmes partout. Pour le moment, c'est l'Union Européenne qui a imposé ça. Et je pense que techniquement, je ne sais pas trop où ça en est, mais il n'y a pas de texte d'obligation, de technologie qui est amenée"*** (Thibault Mousseau).

Quels besoins pour l'adaptation des navires ?

En fonction du type de navire, les besoins sont variés. Au GPM de NSN, l'électrification des quais est à destination de petits navires pour le moment et non pour des gros navires de marchandises. Pour le moment, *"Il y a beaucoup d'équipements à mettre sur les ports, mais il y a aussi des équipements à mettre sur les navires"* (Hervé Géraud).

II.1.1.2 Spatial : l'exemple du terminal roulier

Quel impact spatial de l'électrification des quais du terminal roulier ?

À l'échelle du terminal roulier, l'impact spatial sera minime si l'électrification des quais est reliée à un réseau déjà existant. Mais, si l'on souhaite créer l'équivalent en électricité sur le port, il faudrait envisager la création de centrales électriques. Pour le moment, il est difficile de trouver des comparaisons pour comprendre les impacts de l'électrification des quais : *"ça reste que des idées, il y a très peu de projets construits, et les plus avancés c'est des tests grandeur nature. Mais est-ce que ça va être concluant, on ne sait pas, et est-ce que ça sera commercialisé, appliqué derrière, on sait encore moins"* (Arnaud Garnier).

Quelle occupation des sols existante ? Qu'est-ce qui pourrait changer ?

→ Roro 2

Passerelle : 105 m x 9 m

Ponton : 60 m x 25 m (aval) et 40 m (amont)

→ Roro 3

Passerelle : 150 m x 9 m

Ponton : 60 m x 40 m

Le terminal roulier étudié est composé de deux pontons flottants pour navires à rampes axiales. Il existe aussi un **quai XXL (350 m) pour les navires à rampes latérales** 15t/m² et 6t/m². On retrouve aussi sur le site **21 hectares de réserves foncières** (4 ha de réserves foncières. + 7 hectares de réserves

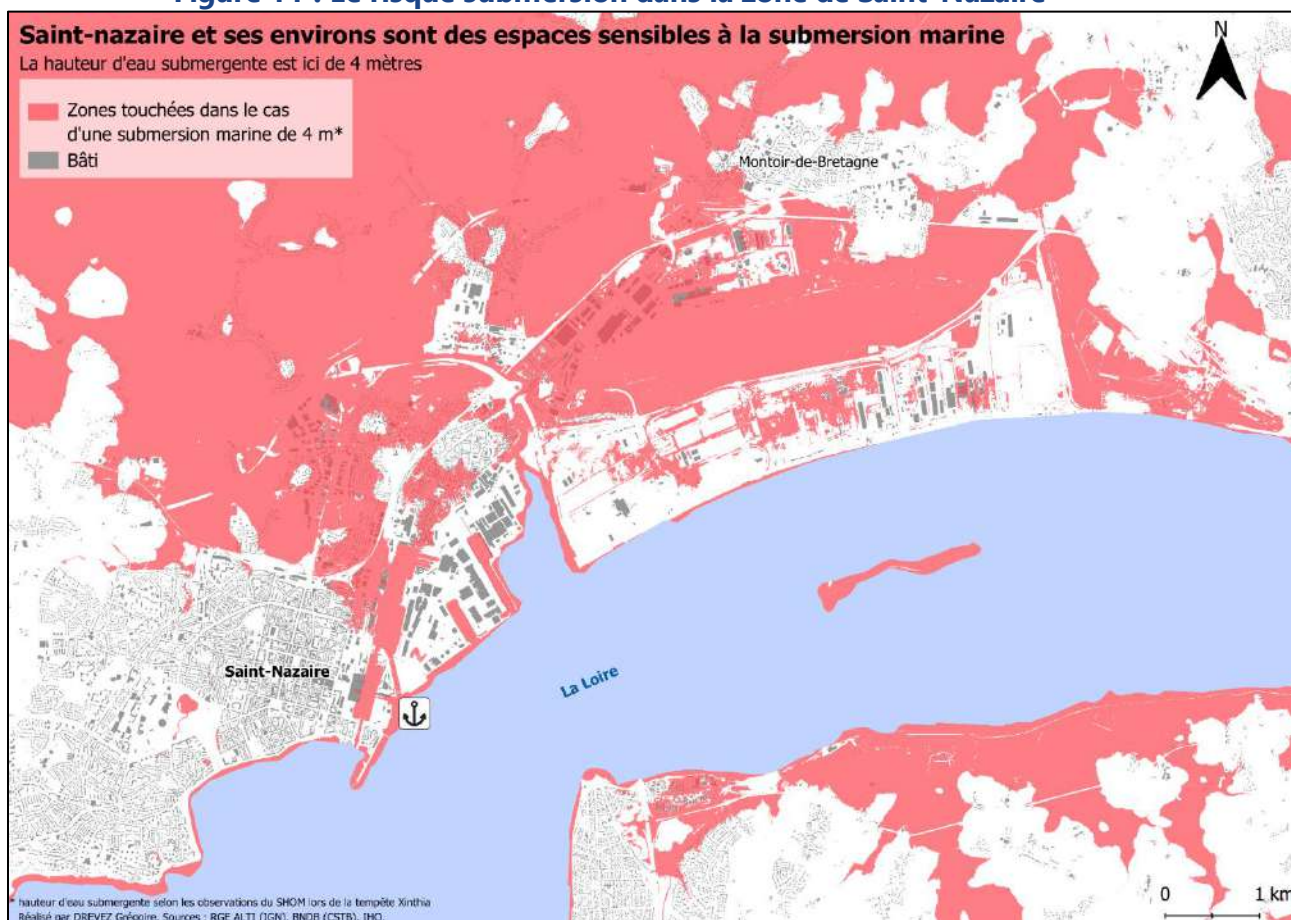
foncières + 10 hectares de réserves foncières). De plus, il y a des **parcs de 21 ha pour les véhicules neufs et 4 ha pour les remorques**.

Les quais sont déjà en place donc cela demande des câbles et les transformateurs prendraient 1000m². Il faut 100m² pour 5-10 MW (et il y a 10 hectares disponibles aménageables) si l'on se base sur les ports de Barcelone ou de Rotterdam.

Quelle exposition aux risques environnementaux ?

Dans le cas d'une submersion marine équivalente à Xynthia sur le GPM de NSN, une partie du port serait submergée, en particulier à l'arrière (figure 11). Cela vient remettre en question la viabilité d'infrastructures dans le port et leur durabilité dans le temps. Ainsi, il est important de prendre en compte le risque inondations dans la planification du port à horizon 2050. De plus, le risque inondation implique un remaniement complet des dynamiques hydro-sédimentaires, dont l'ampleur est assez difficile à imaginer.

Figure 11 : Le risque submersion dans la zone de Saint-Nazaire



II.1.1.3 Économique et social : des impacts encore flous

Quel impact sur les emplois ?

Le nombre exact de personnes employées dans le terminal roulier n'est pas connu, il est donc difficile de quantifier les changements dans les emplois en cas d'électrification des quais. Toutefois, cela va entraîner la reconversion de certains travailleurs. Il est donc essentiel d'accompagner cette transition pour limiter les impacts sociaux.

Quel coût d'installation des infrastructures d'électrification ?

L'électrification des quais représente des coûts importants, mais il est difficile d'estimer précisément les coûts faute de projets aboutis à grande échelle : *"Ce qu'il faut savoir, c'est qu'on estime aujourd'hui le coût d'une prise **entre 2 et 3 millions d'euros** quand même. Donc, ce sont des investissements conséquents pour le port. On part vraiment d'une page blanche. Quand on discute avec nos confrères, en fait, sur les autres ports, il n'y a pas beaucoup de ports en France qui sont équipés. Souvent, ils ont une prise ou deux ou trois."* (Stéphan Marin). Parmi les ports français qui ont investi dans l'électrification de leurs quais, Toulon a engagé un budget de **20 millions d'euros** (Métropole Toulon Provence Méditerranée 2022) et Marseille un budget de **35 millions d'euros**. (DREAL PACA, 2019).

Un autre point à prendre en compte est la difficulté d'obtenir des investissements pour mettre en place des installations.

*"La connexion à quai, c'est **faire des travaux qui n'intéressent pas les opérateurs de terminaux, puisque ça n'a rien à voir avec leur métier**. Ce sont des travaux qui coûtent très cher et qui vont les gêner. **La connexion à quai, ça n'arrange personne. Ça coûte très cher, ça gêne, ça ralentit, et ça ne rapporte pas d'argent**"* - Hervé Géraud, chargé de mission électrification de quais, HAROPA Port

C'est le cas aussi du côté des navires : *“Pour les navires à conteneurs, on n'a pas de financement. Alors il y a ce qu'on appelle des calls européens, c'est des appels à candidature en fait, avec des financements potentiels pour subventionner différents travaux en lien avec l'environnement. Sauf que c'est très compliqué d'avoir des financements européens, il y a de la concurrence avec les autres ports. Les dossiers européens, c'est une folie, il faut des mois et des mois pour écrire les dossiers, on se fait retoquer s'il y a une virgule de travers. Et donc voilà, il y a des financements, mais c'est très compliqué d'y avoir.”* (Hervé Géraud).

Pour finir, si l'électrification des quais est installée, il faut penser à la vente de l'électricité : *“ Il faut leur proposer un prix de vente de l'électricité. Ils vont dire que l'électricité est trop chère. Parce que moi, mon électricité, quand je la produis à bord, à partir de mon fioul lourd, elle ne me coûte rien. Il faut aussi mettre en place des procédures sur le bord à quai pour se brancher.”* (Hervé Géraud).

Quel impact sur la santé ?

L'impact de l'électrification des navires à quais serait positif sur la santé pour les habitants des communes riveraines. Les énergies fossiles, notamment le pétrole (fioul lourd, diesel, etc.), sont responsables de grandes quantités de polluants dans les ports, y compris des oxydes de soufre (SOx), des oxydes d'azote (NOx) et des particules fines (PM10, PM2.5). Ces polluants contribuent à la dégradation de la qualité de l'air et aux maladies respiratoires et cardiovasculaires. À Marseille, une étude de Le Berre et al (2024) a démontré que les alentours du port ont des taux de particules fines supérieurs et que cela est dû au trafic maritime.

Ce qu'il faut retenir de l'électrification des quais :

- L'électrification des navires à quai pourrait réduire de 11 % les émissions maritimes globales, avec une consommation annuelle estimée à 62 520 MWh.
- D'ici 2030, environ 70 % des navires devraient être équipés pour se connecter au réseau, nécessitant une puissance de 43 764 MWh.
- Le port de NSN a électrifié deux pontons pour petits navires et prévoit d'étendre cette initiative.
- Un terminal roulier requiert 4 MW pour alimenter jusqu'à quatre navires simultanément, soulevant la question de la gestion des pics de charge et de la modération de la consommation pour soutenir la décarbonation.
- L'électricité disponible provient du réseau national, mais sa part non décarbonée limite l'impact environnemental.
- Des investissements en infrastructures, notamment en câbles et transformateurs, sont nécessaires, avec un coût à préciser par mètre linéaire.
- Le terminal roulier de Montoir-de-Bretagne, accueillant 212 rouliers par an, fait l'objet d'une étude de faisabilité pour son électrification, nécessitant une estimation des investissements financiers.

II.1.2 Nouveaux Carburants pour les navires : enjeux et perspectives

Parmi les stratégies engagées pour décarboner le transport maritime et les activités portuaires, on parle beaucoup du gaz naturel liquifié (GNL). Mais le GNL n'est pas neutre en carbone, et comme nous l'explique Paul Turret (directeur à l'Institut Supérieur d'Economie Maritime) : *"le GNL, ce n'est pas une solution, c'est une solution transitoire que tout le monde admet, sauf que c'est la seule qui répond au moins à un certain nombre d'enjeux, qui n'est pas forcément celui de la décarbonation, de la défossilisation, mais qui serait peut-être plus celui de la dépollution"*.

En revanche, pour décarboner les activités portuaires et maritimes, le développement de la production d'hydrogène renouvelable et d'électro-carburants fait l'objet de nombreux projets en France. L'hydrogène est un gaz produit par une réaction chimique à partir d'une ressource primaire. Ce n'est donc pas une source d'énergie en tant que telle mais un "vecteur énergétique".

Actuellement, plus de **95% de la production mondiale d'hydrogène est issue de ressources fossiles** (IFPEN). Mais ce gaz peut être produit en séparant des molécules d'eau H₂O grâce à de l'électricité renouvelable (processus appelé **électrolyse de l'eau**). Lorsqu'il est produit ainsi il est appelé hydrogène "vert" ou "renouvelable". Selon une étude de l'ADEME de 2020, **l'hydrogène fabriqué avec de l'électricité verte émet 1,6 kg de CO₂ pour 1 kg produit (contre 11 kg pour l'hydrogène fossile)**.

Dans le cadre du programme ZIBAC Loire Estuaire Décarbonation, la création d'un hub hydrogène multimodal, qui permet la production, l'import et le transport d'hydrogène bas carbone est donc prévue. Un appel d'offres a été lancé en novembre 2022, et c'est l'entreprise nantaise **Lhyfe** qui a été désignée pour mettre en place des unités de production d'hydrogène renouvelable. D'une part, cette production servira à alimenter les activités industrielles et le transport maritime directement. D'autre part, associé au **captage de CO₂**, il servira à produire des **électro-carburants** : de l'e-méthanol, alternative aux carburants fossiles dans le maritime (projet Green Coast), et du e-kérosène pour l'aviation (projet Take Kair).

Le **projet Green Coast** constitue l'axe majeur de la transformation du port. Il s'agit d'un projet de **production d'e-méthanol à partir d'hydrogène renouvelable**,

au niveau du terminal multivrac de Montoir-de-Bretagne (voir la carte ci-dessous). Il est porté conjointement par les entreprises Lhyfe (producteur d'hydrogène vert) et Elyse Energy (spécialiste de la production de molécules bas-carbone). **Ce projet prévoit de produire près de 85 tonnes d'hydrogène par jour, soit 30 000 tonnes par an** (Nantes Saint-Nazaire Port, 2023), **afin de produire près de 150 000 tonnes d'e-methanol par an** (Elyse). A titre de comparaison, la France importe entre 600 000 et 850 000 tonnes de méthanol d'énergie fossile par an²⁶.

II.1.2.1 Technique : des besoins gigantesques

Quelles infrastructures nécessaires ?

Pour produire l'hydrogène prévu, il faut acheminer l'électricité renouvelable jusqu'à des électrolyseurs contenant de l'eau. Il faut des réservoirs pour stocker l'hydrogène produit. À noter que la **densité volumique de l'hydrogène est très faible et occupe donc un volume important**. En effet, d'après l'entreprise spécialisée dans le transport du gaz Teréga, sous la simple pression atmosphérique il faut **un volume de 11 000 L pour stocker 1kg d'hydrogène**. Pour diminuer ce volume et le rendre transportable, le gaz doit donc être comprimé ou liquéfié, ce qui demande une quantité d'énergie et des infrastructures supplémentaires.

Mais l'hydrogène produit à Montoir-de-Bretagne servira directement à la fabrication d'e-methanol par Elengy (site Solutions&Co Pays de la Loire), la question du transport et du stockage ne sera donc pas forcément problématique.

Pour produire du e-méthanol à partir de cet hydrogène, il faut capter du CO₂. D'après l'ingénieur chimiste P. Raman Narayanan (2023), pour produire 1 tonne de méthanol, il faut environ 1,4 tonne de CO₂ (et environ 200 kg d'hydrogène). **L'entreprise aura donc besoin de capter 210 000 tonnes de CO₂ par an**, ce qui pourrait se faire **à travers une approche circulaire**. Premièrement, il y a le **projet Go CO₂**. Dans un article publié dans Le marin, daté du 10 juillet 2023, il est dit que ce projet soutenu par le GPM et la région, prévoit de capter le CO₂ issu d'industries du Pays de la Loire et de Nouvelle-Aquitaine, et de le transporter via un réseau de canalisations qui sera créé par GRTgaz, filiale d'Engie. Deuxièmement, il y a **la capture de CO₂ à bord** comme nous a expliqué Arnaud Garnier (doctorant spécialisé sur la question de

²⁶ "E-carburants maritimes (et aériens) : la France est-elle en capacité de les produire ?", 12 juillet 2024, Journal de la Marine marchande

décarbonation) : *“En mer, on capture le CO₂ pendant que le navire fonctionne. On le stocke sur le navire. Et quand on arrive à quai, on le décharge. [...] Et après, le port a des usines qui permettent de refabriquer du méthanol à partir d'hydrogène et de CO₂.”* . Cette technologie, encore à ses débuts, fait l'objet de différents projets. Thibaut MOUSSEAU, doctorant au laboratoire LHEEA à Centrale Nantes, nous parle notamment de la **capture cryogénique de CO₂, à bord**, au cœur du projet MERVENT (projet de porte-conteneur industriel à propulsion hybride porté par Zéphyr et Borée) : *“Cette capture sera de manière cryogénique, donc à très basse température (-100, -120° C). [...] Lorsqu'on a une source froide à disposition, par exemple du GNL, on effectue d'importantes économies sur la capture”* (Chaîne YouTube du Cluster Cargo, 2024). Ce système peut donc être intéressant pour alimenter la production d'e-méthanol à partir de navires méthaniers accostant au terminal de Montoir-de-Bretagne. Mais cette technologie est encore à ses débuts, l'importance de l'adaptation des navires en termes d'espace à bord est encore impossible à déterminer.

Concernant le transport et le soutage de cet e-méthanol, étant donné qu'il est liquide sous pression atmosphérique et à température ambiante, il ne devrait pas être trop complexe. Le terminal méthanier et les infrastructures servant pour le GNL pourraient être reconvertis pour ce combustible.

Quelle quantité d'électricité nécessaire ?

La production d'hydrogène vert à besoin d'énormément d'électricité pour produire son énergie²⁷. À noter qu'en séparant des molécules d'eau H₂O par électrolyse, on obtient en fait du **dihydrogène H₂ et de l'oxygène O**. On parle ici simplement d'hydrogène et non de dihydrogène, comme énoncé dans les projets, afin de ne pas faire de confusion. Mais il s'agit bien de la molécule H₂.

D'après Stéphan Marin (adjoint au directeur du Développement de Nantes Saint-Nazaire Port), *“Un électrolyseur comme celui de Lhyfe, c'est 250 MW. C'est un quart de réacteur nucléaire.”* Cette consommation élevée impose une disponibilité d'électricité renouvelable très importante pour que ce processus reste décarboné. Et comme nous l'a rappelé Thibault Mousseau (doctorant spécialisé sur la question de décarbonation) : *“Les carburants de synthèse comme l'e-méthanol, l'e-ammoniaque ou*

²⁷ À noter qu'en séparant des molécules d'eau H₂O par électrolyse, on obtient en vérité du dihydrogène H₂ et de l'oxygène O. On parle ici simplement d'hydrogène et non de dihydrogène, comme énoncé dans les projets, afin de ne pas faire de confusion. Mais il s'agit bien de la molécule H₂.

"l'hydrogène nécessitent une électricité renouvelable. Sinon, cela n'a aucun intérêt". Or, le parc éolien de Saint-Nazaire a une puissance actuelle de seulement 480 MW (site Parc éolien en mer de Saint-Nazaire). Les sources d'électricité renouvelable devront donc être très fortement augmentées.

Quelle quantité d'eau nécessaire ?

Comme nous l'avons vu, cette production d'hydrogène nécessite également de l'eau pour remplir les électrolyseurs. D'après le site France Hydrogène, l'eau nécessaire pour produire 1kg d'H₂ est d'environ 20 litres maximum. Sur cette quantité, 9 litres correspondent à une consommation nette, c'est-à-dire de l'eau qui n'est pas restituée directement à son milieu d'origine. Par jour, l'unité aura donc besoin de 1700 m³ d'eau pour fonctionner. Pour produire les 30 000 t d'hydrogène annuelles prévues, l'unité de production va donc consommer 270 000 m³ nets d'eau (=108 piscines olympiques) par an à partir de 2028. Dans un contexte de stress hydrique croissant en France, la question de savoir si la filière hydrogène ne va pas générer une tension supplémentaire se pose.

Actuellement il faut de l'eau pure pour l'électrolyse mais les travaux progressent pour pouvoir utiliser de l'eau de mer. En effet, l'université d'Adélaïde (Australie) a développé un catalyseur à bas coûts qui utilise de l'eau de mer sans pré-traitement et permet une électrolyse efficace (France Hydrogène, 2023). Il se peut que l'unité de production de Montoir fonctionne ainsi, en captant directement l'eau au large de l'estuaire, ou bien en captant l'eau de la Loire, des infrastructures seront nécessaires.

II.1.2.2 Spatial : des aménagements conséquents

Quelle emprise spatiale ?

L'espace que toutes ces infrastructures vont occuper est important. Premièrement, la surface prévue pour les unités de production du projet Green Coast est de 20 ha. Comme on peut le voir (figure 12), il y aura une unité de production d'hydrogène (Lhyfe) de 12 ha, et une unité de production d'e-methanol (Elyse Energy) de 8 ha.

Figure 12 : Le projet Green Coast à l'est des terminaux de Montoir-de-Bretagne



Réalisation : M2 ALM

Deuxièmement, des infrastructures pour alimenter ces unités devront être créées : pour connecter la centrale hydrogène aux parcs d'électricité renouvelable ; pour récupérer de l'eau à mettre dans les électrolyseurs ; et pour capter le CO₂ industriel servant à la production d'e-méthanol. Des canalisations, des câbles électriques et des pipelines traverseront donc l'espace industrialo-portuaire, en occupant de l'espace aérien, terrestre ou souterrain dont l'ampleur ne peut pas encore être déterminée. Des périmètres de sécurité accompagneront ces dispositifs, augmentant l'emprise spatiale de la transformation.

Troisièmement, la transformation du port inclut obligatoirement une augmentation de la production d'électricité renouvelable. Comme nous le verrons de manière détaillée un peu plus loin, l'emprise spatiale de ces installations sera très importante.

Tout le port sera transformé par le développement de ces filières hydrogène et e-méthanol. Le terminal méthancier, situé à 2 km à l'est du lieu des usines, pourra servir pour le soutage d'e-méthanol.

Quels risques technologiques associés ?

L'hydrogène a la propriété d'être très inflammable, si bien qu'une simple étincelle, pouvant être due par exemple à la fermeture rapide de vannes, à du soudage, etc., peut provoquer un incendie éclair (Dagdougui, 2011). De plus, en raison de sa petite taille, cette molécule peut s'échapper facilement par de toutes petites ouvertures, augmentant le risque de fuite. Sa détection est compliquée, car il est incolore et inodore. Et sa légèreté lui permet de se diffuser facilement, ce qui pourrait entraîner la formation de mélanges explosifs avec l'air dans des espaces confinés (Connaissances des Énergies, 2024). L'environnement devra donc être parfaitement sécurisé et un périmètre de protection défini.

II.1.2.3 Économique et social : des investissements à prévoir

Quels coûts pour la transformation ?

La construction des usines et de tous les systèmes connexes coûtera probablement cher. Mais les entreprises et les territoires seront bien à même d'investir dans ces types de systèmes décarbonés pour pouvoir respecter les réglementations en matière d'émissions de carbone. En effet, Christophe Leclerc explique : *"Pour les carburants maritimes, vous avez une réglementation européenne qui fait que si vous êtes un port d'une certaine taille - ce qui est le cas de Nantes-Saint-Nazaire - vous avez, à horizon 2030, à devoir pouvoir fournir tel ou tel carburant. Sinon, vous sortez du marché, au final."* Pour la mise en place des deux unités de production, le coût est tout de même estimé à 1 milliard d'euros²⁸.

La production d'hydrogène par électrolyse de l'eau est encore 3 à 6 fois plus chère que la production à base de ressources fossiles²⁹. Le rendement énergétique et la puissance des électrolyseurs devraient tout de même progresser rendant les coûts de production moins élevés. Mais des investissements très importants seront nécessaires pour que cette production d'hydrogène voit le jour.

²⁸ "Lhyfe et Elyse Energy présentent leur projet de deux usines pour produire du e-méthanol et de l'hydrogène vert en Loire-Atlantique", 11 octobre 2024, L'Usine nouvelle

²⁹ SGPI. (2023). *France 2030 - Accélérer le déploiement de l'hydrogène, clé de voûte de la décarbonation* de l'industrie

Quant à la production de méthanol, le processus est maîtrisé depuis de nombreuses années (site Artis) et son transport est simplifié par sa forme liquide. Les coûts ne seront donc probablement pas très élevés.

Quelle création d'emplois sur la zone industrialo-portuaire ?

La construction de toutes les infrastructures nécessitera de nombreux emplois sur une durée limitée, notamment dans la métallurgie. Une fois les usines opérationnelles, beaucoup de personnes travailleront de manière permanente, notamment à la manutention. Une importante main d'œuvre disponible sera donc nécessaire pour que les projets aboutissent et fonctionnent durablement. Des formations seront réalisées pour travailler dans ces technologies encore faiblement développées. Des partenariats entre les entreprises et les organismes de formation seront donc probablement mis en place pour répondre à la demande en main d'œuvre, sur le court et long terme.

Quels risques sanitaires ?

L'hydrogène n'est pas toxique et n'émet pas de particules fines lorsqu'il alimente des véhicules (H2 Mobile, 2024), les risques sanitaires directs sont donc nuls. En revanche, comme vu précédemment, les risques d'explosion nécessitent de grandes précautions d'utilisation.

Mais la question des risques sanitaires se pose concernant le méthanol. Cet alcool est très toxique et inflammable. Il ne doit en aucun cas être inhalé ou entrer en contact avec la peau. Ces risques devront être pris en compte pour les travailleurs.

II.1.3 L'avenir de la centrale thermique à charbon de Cordemais

La centrale thermique à charbon de Cordemais a été mise en service en 1970 afin de fonctionner en complément des autres sources d'électricité (notamment le nucléaire) dans les Pays de la Loire et la Bretagne. Depuis 2017, la centrale est progressivement mise à l'arrêt. Aujourd'hui, la date définitive d'arrêt de ses deux dernières unités de production est annoncée pour 2027 (EDF, 2024) en accord avec les objectifs de la transition énergétique française, et libérant une surface de 150 ha.

Centrale de Cordemais (Source : Ouest France, 2018)



La centrale à charbon du Havre a quant à elle déjà été démantelée en 2021 pour répondre à ces mêmes objectifs. Plusieurs projets de reconversion y sont en cours :

- l'installation de photovoltaïque qui produira 8,1 MWc d'électricité (équivalent à la consommation de 1 800 foyers) (Haropa port, 2024).
- installation d'un réseau de chaleur urbain (réseau qui permet, depuis une chaufferie collective d'acheminer jusqu'au bâtiments de l'eau chaude produite à partir d'énergie renouvelables) qui sera alimenté en parti par une centrale biomasse (BioSynErgy) d'une puissance de 43, 5 MW (Haropa port, 2024)

Pour Cordemais on pourrait s'imaginer quelque chose de similaire, surtout avec les panneaux solaires.

II.1.3.1 Technique : des possibilités variées

Quel volume d'énergie est produit par la centrale thermique à charbon de Cordemais ?

La centrale produit 1200 MW (grâce à deux unités de production au charbon de 600 MW chacune). Mais, dans la réalité, il est important de noter que la centrale ne fonctionne pas toujours à pleine puissance. **La fermeture de Cordemais aura donc comme conséquence une faible baisse de la production énergétique française.** Elle a produit 1,693 TWh en 2022 (Fiche Presse EDF, 2023), donc une part de 0,38% de la production électrique française (en 2022, la production électrique française était de 445,5 TWh selon RTE).

Est-ce qu'une reconversion est possible sur le site de Cordemais ?

Un projet Ecocombust a été défendu par différents acteurs locaux (salariés et élus). Il consistait à utiliser de nouveaux combustibles à partir de biomasse végétale prioritairement issue du territoire et à reconvertir les installations de production à la co-combustion, pour remplacer le charbon. Mais le projet est abandonné en 2024 à cause de contraintes technico-économiques, comme nous l'a expliqué Christophe Leclerc : *"l'électricité produite allait être trop chère, et donc le projet a été abandonné"*. De plus, l'arrêt du projet a été impacté par des problèmes d'approvisionnement et de changements dans la stratégie énergétique nationale. (EDF, 2024). Cela montre les difficultés sur le plan économique de passer d'une énergie carbonée à une énergie décarbonée.

Quel projet est envisagé sur le site de Cordemais après la fermeture de la centrale ?

Différents projets peuvent être envisagés. Lors de nos entretiens, il a été émis que *"retirer les activités carbonées ne peut pas se faire sans être remplacé"* (Gwenaëlle Cottonéc). Il est donc envisagé sur le port de reconvertir ces espaces carbonés, au travers notamment de la reconversion de la centrale en produisant un volume d'énergie décarbonée équivalent. Au travers des énergies renouvelables comme le photovoltaïque ou l'éolien car *"Les infrastructures fossiles et celles nécessaires pour les nouveaux carburants sont très similaires. Donc, c'est possible de les adapter, plutôt que de tout reconstruire"* (Arnaud Garnier). Toutefois, *"Développer une centrale nucléaire dans l'estuaire de la Loire, c'est désormais un scénario obsolète et contraire à l'histoire de notre territoire qui a assez souffert comme ça de soubresauts de projets jamais réalisés"* (Frédéric Vasse). D'autres énergies pourraient être envisagées sur le GPM de NSN comme nous l'explique Paul Turret : *"On pourrait être dans des micro-productions de carburants alternatifs qui seraient aujourd'hui l'un ou l'autre. Ce qui*

n'empêche pas éventuellement la raffinerie ou le terminal GNL de s'inscrire dans des processus d'hydrogène bleu, jaune, vert, marron ou gris foncé qui pourraient permettre”.

Une autre possibilité est que la consommation générale d'électricité baisse et ne nécessite pas que la centrale de Cordemais soit remplacée. Dans les faits, EDF a annoncé vouloir reconverter le site en usine de fabrication de tuyaux pour les réacteurs nucléaires EPR2 à partir de 2029 (Connaissances des énergies et EDF, 2024). Cela favorise la production d'énergie non émettrice de GES, mais cela augmente le risque de dépendance de la France à l'énergie nucléaire. *“Ils vont faire une usine de tuyauteries nucléaires. Mais en termes d'émissions, c'est rien du tout. C'est du soudage. Ce n'est pas du tout de la même échelle que la centrale à charbon.”* - Martin Devyver, secrétaire général de l'association ADELE

II.1.3.2 Spatial : le risque de submersion à prendre en compte

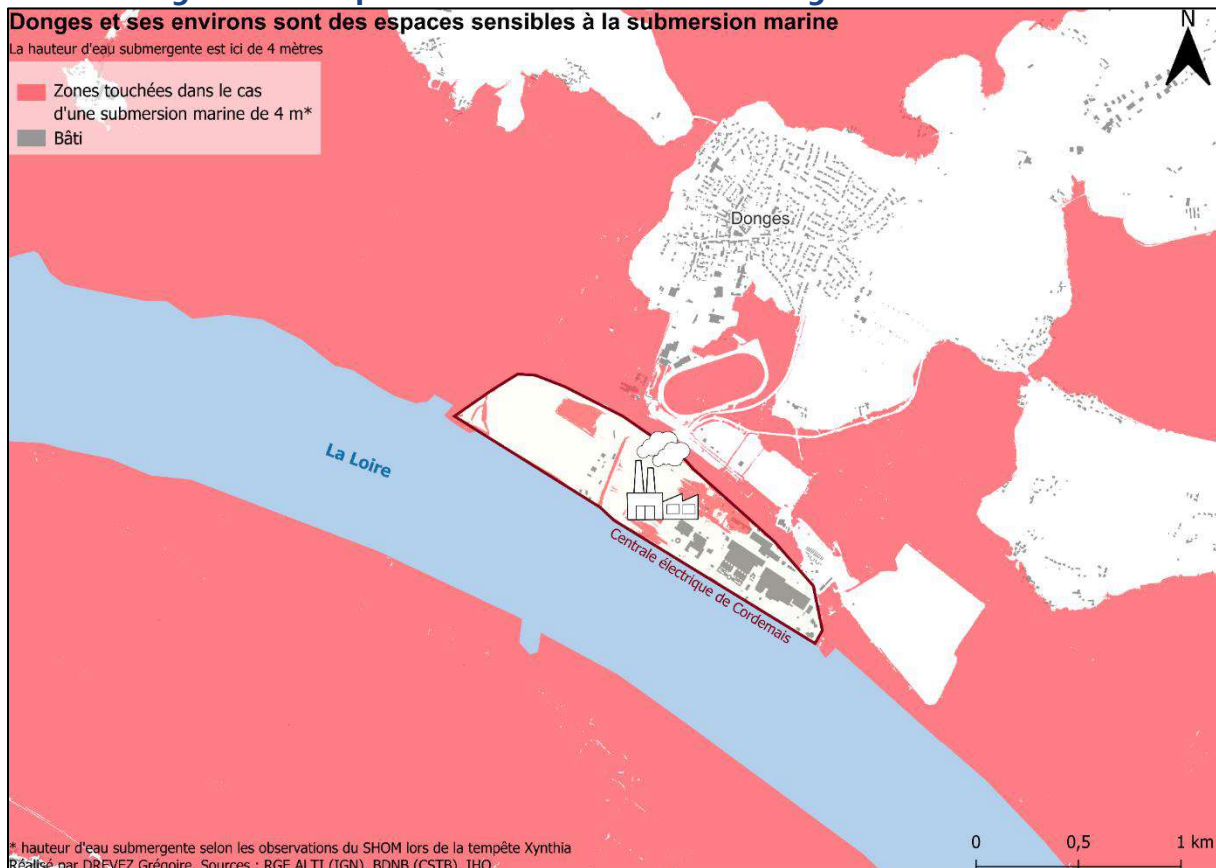
Combien d'hectares représente la centrale de Cordemais ?

Comme nous l'a dit Frédéric Vasse, *“Il y a un foncier monumental sur cette raffinerie”*. Le démantèlement de la centrale concerne les 150 hectares constitués entre autres d'un parc à charbon, de tranches de production, de silos et de zones de stockage. Il n'est pas encore précisé l'emprise spatiale de la future usine de tuyauterie nucléaire.

Quelle exposition aux risques environnementaux ?

On peut voir sur la carte ci-dessous que le risque inondation est à prendre en compte. Ici, si un phénomène similaire à Xynthia impacte la zone de Cordemais, certaines liaisons pourraient être coupées.

Figure 13 : Risque de submersion marine à Donges et ses environs



II.1.3.3 : Économique et social : une perte d'emplois

Quels impacts sur les emplois ?

En 2023, la centrale de Cordemais compte "328 salariés d'EDF et 170 salariés permanents d'entreprises prestataires". Le démantèlement de la centrale pose la question de l'avenir de ces salariés ainsi que d'autres employés indirects du site ("*un emploi dans le pétrole, c'est quatre à cinq emplois directs, indirects et induits*", Fabien Saintlanne, secrétaire CGT). Seulement 200 postes sont annoncés pour la future usine de tuyauterie nucléaire à Cordemais (France Bleu, 15/11/2024), qui représente une perte d'emploi pour le site. Ainsi, le démantèlement de l'usine de Cordemais fait face à des tensions et un préavis de grève a été annoncé jusqu'au 31 mars 2025 par les salariés de la centrale (Force ouvrière, 02/11/2024). De plus, le démantèlement de toute la raffinerie représente selon Fabien Saintlanne "*des milliers d'emplois qui ont été détruits depuis une petite quinzaine d'années*". Il y aura donc des impacts plutôt négatifs sur les emplois suite au démantèlement de Cordemais.

Quels impacts sur la santé ?

Le démantèlement de la centrale à charbon aura pour impact de réduire les émissions de particules fines sur le site et dans les communes alentours : "*sur les cinq millions [de tonnes de CO2 émis par le territoire Loire-Estuaire], il y a environ 1 ou 2 millions qui sont la centrale de Cordemais et qui fermeront en 2027*" (Martin Devyver). Le démantèlement de la centrale permettra donc de suivre les objectifs de la SNBC de décarbonation.

II.1.4 Énergies renouvelables et infrastructures portuaires : quels défis ?

En 2050, la zone du port de Nantes St-Nazaire sera un lieu de production d'énergie et notamment d'électricité renouvelable. Actuellement, de l'électricité renouvelable est déjà produite dans cette zone, notamment à partir de deux unités. Premièrement, au large de Saint-Nazaire, un parc éolien de 80 éoliennes d'une capacité totale de 480 MW est déjà en activité depuis 2022. Deuxièmement, une centrale photovoltaïque de 14 000 panneaux solaires est exploitée depuis 2023 à Montoir-de-Bretagne.

Mais la France a posé des objectifs ambitieux, et notamment en termes d'éolien en mer et de solaire. Pour 2050, 45 GW d'électricité produite par l'éolien offshore et au moins 100 GW par le photovoltaïque devront être mis en service en 2050 (Stratégie française pour l'énergie et le climat, 2023). D'après Stéphan Marin, *"Nous on en aura, passant par Saint-Nazaire, à peu près entre 15 et 20 gigawatts"*. L'éolien va donc se développer d'ici 2050.

Dans ce contexte, plusieurs projets sont avancés pour la zone industrialo-portuaire de Nantes St-Nazaire, et notamment deux programmes : le projet Éole porté par Nantes Saint-Nazaire Port pour l'éolien en mer, et le projet de centrale photovoltaïque porté par Amarenco (entreprise française spécialisée dans l'énergie solaire) à Montoir-de-Bretagne pour le solaire.

Le projet Éole consiste en la mise en place d'une **plateforme d'assemblage et de stockage pour les éoliennes posées et flottantes**, en face du site ayant servi d'assemblage aux éoliennes du parc de Saint-Nazaire. Il sera mis à disposition des industriels et des opérateurs de l'éolien dès 2031, pour répondre aux besoins de création d'éoliennes à venir. Tandis que le projet d'Amarenco consiste en l'installation de **panneaux solaires au sol, à l'ouest du terminal méthanier de Montoir-de-Bretagne**. La capacité électrique prévue n'est pas encore connue mais on peut s'appuyer sur la première centrale de Montoir-de-Bretagne pour faire une estimation. Celle-ci a une capacité de 7,6 MW pour une surface de 9 ha (Nantes Saint-Nazaire Port, 2024). La centrale en projet occupera **13,9 ha**, on peut donc imaginer que sa capacité électrique sera d'**au moins 11 MW**.

II.1.4.1 Technique : des équipements XXL

Quelles infrastructures nécessaires ?

La transformation du port en zone de production implique plusieurs aménagements techniques importants. La plateforme d'assemblage d'éoliennes prévue doit être adaptée aux futures éoliennes en mer, qui seront plus puissantes et plus grandes, tout comme les navires de pose. Julien Dujardin, directeur général adjoint du grand port maritime de Nantes-Saint-Nazaire, explique "Nous savons que l'on sera sur une forme de gigantisme en termes d'éoliennes, de volumes et de cadences" (Ouest France, 2023). Stéphan Marin insiste sur la préparation nécessaire du port face à ces évolutions : *"Aujourd'hui par exemple, la grue qui permettra de monter ces éoliennes flottantes, elle n'existe pas. [...] C'est un exemple. Mais il faudra que les ports soient prêts."*

Les infrastructures prévues sont : un quai de 780 mètres de long sur l'estuaire de la Loire ; un terre-plein de 20 hectares, soit 5 hectares supplémentaires par rapport à la base logistique actuelle dédiée à l'éolien ; des dispositifs de stockage des composants à terre et sur le plan d'eau, un ponton spécifique pour les navires de service (Nantes Saint-Nazaire Port, 2024). L'accueil des navires et des parties d'éoliennes nécessitera donc des outillages XXL.

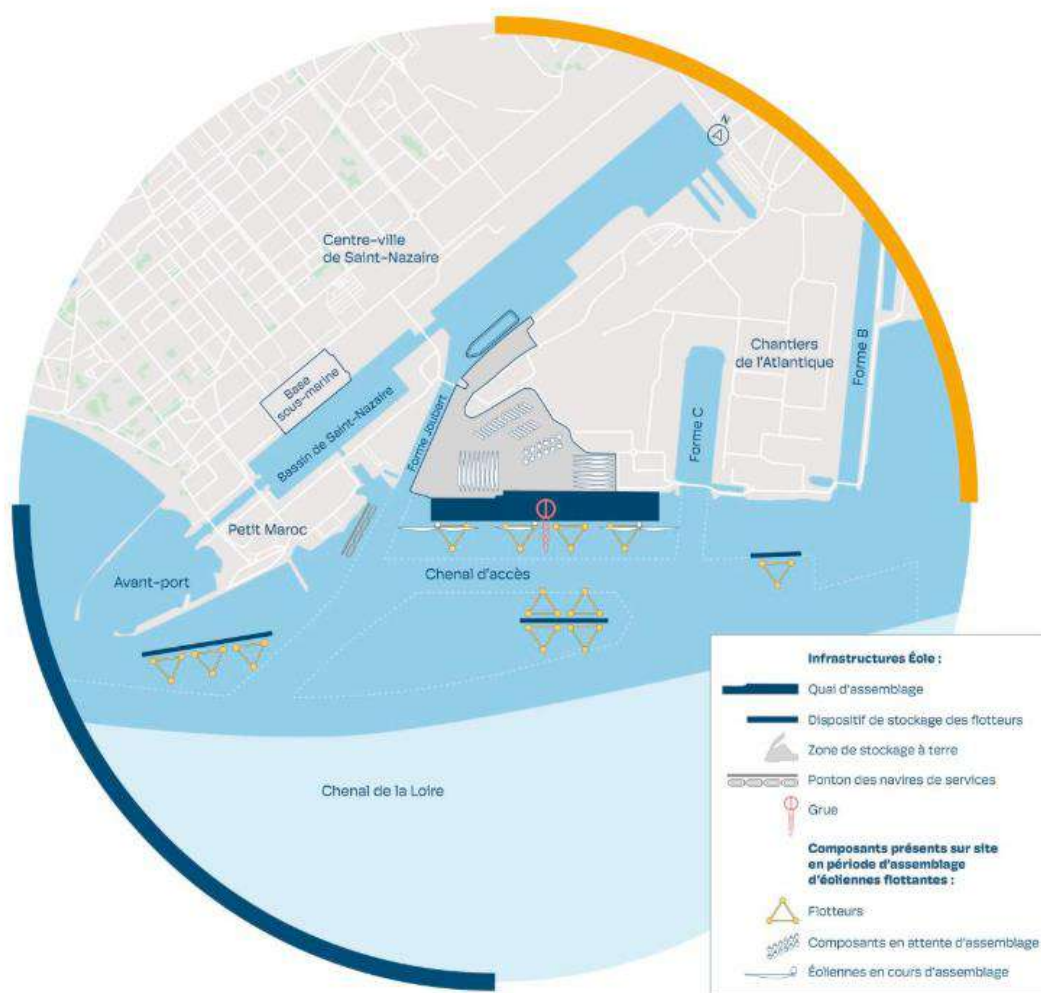
L'installation de la centrale solaire au sol implique également des infrastructures. Les panneaux seront installés sur des modules métalliques assez espacés pour laisser l'eau s'écouler (Résumé de l'étude d'impact de la centrale photovoltaïque au sol Amarenco, MICA Environnement, 2022). Le projet implique également la mise en place d'équipements électriques pour transformer et transporter l'électricité produite. Elle pourra rejoindre le poste source à Donges (comme la centrale déjà opérationnelle exploitée par Engie) afin d'être injectée dans le réseau national.

II.1.4.2 Spatial : une volonté d'optimisation

Quelle emprise spatiale ?

Comme évoqué plus haut, les équipements pour le projet Éole devront être énormes et donc gourmands en espace maritime ou terrestre. L'espace identifié pour ce projet est le site du quai de la réparation navale de Saint-Nazaire. Il se situe à proximité immédiate de la plateforme déjà utilisée pour les opérations de pré-assemblage lors de la construction du parc éolien en mer de Saint-Nazaire. Un Schéma d'aménagement de référence du projet a été fait et permet de voir l'importance d'emprise spatiale (figure 14).

Figure 14 : Schéma d'aménagement de référence du projet Éole



Source : Nantes Saint-Nazaire Port, 2024

Quant à la future centrale solaire de Montoir-de-Bretagne, la surface occupée sera de 13,5 ha. La surface totale occupée par la production d'électricité photovoltaïque dans cette zone autour du terminal méthanier sera ainsi de 22 ha. Par ailleurs, cette zone est contrainte par le périmètre du Plan de prévention des risques industriels (PPRI), en raison de la proximité du terminal méthanier, classé SEVESO. Le GPM NSN souhaite ainsi optimiser le foncier disponible pour la transformation énergétique du port.

Quels impacts environnementaux ?

Cette transition énergétique, nécessitant l'intégration de nouvelles infrastructures, pourrait provoquer des modifications importantes sur les écosystèmes locaux. L'extension ou la reconversion des espaces portuaires pour accueillir les différents projets, entraînera des modifications de l'occupation des sols, avec un risque de destruction ou de perturbation des habitats terrestres et vivant dans l'estuaire (Loire-Atlantique, 2024). **Ces transformations peuvent avoir des conséquences sur des espèces protégées présentes dans la région, notamment les oiseaux migrateurs qui utilisent l'estuaire de la Loire comme halte essentielle.** Par exemple, la zone industrielle de Montoir-de-Bretagne, proche des marais de Brière, est un site sensible abritant des espèces protégées comme le busard des roseaux ou le crapaud calamite (LPO, s.d.). Une mauvaise gestion de ces transformations pourrait diviser ces milieux et limiter les échanges entre les habitats naturels.

De même, l'entretien des installations, comme les turbines éoliennes ou les panneaux photovoltaïques, générera des déchets industriels (pales de turbines, silicium usagé) nécessitant une gestion stricte pour éviter leur dispersion dans les sols et les eaux locales, étant déjà soumis à des pressions anthropiques (SUEZ, n.d.).

II.1.4.3 Économique et social : une transformation coûteuse et impactante

Quels coûts ?

D'après un article du Ouest France publié le 07 février 2025, **Le coût du projet Éole est estimé à 235 millions d'euros**, montant qui témoigne de l'ampleur des infrastructures prévues. 12,5 millions d'euros ont déjà été nécessaires, rien que pour les études de concept du quai. Le Port de Nantes Saint-Nazaire ne peut financer ce projet seul comme en témoigne le Président du Directoire du Port, Jean-Rémy

Villageois : **“Il faut la puissance publique”** dans ce même article. Le Port a donc lancé un appel à manifestation d'intérêt (AMI) auprès des futurs partenaires potentiels (industriels, développeurs, énergéticiens, professionnels du BTP). Le port a également répondu début 2025 à un appel à projet de l'Ademe, avec un fond de 190 millions d'euros pour financer des projets portuaires.

Quant au projet photovoltaïque d'Amarenco à Montoir-de-Bretagne, le coût exact n'est pas spécifié. Cependant, nous pouvons estimer le coût approximatif en nous basant sur des projets similaires. Pour la centrale solaire de 7,6 MW sur 9 ha, le coût d'investissement était d'environ 6,9 millions d'euros (Lendopolis, 2022). Le projet d'Amarenco à Montoir-de-Bretagne couvre une surface de 13,9 hectares, soit environ 1,5 fois plus grande. En extrapolant ces données, on peut estimer que le coût du projet d'Amarenco pourrait se situer entre 10 et 12 millions d'euros. Cette estimation est, bien sûr, approximative et peut varier en fonction de nombreux facteurs spécifiques au projet.

Quelle création d'emplois sur la zone industrialo-portuaire ?

Un des arguments évoqués pour la mise en place du projet Éole est d'accroître l'attractivité de la région pour les acteurs de la filière, d'accélérer les investissements industriels, et d'accroître les opportunités de création d'emplois dans le secteur des EMR (Nantes Saint-Nazaire Port, 2024). Et en effet, pour mettre en place le projet beaucoup de personnel sera nécessaire de manière temporaire, et encore beaucoup de manière permanente une fois le système opérationnel. Et ce, notamment pour la logistique d'organisation avec les différents opérateurs de l'éolien, venant pour des parcs de toute la façade atlantique.

Pour le projet de centrale solaire, des personnes seront employées pour l'installation. Pour autant, **pour accompagner la transition énergétique, il est essentiel de requalifier les travailleurs affectés par le déclin des énergies fossiles** grâce à des partenariats avec les acteurs locaux pour développer des programmes de formations adaptés. Un Pacte Social pour la transition énergétique pourrait garantir un

soutien financier aux salariés en reconversion et favoriser une redistribution équitable des richesses produites par les nouvelles filières.³⁰

Quels impacts sociaux ?

En dehors de l'emploi, ces projets ont des impacts sociaux en ce qui concerne leur acceptabilité par la population. La transition énergétique rencontre des obstacles liés à l'acceptabilité sociale, notamment les syndromes NIMBY (Not In My Backyard) et NIMEY (Not In My Election Year) (Bourdin et al., 2024). Le syndrome NIMBY se manifeste par une opposition locale à l'implantation de nouvelles infrastructures, même si les individus soutiennent globalement la transition énergétique (Bourdin et al., 2024). Cette opposition est souvent motivée par des préoccupations environnementales, esthétiques ou sociales. Par exemple, le développement d'éoliennes offshore peut être contesté en raison de leur impact visuel et des perturbations potentielles pour les activités locales comme la pêche ou encore la migration des oiseaux.

L'importance de l'acceptation locale de tels projets semble aujourd'hui prise en compte par Nantes Saint-Nazaire Port, puisque le 20 février 2024, le port a saisi la Commission Nationale du Débat Public (CNDP) sur le projet Éole. Le 6 mars 2024, une concertation préalable placée sous l'égide de garants, a ainsi été organisée pour mettre la population au courant et au cœur des projets mis en place sur le territoire.

³⁰ Commission Européenne (2023) : « Le Pacte Vert pour l'Europe : un accord dégagé sur la réduction des émissions du transport maritime par la promotion de carburants de navigation durables ».

En résumé – Partie II.1

Pour électrifier les quais, produire des nouveaux carburants et de l'électricité verte, les investissements nécessaires sont colossaux et rien ne permet d'affirmer qu'ils pourront être réalisés. Si les industriels et les armateurs de navires sont contraints de se plier aux contraintes environnementales, ces types de projets pourront probablement être financés mais nul ne peut affirmer quel nouveau carburant dominera le marché en 2050.

Si le port devient ce hub d'énergies décarbonées comme prévu par le plan ZIBAC, il polariserait des flux de navires, des activités industrielles et des emplois. Cette transformation posera également de nombreux défis en termes d'aménagement du territoire. Le projet de captage de CO₂ par exemple, implique des aménagements sur un vaste territoire allant jusqu'en Nouvelle Aquitaine. De plus, certaines infrastructures (hydrogène, méthanol) nécessiteront des périmètres de sécurité et des plans de prévention devront certainement être élaborés. Mais le plus grand défi sera l'insertion d'infrastructures dans un contexte de raréfaction d'espace disponible et de montée du niveau marin. L'optimisation sera le maître mot de la transformation du port, comme on peut le voir avec les panneaux solaires, la réutilisation du terminal méthanier ou la reconversion de Cordemais.

Enfin, cette transformation pose de grands enjeux sociaux. Certains projets comme l'électrification des quais ou la fermeture de la centrale à charbon, permettront d'améliorer la qualité de l'air et seront donc positifs. Certains projets comme Éole, devraient booster l'attractivité et les emplois à Saint-Nazaire.

Mais mis à part ces deux aspects, les projets auront des impacts sociaux et ne seront pas aisément acceptés. La production d'hydrogène et les risques qu'elle comporte sera logiquement sujette à des oppositions, tout comme l'est la fermeture de la centrale. Si ces oppositions sont niées par les pouvoirs publics, cela pourrait engendrer un climat de tension sociale, nuisant à l'adhésion collective indispensable pour mener à bien ces transformations. Il sera donc crucial de privilégier la concertation, d'assurer une communication transparente et d'accompagner les populations concernées dans ces transitions. Cela passera notamment par la reconversion de travailleurs, la mise en place de formations qualifiantes et des gratifications pour les personnes travaillant sur des zones à risques.

Ce qu'il faut retenir :

- L'électrification des quais nécessite 2 à 3 millions d'euros par prise, avec des défis de financement.
- La production d'hydrogène vert à Montoir-de-Bretagne est prévue à 30 000 tonnes par an et nécessitera énormément d'électricité et d'eau
- Le projet Green Coast prévoit 150 000 tonnes d'e-méthanol par an, nécessitant 210 000 tonnes de CO₂ captées.
- La centrale thermique à charbon de Cordemais fermera en 2027, représentant 0,38 % de la production électrique française.
- La fermeture de la centrale entraînera une perte de 30 % des recettes fiscales pour la commune de Cordemais.
- Le projet Éole pour l'éolien en mer est estimé à 235 millions d'euros, visant à renforcer l'attractivité régionale.
- La production d'électricité renouvelable doit atteindre 45 GW d'éolien offshore et 100 GW de photovoltaïque d'ici 2050.
- La formation et l'emploi constituent un enjeu important sur le court et le long terme.

II.2 - Evolution de la flotte : quelles dynamiques pour un transport maritime plus durable ?

Le transport maritime, au cœur des échanges internationaux, est aujourd'hui confronté à des défis importants liés à la transition écologique et à la réorganisation des flux logistiques. Ici, la stratégie du Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire s'intéresse au développement des navires plus petits et des flux de vrac, en lien avec la hausse des besoins en matières premières et les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

L'avenir du transport maritime dans ce port repose sur des choix stratégiques, notamment en matière d'infrastructures et de technologies. Des pistes d'évolution, comme l'adoption de navires décarbonés comme des feeders, des navires à propulsion alternative ou encore des navires adaptés au vrac, voient le jour avec pour objectifs de répondre aux impératifs environnementaux tout en renforçant la compétitivité du port. Cette dynamique pourrait transformer le rôle du Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire dans les chaînes logistiques régionales et internationales, en le positionnant comme un acteur clé de la transition durable.

L'évolution des flottes maritimes et les nouvelles technologies, notamment autour des navires modernes, montrent comment les changements globaux influencent les pratiques locales. Ces transformations ont aussi un impact sur les infrastructures et l'économie régionale, mettant en avant les opportunités et les défis pour le port.

II.2.1 Dans le monde : Les tendances globales dans l'évolution de la flotte

Au niveau mondial, l'évolution des flottes maritimes est face aux défis de la transition écologique. Les armateurs et les ports adaptent leurs stratégies aux enjeux, que ce soit par la diversification des navires, la transition énergétique ou l'évolution des flux commerciaux.

II.2.1.1 Réduction de la taille des navires

Pendant des décennies, la taille des navires a augmenté pour répondre à la demande mondiale et réduire les coûts par unité transportée, notamment dans le secteur des porte-conteneurs. Cependant, cette tendance s'inverse dans certains secteurs du marché maritime. Thibault, doctorant spécialisé sur la question de décarbonation : *"Ce qui est sûr, c'est que les navires qui sont entre 5000 et 10 000 conteneurs, ils vont probablement disparaître, on aura des très gros, des Panamax de 10-12 000, et les Suezmax qui font entre 12 et 24 000, et après des feeders"*. En effet, le gigantisme des porte-conteneurs a pour conséquence un recours obligatoire au feedering pour alimenter les lignes secondaires par bassin maritime³¹. Les feeders permettent donc la desserte de ports secondaires et régionaux et également une réduction de 20% des émissions de CO2 par tonne transportée, ce qui s'approche des objectifs fixés par l'Organisation Maritime Internationale (OMI) pour 2030 (Airseas, 2024).

Par exemple, en Europe du Nord, Maersk (Mærsk, 2024) a investi dans une flotte de feeders propulsés par des carburants neutres en carbone pour diversifier ses itinéraires et répondre aux besoins des ports de taille moyenne. Cette stratégie réduit les coûts logistiques sur des circuits courts en évitant la saturation des grands hubs comme Rotterdam ou Anvers ou des surtaxes de congestion ont été appliquées pour refléter l'impact financier de la congestion sur les opérations portuaire (DocShipper, 2023).

Une réduction de la taille des navires a des impacts locaux, et notamment à travers la diminution de flux de gros navires. Premièrement, la diminution des tailles

³¹ CEREMA (2021). *Gigantisme des navires - Risques et impacts en cas de sinistre*. Rapport d'étude

de navires libérera donc de l'espace. Deuxièmement, ces navires géants génèrent une pollution atmosphérique importante que ce soit en mer ou au port. Selon une étude de l'université de Rostock et du centre de recherche sur l'environnement allemand Helmholtzzentrum Munich, publiée en 2015, les gaz d'échappement des cargos sont responsables de maladies graves (cancers des poumons, maladies cardiovasculaires) pour les populations environnantes des ports, et causeraient la mort de 60 000 personnes par an³². Une diminution de leur flux sera donc bénéfique pour les populations locales à ce niveau, sans compter la baisse de la charge pour les services de santé.

II.2.1.2 Transition énergétique mondiale

Les défis énergétiques transforment rapidement les flottes maritimes mondiales. Des motorisations alternatives, telles que le gaz naturel liquéfié, les biocarburants et l'hydrogène, gagnent du terrain. Des consortiums au Japon et en Corée du Sud testent actuellement des navires autonomes électriques, tandis qu'en Europe, des ports comme ceux de Rotterdam subventionnent des projets de décarbonation de la flotte (Les Echos, 2019). Un exemple notable est celui de l'armateur CMA CGM, qui a lancé une flotte de porte-conteneurs propulsés au GNL, réduisant les émissions de CO₂ de 20% et les émissions de particules fines de 90% (CMA CGM, 2024). En Norvège, Yara Birkeland a déployé le premier navire porte-conteneur 100% électrique et autonome, destiné à remplacer 40 000 trajets annuels par camion, réduisant ainsi l'empreinte carbone régionale (Deiss, 2021).

II.2.1.3 Hausse des flux de vracs et baisse des conteneurs

Le marché mondial du vrac montre une croissance soutenue, principalement dans les secteurs des matières premières comme les minerais, les céréales et les énergies renouvelables (biomasse, hydrogène liquide). Selon les prévisions de l'ADEME, **la part du marché du vrac en France pourrait augmenter de 10 à 25% d'ici 2030, principalement grâce à la demande croissante en matières premières** (Siredom, 2024). En parallèle, on observe une baisse relative du transport par grands porte-conteneurs, en particulier dans des régions où les infrastructures portuaires ne peuvent plus s'adapter à l'accueil de navires géants (ContainerZ, 2024).

³² «Les émissions du transport maritime tuent des milliers de personnes chaque année.» 11 juin 2015, Euraktiv

II.2.2 Quels type de navires et quelles adaptations ?

II.2.2.1 Le potentiel des feeders et des vraquiers

Les feeders sont des navires de petite à moyenne taille qui sont conçus pour des trajets régionaux ou côtiers. Ces petits navires sont aujourd'hui propulsés par ces évolutions. Ils sont souvent utilisés pour transférer des cargaisons entre les grands hubs internationaux et les ports secondaires, ce qui offre une certaine flexibilité logistique. **Grâce à leur taille réduite, ils consomment moins de carburant par voyage et peuvent être équipés de technologies modernes,** comme les moteurs électriques ou hybrides. **Un feeder moderne peut consommer entre 20 et 30 tonnes de carburant par jour, contre 200 à 300 tonnes pour un grand porte-conteneur,** ce qui représente une économie de plus de 80% par jour en carburant. Ces innovations permettent donc de diminuer les émissions de CO₂, tout en maintenant des capacités adaptées aux besoins régionaux (HZ Containers, 2024).

Il existe également les navires dédiés au vrac, qui soit secs ou liquides, qui prennent de nos jours une place croissante dans les échanges maritimes, notamment pour répondre à une demande croissante des matières premières. Ces navires sont particulièrement bien adaptés à la transition énergétique grâce à leur capacité à transporter des cargaisons comme la biomasse, les granulés de bois ou même de l'hydrogène liquide. Ils peuvent également être modernisés avec des systèmes de propulsion au GNL ou à hydrogène, ce qui permet de réduire les émissions de CO₂ de jusqu'à 25% par rapport aux carburants traditionnels, et jusqu'à 80% des émissions d'oxyde d'azote et de soufre (Vincent, 2025). Des navires, équipés de batteries rechargeables, réduisent leurs émissions de CO₂ par rapport à un moteur à combustion classique. Cela est notamment relevé par Hervé Géraud *"Il y a beaucoup d'équipements à mettre sur les ports, mais il y a aussi des équipements à mettre sur les navires"*.

II.2.2.2 L'intégration des technologies sur les navires

L'intégration des nouvelles technologies dans la conception des navires est essentielle pour accompagner cette transition. Les navires équipés de voiles rigides, de cerfs-volants ou de systèmes véliques, en utilisant la force du vent, représentent une alternative pour réduire la consommation énergétique. Par exemple, les voiles rigides peuvent réduire la consommation de carburant de 5% à 10% sur des trajets longs selon le sens du vent, tandis que l'utilisation de cerfs-volants pourrait permettre des économies d'environ 20% en carburant pour certains navires³³.

Les moteurs électriques ou hybrides, combinés à des batteries rechargeables, sont également des solutions viables pour les navires effectuant des distances courtes ou moyennes. Par exemple, un navire hybride peut réduire ses émissions de CO₂ d'environ 30% par rapport à un moteur à combustion classique (Eco CO₂, 2019). Enfin, l'utilisation de carburants alternatifs tels que l'hydrogène et l'E-méthanol est également intéressante pour les navires de plus grande taille. Par exemple, un navire alimenté à l'hydrogène, produit localement grâce aux capacités industrielles de la région, pourrait être une solution durable pour le transport régional.

³³ « La voile a le vent en poupe », 29 août 2021, La Presse

Figure 15 : Synthèse des enjeux par type de navires

Type de navires	Pourcentage de réduction d'émission de CO2	Pourcentage de réduction de consommation de carburant	Capacité d'adaptation technologique	Implications spatiales
Feeders	20	80	Elevée	Pas de réaménagement majeur, accès facile aux ports secondaires
Navire de vrac	25	25	Moyenne	Systèmes pour le vrac, possibles adaptations pour les cargaisons GNL
Ferries électriques ou hybrides	85	85	Elevée	Stations de recharge, infrastructures adaptées aux batteries
Navire à propulsion éolienne	10	20	Moyenne	Espaces dégagés pour voiles ou cerfs-volants, optimisation du stockage
Porte conteneur géant	0	0	Faible	Infrastructure lourde (grands quais, tirant d'eau important)

Sources : HZ Containers, 2024 ; Vincent, T., 2025 ; ZeGreenWeb, 2020

II.2.2.3 Application spécifique au GPM de Nantes Saint-Nazaire

L'adoption de navires de petite et moyenne taille, comme les feeders et les navires de vrac adaptés, pourrait transformer les activités du Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire en renforçant son rôle dans les réseaux logistiques régionaux et internationaux. Les petits navires offrent plusieurs avantages spécifiques dans le contexte du port, de par sa localisation stratégique et ses infrastructures industrielles.

Flexibilité et diversification des activités portuaires

Les navires de petite taille permettent de renforcer la connectivité entre le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire et d'autres ports secondaires ou régionaux comme en Bretagne ou Nouvelle Aquitaine. Christophe Leclerc, GPM Nantes Saint-Nazaire *"Le feedering pour le port de Nantes-Saint-Nazaire, c'est de pouvoir vraiment traiter, de gommer cette différence qu'il y a entre transports routiers et transports maritimes"*. Cette flexibilité permet au port de diversifier ses activités, notamment en augmentant les volumes de vrac, un secteur moins dépendant des grandes chaînes logistiques mondiales.

Ces navires facilitent également l'accès aux infrastructures portuaires existantes sans nécessiter d'importants réaménagements, avec un potentiel de réduction des coûts d'infrastructure. Par exemple, au port de Rouen, des travaux d'adaptation des infrastructures portuaires pour accueillir des navires plus grands ont été réalisés avec un coût total de 70 millions d'euros (CNDP, 2024)

Les navires de petite taille s'inscrivent également dans une logique de proximité. Ils sont particulièrement adaptés aux besoins des industries locaux, qui pourraient bénéficier d'un accès plus direct aux ressources transportées par ces navires. Cela renforce les liens entre le port et son territoire environnant, en consolidant son rôle de plateforme multimodale.

Mais le feedering existe depuis longtemps à Nantes Saint-Nazaire, bien qu'apparaissant comme un levier de décarbonation pour certains acteurs du port. Malgré ses atouts, un trajet effectué par feeder est bien plus lent que par la route, ce qui n'encourage pas les armateurs. Les ports n'ont alors que très peu de prise sur ces décisions d'acheminement.

II.2.2.4 Quelles retombées sur le territoire ?

Un développement de navires de plus petite taille au Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire aurait des retombées économiques et sociales significatives, renforçant son rôle dans le développement durable tout en répondant aux enjeux environnementaux et sociétaux.

Des retombées économiques positives

La transition vers des navires plus petits pourrait engendrer des **réductions importantes des coûts opérationnels et énergétiques**. Ces navires, moins gourmands en carburants fossiles, permettent une **réduction d'environ 30% de carburant par tonne transportée** par rapport aux grands porte-conteneurs sur des trajets équivalents, en particulier lorsqu'ils sont équipés de systèmes de propulsion alternatifs, comme des moteurs électriques ou des technologies véliques (Equal Times, 2024). Leur flexibilité logistique favorise également une bonne gestion des flux maritimes, réduisant les délais de chargement, de déchargement et de rotation des navires.

L'augmentation des flux de vrac ouvre également de **nouvelles perspectives économiques** pour le port. En se spécialisant dans le transport de matières premières comme la biomasse, les céréales ou les matériaux industriels, le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire pourrait diversifier ses activités et attirer de nouveaux marchés.

Création d'emplois et dynamisme local

Le recours à des navires plus petits pourrait entraîner la création de 500 à 1000 d'emplois directs et indirects dans les secteurs liés à la construction, à la maintenance et à la modernisation des navires. Les besoins en maintenance et en modernisation de ces navires stimuleraient l'activité des chantiers navals de Saint-Nazaire, déjà reconnus pour leur expertise. Ces activités pourraient donc générer des opportunités d'emploi et un chiffre d'affaires plus élevé grâce à l'entretien des navires.

Réduction des nuisances pour les populations locales

Comme évoqué précédemment, l'utilisation de navires plus petits et moins polluants contribuerait à réduire les émissions de CO₂ dans les espaces portuaires ainsi que les émissions de particules fines et de soufre, responsables de problèmes respiratoires et cardiovasculaires. Cela permettrait d'améliorer la qualité de l'air dans les zones résidentielles proches du port, réduisant ainsi les problèmes de santé pour la population locale. Les nuisances sonores seraient également réduites grâce aux moteurs plus silencieux des feeders et des navires modernes. Cela améliorerait directement la qualité de vie des habitants et favoriserait l'acceptabilité sociale du port.

Ce qu'il faut retenir de l'évolution du transport maritime :

- La diminution de la taille des navires favorise les feeders, entraînant la disparition des porte-conteneurs de 5 000 à 10 000 unités.
- Les feeders réduisent les émissions de CO₂ de 20% par tonne transportée et consomment 80% moins de carburant que les grands porte-conteneurs.
- La transition énergétique intègre des motorisations alternatives (GNL, hydrogène) avec des navires comme le Yara Birkeland, 100% électrique.
- Le marché du vrac pourrait croître de 10 à 25% d'ici 2030, tandis que le transport par grands porte-conteneurs décline.
- Les ferries électriques ou hybrides réduisent les émissions de CO₂ et la consommation de carburant jusqu'à 85%.
- L'adoption de navires plus petits pourrait générer 500 à 1 000 emplois locaux et réduire les nuisances environnementales.
- Les navires à propulsion éolienne économisent entre 5% et 20% de carburant, renforçant la durabilité maritime.
- Le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire peut renforcer son rôle logistique en intégrant ces innovations écologiques et en diversifiant ses activités.

II.2.3 Repenser la desserte du port vers le reste du territoire

II.2.3.1 Le GPM de Nantes Saint-Nazaire : une stratégie pour rester compétitif dans le système portuaire français

Actuellement, le GPMNSN est le 4^e port français avec un trafic annuel de près de 30 millions de tonnes. En 2023, il a accueilli 2 360 navires, dont 410 pétroliers, 297 vraquiers, 220 porte-conteneurs et 114 méthaniers (Nantes Saint Nazaire Port, 2023). Ce port joue un rôle central dans l'économie régionale et nationale, en gérant 300 types de marchandises, représentant 28,5 millions de tonnes en 2023, dont 21,1 Mt à l'import et 7,4 Mt à l'export. Face aux enjeux énergétiques et climatiques, il doit donc redéfinir sa stratégie pour rester compétitif.

Le port se distingue par ses flux énergétiques, dominant le secteur des vrac liquides et solides sur l'Atlantique avec 13 postes à quai pour les vrac liquides et 12 pour les vrac solides. Olivier Trétout, président du directoire du GPMNSN, explique dans un article de Mer et Marine daté du 04 février 2022 : « Notre développement se conçoit sur un triptyque qui repose sur le développement de l'activité de port de commerce, sur la valorisation domaniale et, enfin, sur l'éolien offshore flottant ». Ainsi, le port s'oriente vers des activités stratégiques, telles que la filière du BTP et l'alimentation animale, tout en développant des services de lignes feeder en redéfinissant le rôle du port à l'échelle nationale et régionale. A l'échelle du territoire, le GPMNSN peut se baser sur de nouveaux modèles, notamment le port de Bordeaux, qui opte pour une stratégie innovante. Frédéric Vasse, directeur du Pôle Métropolitain Nantes/St Nazaire explique : *"A l'échelle de l'estuaire de la Gironde, le GPM développe une stratégie - je les ai rencontrés il y a peu de temps - dans leur feuille de route, avec cette notion de « port de territoire ». J'ai trouvé ça absolument passionnant. C'est un port qui se retourne, finalement, vers son hinterland, qui se retourne au service de l'économie et des hommes. Ils ont commencé, par exemple, sur de nouvelles boucles d'économie circulaire, à voir comment le système de quais, de barges adaptées, de chargements, etc., pouvait venir servir des boucles de circularité de l'économie."* Cette stratégie devient une opportunité pour le GPMNSN de trouver une nouvelle place et potentiellement de trouver une nouvelle place dans le système

national. Toujours d'après Frédéric Vasse, *"Nantes métropole réfléchit à une logistique de proximité, des petits Hub de proximité fluviaux au service de la métropole"*

Cette nouvelle interface portuaire pourrait permettre à la fois de donner une nouvelle attractivité/utilité au port, et à la fois de décongestionner les grands ports européens et offrir un meilleur service aux chargeurs, notamment via des connexions vers le sud de l'Europe et le détroit de Gibraltar (Fiore, 2023). Cela fait du GPMNSN un acteur clé dans l'évolution vers une logistique portuaire plus durable.

II.2.2.2 Décarbonation portuaire et infrastructures maritimes : le rôle clé des feeders

Les feeders, navires de petite taille opérant sur des courtes distances, sont essentiels dans la stratégie de décarbonation mondiale. En intégrant les voies fluviales et en réduisant l'accès des grands navires aux ports principaux, ils diminuent les émissions locales et optimisent la logistique (Deiss, 2023). Leur développement dans une logique de neutralité carbone nécessite toutefois des infrastructures modernisées, notamment des quais électrifiés et des systèmes logistiques numériques avancés.

II.2.2.3 Le port du Havre et l'exemple HAROPA Port : des modèles à suivre ?

HAROPA Port, regroupant Le Havre, Rouen et Paris, est un modèle de réseau portuaire intégrant les feeders pour optimiser la logistique maritime tout en réduisant son empreinte carbone. Depuis 2024, l'alliance Gemini (Maersk et Hapag-Lloyd) propose des services feeders reliant Le Havre à des hubs européens majeurs tels que Rotterdam, Anvers et Algésiras (Deiss, 2024 ; TLF Overseas, 2024). Cette stratégie a permis de **réduire la congestion des grands ports et d'améliorer la fluidité des échanges**. En 2023, HAROPA Port a augmenté son report modal vers le fluvial (+1 %) et le ferroviaire (+0,2 %) (HAROPA Port, 2024). Un budget de 201 millions d'euros en 2024 a été alloué pour renforcer les infrastructures fluviales et industrielles. Par exemple, des travaux sur l'accès fluvial à Port 2000 ("la chatière") seront finalisés en 2026 pour accroître le trafic fluvial sécurisé (HAROPA Port, 2024). Toutefois, la **dépendance accrue aux feeders peut nuire à la compétitivité** du Havre face à des ports concurrents comme Rotterdam ou Hambourg (Deiss, 2024).

II.2.2.4 Montoir-de-Bretagne : les feeders au cœur du développement portuaire

Le GPM de son côté entame des démarches et des projets qui peuvent permettre au port de s'adapter à ces systèmes. Pour autant, d'après Frédéric Vasse : *“Sur le transport fluvial, on n'est pas très en avance. Il y a déjà des réalités, notamment Airbus, par exemple, les deux sites d'Airbus à Nantes et Saint-Nazaire sont reliés par barging (transport par des barges), afin de déplacer les plus grosses pièces via l'estuaire de la Loire. Le fret fluvial, mais aussi le transport des habitants, pourrait se développer, les machines progressent mais remonter l'estuaire de Saint-Nazaire jusqu'à Nantes, coûte très cher, le niveau de marnage est un élément à considérer aussi”.*

Pour autant, malgré ces difficultés et ces retards, des projets sont envisagés. Montoir-de-Bretagne, intégré au GPMNSN, est un acteur clé dans les réseaux feeders grâce à ses connexions stratégiques et ses infrastructures modernisées. En 2023, le port a traité 28,4 Mt de marchandises, dont 1,5 Mt de conteneurs (148 000 EVP), malgré une baisse de 1,1 % (Deiss, 2024). Pour Stéphan Marin, adjoint au directeur du Développement de Nantes Saint-Nazaire Port : *“À côté de ça, vous avez le terminal conteneur. Comme je vous l'ai dit, c'est un nain par rapport aux autres terminaux conteneurs. Mais n'empêche qu'il existe et il sert directement l'économie du territoire autour. Donc, ça permet effectivement aux producteurs locaux d'exporter via Montoir-Nord-Bretagne. Ce qu'il faut savoir, c'est que dans la région Pays de la Loire, 70% des conteneurs qui partent à l'export passent par le Havre et Anvers. Nous, on mise beaucoup sur la décarbonation des transports et les industriels ont bien ça en tête même ils n'ont pas les mêmes contraintes que le maritime ou l'aérien.”*

Montoir connecte plusieurs hubs européens et méditerranéens, comme Algésiras (Espagne) et Leixões (Portugal) via le PGW CS ou encore Rotterdam et Anvers avec MSC (Mecalux, 2024). Ces connexions renforcent l'intégration du port dans les chaînes logistiques européennes et mondiales. La multimodalité joue un rôle central :

→ **Fluvial** : la Loire offre une connexion fluviale, mais seulement 2% du fret total est acheminé par ce mode.

→ **Ferroviaire** : la ligne connectant le terminal conteneur aux réseaux nationaux a été modernisée en 2023, favorisant des industries locales comme Airbus et Renault (IDEA, 2024).

→ **Routier** : environ 88% des flux sont pris en charge par la route (Bilan annuel des transports, 2022).

La mise en place des services feeders à Montoir-de-Bretagne a nécessité des investissements techniques majeurs, avec des conséquences territoriales significatives, notamment l'amélioration des connexions ferroviaires pour desservir efficacement les sites industriels locaux, tels qu'IDEA et Cargill (IDEA, 2024 ; V. Groizeleau, 2015).

En effet, Montoir-de-Bretagne joue un rôle clé dans des secteurs tels que l'aéronautique, avec des flux réguliers d'Airbus en provenance de Hambourg, et l'automobile, en assurant l'import/export de véhicules et de pièces détachées pour des marques comme Renault et Peugeot. Par ailleurs, le port s'engage activement dans la transition énergétique, à travers des projets ambitieux comme le programme GOCO2, qui prévoit la capture de 2,6 millions de tonnes de CO₂ par an d'ici 2030, et la construction d'une usine d'hydrogène vert capable de produire 30 000 tonnes par an dès 2028 (Elengy, 2024 ; Limouzin, 2023). Martin Devyver, secrétaire général de l'association ADELE indique « *Potentiellement, on pourrait imaginer un terminal d'import et d'export d'hydrogène sur le port qui serait connecté à des canalisations [...] qui pourraient aller jusqu'en Île-de-France.* »

Ces initiatives témoignent de la volonté de Montoir de concilier développement durable et compétitivité économique, consolidant ainsi sa position comme un modèle de port intégré, respectueux des enjeux environnementaux et moteur de l'économie régionale. Des campagnes de communications sont déjà à l'oeuvre comme l'explique Stéphane Marin, adjoint au directeur du Développement de Nantes Saint-Nazaire Port : « *Mais aujourd'hui, on va faire la pub du port de Montoir-Nord-Bretagne et de son terminal conteneur dans les chambres de commerce pour leur dire « vous allez gagner du temps en passant par votre port régional. Du temps, c'est de l'argent. Votre transport va être moins cher et en plus, vous allez émettre 4 fois moins de CO2.* ». Montoir-de-Bretagne et le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire (GPMNSN) illustrent que la transition vers un transport maritime décarboné est une ambition réalisable grâce à des investissements stratégiques dans les services feeders, les infrastructures multimodales et le développement des énergies propres. Ces efforts

contribuent à renforcer la compétitivité économique des territoires portuaires tout en jouant un rôle actif dans la lutte contre le changement climatique.

Le développement des réseaux feeders au GPMNSN, à HAROPA Port et à Montoir-de-Bretagne témoigne d'une transformation logistique majeure, tournée vers un transport maritime plus durable et mieux intégré aux réseaux multimodaux. Ces initiatives permettent d'optimiser les flux de marchandises, de réduire les émissions carbone et de consolider le rôle des ports français dans les chaînes d'approvisionnement globales.

Cependant, cette transition repose sur des investissements substantiels, tant pour moderniser les infrastructures que pour intégrer de nouvelles technologies décarbonées. Elle exige également une coordination étroite entre les acteurs publics et privés afin de relever les défis techniques, économiques et territoriaux qu'impose cette mutation. Les armateurs et les ports n'ayant pas les mêmes intérêts. En dépit de ces défis, les initiatives menées par Montoir-de-Bretagne et le GPMNSN démontrent que les ports français peuvent se positionner en leaders d'une logistique maritime durable et compétitive à l'échelle internationale.

II.3 - La réadaptation du port : quelles perspectives ?

II.3.1 Une fermeture de la raffinerie de Donges ?

À l'avenir on peut s'attendre à une baisse de la consommation des hydrocarbures, qui impactera inévitablement les raffineries. Fabien Saintlanne le relève notamment le nombre de raffineries *"on est passé de 13 raffineries en France en 2010 à 6 aujourd'hui"*. Cette tendance, initialement liée à l'essor du nucléaire, s'inscrit aujourd'hui dans un contexte de transition énergétique ainsi que la perspective d'un épuisement des ressources fossiles. Une nouvelle fois, Fabien Saintlanne - secrétaire CGT Total Energies de la raffinerie de Donges - met en avant les choix stratégiques des groupes pétroliers : *"ce qu'il se passe à l'heure actuelle, c'est qu'on ferme des industries sur notre territoire pour favoriser l'importation de produits raffinés"*. Cette situation devrait obligatoirement impacter le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire puisque **que plus de 50% de l'activité maritime est liée aux besoins de la raffinerie de Donges** (Total Energies). Dans ce contexte, nous chercherons ici à imaginer le devenir de la raffinerie de Donges dans un futur lointain et incertain.

II.3.1.1 La raffinerie de Donges aujourd'hui : un site en transition

Les premiers réservoirs pétroliers à Donges sont construits en 1917 afin d'appuyer l'entrée en guerre des Américains. Ce n'est qu'en 1928 qu'une loi marque réellement le début du raffinage des hydrocarbures en France. Un tournant s'opère après la Seconde Guerre mondiale lorsque la raffinerie de Donges lance de nouvelles unités de production, ce qui lui permet de se développer et de diversifier ses activités (Total Energies). En effet, en 1959, des infrastructures de stockage de pétrole brut et un appontement - pour accueillir des navires de plus grandes capacités - vont être construits. En 1971, un nouvel appontement va voir le jour afin de pallier la saturation du port pétrolier en permettant l'accueil de pétrolier de 280 000 tonnes. Après une série de fusions de plusieurs groupes, Total devient l'unique propriétaire du site.

Le site fonctionne en continu - 24h/24 et 365 jours par an - avec 650 salariés et la collaboration régulière de 400 intervenants externes. La raffinerie de Donges est la deuxième plus grande de France, avec **une capacité de traitement de 11 millions de tonnes** de brut par an, contre 1,976 million en 1955 (soit une augmentation de 556 % en 70 ans). Le site couvre 350 hectares et dispose de 3 postes à quai pour l'importation de pétrole brut et 4 pour l'exportation de produits raffinés. **Plus de 400 pétroliers y**

accostent chaque année³⁴. Deux gares routières, une gare ferroviaire et deux pipelines desservent la Bretagne, le Centre et l'Est du pays (Donges-Melun-Metz).

II.3.1.2 Quelle reconversion possible ?

Actuellement propriété de Total Energies, l'avenir de la raffinerie repose avant tout sur les choix stratégiques de l'entreprise, avec un impact majeur à l'échelle locale. Toutefois, ces décisions ne dépendent pas uniquement des acteurs locaux, car cette industrie stratégique intéresse également l'État.

Total Energies, en tant qu'entreprise privée, pourrait décider de se retirer, ce qui soulève des incertitudes sur l'avenir du site. Afin d'explorer ces perspectives, nous nous appuyerons sur des exemples concrets en intégrant les dimensions économiques, sociales, environnementales et spatiales.

Cependant, nous reconnaissons les limites de cet exercice, notamment l'incertitude liée aux orientations politiques futures. Il est essentiel de rappeler que toute projection reste hypothétique, et que l'un des premiers impacts d'un éventuel départ serait la diminution des transits de matières premières fossiles, entraînant une perte de revenus pour le port.

II.3.2 Démanteler une raffinerie : quels enjeux ?

Le démantèlement est une **opération complexe**, visant à déconstruire une infrastructure tout en respectant des exigences strictes de sécurité, de protection environnementale, d'optimisation des coûts, de gestion des matières, de dépollution des sols et de revalorisation des déchets³⁵. En fonction du futur usage du site, **le démantèlement peut prendre des formes différentes**. En effet, si le site reste industriel, la majeure partie des infrastructures sont conservées, mais des adaptations sont nécessaires. Il faut aussi compter sur des **actions de recyclage, de dépollution et de démantèlement ponctuel** en parallèle. Si le site change de destination. Le démantèlement est complet, la dépollution des sols et le démontage est total.

³⁴ Grand port Maritime de Nantes/Saint-Nazaire, Rapport annuel & RSE 2023.

³⁵ Véolia. (2022). *Démantèlement industriel : gestion des polluants et des déchets dangereux*.

Le démantèlement ne se limite pas à la destruction, c'est une **opération stratégique qui s'inscrit dans un objectif de réhabilitation et de revalorisation des sites industriels**.

Une planification rigoureuse et des investissements conséquents sont nécessaires pour minimiser les impacts et maximiser les opportunités de reconversion. Ainsi, le démantèlement peut se transformer en une étape clé vers une transition industrielle, tout en **préservant les intérêts des travailleurs, des collectivités et de l'environnement**.

II.3.2.1 La reconversion industrielle

Le démantèlement d'un site industriel n'est pas toujours nécessaire pour envisager un changement d'activités sur un territoire. Un site peut être reconverti pour accueillir d'autres activités industrielles, souvent plus respectueuses de l'environnement et adaptées aux enjeux actuels. Nous nous appuyons ici sur deux exemples de sites détenus par Total Energies qui ont fait l'objet d'une reconversion industrielle. Ces transformations, qui relèvent davantage d'une adaptation ou d'une modification des activités existantes, démontrent qu'un démantèlement complet n'est pas toujours indispensable.

L'exemple de La Mède : En 2015, Total Energies entame la reconversion de la raffinerie de La Mède, près de Marseille, qui produisait divers produits pétroliers - carburants, combustibles, gaz liquéfiés - Total Energies³⁶. L'objectif est de transformer le site en une bioraffinerie innovante, incluant de nouvelles infrastructures comme une unité de production d'AdBlue, une plateforme logistique, une centrale solaire et un centre de formation. En 2019, la bioraffinerie atteint une capacité de 500 000 tonnes de diesel renouvelable par an. Bien que le site conserve son périmètre initial, certaines infrastructures ont été adaptées, tandis que celles devenues obsolètes sont démantelées, avec une finalisation prévue pour 2025. Total Energies a investi **337 millions d'euros** pour cette transition énergétique.

L'exemple de Grandpuits : En 2020, Total Energies initie le projet de reconversion de la raffinerie de Grandpuits en une plateforme « zéro pétrole », en s'appuyant sur des

³⁶ Total Energies. (2021). *Résumé non technique - Plateforme de La Mède*

activités liées à « la biomasse, aux énergies renouvelables et à l'économie circulaire »³⁷. Ce projet vise à arrêter le raffinage de pétrole brut et à transformer le site en bioraffinerie opérationnelle dès 2025. L'objectif principal est de soutenir la décarbonation du secteur aérien en maximisant la production de carburants aériens durables (SAF - Sustainable Aviation Fuel), dans le cadre des ambitions européennes et françaises. En plus de la production de biocarburant aérien, le site accueillera deux usines de recyclage chimique des plastiques et deux centrales solaires photovoltaïques. Total Energies a **investi 500 millions d'euros** pour cette reconversion, soulignant l'importance de ce projet dans la transition énergétique. La reconversion représente une stratégie avantageuse pour une entreprise. Malgré un investissement initial important, elle permet de maintenir le contrôle du site et de pérenniser une activité économique. Elle anticipe aussi l'évolution du marché, comme la baisse de la demande en pétrole, et renforce la résilience face aux perturbations d'approvisionnement. En se tournant vers des industries plus durables, les entreprises alignent leurs activités sur leurs objectifs de décarbonation et répondent aux attentes croissantes des consommateurs, investisseurs et pouvoirs publics. De plus, **cette transition limite les impacts sociaux en évitant des licenciements massifs** et favorise la création d'emplois dans des secteurs d'avenir.

II.3.2.2 Les Zones d'Activités Economiques (ZAE)

Une autre perspective envisageable pour la reconversion du site serait de transformer l'espace libéré par l'arrêt de la raffinerie en une zone d'activités économiques ou en une zone mixte.

Ces espaces sont particulièrement attractifs pour le développement de nouvelles activités, car ils réunissent généralement les trois critères essentiels recherchés par les entreprises lors de leur implantation :

→ **La proximité avec une métropole** : Dans le cas de Donges, le site bénéficie d'une localisation stratégique, à environ 40 minutes de Nantes et 20 minutes de Saint-Nazaire.

→ **La disponibilité foncière** à des coûts compétitifs, essentielle pour attirer des investisseurs et des entreprises.

³⁷«Tribune : Raffinerie Total de Grandpuits : Greenwashing et casse sociale.», 16 décembre 2020, Libération

→ **Des infrastructures de communication déjà existantes** : À Donges, les entreprises pourraient bénéficier d'un réseau de transport routier et ferroviaire bien développé, ainsi que de la proximité directe du port, qui constitue un atout logistique essentiel.

De plus, la présence d'autres entreprises à proximité constitue un atout majeur. Elle facilite les synergies, les échanges commerciaux et les collaborations entre acteurs économiques, renforçant ainsi l'attractivité du site. Ce scénario pourrait se concrétiser si Total Energies choisissait de vendre le site ou de ne pas l'exploiter pour ses propres activités industrielles. D'autres exemples montrent que des groupes industriels ont cédé tout ou une partie de leurs sites à des tiers, tels que des collectivités ou des gestionnaires portuaires, permettant ainsi leur reconversion vers de nouveaux usages. Voici deux exemples d'anciennes raffineries françaises reconverties :

1. L'ancienne raffinerie de Drusenheim-Herrlisheim devenue Axioparc

La raffinerie a cessé ses activités en 1984, et son démantèlement ainsi que la dépollution du site se sont déroulés entre 1990 et 2003. En 2015, la communauté de communes a acquis ces 120 hectares pour dynamiser le territoire grâce à leur reconversion. La zone accueillera des activités industrielles, artisanales et tertiaires tournées vers les services à l'industrie. Piloté par le groupe Tellos, le développement repose sur une approche durable intégrant énergies renouvelables, constructions bioclimatiques, gestion responsable des ressources et création d'une coulée verte avec pistes cyclables. La zone d'activité économique (ZAE) consacre 30 % de sa surface aux espaces verts, dont des zones humides pour préserver la biodiversité (Tellos, 2024). Sur 80 hectares commercialisables, 50 sont déjà vendus. L'Axioparc bénéficie d'une position stratégique, à 20 minutes de Strasbourg et de ses infrastructures de transport³⁸. Alors que la raffinerie employait 300 salariés, le site reconverti ambitionne de créer jusqu'à 1 500 emplois.

2. L'ancienne raffinerie Petroplus à Reichstett devenue EcoParc rhénan

Située près de Strasbourg, la raffinerie a d'abord été convertie en dépôt avant de fermer définitivement après la faillite de Petroplus. Face au manque d'espaces en périphérie pour les entreprises, la métropole a rapidement perçu le potentiel stratégique du site. Sa proximité avec Strasbourg, ses terrains abordables et ses infrastructures de transport en faisaient un lieu idéal pour une nouvelle zone d'activité

³⁸ Aéroport, fret ferroviaire et fluvial, autoroutes

économique. Les travaux ont débuté en 2016, grâce à un partenariat entre l'ADEME, la Région Grand Est, l'Eurométropole de Strasbourg et le promoteur Brownfields. La dépollution a nécessité plus de 20 millions d'euros, complétés par 10 millions pour l'aménagement et la commercialisation du site³⁹. Comme l'Axioparc, l'EcoParc rhénan a été conçu dans une logique durable, avec une réserve de biodiversité de 10 hectares et des aménagements intégrant la géothermie. Inauguré en 2018, il a immédiatement attiré de nombreuses entreprises, la quasi-totalité des lots étant réservée dès l'ouverture. De nouveaux terrains, détenus par la Région et l'Eurométropole, sont déjà prévus pour son extension. Si la fermeture de la raffinerie a d'abord entraîné la perte de 300 emplois, l'EcoParc rhénan a transformé cette crise en opportunité. À terme, il devrait créer 1 300 emplois, notamment dans le BTP et la logistique, redynamisant ainsi le territoire.

II.3.2.3 Des différences de coûts et de temps notables

Le processus de démantèlement et de réhabilitation d'une raffinerie peut s'étendre sur de nombreuses années, voire des décennies. La durée de cette transition dépend principalement de deux facteurs :

- Une **planification anticipée**, qui facilite l'organisation des différentes étapes et évite une reconversion subie.
- Le **choix entre une reconversion industrielle ou un démantèlement total**, ce dernier étant souvent plus long lorsqu'il implique la cession du site à de nouvelles activités.

Les démantèlements complets, en particulier, demandent un temps considérable. Cependant, certains cas font exception. L'EcoParc rhénan illustre une réhabilitation accélérée : seulement cinq années se sont écoulées entre la faillite de Petroplus et l'inauguration de la nouvelle zone d'activité économique. À l'opposé, le cas de la raffinerie de Drusenheim-Herrlisheim démontre une temporalité bien plus étendue, avec près de 40 ans entre la cessation des activités de la raffinerie et l'installation de nouvelles entreprises sur le site.

Deux autres exemples sont également révélateurs de la variabilité des délais observés dans ces contextes : la raffinerie de Collombey-Muraz, en Suisse, et celle de

³⁹ «L'EcoParc rhénan, le nouveau visage des zones d'activités économiques.», 27 septembre 2018, Ina

Dunkerque. Ces sites, bien que différents, suivent des temporalités plus classiques pour ce type de transition.

Les raffineries de Collombey-Muraz, en Suisse, et de Dunkerque ont fermé en 2015 pour des raisons économiques. Faute de repreneurs, les deux sites ont été démantelés. À Collombey-Muraz, après quatre ans sans repreneur, Tamoil Suisse a lancé un projet de reconversion en partenariat avec la commune, visant à transformer la raffinerie en un quartier d'activités économiques végétalisés (PME, 2023). Les travaux de démantèlement ont commencé en 2021 et devraient se terminer en 2025 (Baur, 2021), l'assainissement complet pouvant durer jusqu'en 2028. À Dunkerque, Colas a démarré le démantèlement en 2017, avec un plan de gestion et de dépollution élaboré après trois ans de préparations. En 2023, une partie des terrains a été restituée au Grand Port Maritime (GPM), et le reste suivra en 2024. 60 000 tonnes de terres ont été traitées et 43 000 tonnes de ferrailles ainsi que 200 000 tonnes de gravats ont été revalorisées sur place (Colas, 2023).

Dans le cas de ces deux reconversions complètes, il aura fallu une décennie pour passer de la fermeture des sites à l'achèvement des travaux. Ce délai important s'explique principalement par le caractère soudain de l'arrêt des activités, l'absence de repreneurs solides, ainsi que par l'ampleur des travaux de démantèlement et de dépollution nécessaires.

À l'inverse, lorsque la reconversion est anticipée, il devient possible de réduire considérablement le temps nécessaire entre la fermeture et la réhabilitation. Ce temps est encore réduit lorsque la reconversion est planifiée à l'avance, reste dans le cadre industriel et que le site continue d'être géré par la même entreprise.

Les exemples de La Mède et de Grandpuits en sont des illustrations convaincantes. Pour La Mède, il n'aura fallu que trois ans pour réaliser la transition vers une bioraffinerie, et quatre ans pour Grandpuits afin de se transformer en une plateforme zéro pétrole. Ces reconversions planifiées témoignent de l'efficacité d'une stratégie proactive, permettant de réduire les délais tout en limitant les impacts économiques et sociaux liés à la cessation des activités.

Les différences sont aussi largement notables en termes de coûts et d'investissements. L'EcoParc rhénan a nécessité un investissement d'environ 30 millions d'euros, tandis que le chantier de Collombey-Muraz est estimé à 10,6 millions d'euros⁴⁰. L'engagement initial pour Dunkerque, alors considéré comme le plus grand projet de

⁴⁰ «Le plan de réhabilitation de la raffinerie de Collombey est connu.», 10 février 2025, Rhône FM

démantèlement en France, s'élève à 41 millions d'euros, répartis entre le désamiantage et le démantèlement (50 %), la gestion des déchets et la sécurisation du site. À cela s'ajoutent les coûts liés à la dépollution des sols⁴¹. Ces montants restent des estimations, excluant d'éventuelles oppositions locales ou problèmes imprévus pouvant perturber la planification, le démontage ou la dépollution. De plus, une part des financements engagés n'est pas toujours précisément disponible, et les coûts finaux pourraient légèrement dépasser ces prévisions. Cependant, même en tenant compte d'ajustements, ces budgets sont très éloignés des investissements massifs engagés par Total Energies pour la reconversion des raffineries de Grandpuits et de La Mède, qui se chiffrent respectivement à 500 millions et 337 millions d'euros.

Figure 16 : Comparaison des temporalités et coûts engagés pour les reconversions des différentes raffineries

Raffinerie	Type de chantier	Durée	Finalité	Budget	Surface	Emplois
Donges	NA	NA	NA	NA	350 ha	650 (2025)
Reichstett	Démantèlement complet	5 ans	ZAE	30 millions	500 ha	255 (2011)
Drusenheim-Herlinsheim	Démantèlement complet	40 ans	ZAE	NA	175 ha	NA
Collombey-Muraz	Démantèlement complet	10 ans	ZAE	10,6 millions	150 ha	238 (2015)
Dunkerque	Démantèlement complet	10 ans	Activités industrielles	> 41 millions	230 ha	360 (2010)
La Mède	Adaptation industrielle	3 ans	Bioraffinerie	337 millions	250 ha	430 (2015)
Grandpuits	Adaptation industrielle	4 ans	Bioraffinerie	500 millions	200	NA

⁴¹ "A Dunkerque, Colas achève le plus grand chantier de déconstruction en France", 11 mai 2019, L'Usine nouvelle

Plusieurs facteurs justifient l'écart considérable entre les investissements requis pour une reconversion industrielle, comme celles opérées par Total Energies, et les coûts d'un démantèlement complet :

1. Des investissements massifs dans de nouvelles infrastructures : Construire coûte bien plus cher que démolir. Les projets de reconversion menés à Grandpuits et La Mède ont nécessité l'installation de nouvelles unités de production et de bâtiments, souvent équipés de technologies modernes et de pointe. Ces nouvelles infrastructures, conçues pour répondre aux exigences des énergies renouvelables et des biocarburants, représentent une part importante des coûts.
2. La transition technique et l'adaptation des équipements existants : Modifier une raffinerie destinée au traitement du pétrole brut pour accueillir de nouvelles productions impose des ajustements complexes et onéreux. Cela inclut la modernisation ou la transformation des équipements existants afin de répondre aux besoins spécifiques des nouvelles activités.
3. Un démantèlement partiel et une dépollution ciblée : Bien que les sites continuent d'être exploités, certaines infrastructures deviennent obsolètes ou inutiles. Ces éléments doivent être démantelés de manière sécurisée, avec une dépollution partielle du périmètre concerné. Si ces opérations sont moins coûteuses que celles d'un démantèlement total, elles demeurent un poste budgétaire significatif.

En somme, la reconversion industrielle, particulièrement lorsqu'elle vise des secteurs innovants et respectueux de l'environnement, mobilise des ressources financières bien plus importantes que le simple démantèlement d'un site.

Les reconversions et les démantèlements poursuivent des objectifs fondamentalement différents. Pour Total, les projets de reconversion visent à positionner l'entreprise en leader de la bioraffinerie et à s'affirmer comme un acteur clé de la transition énergétique. Ces initiatives s'inscrivent dans une stratégie ambitieuse nécessitant des investissements massifs, mais alignés sur les attentes du marché et conçus pour garantir une rentabilité à long terme. À l'inverse, le démantèlement, bien qu'il représente un coût important, reste une opération ponctuelle ayant pour seule finalité de mettre fin à l'activité d'un site. Il ne génère aucune perspective de retour sur investissement. Dès lors, une entreprise qui décide de cesser ses activités n'a aucun intérêt à engager des dépenses aussi conséquentes que celles qu'exige une

reconversion, car ces investissements n'apporteraient ni valorisation de l'actif ni bénéfices futurs.

II.3.3 Les impacts sociaux des reconversions

II.3.3.1 Des reconversions controversées

Les fermetures de raffineries ou les adaptations d'activités industrielles ont des impacts significatifs sur les emplois comme l'évoque Fabien Saintlanne - secrétaire CGT TotalEnergies de la raffinerie de Donges *"un emploi dans le pétrole, c'est 4 à 5 emplois directs, indirects et induits [...] Mais donc, il y a un impact social qui est évident"*. Voici les impacts sur la suppression d'emplois liés aux reconversions évoquées dans cette section :

Reichstett : suppression de 300 emplois directs. L'EcoParc rhénan prévoit 1300 nouveaux emplois

Drusenheim-Herrlisheim : suppression de 300 emplois directs. L'Axioparc prévoit 1500 nouveaux emplois

Collombey-Muraz : suppression de 280 emplois (sur le site et au siège) (Grandcollot, 2015)

Dunkerque : suppression d'environ 177 emplois directs avec la suppression de l'unité (Usine Nouvelle, 2014)

La Mède : suppression de 178 emplois directs sur 430⁴².

Grandpuits : 200 emplois directs supprimés, 700 emplois menacés⁴³.

À La Mède, Total avait pourtant assuré qu'aucune suppression d'emplois n'aurait lieu. Finalement, ce sont 178 postes qui ont été supprimés, sous couvert de ce que l'entreprise qualifie de *"départs volontaires"*. Concrètement, une partie de ces

⁴² 'Total va supprimer 178 postes à la raffinerie de la Mède.', 10 mars 2025, Le Parisien

⁴³ "Raffinerie de Total à Grandpuits : Entre greenwashing et casse sociale.", 27 janvier 2021, Les amis de la Terre

suppressions résulte de départs à la retraite anticipés, tandis que d'autres concernent des mutations vers d'autres sites.

À Dunkerque, la décision de Colas en 2014 d'arrêter la production d'huiles et de lubrifiants a été mal accueillie. Le groupe a justifié ce choix par des pertes financières, mais les syndicats ont dénoncé une volonté de recentrer l'activité sur le bitume, plus rentable. Les données semblent confirmer cette analyse : les bénéfices du groupe ont fortement progressé, tandis que les dividendes distribués aux actionnaires ont suscité un mécontentement général (Lutte Ouvrière, 2014).

Un discours similaire a été adopté par Total concernant ses raffineries jugées déficitaires. Cependant, ce raisonnement peine à convaincre les salariés licenciés, notamment lorsque l'entreprise lance de nombreux projets à l'international et distribue des dividendes records. En 2020, Total a par exemple versé 7 milliards d'euros à ses actionnaires⁴⁴, un montant difficile à concilier avec l'idée de pertes financières insurmontables.

Ces situations mettent en lumière un décalage entre les choix stratégiques des grandes entreprises pétrolières et leurs impacts sur les salariés et les territoires, alimentant un sentiment d'injustice sociale et économique.

En 2021, les travailleurs de Grandpuits, soutenus par plusieurs syndicats et associations, ont déclenché des grèves, accusant Total de mener une "stratégie de greenwashing" pour justifier des suppressions d'emplois. Selon eux, les nouvelles activités proposées par l'entreprise sur le site ne sont ni viables d'un point de vue écologique ni équitables pour les salariés.

II.3.3.2 Les impacts environnementaux critiqués

Les critiques portent également sur l'impact environnemental des projets. Une étude de 2016 commandée par la Commission européenne montre que les agrocarburants, que Total prévoit de produire à Grandpuits, génèrent plus de gaz à effet de serre que les carburants fossiles. Leur production utilise des huiles végétales, favorisant indirectement la déforestation, comme l'ont dénoncé Canopée et la Rainforest Foundation Norvège. De plus, le recyclage plastique nécessite l'ajout de polymères vierges, issus du pétrole, ce qui alimente la demande de plastique et compense la baisse de la demande d'hydrocarbures pour le transport. Enfin, plusieurs associations dénoncent ce qu'elles qualifient d'"enfumage du bioplastique" promu par

⁴⁴ "Raffinerie de Total à Grandpuits : Entre greenwashing et casse sociale.", 27 janvier 2021, Les amis de la Terre

Total, accusant l'entreprise de détourner l'attention des impacts réels de ses activités sous couvert de développement durable.

II.3.4 La raffinerie de Donges : un avenir incertain

Quoi qu'il en soit, nous restons ici dans le domaine de l'imprévisible. À ce jour, il est impossible de déterminer avec certitude la trajectoire que prendra la raffinerie de Donges. Plusieurs scénarios sont envisageables, mais ils dépendent d'un grand nombre de variables. La seule constante semble être la diminution progressive de la demande en hydrocarbures, ce qui rend les raffineries de moins en moins rentables et utiles, poussant leurs propriétaires à envisager des reconversions d'activités.

L'incertitude concernant l'avenir de Donges réside principalement dans les **choix stratégiques de Total Energies**, actuel propriétaire du site. Deux grandes options se profilent :

- 1. Maintien et adaptation** : Total pourrait décider de conserver la raffinerie et d'adapter ses activités industrielles afin de rester compétitif. Cela impliquerait des investissements importants dans de nouvelles infrastructures ou technologies adaptées aux enjeux actuels, notamment dans le cadre de la transition énergétique. Aujourd'hui, les récents investissements de plusieurs centaines de millions d'euros réalisés par le groupe semblent orienter les perspectives vers ce scénario. Cependant, rien n'est figé, et d'autres options restent envisageables à moyen ou long terme.
- 2. Démantèlement et cession** : Le groupe pourrait également juger que conserver le site n'est plus rentable et opter pour un démantèlement de la raffinerie. Dans ce cas, l'espace, une fois dépollué, pourrait être revendu à d'autres acteurs.

Le site de Donges s'étend sur une superficie impressionnante de 350 hectares, ce qui ouvre un large éventail de possibilités. Cet espace pourrait susciter l'intérêt :

- Des **promoteurs** y voient l'occasion de développer de nouvelles activités industrielles ou économiques.
- Le **Grand Port Maritime de Nantes-Saint-Nazaire** pourrait envisager une expansion ou de nouveaux projets liés aux activités portuaires.

- Les **collectivités locales** pourraient y trouver une opportunité de renforcer le développement des communes environnantes, dans le respect des contraintes législatives et environnementales.

Une reconversion innovante pourrait également émerger dans le cadre de la transition énergétique. On pourrait imaginer un projet ambitieux visant à produire de l'énergie décarbonée pour alimenter à la fois le port et la région environnante, **faisant de Donges un site pionnier en matière de recherche et développement dans les énergies renouvelables**. En effet, cette vision est revenue dans les propos de Paul Tourret - directeur chez Institut Supérieur d'Economie Maritime - *"créer finalement un pôle énergétique, et c'est ça qui est intéressant pour revenir dans l'analyse, c'est-à-dire on a été un pôle énergétique sur les énergies fossiles, on peut redevenir un pôle énergétique sur tout et n'importe quoi"*.

La libération des 35 hectares du terminal charbonnier à partir de 2027 ouvre de nouvelles perspectives pour le port de Nantes Saint-Nazaire. Stéphan Marin - adjoint au directeur du Développement de Nantes Saint-Nazaire Port - évoque déjà de nombreuses idées pour ce site stratégique : *"nous, on a plein d'idées derrière pour savoir ce qu'on va en faire. C'est quand même une zone de 35 hectares en bord à quai qui peut être intéressante pour faire notamment des énergies marines renouvelables, des choses comme ça"*. **L'anticipation sera sans doute le pilier d'une transition réussie**. Quelle que soit la reconversion envisagée, elle devra être pensée en amont et guidée par des objectifs clairs, conciliant enjeux sociaux et environnementaux, afin d'assurer sa durabilité. **Une planification précoce permettrait non seulement de limiter les coûts, mais aussi de favoriser une meilleure acceptation sociale des transformations à venir**.

Les espaces portuaires sont très prisés et l'espace disponible est faible comme le souligne Christophe Leclerc - Economiste Port et Transport Maritime Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire : *"L'infrastructure peut changer d'usage. Aujourd'hui, le principal usage, c'est principalement des flux commerciaux. Il y a également des flux énergétiques. Demain, ça peut être un autre type d'usage. Mais ce qui est important, c'est qu'elle soit utilisée. C'est-à-dire qu'il faut pouvoir négocier, anticiper, accompagner pour continuer d'exploiter cette ressource rare, parce qu'un quai, c'est une ressource rare. Et que s'il n'y a pas d'utilisation, à ce moment-là, l'activité s'arrête. Mais s'il y a une utilisation, à ce moment-là, vous repartez sur un cycle d'activité"*.

Pour éviter des suppressions d'emplois - souvent déguisées sous le terme de *"départs volontaires"*. - il est impératif que **les entreprises et l'État s'engagent à investir dans la formation des salariés aux nouveaux métiers industriels**, plus respectueux de l'environnement : *"A Saint-Nazaire, les industriels sont en train de s'organiser. Ils ont par exemple créé des écoles de formation sur les filières industrielles stratégiques, pour répondre aux bassins d'emploi, aux urgences de recrutement"*. (Frédéric Vasse, directeur du pôle métropolitain de Nantes Saint-Nazaire).

Une vision à long terme faciliterait la transition entre les activités actuelles et futures, tout en offrant des perspectives de reconversion professionnelle solides aux travailleurs concernés. Comme le précise Thibault Mousseau - doctorant spécialisé sur la question de décarbonation - *"Il y aura tout un volet formation sur les nouveaux carburants pour le personnel de bord. Il y a des sujets, l'ammoniaque, c'est toxique, le méthanol, c'est toxique. Il y a forcément pas mal de formations à revoir pour le personnel de bord, pour les capitaines, pour tout ça. Pour tout ce qui est réparation de navire aussi"*.

Par ailleurs, ces entreprises devront redoubler d'efforts pour obtenir l'adhésion des salariés, tout en répondant aux attentes environnementales. Derrière les discours en faveur de la transition énergétique, ces projets sont parfois perçus comme de simples opérations de communication visant à masquer des plans sociaux ou à redorer leur image. Ces critiques soulignent les **décalages fréquents entre les annonces officielles et les impacts réels des décisions**, tant sur le plan social qu'écologique.

En somme, l'avenir de la raffinerie de Donges dépasse les seules décisions de Total Énergies. Il repose sur une capacité collective à concevoir et concrétiser un projet ambitieux, capable de relever les défis environnementaux, économiques et sociaux de notre époque.

II.3.5 Le port exportateur et producteur d'énergie : quelles opportunités ?

Bien que plusieurs types d'énergies utilisables pour remplacer le carbone aient déjà été explorés, d'autres alternatives, encore peu ou pas développées, méritent également d'être envisagées.

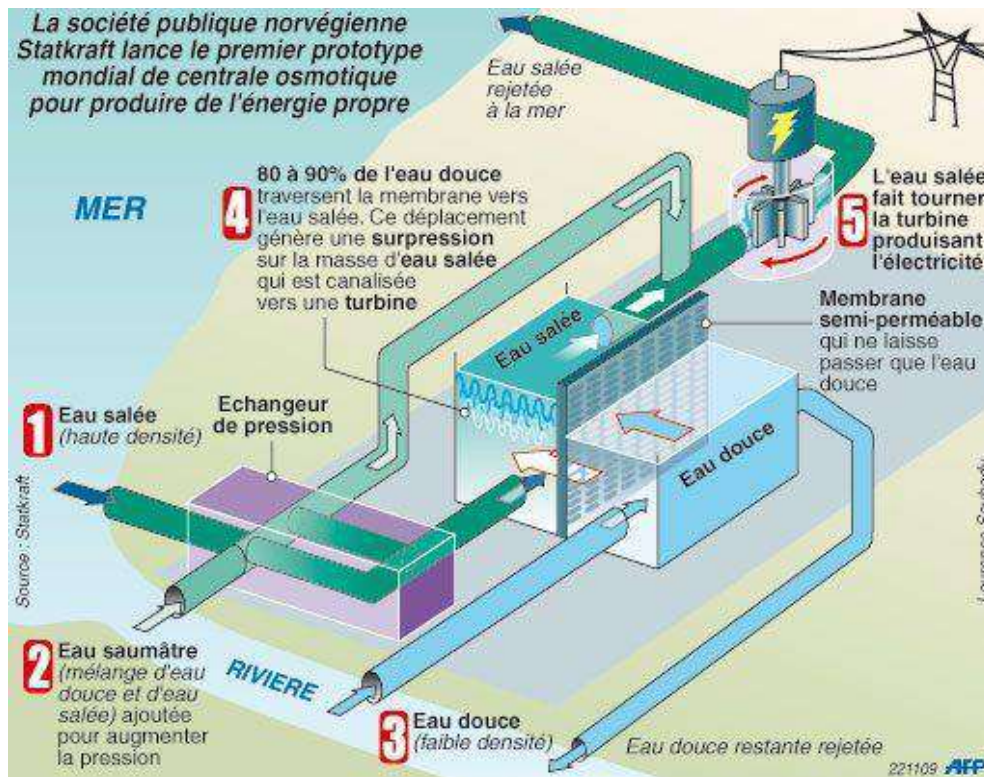
II.3.5.1 L'énergie Osmotique : un potentiel inexploité ?

L'énergie osmotique est une forme récente d'énergie renouvelable, dont le fonctionnement reste à un stade expérimental. Elle exploite la différence de salinité entre l'eau douce et l'eau de mer pour produire de l'électricité.

Technique : quels défis de mise en œuvre ?

Ce processus repose sur le phénomène naturel d'osmose, au cours duquel l'eau traverse une membrane semi-perméable, allant du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré. Ce transfert d'eau douce provoque une surpression dans le bassin d'eau de mer, augmentant ainsi le débit initial. Une partie de cette eau sous pression (environ un tiers) est dirigée vers une turbine électrique pour produire de l'électricité, tandis que le reste est envoyé vers un échangeur de pression pour répéter le processus (figure 17).

Figure 17 : Fonctionnement de l'énergie osmotique (Starkraft)



L'énergie osmotique présente plusieurs avantages notables pour favoriser une décarbonation des ports :

- Elle est **renouvelable et propre**, sans émission de CO₂ ni production de déchets polluants.
- Sa production est **continue et stable**, indépendamment des conditions météorologiques.
- Elle offre un potentiel de fonctionnement élevé, pouvant atteindre environ **8 000 heures par an**, soit 3 à 4 fois plus qu'une éolienne.
- Enfin, elle nécessite **peu d'aménagements** dans les estuaires comparativement aux barrages hydrauliques.

Spatial : quelle intégration dans l'écosystème portuaire ?

Aujourd'hui, utiliser l'énergie osmotique à grande échelle n'est pas encore envisageable, car cette technologie en est toujours à une phase expérimentale. Cependant, quelques sites pilotes existent déjà, démontrant son potentiel.

Actuellement, aucune centrale osmotique n'est pleinement opérationnelle. Plusieurs projets ont été lancés pour développer cette technologie, notamment en Norvège en 2009 avec la centrale expérimentale de Tofte, mise en place par Statkraft. Bien qu'elle ait été la première centrale osmotique au monde, elle a été abandonnée en raison d'un manque de compétitivité. Depuis, seules quelques expérimentations ont été menées, notamment au Japon et aux États-Unis, mais elles n'ont pas abouti à des résultats concluants.

Aujourd'hui, **la France est le deuxième pays à explorer l'énergie osmotique** avec un projet novateur dans les **Bouches-du-Rhône**. Cette initiative pourrait aboutir à la première centrale osmotique fonctionnelle et économiquement viable, ouvrant ainsi la voie à une nouvelle ère pour cette source d'énergie renouvelable.

Le projet français, situé à **Port-Saint-Louis-du-Rhône**, est mené par **Sweetch Energy** (figure 18), en partenariat avec la Compagnie Nationale du Rhône (CNR). La centrale pilote, de petite taille, est intégrée dans deux conteneurs reliés au Rhône par un réseau de tuyauteries. Les **premiers essais ont débuté en octobre 2024** et visent à produire de l'électricité renouvelable en continu, en exploitant la **différence de salinité entre l'eau douce du Rhône et l'eau salée de la Méditerranée**.

Figure 18 : Le projet de centrale osmotique de Sweetch Energy



Source : CNR, Sweetch Energy , 2022

Installé à proximité de l'écluse de Barcarin, ce démonstrateur devrait atteindre une puissance de quelques dizaines de kilowatts d'ici 2025. La phase de tests, prévue pour durer environ deux ans, a pour objectif de valider l'efficacité de cette technologie en conditions réelles. À terme, l'ambition est de développer une centrale à grande échelle d'ici 2030, avec un potentiel estimé à 500 mégawatts, suffisant pour couvrir la consommation électrique de deux millions d'habitants, "Le delta du Rhône pourrait produire deux fois la consommation de Marseille" (Nicola Heuzé, fondateur de Sweetch Energy)

À l'horizon 2050, il est possible d'imaginer que cette énergie sera mieux maîtrisée et plus largement connue. Dans ce contexte, elle pourrait être envisagée comme une solution pour le port de Nantes-Saint-Nazaire. Un des défis majeurs liés à l'énergie osmotique est la surface nécessaire à son installation. En effet, la mise en place d'une structure capable de produire de l'énergie osmotique requiert une emprise au sol importante, bien que le dimensionnement précis dépende des technologies utilisées.

Si l'on se réfère aux propositions abordées précédemment concernant le démantèlement du site de Donges, on pourrait imaginer réutiliser cet espace dans un futur lointain (par exemple, à horizon 2050) pour y installer une centrale osmotique. Ce scénario est d'autant plus réaliste que les centrales osmotiques doivent être situées à proximité des embouchures des fleuves, ce qui correspond parfaitement à la localisation actuelle de la raffinerie de Donges. Le coût d'installation d'une centrale osmotique peut varier, mais si l'on prend l'exemple de la centrale sur le delta du Rhône, son budget est d'environ 9 millions d'euros⁴⁵.

Ainsi, la reconversion de ce site en une infrastructure dédiée à l'énergie osmotique pourrait devenir une solution innovante pour contribuer à la décarbonation du port de Nantes-Saint-Nazaire. Une telle centrale pourrait jouer un rôle clé dans l'avenir énergétique de la région en exploitant les ressources naturelles locales de manière durable et propre.

Économique et social : quelles retombées pour le territoire ?

⁴⁵ "Une centrale osmotique va être installée sur le delta du Rhône.", 25 février 2022, Gomet' Média.

En termes d'économie, comme mentionné précédemment, toute nouvelle infrastructure nécessite de la main-d'œuvre, ce qui génère par conséquent des emplois. Dans le cas où la centrale serait implantée sur le site de l'ancienne raffinerie, les répercussions spatiales seraient limitées. En effet, cette solution permettrait de **réutiliser un espace déjà dédié à des installations industrielles**, évitant ainsi l'exploitation de nouveaux terrains qui pourraient être destinés à d'autres usages.

En ce qui concerne l'acceptation sociale, il reste difficile de prédire l'impact qu'un tel projet pourrait avoir sur les populations locales. L'énergie osmotique étant encore une technologie émergente, les références concrètes sont rares, ce qui peut susciter à la fois **curiosité et réticence** selon la perception des habitants et les bénéfices attendus pour la communauté. Une **campagne de sensibilisation et d'information** serait donc essentielle pour accompagner l'implantation d'une telle infrastructure. Toutefois, ce type de projet peut également générer des tensions avec les populations locales. Notamment en raison des **impacts possibles sur les activités de pêche et d'aquaculture dans les embouchures**. Étant donné que le projet est encore en phase expérimentale, des réactions pourraient émerger à mesure de son développement. De plus, on ne sait pas encore les réelles conséquences que pourrait avoir une centrale osmotique sur la biodiversité.

Par ailleurs, des inquiétudes concernant l'impact visuel du projet pourraient se manifester. Cependant, dans le cas du GPM de Nantes-Saint-Nazaire, l'installation de la centrale sur l'espace de Donges limiterait les bouleversements esthétiques du paysage.

Le coût élevé d'installation d'une centrale osmotique représente un obstacle majeur. Une structure de ce type nécessiterait un investissement conséquent, (3 millions d'euro pour la centrale osmotique de la Bouche du Rhône) ce qui pourrait ralentir sa mise en œuvre sans un soutien financier public ou privé significatif. Ce défi financier devra être pris en compte dans toute planification future, notamment dans le cadre d'un projet visant à décarboner les ports. Il est d'autant plus important de prendre en compte les coûts de transports et de stockage que demanderait cette énergie.

*"Transporter, entre le site de production, des énergies, des lignes de milliers de volts, pour aller alimenter le pays, je peux te dire que ça, **il faut aussi l'anticiper. Et sur les enjeux portuaires, c'est absolument majeur.** C'est un autre biais, que je ne trouve pas très visible de cette toile industrielle, énergétique, qu'il faut **mettre en scène.**" - Frédéric Vasse, directeur du pôle métropolitain de Nantes/St Nazaire*

II.3.5.2 L'énergie solaire : une alternative viable pour le port de demain ?

Pour compléter cette vision futuriste, nous pouvons envisager une dernière source d'énergie renouvelable développée au maximum : le solaire. Son intégration permettrait de rendre le port de Nantes-Saint-Nazaire encore plus autonome et entièrement décarboné. Contrairement à l'énergie osmotique, encore méconnue et complexe à mettre en place, l'énergie solaire, via des panneaux photovoltaïques, constitue une solution éprouvée et plus accessible. En complément de l'hydrogène et de l'osmotique, **l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toits des bâtiments portuaires pourrait représenter une source d'énergie supplémentaire non négligeable.**

Cependant il est important de prendre en compte les complexités des panneaux photovoltaïques non seulement en termes d'entretiens mais également de prix et de stockage d'énergie. Anthony Roy, maître de conférences en génie industriel nous a aussi parlé des difficultés de mise en place de panneaux :

*"**La difficulté, c'est de collecter les données de consommation, d'inventorier aussi la possibilité d'installer des panneaux sur les toitures.** Les toitures n'ont pas toutes la même ancienneté. Elles ne sont pas toutes aussi robustes les unes que les autres. Certaines sont assez anciennes, certaines ne sont pas forcément aptes à recevoir des panneaux sur leurs toits. **Elles ne sont pas toutes orientées pareilles.**" - Anthony Roy, maître de conférences en génie industriel*

Ci-après, un livrable permettant de visualiser l'installation de panneaux photovoltaïques sur le GPMNSN ainsi que les prévisions en termes d'espace, de prix et de production d'énergie. La première partie porte sur le secteur de Saint-Nazaire et la seconde sur Nantes.



Zoom sur l'énergie solaire

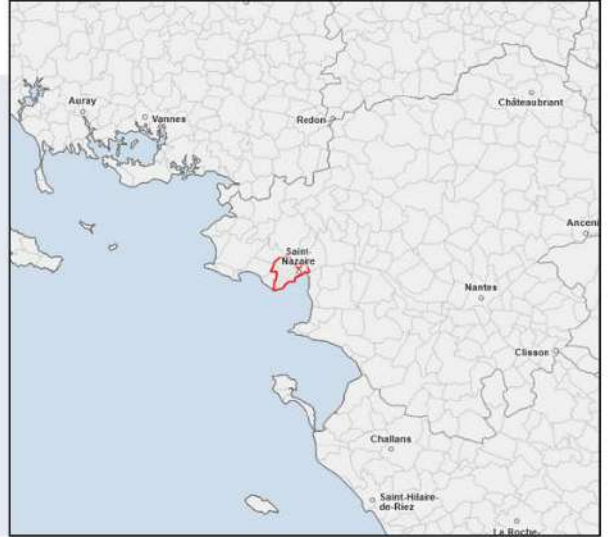
Cartographie du potentiel en
toiture à Nantes Saint-Nazaire

POTENTIEL DE L'ÉNERGIE SOLAIRE EN TOITURE

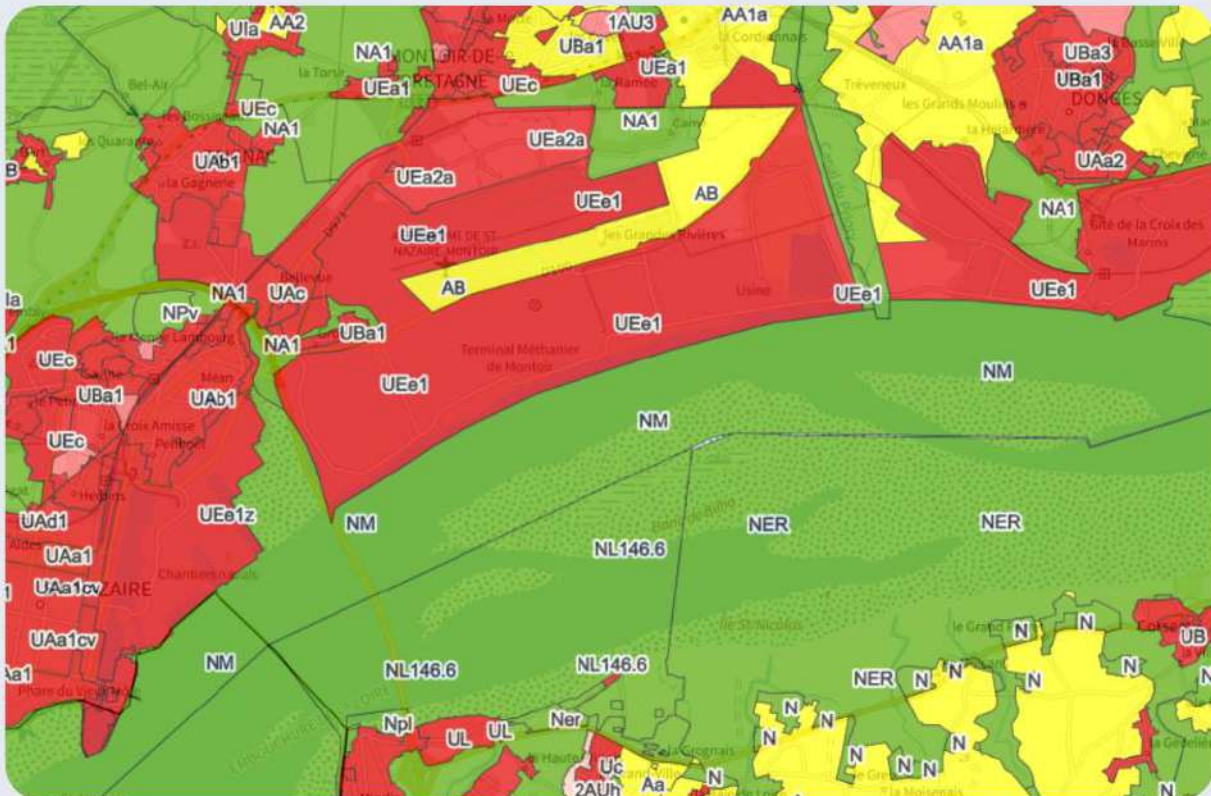
28 JANVIER 2025

Contexte

De nombreux toits sur le site portuaire de Saint-Nazaire, Donges et Montoir-de-Bretagne peuvent être utilisés pour y développer le solaire. Le PCAET de la CARENE (Communauté d'Agglomération de la Région Nazairienne et de l'Estuaire) vise à atteindre 25 % d'énergies renouvelables dans son mix énergétique global d'ici à 2030 avec la filière solaire mise en avant avec 200 MW d'installé sur le territoire d'ici à 2030 également. Des projets à Donges ont déjà été réalisés à Saint-Joachim ou directement sur le site de la raffinerie. Le PCAET encourage même vivement l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures. Au niveau du PLUi de la CARENE, le zonage a été revu pour assouplir les règles et ainsi permettre au solaire de se développer sur d'anciennes friches situées en zone agricole (A) ou naturelle (N).



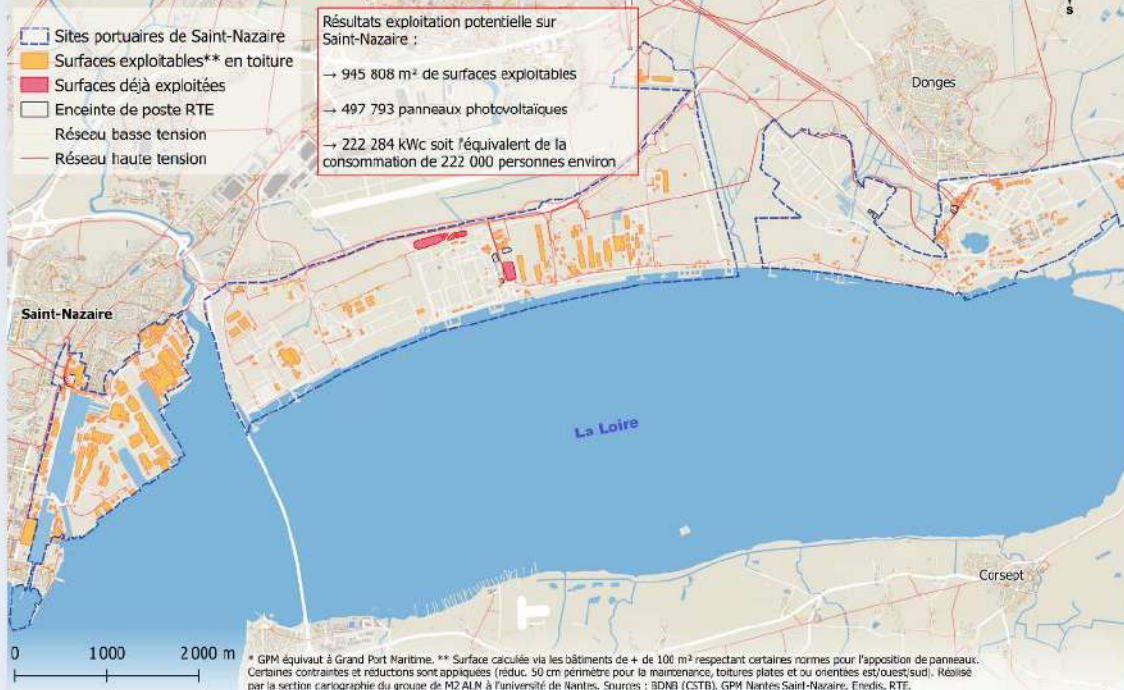
Identification du secteur



Le développement est en accord avec le zonage catégorisé UEe1 car les projets de production d'énergie renouvelable sont autorisés dès lors qu'ils ne sont pas incompatibles avec les activités industrielles, portuaires et aériennes (règlement écrit du PLUi de la CARENE).

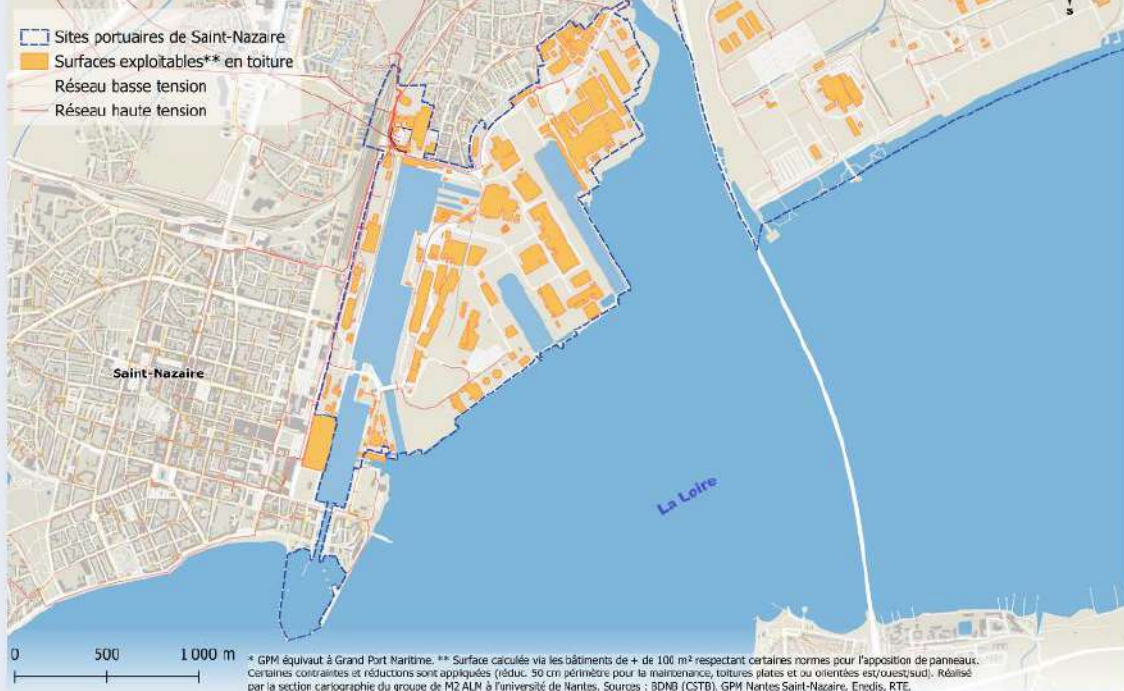
Surfaces exploitables sur le secteur de Saint-Nazaire

Surfaces exploitables et attribuables pour l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures des bâtiments du GPM* Nantes Saint-Nazaire : secteur de Saint-Nazaire



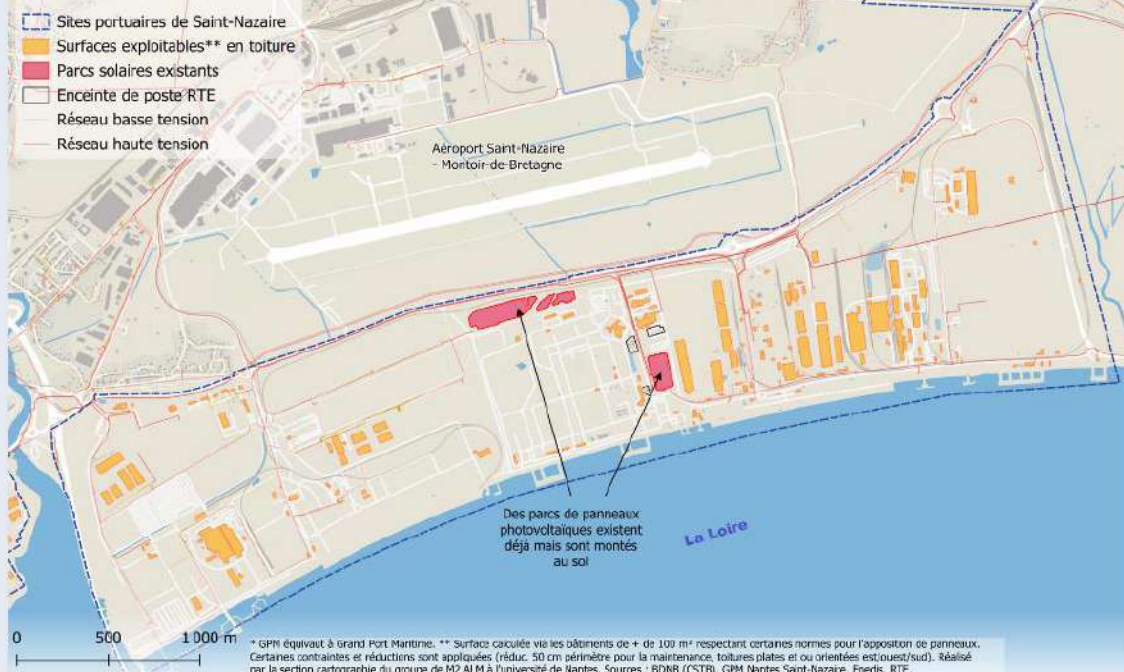
Focus en trois parties sur le secteur d'étude

Surfaces exploitables et attribuables pour l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures des bâtiments du GPM* Nantes Saint-Nazaire : secteur de Saint-Nazaire



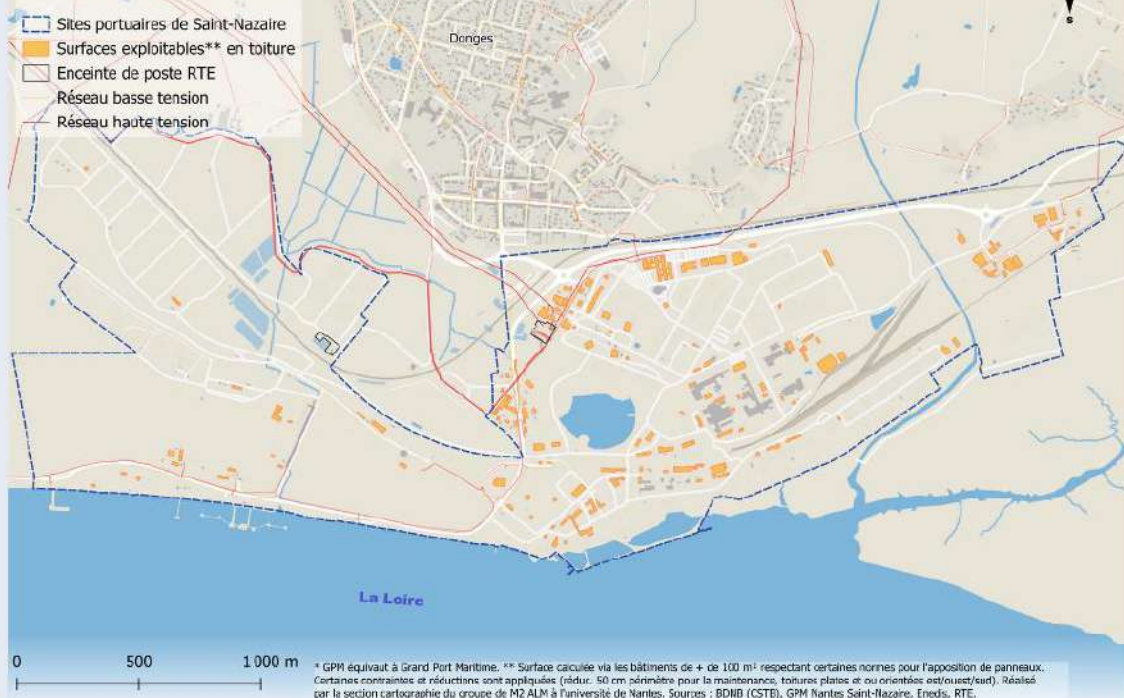
Focus en trois parties sur le secteur d'étude

Surfaces exploitables et attribuables pour l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures des bâtiments du GPM* Nantes Saint-Nazaire : secteur de Saint-Nazaire



Focus en trois parties sur le secteur d'étude

Surfaces exploitables et attribuables pour l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures des bâtiments du GPM* Nantes Saint-Nazaire : secteur de Donges



Résultats

La nouvelle centrale ainsi envisagée présenterait plusieurs avantages :

- Un raccordement rapide et moins coûteux aux infrastructures électriques puisque celles-ci sont proches.
- Une faible incidence visuelle mais attention au choix, il faut éviter la réverbération sur les avions allant se poser à l'aéroport de Saint-Nazaire.

L'emprise initialement retenue était de plus d'1 km². Toutefois, il a fallu prendre en compte plusieurs paramètres qui contraignent l'installation des panneaux ou la surface allouée. Il a fallu d'abord enlever les surfaces déjà occupées par des panneaux solaires sur les toits, en effet la banque de données nationale du bâti comprend toutes les constructions sur un temps donné. Par la suite plusieurs autres paramètres ont été pris en compte ; supprimer les bâtiments dans les enceintes de poste RTE, supprimer les silos dont l'architecture ne permet pas l'installation des panneaux, supprimer les erreurs comme par exemple des bâtiments qui n'existent plus, rajouter des bâtiments récents et enfin réduire de 50 cm les bordures de toit pour laisser un passage aux éventuels techniciens pour des raisons de maintenance. Ainsi, pour les toitures envisagées, la surface effectivement disponible serait d'environ 945 808 m².

Production énergétique

La nouvelle centrale participerait au développement des ENR sur le territoire et au mix énergétique du port

Taille d'un panneau : **1,9 m²**

Surface totale disponible : **945 808 m²**

Puissance nominale d'un panneau (par m²) : **235 Wc/m²**

Taux d'ensoleillement : **6 h 20 min**

Taux de dégressivité : **0,80**

Calculs :

Nombre de panneaux solaires :

Nombre de panneaux = Surface totale / Surface d'un panneau

Nombre de panneaux = 945 808 / 1,9 ≈ **497 793** panneaux

Puissance nominale totale des panneaux :

Chaque panneau de 1 m² a une puissance nominale de 235 Wc.

Puissance par panneau = 235 Wc/m² × 1,9 m² = 446,5 Wc par panneau

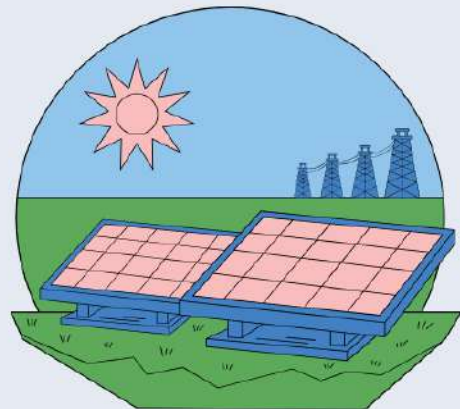
Puissance totale nominale = Nombre de panneaux × Puissance par panneau

Puissance totale nominale = 497 793 × 446,5 ≈ 222 284,14 Wc = **222 284,14 kWc**

Puissance réelle journalière (en kWh) :

Nombre d'heures d'ensoleillement = 6,33 heures/jour

Taux de dégressivité de 0,80



Puissance réelle journalière = Puissance totale nominale × Taux de dégressivité × Nombre d'heures d'ensoleillement

Puissance réelle journalière = 222 284,14kWc × 0,8 × 6,33

Puissance réelle journalière ≈ **1 126 877,04 kWh/jour**

Chiffres clefs :

- Nombre de panneaux : **497 793** panneaux
- Puissance nominale totale : **222 284,14 kWc**
- Puissance réelle journalière : **1 126 877,04 kWh/jour**

Conclusion

Avec une puissance de **222 284 kWc**, l'installation pourrait couvrir l'équivalent de la consommation de **222 000** personnes, soit plus que la population de la CARENE. En revanche, il fournirait plutôt le port en énergie décarbonée. Ce projet, couplé à d'autres projets de décarbonation permettrait de répondre en partie à la consommation du port et de ses usagers.

.Il faudrait également consulter Enedis et RTE pour vérifier si le raccordement au réseau nécessite des installations supplémentaires.

Pour référence, le plus grand parc solaire de France à Cestas à côté près de 360 millions d'euros. On peut alors penser que ce projet qui serait 2 fois moins important (en nombre de panneaux) coûterait près de **180** millions d'euros.



POTENTIEL DE L'ÉNERGIE SOLAIRE EN TOITURE

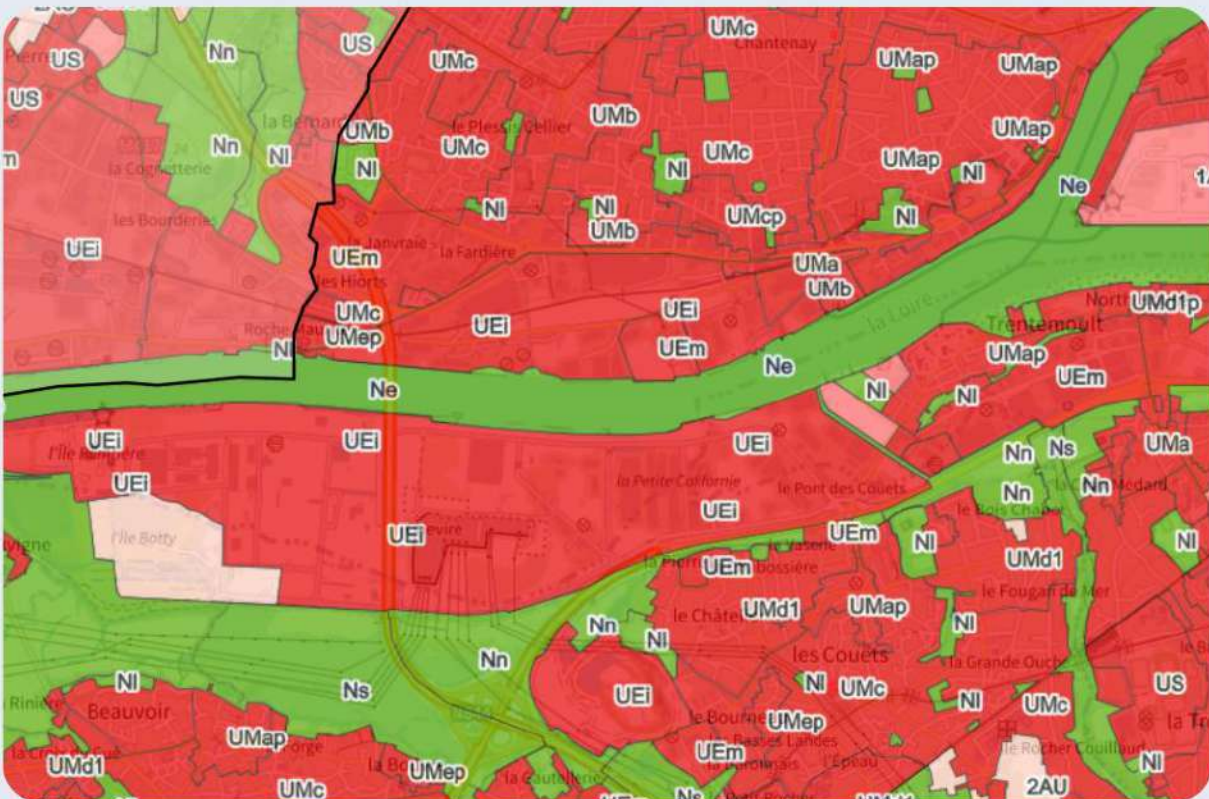
28 JANVIER 2025

Contexte

De nombreux toits sur le site portuaire de Nantes/Cheviré peuvent être utilisés pour y développer le solaire. Adopté en juin 2024, le nouveau PCAET 2024-2030 vise à renforcer la mobilisation collective pour atteindre la neutralité carbone d'ici 2050. Parmi ses objectifs principaux, il prévoit une réduction de 50 % des émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030. Le développement de l'énergie solaire, via des installations photovoltaïques sur les bâtiments publics et privés, ainsi que la création de parcs solaires, est identifié comme un levier essentiel pour atteindre ces objectifs. On retrouve également ces orientations dans le PADD : " Développer les énergies renouvelables dans les grands projets urbains et prévoir l'implantation d'unités de production, en particulier sur les toitures pour l'énergie solaire".



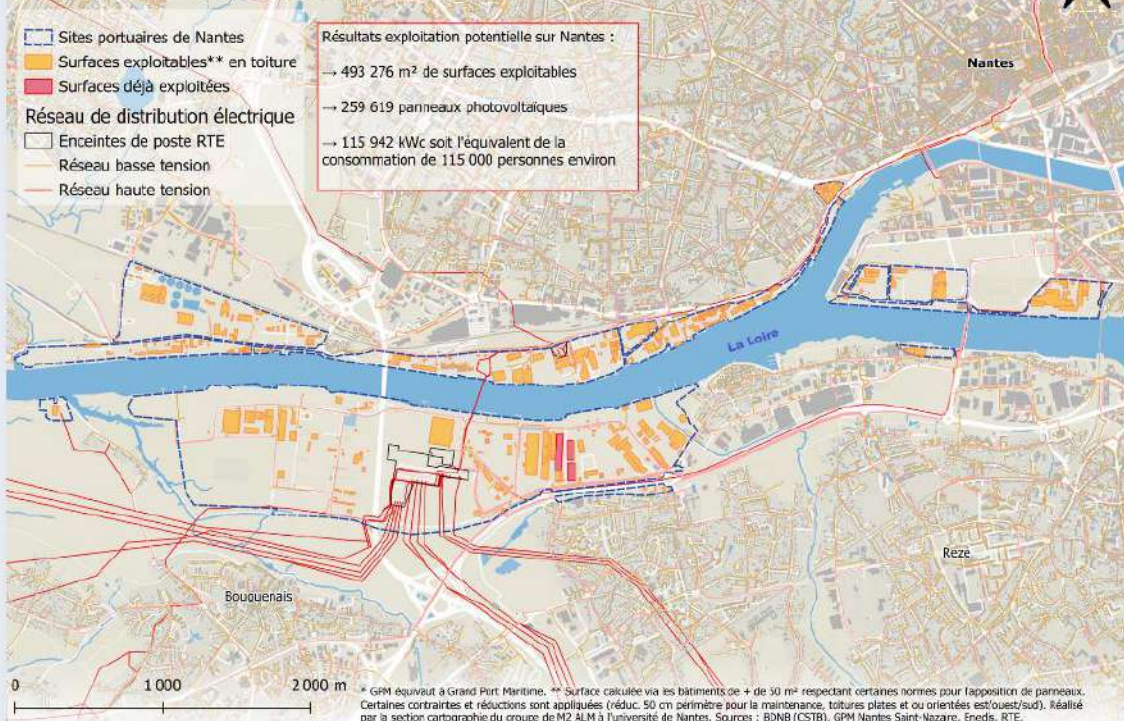
Identification du secteur



Le développement est en accord avec le zonage catégorisé Uei qui sont des zones dédiées aux activités industrielles, logistiques et de commerces de gros susceptibles de générer des risques ou des nuisances.

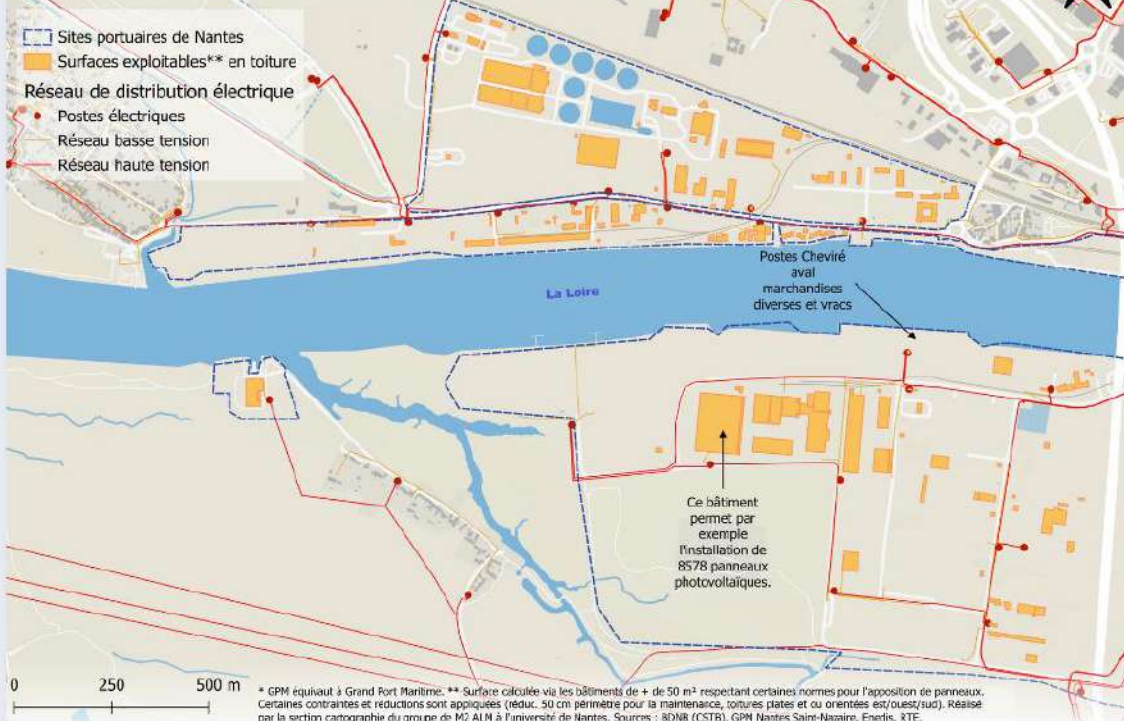
Surfaces exploitables sur le secteur de Nantes/Cheviré

Surfaces exploitables et attribuables pour l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures des bâtiments du GPM* Nantes Saint-Nazaire : secteur de Nantes



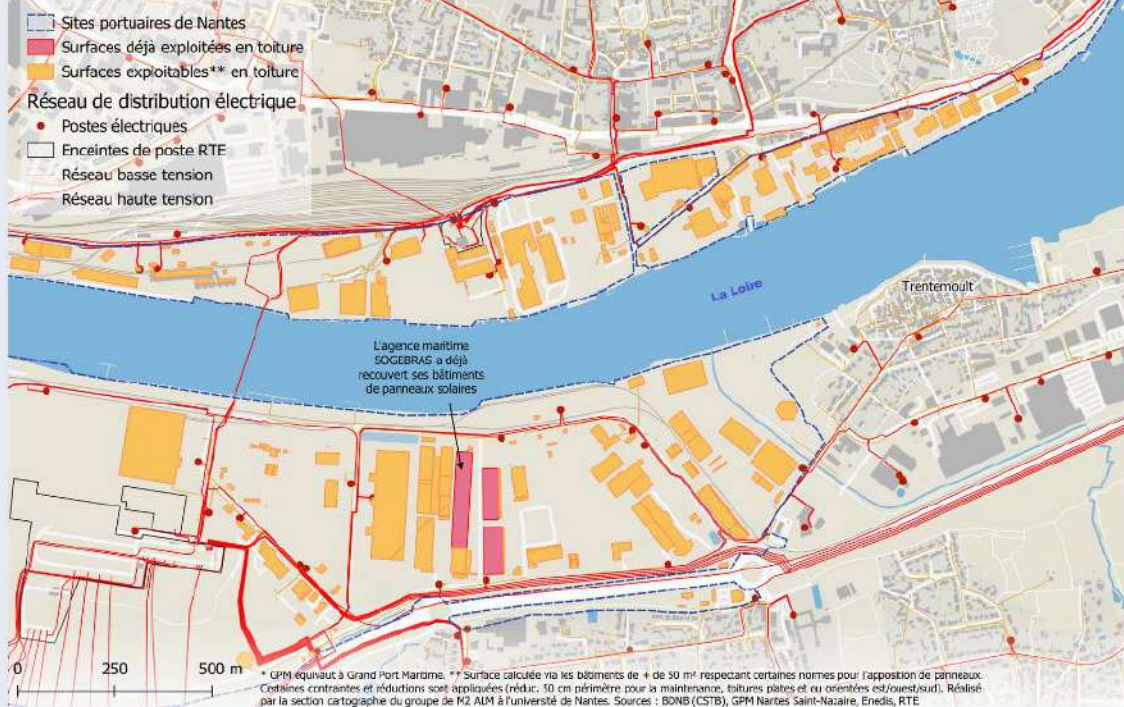
Focus en trois parties sur le secteur d'étude

Surfaces exploitables et attribuables pour l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures des bâtiments du GPM* Nantes Saint-Nazaire : secteur de Cheviré aval



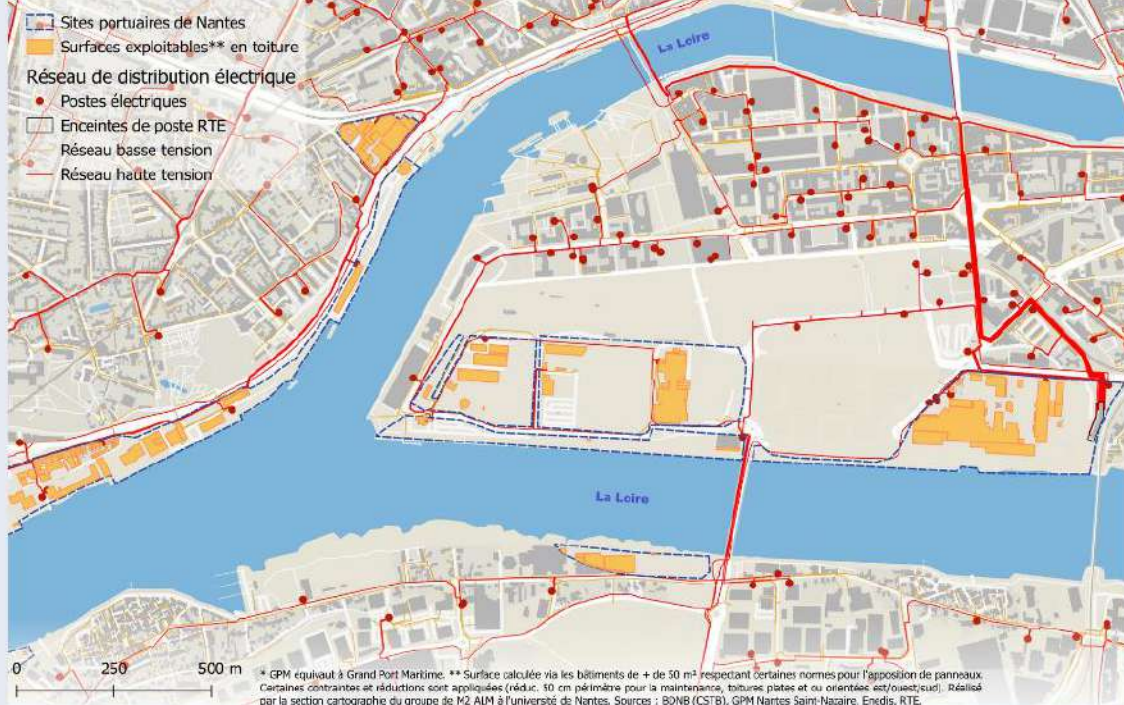
Focus en trois parties sur le secteur d'étude

Surfaces exploitables et attribuables pour l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures des bâtiments du GPM* Nantes Saint-Nazaire : secteur de Cheviré amont



Focus en trois parties sur le secteur d'étude

Surfaces exploitables et attribuables pour l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toitures des bâtiments du GPM* Nantes Saint-Nazaire : secteur de Nantes



Résultats

La nouvelle centrale ainsi envisagée présenterait plusieurs avantages :

- Un raccordement rapide et moins coûteux aux infrastructures électriques puisque celles-ci sont proches.
- Une faible incidence visuelle mais attention au choix, il faut éviter la réverbération sur les avions allant se poser à l'aéroport de Nantes.

L'emprise initialement retenue est de 548 336 m². Toutefois, il faut prendre en compte plusieurs paramètres qui contraignent l'installation des panneaux ou la surface allouée. Il a fallu d'abord enlever les surfaces déjà occupées par des panneaux solaires sur les toits, en effet la banque de données nationale du bâti comprend toutes les constructions sur un temps donné. Par la suite plusieurs autres paramètres ont été pris en compte ; supprimer les bâtiments dans les enceintes de poste RTE, supprimer les silos dont l'architecture ne permet pas l'installation des panneaux, supprimer les erreurs dont des bâtiments qui n'existent plus, en rajouter certains plus récents et enfin réduire de 50 cm les bordures de toit pour laisser un passage aux éventuels techniciens pour des raisons de maintenance. Ainsi, pour les toitures envisagées, la surface effectivement disponible serait d'environ 493 276 m².

Production énergétique

La nouvelle centrale participerait au développement des ENR sur le territoire et au mix énergétique du port

Taille d'un panneau : **1,9 m²**

Surface totale disponible : **493 276 m²**

Puissance nominale d'un panneau (par m²) : **235 Wc/m²**

Taux d'ensoleillement : **6 h 20 min**

Taux de dégressivité : **0,80**

Calculs :

Nombre de panneaux solaires :

Nombre de panneaux = Surface totale / Surface d'un panneau

Nombre de panneaux = 493 276 / 1,9 ≈ **259 619** panneaux

Puissance nominale totale des panneaux :

Chaque panneau de 1 m² a une puissance nominale de 235 Wc.

Puissance par panneau = 235 Wc/m² × 1,9 m² = 446,5 Wc par panneau

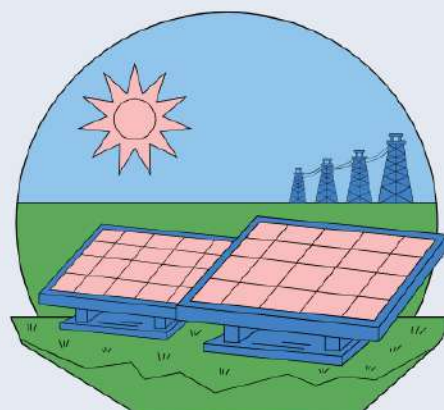
Puissance totale nominale = Nombre de panneaux × Puissance par panneau

Puissance totale nominale = 259 619 × 446,5 ≈ 115 941 713,5 Wc = **115 941,71 kWc**

Puissance réelle journalière (en kWh) :

Nombre d'heures d'ensoleillement = 6,33 heures/jour

Taux de dégressivité de 0,80



Puissance réelle journalière = Puissance totale nominale × Taux de dégressivité × Nombre d'heures d'ensoleillement

Puissance réelle journalière = $115\,941,71 \text{ kWc} \times 0,8 \times 6,33$

Puissance réelle journalière \approx **586 462,89 kWh/jour**

Chiffres clefs :

- Nombre de panneaux : **259 619** panneaux
- Puissance nominale totale : **115 942 kWc**
- Puissance réelle journalière : **586 463 kWh/jour**

Conclusion

Avec une puissance de **115 942 kWc**, l'installation pourrait couvrir l'équivalent de la consommation de **115 000** personnes, soit une bonne partie de la consommation des habitants de Nantes. En revanche, il fournirait plutôt le port en énergie décarbonée. Ce projet, couplé à d'autres projets de décarbonation permettrait de répondre en partie à la consommation du port et de ses usagers.

.Il faudrait également consulter Enedis et RTE pour vérifier si le raccordement au réseau nécessite des installations supplémentaires.

Pour référence, le plus grand parc solaire de France à Cestas a coûté près de 360 millions d'euros. On peut alors penser que ce projet qui serait 4 fois moins important (en nombre de panneaux) coûterait près de **90** millions d'euros.



Ce qu'il faut retenir – II.3

- Le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire (GPMNSN), 4^e port français, traite près de 30 millions de tonnes de marchandises par an.
- En 2023, le GPM a accueilli 2 360 navires, dont 410 pétroliers et 220 porte-conteneurs, pour un total de 28,5 millions de tonnes de marchandises.
- Le port mise sur l'éolien offshore flottant et le développement des lignes feeder pour optimiser la logistique.
- Montoir-de-Bretagne, intégré au GPMNSN, a traité 28,4 Mt de marchandises en 2023, dont 1,5 Mt de conteneurs, malgré une baisse de 1,1 %.
- La raffinerie de Donges, deuxième plus grande de France, traite 11 Mt de brut par an, mais fait face aux incertitudes de la transition énergétique.
- La reconversion industrielle vers des activités durables, illustrée par la bioraffinerie de La Mède nécessite d'importants investissements et de l'anticipation.
- L'énergie osmotique et solaire sont explorées pour décarboner le port, avec des projets pilotes en cours et des défis d'acceptation sociale et financière.

À retenir – Partie II

Quelle stratégie du port en rapport à la SNBC ?

- Projet ZIBAC Loire Estuaire Décarbonation inscrit dans la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC).
- Objectif : neutralité carbone en 2050 via des transformations techniques, spatiales et socio-économiques.

Électrification des quais

- 11 % des émissions maritimes mondiales proviennent des navires à quai.
- Règlements FuelEU Maritime (2024) et AFIR (2030) obligent l'électrification des quais pour certains navires.
- Exemples internationaux : avancée de la Chine, projets en cours au Havre et à Marseille.
- Situation à Nantes-Saint-Nazaire (NSN) :
- Premiers quais électrifiés en 2022 (Saint-Nazaire, Donges).
- Appel d'offre pour l'électrification du terminal roulier de Montoir-de-Bretagne (2025).
- Besoin énergétique estimé à 43 764 MWh/an en 2030.
- Contraintes : puissance électrique nécessaire, diversité des branchements, financement complexe.

Nouveaux carburants pour les navires

- GNL : solution transitoire, mais non neutre en carbone.
- Hydrogène vert : produit par électrolyse, coûteux et nécessitant des infrastructures spécifiques.
- E-méthanol (projet Green Coast) : production à partir d'hydrogène et de CO₂ capté.
- Site prévu à Montoir-de-Bretagne (production : 150 000 t/an).
- Contraintes : forte consommation d'électricité (250 MW), approvisionnement en eau et CO₂.
- Captage de CO₂ à bord : stockage temporaire puis réutilisation au port (technologie émergente).
- Problématique du coût : production de méthanol synthétique plus chère que les carburants fossiles.

Fermeture de la centrale à charbon de Cordemais (2027)

- Transition dans un contexte réglementaire (SNBC, sortie du charbon annoncée par Macron).
- Abandon du projet Ecomcombust (coût trop élevé, problèmes d'approvisionnement).

Possibilités de reconversion :

- Photovoltaïque et éolien (exemple du Havre).
- Usine de fabrication de tuyauteries pour EPR2 (EDF, 200 emplois annoncés).

Impact socio-économique :

- Perte d'emplois (328 salariés EDF + 170 sous-traitants).
- Perte fiscale (30 % des recettes communales).
- Baisse de pollution due à l'arrêt des émissions de particules fines.

Énergies renouvelables (solaire et éolien)

- Projet Éole : plateforme d'assemblage pour l'éolien en mer à Saint-Nazaire (prévue en 2031).
- Photovoltaïque à Montoir-de-Bretagne : extension d'un premier parc solaire (11 MW estimés).
- Contraintes environnementales : impacts sur biodiversité, gestion des déchets industriels.

Investissements majeurs :

- Éole : 235 M€, cofinancement public et privé.
- Photovoltaïque : estimé entre 10 et 12 M€.
- Emplois : impact positif attendu dans l'éolien offshore et les ENR.

Évolution de la flotte maritime

Tendances mondiales

- 11 % des émissions maritimes mondiales proviennent des navires à quai.
- Règlements FuelEU Maritime (2024) et AFIR (2030) obligent l'électrification des quais pour certains navires.
- Exemples internationaux : avancée de la Chine, projets en cours au Havre et à Marseille.

Adaptation du port de Nantes Saint-Nazaire

- Repositionnement sur le vrac et les flux logistiques régionaux.
- Investissements dans des terminaux adaptés aux nouvelles énergies.
- Développement d'une offre pour navires à propulsion propre.

Partie III : Défis et perspectives : les limites de notre étude



III.1 Défis politico-juridiques de la décarbonation et perspectives d'adaptation climatique

III.1.1 Décarbonation du secteur maritime : nécessité d'une impulsion politique et juridique plus forte

Le manque de cohérence et de vision stratégique dans les impulsions politiques et juridiques constitue aujourd'hui un défi majeur pour la décarbonation du secteur maritime. Cette problématique, mise en lumière par les entretiens que nous avons réalisés, révèle les complexités et les insuffisances des approches actuelles en matière de politique industrielle et énergétique.

III.1.1.1 L'absence d'une stratégie nationale cohérente

La déclaration de Frédéric Vasse (directeur du pôle métropolitain de Nantes Saint-Nazaire) est particulièrement révélatrice de la situation actuelle.

*"On est également dans une **absence totale d'État stratège**, à l'échelle nationale, sur les enjeux industriels et énergétiques. [...] En fait, on n'a **pas de politique industrielle stratégique**" – Frédéric Vasse, directeur du pôle métropolitain de Nantes Saint-Nazaire*

Cette observation souligne un **manque crucial de vision à long terme** pour la décarbonation du secteur maritime et portuaire.

L'absence d'une politique industrielle stratégique au niveau national a plusieurs conséquences néfastes. Cela engendre notamment une fragmentation des initiatives avec des stratégies isolées comme nous le démontre Thomas Denis (chercheur sur la décarbonation du transport maritime) « *Individuellement, il y a des projets à droite à gauche qui visent une décarbonation des activités. C'est assez **hétérogène** je trouve. Il y a des acteurs qui sont assez avancés dans leur processus, il y en a qui ne le sont pas du tout. On se rend bien compte que **l'aspect financier c'est comme d'habitude un peu le nerf de la guerre**. "Combien ça coûte et est-ce qu'on peut se le payer ?" Tous ces projets-là sont des projets qui sont coûteux* ». Cela engendre un **manque de cohérence entre les différentes stratégies**.

III.1.1.2. La fragmentation des approches réglementaires

Christophe Leclerc, du Grand port maritime de Nantes Saint-Nazaire, confirme cette problématique en soulignant la **multiplicité des réglementations** et **l'absence d'une stratégie unifiée**.

*"Il n'y a pas UNE stratégie de décarbonation, il y a des réglementations qui arrivent, il y a aussi des opportunités d'affaires et des initiatives, mais là, aujourd'hui, on est vraiment dans des décisions politiques et juridiques qui ont été prises, et il faut suivre la réglementation, **s'adapter à cette réglementation**". – Christophe Leclerc, économiste au GPM Nantes Saint-Nazaire*

La multiplication des réglementations crée un **environnement juridique complexe**. Les ports et les entreprises maritimes se retrouvent alors dans une position de réaction constante aux nouvelles réglementations, plutôt que d'anticiper et de planifier à long terme. De plus, l'instabilité réglementaire peut dissuader les investissements à long terme nécessaires pour la transition écologique du secteur. Malgré ces défis, Christophe Leclerc note une évolution positive : *"Aujourd'hui, on est sur un temps de décarbonation beaucoup plus diffus, où on voit vraiment ce que ça veut dire. C'est-à-dire que c'est plus dans les détails aujourd'hui. Ce qui est intéressant, c'est que ça continue d'être un objet politique, mais c'est de plus en plus un objet pratique"*.

Cependant, un **manque de coordination internationale** est soulevé, notamment par Fabien Saintlanne (Secrétaire CGT Total Energies de la raffinerie de Donges) : *"Il y a un problème, pour nous, de cohérence, de concordance et de lisibilité sur les politiques énergétiques, qui devraient se traiter à l'échelon mondial"*. Cela met en lumière les limites d'une approche purement nationale. En effet, des politiques de décarbonation divergentes entre pays peuvent créer des distorsions de concurrence, pénalisant potentiellement les acteurs soumis aux réglementations les plus strictes.

Du fait de la nature mondiale du transport maritime, il est nécessaire d'avoir une **coordination internationale pour maximiser l'impact des efforts de décarbonation**.

III.1.2. Les impacts du changement climatique sur les infrastructures portuaires : un défi majeur pour l'avenir des ports

III.1.2.1. Impacts du changement climatique sur les infrastructures portuaires

Dans le contexte actuel du changement climatique, les infrastructures portuaires font face à des défis sans précédent. Une analyse approfondie des impacts climatiques sur les activités portuaires révèle plusieurs conséquences majeures qui nécessitent une attention particulière de la part des gestionnaires et des décideurs.

Les principaux défis climatiques pour les ports, identifiés par Gwenaëlle Cotonnec du Service environnement du port de Nantes Saint-Nazaire, sont multiples et significatifs. Elle énumère : *“Les conséquences du changement climatique peuvent concerner une activité portuaire : la submersion marine, les phénomènes de crue, l'étiage, les vents pour les industriels qui ont des cheminées, les fortes pluies, comment gérer les eaux pluviales lorsqu'il y a des fortes pluies ?”*.

Mais quels sont les impacts du changement climatique sur les infrastructures portuaires ?

- La **submersion marine** constitue une menace critique pour les installations portuaires. Les infrastructures telles que les quais, les terminaux et les zones de stockage sont particulièrement exposées à ce risque. Ce phénomène peut engendrer des dégradations structurelles importantes, des interruptions opérationnelles et des coûts de remise en état conséquents (Institut supérieur d'économie maritime Nantes Saint-Nazaire, 2020).
- L'**augmentation de la fréquence et de l'intensité des crues fluviales** pose également un défi majeur pour les ports situés le long des rivières ou dans les estuaires, comme le Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire. Ces événements peuvent causer des inondations, endommager les infrastructures et perturber les opérations portuaires pendant des périodes prolongées⁴⁶.

⁴⁶ CEREMA. (2019). *Evaluer les risques liés au changement climatique sur les infrastructures*

- D'autre part, les épisodes de **sécheresse prolongée** peuvent entraîner des niveaux d'eau extrêmement bas, compromettant la navigabilité des voies d'eau et réduisant la capacité opérationnelle des ports. Ce phénomène affecte particulièrement les ports fluviaux et estuariens.
- **L'intensification des tempêtes** représente un risque accru pour les structures portuaires, notamment pour les installations industrielles comportant des hautes infrastructures telles que des cheminées. Les vents violents peuvent également entraver les opérations de manutention des navires, impactant l'efficacité globale des activités portuaires.
- **L'intensification des précipitations** soulève des problématiques importantes en termes de gestion des eaux pluviales dans les zones portuaires. Des systèmes de drainage inadéquats peuvent entraîner des inondations localisées, endommageant les équipements et perturbant les opérations ⁴⁷.

Face à ces défis multiples et complexes, il est impératif pour les autorités portuaires de développer des **stratégies d'adaptation robustes et flexibles**. Ces stratégies doivent intégrer une **évaluation approfondie des risques climatiques spécifiques à chaque site portuaire et la mise en place de mesures de résilience appropriées**.

III.1.2.2 Une nécessité d'une approche proactive dans la planification des infrastructures

Face à ces défis, Gwenaëlle Cotonnec - Service environnement du port de Nantes Saint-Nazaire - souligne la nécessité d'une approche proactive : *"Aménager les nouveaux espaces en s'assurant qu'ils ne soient pas confrontés à de nouveaux aléas"*.

Christophe Leclerc met également en évidence la nécessité d'anticiper ces changements : *"L'avenir n'est pas prévisible, par contre on peut réfléchir sur tous les éléments qui vont rentrer dans cet avenir. Là on en a un certain nombre, si on cite le changement climatique, le nouveau climat, nous sommes sûrs que l'eau va monter. **Si l'eau monte, qu'est-ce qu'on fait ?** Les conséquences sur l'infrastructure portuaire. Typiquement si vous avez de plus en plus d'événements climatiques extrêmes, de tempêtes, vos murs de quai, est-ce qu'ils vont résister à plus d'événements ? Ça, c'est des certitudes en fait"*.

⁴⁷ Rapport de l'IGEDD, 2022, *L'adaptation au changement climatique des gestionnaires d'infrastructures de navigation maritime et fluviale en France*

Cette perspective implique plusieurs stratégies :

1. **Évaluation des risques à long terme** : Les ports doivent mener des évaluations approfondies des risques climatiques spécifiques à leur localisation, en tenant compte des projections climatiques sur plusieurs décennies. Le Cerema a développé une méthodologie pour analyser les impacts du changement climatique sur les ports, qui comprend l'analyse des scénarios climatiques, l'adaptation des scénarios à l'échelle locale, et l'étude des principales variables climatiques affectées (vagues, niveau de la mer, température, vent, précipitations, etc.). Cette approche permet aux ports d'anticiper les risques futurs et de planifier en conséquence.
2. **Conception résiliente des infrastructures** : Les nouvelles infrastructures portuaires doivent être conçues pour résister aux conditions climatiques futures prévues, plutôt que de se baser uniquement sur les données historiques. Le guide sur l'écoconception des infrastructures portuaires, publié par la DIRM Méditerranée en 2024 dans le cadre de la stratégie nationale portuaire, souligne l'importance d'intégrer les considérations environnementales et climatiques dès les premières phases de conception des projets. Cette approche permet de réduire l'impact des infrastructures sur l'environnement tout en améliorant leur résilience face aux changements climatiques.
3. **Adaptation des infrastructures existantes** : Les ports doivent envisager la modernisation et l'adaptation de leurs infrastructures existantes pour améliorer leur résilience face aux changements climatiques. Le port du Havre a, par exemple, défini un plan de sobriété énergétique visant à réduire de 10% sa consommation d'énergie d'ici deux ans, incluant des actions à court, moyen et long terme. Ces mesures comprennent la conversion de l'éclairage public en LED et le remplacement de la flotte de véhicules par des modèles électriques ou hybrides, contribuant ainsi à l'adaptation et à la durabilité des infrastructures existantes.
4. **Planification de l'utilisation des terres** : Une planification stratégique de l'utilisation des terres portuaires est essentielle pour minimiser l'exposition aux risques climatiques et optimiser la résilience globale du port. Le Plan de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) mis en place pour la circonscription de la direction territoriale du Havre illustre cette approche⁴⁸. Ce plan définit une cartographie des

⁴⁸ HAROPA Port (sd) Ref. 5580—Terrain aménagé de 1200 m² au Port du Havre (76)—Zone Industriale Portuaire - Parc des Marais.

aléas par submersion et prescrit des mesures d'urbanisme pour les infrastructures existantes et futures, prenant en compte les besoins de développement du territoire tout en ne minimisant pas les risques liés à la sécurité des biens et des personnes.

L'intégration de la **résilience climatique dans les scénarios de décarbonation et de développement portuaire** est cruciale pour assurer la **viabilité à long terme des infrastructures portuaires**. Les ports doivent adopter une approche proactive, flexible et innovante pour faire face aux défis posés par le changement climatique, tout en poursuivant leurs objectifs de décarbonation.

III.2. La décarbonation : quelles limites sur le terrain ?

III.2.1 Des solutions techniques encore insuffisantes

Notre diagnostic nous permet d'apprécier les efforts faits pour décarboner le transport maritime et les infrastructures portuaires au niveau technique (électrification des quais, nouveaux carburants etc.). Ces derniers se confrontent tout de même à de nombreuses limites, contraignant leur développement et donc la décarbonation.

III.2.1.1. L'électrification des quais

L'électrification des quais permet aux ports et aux navires de réduire significativement leurs émissions de CO2 et de particules fines. Cependant, sa mise en place rencontre de nombreux défis. Elle nécessite une infrastructure lourde et coûteuse, impliquant des travaux importants et onéreux pour l'installation des bornes de branchement. D'autant plus que beaucoup de navires ne sont pas équipés pour se brancher, rendant l'investissement initial peu rentable sur le court terme. Au-delà de ces aspects, **l'électrification des quais exige un renforcement des réseaux électriques portuaires** afin de répondre à cette nouvelle demande énergétique.

*« La connexion à quai, c'est faire des travaux qui n'intéressent pas les opérateurs de terminaux, puisque ça n'a rien à voir avec leur métier. Ce sont des travaux qui coûtent très cher et qui vont les gêner. **La connexion à quai, ça n'arrange personne. Ça coûte très cher, ça gêne, ça ralentit, et ça ne rapporte pas d'argent** » - Hervé Géraud, chargé de mission d'alimentation électrique des navires à quai pour le port du Havre.*

Néanmoins, la provenance de l'électricité reste un enjeu majeur de l'électrification des quais. **Si celle-ci provient d'énergies fossiles, l'impact environnemental reste important**, rendant la **démarche contre-productive**. L'impact environnemental dépendra donc de la **composition du mix énergétique du réseau électrique** national et/ou local, puisqu'**aucune obligation légale n'impose de fournir une électricité décarbonée aux navires à quai**, comme le souligne Stéphan Marin (adjoint au directeur du Développement de Nantes Saint-Nazaire Port) : *« Nous, il n'y a pas de normes. On n'a pas d'obligation de fournir de l'électricité verte. On a une obligation de fournir de l'électricité. C'est complètement délirant. Nous, en France,*

on a un champ juste à proximité. On a des centrales nucléaires. On a aussi, elle tourne ce matin, une magnifique centrale à gaz qui tourne à plein tube. Elle est à deux kilomètres de moi. Donc on crame du fossile pour faire de l'électricité qui n'est pas verte".

III.2.1.2 Les carburants alternatifs

L'hydrogène et le méthanol sont vus comme de potentiels carburants alternatifs pour le transport maritime. Cependant l'usage de ces derniers est freiné par des **défis de stockage, de dangerosité, et aux coûts élevés de leur production**. Ces carburants exigent des infrastructures spécifiques et des conditions de stockage particulières augmentant les coûts logistiques et infrastructurels.

La production de ces derniers dépend là aussi d'électricité, et donc confrontée à la même problématique que l'électrification des quais : la provenance même de l'électricité de base et son caractère décarboné.

Ces technologies ont aussi du mal à être développées, puisque **les décisions réglementaires peinent à suivre les enjeux climatiques**. En l'absence de réglementations strictes et d'incitations économiques suffisantes, ces nouvelles technologies ne sont pas assez compétitives par rapport aux énergies fossiles pour être déployées à une grande échelle et **ne séduisent donc pas les grands armateurs**. L'absence de contraintes fortes empêche une transition rapide vers des solutions véritablement décarbonées, laissant planer une incertitude sur la capacité du transport maritime à atteindre ses objectifs climatiques à l'horizon 2050.

"Aujourd'hui, l'Organisation maritime mondiale, l'OMI, est encore un petit peu en retard, mais elle doit prendre des positions sur l'intensité carbone des carburants marins, ça va vite, parce qu'un navire, ça a une durée de vie de 25 ans, donc tous les navires qui rentrent en flotte aujourd'hui, c'est des navires qui sont là en 2050, et si on veut être net zéro en 2050, ça pose des questions sur le mécanisme d'investissement, de retour sur investissement, d'exploitation, bref, tous ces éléments-là." Christophe Leclerc, GPM Nantes Saint-Nazaire

Le GNL, plébiscité comme alternative aux carburants conventionnels, illustre ce dilemme : il réduit les émissions de CO₂ et les émissions de particules fines, mais reste

composé de méthane, un gaz à effet de serre au pouvoir réchauffant élevé. Le risque de fuite tout au long de son cycle, de l'extraction à l'exploitation, n'est pas négligeable et est à prendre en compte dans le choix de cette énergie.

De plus, la conjoncture actuelle pousse les industriels du secteur à investir massivement dans le GNL. Initialement considérée comme une énergie de transition, cette énergie risque ainsi de devenir une dépendance dont il sera difficile de se passer.

III.2.1.3 L'adaptation des navires

Ces techniques de décarbonation soulèvent elles aussi la question des transformations même des navires. En effet, transformer la flotte actuelle reste très coûteux, et immobiliser sur une longue période les navires en circulation pour leur adaptation, affecte grandement la rentabilité de ces derniers. D'autant plus que cette modernisation nécessite le développement de nouvelles compétences et savoirs faire qui en sont à leur balbutiement.

"Il y a des technologies traditionnelles, [moteurs diesels], qu'il faut les adapter, donc là c'est comment adapter tel moteur pour brûler du méthanol, pour brûler de l'ammoniaque et ainsi de suite [...] il y a plein de choses à apprendre sur les équipements, les techniques et la formation associée. Tout ça, ça se passe en ce moment en fait." - Christophe Leclerc, GPM Nantes Saint-Nazaire.

Parallèlement à cela, le manque de stations de recharge en hydrogène ou méthanol sont encore rares, rendant difficile l'adoption massive de ces carburants.

III.2.2 Nantes Saint-Nazaire, quelle place dans le système portuaire européen et mondial ?

III.2.2.1 Un risque de marginalisation du port de Nantes Saint Nazaire face aux ports européens

Les ports européens de Rotterdam, Anvers et Hambourg se positionnent en leaders de la transition énergétique en investissant massivement dans la décarbonation et les nouvelles énergies. Le port de Rotterdam investit dans des initiatives de transition énergétique de captage et de stockage de carbone (Projet Porthos). De même, les ports d'Anvers-Bruges et celui de Rotterdam unissent leurs forces pour inciter la Commission européenne à accélérer les investissements à grande échelle pour stimuler la compétitivité industrielle des ports européens.

Leur situation géographique leur donne aussi un sérieux avantage : grâce aux parcs éoliens offshore de la mer du Nord, ils ont accès à une électricité verte en grande quantité, associés à leur vaste réseau logistique, cela leur permet de développer une filière hydrogène vert prometteuse. Cette filière pourra alimenter aussi bien l'industrie locale que le reste de l'Europe. Anvers-Bruges et Rotterdam unissent leurs forces pour structurer cette filière, en s'appuyant sur leurs complexes industriels pour produire des carburants propres comme l'hydrogène ou l'ammoniac.

Face à ces investissements massifs des ports du nord de l'Europe, il est légitime de se demander si le port de Nantes Saint Nazaire arrivera à faire le poids face à ces derniers au risque de se retrouver marginalisé si le port n'investit pas assez dans sa transition. **Le défi du port de NSN est donc double : réussir l'adaptation des infrastructures, tout en s'assurant que son économie soit assez compétitive face aux grands hubs européens déjà bien engagés dans leur décarbonation.**

III.2.2.2 Une coopération européenne

Pour éviter un trop fort déséquilibre entre le port de Nantes Saint Nazaire et les ports européens de premier plan, il faut une stratégie coordonnée entre ces derniers. C'est ce qu'a mis en place le parlement européen en janvier 2024 avec la résolution sur la construction d'une stratégie portuaire européenne globale qui, entre autres, met en place une stratégie européenne pour améliorer la compétitivité des ports. Cette

stratégie s'inscrit plus largement dans le pacte vert européen, et met en avant le besoin d'investissements des ports pour amorcer leur transition énergétique.

En s'intégrant activement dans ces dynamiques européennes, le port de Nantes Saint-Nazaire pourrait bénéficier de **partenariats stratégiques**, de partage de connaissances et de financements dédiés pour accélérer sa transition énergétique et ainsi renforcer sa position dans le réseau portuaire européen. On a pu apprécier cette transformation du port de Nantes Saint-Nazaire au long de ce diagnostic (projet ZIBAC, électrification des quais, énergie offshore). **Si la coopération européenne offre des opportunités, elle ne garantit pas pour autant un rééquilibrage réel du rapport de force.** La compétitivité du port dépendra aussi de sa **capacité à s'adapter** rapidement, à **capter des flux stratégiques** et à éviter une marginalisation progressive face aux ports de la *northern range*.

III.3 L'acceptabilité des projets de décarbonation

III.3.1. Les enjeux de l'acceptabilité sociale

L'acceptabilité sociale est un facteur clé dans la mise en œuvre des projets de décarbonation portuaire, qu'il s'agisse d'installer des éoliennes offshore, de réaménager des infrastructures existantes, ou encore de démanteler des équipements industriels polluants. Ces projets sont souvent perçus comme nécessaires sur le plan environnemental, mais ils rencontrent des résistances locales, particulièrement dans les zones où **l'économie locale et les emplois sont étroitement liés à ces infrastructures**.

Le syndrome "Not In My Backyard" reste un frein majeur à l'implantation de nouvelles infrastructures. Par exemple, les éoliennes offshore suscitent des inquiétudes concernant la pollution visuelle, l'impact potentiel sur la pêche locale et les perturbations des écosystèmes marins. D'un autre côté, les projets de démantèlement, comme celui de la centrale à charbon de Cordemais, s'inscrivant dans les objectifs fixés par la SNBC, peuvent soulever des craintes à propos de la perte d'emplois locaux et la reconversion des infrastructures.

Ces résistances locales s'expliquent aussi par des **problématiques économiques**. Le démantèlement des infrastructures existantes peut affecter les recettes fiscales des communes portuaires. Par exemple, la fermeture de la centrale de Cordemais entraînera une perte de 30% des recettes pour la commune, ce qui fragilisera son budget local et sa capacité à financer de nouveaux projets (cf. II.1.3).

Un autre obstacle majeur est le **sentiment d'imposition de ces projets**. De nombreux habitants ont l'impression de ne pas être consultés avant leur mise en place, ce qui crée une **méfiance envers les autorités et les entreprises** impliquées. Lorsqu'il n'y a pas de dialogue ou que la concertation est mal menée, les oppositions locales peuvent s'intensifier. C'est ce qui s'est produit avec le parc éolien offshore de Saint-Brieuc, où les pêcheurs ont exprimé leur colère en raison du manque de prise en compte de leurs inquiétudes, notamment sur l'impact du projet sur leur activité⁴⁹. Une opération en pour bloquer les travaux a même été menée (figure 19).

⁴⁹ "Des pêcheurs portent plainte contre la construction du parc éolien de Saint-Brieuc, accusé de dégrader la biodiversité.", 31 août 2021, Novethic

Figure 19 : Opération des pêcheurs pour empêcher la construction du parc éolien de Saint-Brieuc (2021)



Source : Le Parisien, 2021

III.3.2. Les freins spécifiques liés aux technologies de décarbonation

III.3.2.1 Les éoliennes offshore

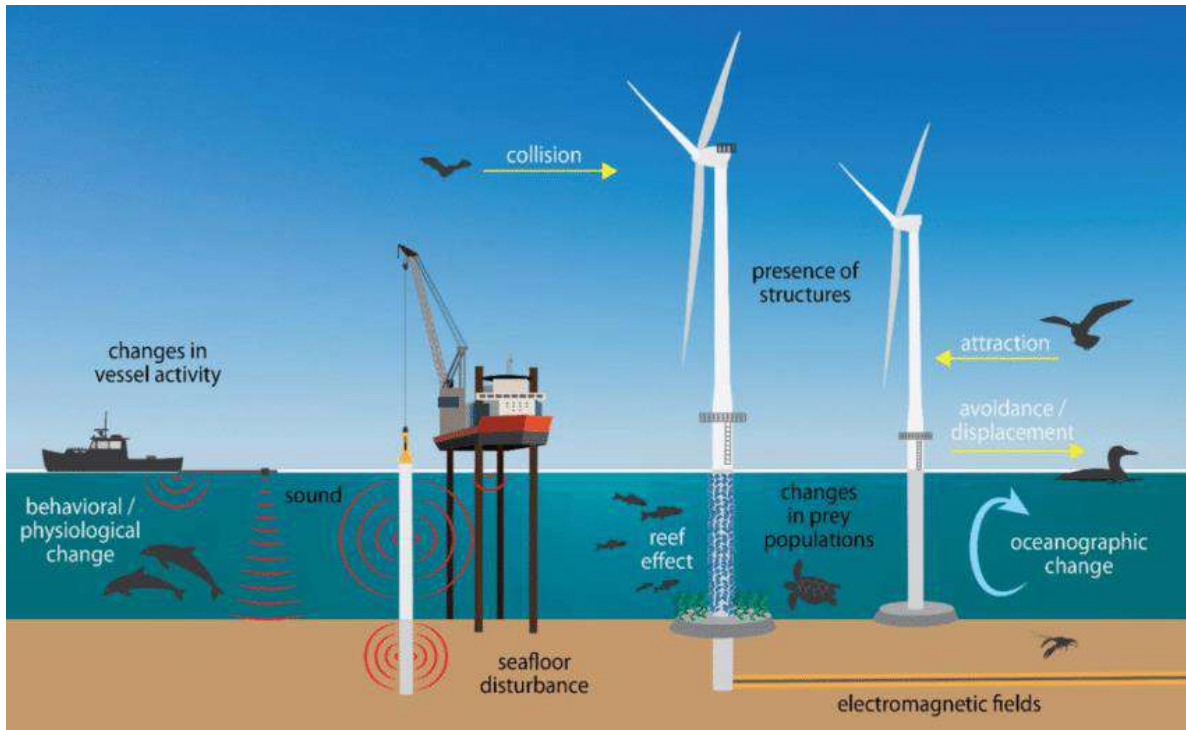
Le parc éolien offshore de Saint-Nazaire, déjà opérationnel depuis 2022, illustre l'importance de ces infrastructures pour atteindre les objectifs de décarbonation. Cependant, l'extension ou la création de nouveaux parcs suscite encore des controverses. En plus de l'impact visuel et les perturbations sur les écosystèmes marins, les habitants et pêcheurs locaux s'inquiètent des conséquences potentielles sur les activités traditionnelles, comme la pêche et le tourisme côtier⁵⁰. Le manque de planification claire sur les impacts des projets futurs et l'absence de compensations adaptées, telles que des aides financières ou des solutions pour les personnes affectées, renforcent les oppositions des communautés locales.

De plus, certaines études ont expliqué que les effets des éoliennes sur la biodiversité marine restent encore mal connus, notamment sur le long terme. Par exemple, la perturbation des fonds marins lors de l'installation des éoliennes peut impacter certaines espèces benthiques et modifier les couloirs de migration des mammifères marins. Les éoliennes offshore représentent également un risque pour l'avifaune, notamment pour les oiseaux marins qui peuvent être désorientés par les pales en mouvement, entraînant des risques de collision, ou voir leurs habitats et routes migratoires perturbés par la présence de ces éoliennes⁵¹. Ces incertitudes scientifiques alimentent les inquiétudes et renforcent les arguments des opposants aux énergies marines renouvelables (figure 20).

⁵⁰ “Le controversé parc éolien de la baie de Saint-Brieuc va bientôt entrer en fonctionnement”, 23 novembre 2023, Euraktiv

⁵¹ LPO. (2025) *Eolien offshore*

Figure 20 : Impacts des éoliennes offshore sur la biodiversité



Source : Rothermel et al., 2024

III.3.2.2 L'électrification des quais

L'électrification des quais, une solution pour réduire les émissions des navires à quai, est une technologie incontournable de la décarbonation portuaire. Toutefois, sa mise en œuvre présente des défis importants en termes d'acceptabilité sociale et technique.

Les habitants des communes riveraines peuvent être inquiets de l'impact des travaux nécessaires pour installer ces infrastructures, notamment les nuisances sonores et les perturbations liées aux chantiers. Par ailleurs, l'efficacité environnementale de l'électrification des quais dépend de la disponibilité et de l'origine de l'électricité utilisée. Si l'électricité provient de sources fossiles ou si la production renouvelable locale est insuffisante pour répondre à la demande, les bénéfices en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre seraient réduits, ce qui remettrait en cause l'impact réel de cette technologie sur la décarbonation.

III.3.2.3 Les nouveaux carburants : hydrogène et e-méthanol

Les coûts élevés liés à la mise en place de ces infrastructures, estimés à 10 millions d'euros pour un terminal comme celui de Montoir-de-Bretagne (cf II.1.1), soulèvent également des questions chez les acteurs locaux, surtout si ces projets sont vus comme coûteux et sans bénéfices immédiats. Cette perception peut freiner leur soutien, car les retombées économiques à long terme semblent peu rentables.

La mise en place de l'électrification des quais nécessite une coopération étroite entre les autorités portuaires, les compagnies maritimes et les fournisseurs d'énergie. Par exemple, le port de Vancouver a installé des systèmes d'alimentation à quai avec le soutien de Transports Canada, de BC Hydro et en collaboration avec les exploitants de terminaux à conteneurs⁵². Cette collaboration est essentielle pour garantir que les navires soient équipés pour se connecter aux infrastructures électriques portuaires et que l'approvisionnement en électricité soit suffisant pour répondre à la demande. Sans une telle coopération, les infrastructures risquent d'être sous-utilisées, rendant l'investissement moins rentable et pouvant renforcer les oppositions au projet.

Le développement de carburants alternatifs comme l'hydrogène renouvelable et l'e-méthanol, produit localement grâce aux infrastructures portuaires, représente une autre solution de décarbonation. Ces technologies présentent tout de même plusieurs obstacles à leur acceptation. La production d'hydrogène vert nécessite des quantités importantes d'électricité renouvelable et d'eau (cf II.1.2). Dans un contexte de pénurie d'eau et de tensions sur les infrastructures électriques, ces besoins peuvent être mal perçus par les populations locales.

De plus, l'hydrogène est très inflammable, et ses infrastructures nécessitent des mesures de sécurité renforcées. L'implantation de stations de production et de stockage d'hydrogène dans les ports suscite des interrogations quant aux risques d'explosion ou de fuite. L'explosion du port de Beyrouth au Liban en 2020, causée par le stockage de 2 750 tonnes de nitrate d'ammonium, a rappelé les dangers liés aux substances hautement inflammables dans des zones portuaires avec une densité de population élevée, ce qui a renforcé les inquiétudes sur la sécurité des infrastructures d'hydrogène. Ces craintes sont amplifiées par le manque de retour d'expérience sur l'utilisation massive de ces carburants dans des milieux portuaires.

⁵²Rapport *Électrification des quais au Québec*. (mars 2022). Innovation maritime

Également, le méthanol, bien que plus facile à stocker et à transporter, est extrêmement toxique. Ces risques augmentent la méfiance des communautés locales envers ces projets. Enfin, le coût de production de ces carburants reste important, ce qui pose des questions sur leur viabilité économique et leur capacité à rivaliser avec les énergies fossiles. Par exemple, l'hydrogène produit par électrolyse est encore trois à six fois plus cher que celui issu de ressources fossiles 2.1.2. Cela fait débat sur l'importance de ces projets par rapport à d'autres priorités économiques locales.

III.3.2.4 Le démantèlement d'infrastructures polluantes

Comme abordé dans la partie II.1.3, le démantèlement d'infrastructures telles que la centrale à charbon de Cordemais constitue un autre enjeu de la décarbonation. Bien que cette démarche soit essentielle pour réduire les émissions de gaz à effet de serre, elle est perçue comme une source de déclin économique et social par les populations locales. Le démantèlement de la centrale entraînera la suppression de centaines d'emplois directs et indirects, et des pertes fiscales importantes pour les collectivités. Ces impacts intensifient les conflits entre les priorités environnementales et les besoins économiques à court terme⁵³.

Les contraintes d'espace et d'environnement

Tous ces projets nécessitent des infrastructures spécifiques, entraînant une transformation importante des espaces portuaires. Par exemple, la construction de centrales solaires ou d'infrastructures pour électrifier les quais occupe une partie des terrains portuaires. Cela peut limiter l'espace disponible pour d'autres activités, comme des projets économiques ou la préservation des habitats naturels. De même, les impacts écologiques, comme la perturbation des écosystèmes terrestres et marins ou la destruction d'habitats naturels⁵⁴, sont des préoccupations majeures des acteurs environnementaux.

⁵³ "Fermeture de Cordemais : FO dénonce une décision violente", 02 novembre 2024, Force Ouvrière.

⁵⁴ Cf. marais de Brière

III.3.3 Les stratégies pour améliorer l'acceptabilité

Impliquer les parties prenantes locales

L'inclusion des habitants, des associations et des acteurs économiques dès les premières étapes de conception des projets est essentielle. Organiser des consultations publiques, des ateliers participatifs ou des comités de suivi peut permettre de mieux comprendre les attentes locales et d'intégrer des solutions adaptées. En expliquant de manière transparente les bénéfices environnementaux, comme la réduction des émissions de CO₂, et les retombées économiques sur le long terme, les porteurs de projets peuvent réduire leurs hésitations.

Proposer des compensations économiques

Les projets de décarbonation ayant parfois des conséquences économiques négatives à court terme (perte d'emplois, impact fiscal pour les collectivités), des mécanismes de compensation peuvent être mis en place. Il s'agit par exemple de financer des programmes de formation pour aider les salariés affectés à se reconvertir dans des secteurs en croissance, comme les énergies renouvelables ou la logistique portuaire décarbonée. De plus, la mise en place de fonds pour soutenir le développement économique des zones concernées peut contribuer à maintenir une activité économique dynamique et à renforcer l'acceptabilité sociale.

Mener des campagnes de sensibilisation

Une communication claire sur les bénéfices des projets est nécessaire pour gagner la confiance des populations locales. Il est important de souligner les impacts positifs sur l'environnement, comme la réduction de la pollution de l'air ou des émissions de gaz à effet de serre, et sur la santé publique, avec une baisse des nuisances sonores ou des particules fines. Des actions de sensibilisation dans les écoles, des partenariats avec des associations environnementales ou encore des supports médiatiques peuvent servir à sensibiliser le public et à favoriser une adhésion collective.

III.4 Décroissance : Un avenir possible pour le Port de Nantes-Saint-Nazaire ?

Comme évoqué précédemment, la transition énergétique et la décarbonation des activités portuaires imposent une transformation en profondeur du modèle économique du port de Nantes-Saint-Nazaire. Dans ce contexte, **la question de la décroissance se pose : faut-il réduire volontairement les flux commerciaux pour limiter l'impact environnemental, et si oui, quelles en seraient les conséquences ?**

La décroissance ne signifie pas nécessairement un arrêt total des activités, mais plutôt une réorientation stratégique vers des pratiques plus durable. La décroissance est un modèle économique qui prône la **réduction de la production et de la consommation pour résoudre les problèmes environnementaux**⁵⁵.

III.4.1 Définir la décroissance dans le cadre du port de Nantes-Saint-Nazaire

Appliquée au domaine portuaire, la décroissance consiste en une réduction planifiée des flux de marchandises et des activités industrielles associées, dans le but de minimiser les impacts environnementaux et d'accompagner la transition énergétique. Dans le cas du port de Nantes-Saint-Nazaire, cela impliquerait en premier lieu une **baisse des importations et exportations d'énergies fossiles**, secteur historiquement structurant pour l'économie locale. La transformation vers des énergies alternatives, déjà amorcée à travers la **reconversion de sites comme la raffinerie de Donges** et la centrale de Cordemais, pourrait être un levier essentiel pour accompagner ce changement.

Toutefois, comme l'a souligné Christophe Leclerc, représentant du GPM Nantes-Saint-Nazaire, le port est soumis à des obligations réglementaires qui imposent de fournir certaines alternatives énergétiques d'ici 2030. Un **ajustement progressif des infrastructures** est donc nécessaire pour maintenir une compétitivité tout en limitant la dépendance aux énergies fossiles. Le concept repose sur un changement de paradigme par rapport à la croissance, en se concentrant sur la suffisance et en réduisant notre empreinte écologique.

La décroissance ne signifie pas uniquement une réduction des flux de marchandises, mais une **transformation en profondeur du rôle du port dans**

⁵⁵ Youmatter. *Qu'est-ce que la décroissance ? Définition, exemple, avantages de la décroissance économique.*

l'économie locale et régionale. La mise en place d'une stratégie de réindustrialisation basée sur des filières énergétiques alternatives est essentielle pour garantir la résilience du territoire. L'implantation de pôles dédiés aux nouvelles énergies marines renouvelables, aux biocarburants ou encore à l'économie circulaire pourrait permettre de compenser la diminution des volumes traditionnels. **La décroissance vise à privilégier le bien-être et l'équilibre écologique plutôt qu'une expansion économique sans fin** (Liegey, 2023).

III.4.2 Scénarios de décroissance : utopie ou catastrophe ?

Deux trajectoires peuvent être envisagées : **un scénario de décroissance maîtrisée et porteuse d'opportunités**, ou au contraire, **un scénario de déclin non anticipé entraînant des conséquences économiques et sociales graves** (figure 21).

Figure 21 : Deux scénarios de décroissance portuaire
Deux scénarios de décroissance portuaire



Source : M2 ALM

Dans un scénario optimiste, la réduction des flux carbonés serait compensée par le développement de nouvelles filières industrielles, notamment autour des carburants alternatifs comme l'hydrogène et le méthanol. Le projet Green Coast, qui vise à produire du e-méthanol à partir de CO₂ capturé, s'inscrit dans cette dynamique. Par ailleurs, l'essor des énergies renouvelables, et en particulier de l'éolien offshore, représente un axe stratégique clé. Comme l'a mentionné Frédéric Vasse, le port devra

sécuriser du foncier pour accueillir les infrastructures nécessaires au stockage et à l'assemblage des éoliennes, ce qui implique une anticipation des besoins territoriaux.

Une telle transformation nécessiterait un **accompagnement à tous les niveaux : réglementaire, économique et social**. L'instauration de dispositifs de soutien aux entreprises innovantes et aux start-ups spécialisées dans la décarbonation maritime pourrait renforcer l'attractivité du port. En parallèle, des **mesures d'incitation** à la reconversion professionnelle et à la formation des travailleurs vers les nouveaux métiers de l'économie verte devront être mises en place pour éviter un chômage massif. Des politiques doivent être conçues pour lutter contre les inégalités et garantir une transition juste.

À l'inverse, un scénario de décroissance non maîtrisée pourrait se traduire par une baisse brutale des activités sans solutions de reconversion suffisantes. La fermeture d'industries fossiles sans alternative viable entraînerait une **hausse du chômage** et une **perte d'attractivité du port**.

III.4.3 Les implications économiques de la décroissance pour le port

Si la décroissance implique une baisse des volumes de transport, elle ne signifie pas pour autant un effondrement économique, à condition que des stratégies d'adaptation soient mises en place. Comme mentionné précédemment, l'électrification des quais et le développement des carburants de synthèse nécessitent des investissements conséquents. La mise en conformité avec les nouvelles normes européennes, telles que l'obligation de connexion électrique des navires à quai d'ici 2030, représente un défi financier majeur.

Les stratégies économiques doivent donc être réorientées vers une **diversification des activités du port**, en renforçant les **synergies avec les acteurs de la logistique verte**, de la recherche en énergies marines renouvelables et de l'industrie du recyclage. Une approche proactive permettra d'amortir les effets négatifs d'une décroissance mal gérée.

III.4.4 Les implications sociales : quel avenir pour les travailleurs du port ?

L'impact social de la décroissance est une préoccupation centrale. Une transformation trop rapide des activités portuaires pourrait entraîner des suppressions massives d'emplois, notamment dans la logistique et la maintenance des infrastructures fossiles. Toutefois, une reconversion bien accompagnée pourrait générer de nouvelles opportunités, en particulier dans les secteurs des énergies renouvelables et de l'industrie bas carbone.

Un accompagnement renforcé via des dispositifs de formation et de reconversion professionnelle permettra de limiter l'impact social de la décroissance et d'assurer une transition juste pour les travailleurs du secteur portuaire. La décroissance ne signifie pas uniquement une réduction des flux de marchandises, mais une transformation en profondeur du rôle du port dans l'économie locale et régionale⁵⁶. Des politiques doivent être conçues pour lutter contre les inégalités et garantir une transition juste.

III.4.5 Un port sans flux peut-il encore être un port ?

La décroissance du port de Nantes-Saint-Nazaire ne signifie pas nécessairement son déclin, mais impose une **transformation profonde de son modèle économique**. Si elle est bien anticipée, elle peut être une opportunité pour faire du port un acteur majeur de la transition écologique.

L'avenir du port dépendra donc de sa **capacité à concilier réduction des flux carbonés et développement de nouvelles activités durables**. En ce sens, il ne s'agit pas tant de savoir si un port sans flux est encore un port, mais plutôt de **déterminer quels types de flux doivent être privilégiés pour assurer une viabilité économique et environnementale à long terme**. La décroissance vise à privilégier le bien-être et l'équilibre écologique plutôt qu'une expansion économique sans fin (Liegey, 2023).

⁵⁶ Youmatter. *Qu'est-ce que la décroissance ? Définition, exemple, avantages de la décroissance économique.*

CONCLUSION



La décarbonation du transport maritime s'impose aujourd'hui comme un impératif stratégique et environnemental, nécessitant une **transformation en profondeur des infrastructures, des technologies et des modèles économiques portuaires**. À travers cette étude, nous avons mis en lumière les multiples dimensions de cette transition, depuis les cadres réglementaires et les dynamiques d'acteurs jusqu'aux solutions techniques et aux défis fonciers. Des solutions qui doivent être **mises en perspective avec la faible disponibilité spatiale** des infrastructures portuaires, qui impose une **refonte de l'aménagement des espaces dans une optique d'optimisation**.

Nous nous sommes intéressés aux perspectives d'avenir du Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire (GPMNSN), en examinant les stratégies adoptées dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC). L'électrification des quais et l'utilisation de nouveaux carburants apparaissent comme les pistes les plus prometteuses, bien que les **contraintes techniques, spatiales, économiques et sociales** restent des défis majeurs. De plus, l'avenir de la centrale thermique de Cordemais et le potentiel des énergies renouvelables sont des éléments clés à considérer dans cette transition. L'évolution de la flotte maritime et la transformation des infrastructures portuaires s'inscrivent également dans cette dynamique, tout comme la coopération européenne nécessaire pour renforcer la compétitivité du port de Nantes Saint-Nazaire. La question de la **temporalité** est centrale dans cette étude, car **la transformation du port et ses effets dépendront du contexte à un instant T**. En effet, **les évolutions climatiques, les enjeux géopolitiques ou encore le marché des énergies sont par nature fluctuants**.

Les implications territoriales des transformations envisagées pour une décarbonation maritime et portuaire, à un degré plus ou moins certain, sont très fortes. D'autant plus que leur **rôle dans la réduction des émissions carbone n'est pas encore forcément mesurable**. La plupart des projets étudiés ne seront pas neutres en carbone avant un long moment, étant donné les émissions induites par la production des matériaux, la construction des infrastructures ou les démantèlements.

Les **impacts environnementaux, économiques et sociaux s'étendront certainement bien au-delà de la zone industrialo-portuaire de Nantes Saint-Nazaire** et leur évaluation complète relève de la fiction. Les **investissements et les aménagements nécessaires sont colossaux** pour les projets énergétiques étudiés. D'autant plus que **beaucoup de choix dépendent des armateurs** qui ont un intérêt économique avant tout.

Ces transformations présentent beaucoup de limites sur le terrain. Le **manque d'une stratégie nationale cohérente**, les **différences dans les approches réglementaires** et **l'acceptabilité sociale des projets** sont autant de freins à la transformation. Par ailleurs, la question de la place de Nantes Saint-Nazaire dans le système portuaire européen et mondial reste posée, avec un **risque potentiel de marginalisation si les efforts de décarbonation ne sont pas accompagnés d'une coopération accrue**.

En définitive, la transition vers un transport maritime décarboné repose sur une **approche systémique**, combinant **innovations technologiques**, **évolutions réglementaires**, **planification territoriale** et **volonté commune entre acteurs privés et publics**. Les ports doivent **conjuguer volontarisme politique et pragmatisme économique** pour répondre aux enjeux. La décarbonation des ports, et en particulier celle du GPMNSN, est envisageable sous différentes formes, avec des **investissements considérables, tant sur le plan économique que social**. Son succès reposera sur une **mobilisation collective et une vision à long terme** pour faire du transport maritime un secteur plus respectueux de l'environnement.

Au-delà de la décarbonation des ports, la transformation du transport maritime pose la question plus large de la transition écologique du commerce mondial. Comment concilier croissance économique et impératif environnemental dans un contexte où le marché évolue au gré des dirigeants politiques avec une demande en constante augmentation ? L'évolution des chaînes logistiques, l'essor du transport à la voile ou encore la relocalisation de certaines productions sont autant de pistes à explorer pour repenser le commerce maritime du futur.

BIBLIOGRAPHIE

- Beyer, A. & Prete, M. L. (2019). Les enjeux portuaires de l'adoption du GNL comme carburant Contextes, projets et stratégies des acteurs portuaires. Rapport d'étude pour la Fondation SEFACIL Responsable scientifique. *Fondation SEFACIL* <https://shs.hal.science/halshs-02514721>
- Blanchard, M. (2017) . Stratégie maritime – Développer les énergies marines pour garantir l'indépendance nationale. *Revue Défense Nationale*, 799(4), 117-120. <https://shs.cairn.info/revue-defense-nationale-2017-4-page-117?lang=fr>
- Bocquet, L; Mottet, B.; Rigaut, J-C. (2023). La puissance osmotique ou la révolution française des énergies renouvelables ?. *La Revue de l'Énergie*, 666(1), 51-57 <https://stm.cairn.info/revue-revue-de-l-energie-2023-1-page-51?lang=fr>
- Bourdin, S.; Bruneau, A.; & Passerieux, R. (2024). *Construire l'acceptabilité sociale pour réindustrialiser*. 32ème séminaire de L'observatoire des Territoires d'Industrie. <https://www.la-fabrique.fr/wp-content/uploads/2024/02/cr-oti-acceptabilite.pdf>
- Cahen, B. (2012). La gestion des déchets issus du démantèlement des installations nucléaires, une activité en croissance qui reste à optimiser. *Annales des Mines - Réalités industrielles*, 3, 98-112. <https://doi.org/10.3917/rindu.123.0098>.
- Chaline, C. (1988). La reconversion des espaces fluvio-portuaires dans les grandes métropoles. *Annales de Géographie*, 97(544), 695-715. <https://doi.org/10.3406/geo.1988.20718>
- Dagdougui, H. (2011). Decision support systems for sustainable renewable energy systems and hydrogen logistics: modelling, control and risk analysis. Business administration. *École Nationale Supérieure des Mines de Paris; Università degli studi di Genova - Italie* <https://pastel.hal.science/pastel-00679421>
- Delepouve, M., & Bocquet, B. (2020). Sortir des énergies fossiles : les atouts du solaire dans les énergies distribuées <https://hal.science/hal-02510686/document>
- Erasmus Centre for Urban, Port and Transport Economics and Vrije Universiteit Brussel (2025). *Value creation for Europe. A first study on the value creation for Europe's sustainable and competitive position of the combined ports of Rotterdam and Antwerp-Bruges*. <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2025-01/Value%20creation%20for%20Europe%20%28Ports%20of%20Rotterdam%20and%20Antwerp-Bruges%29.pdf>
- Fiore, C. (2023). Quel type de maillage pour les ports territoriaux pour quels niveaux de performances ? Le cas du conteneur. <https://hal.science/hal-04273965>
- Foulquier, E. (2019). Transport maritime et changements climatiques : Mise en perspective en géographie. *Le Droit Maritime Français* <https://hal.science/hal-02173150/>
- Innes, A., & Monios, J. (2018). Identifying the unique challenges of installing cold ironing at small and medium ports – The case of aberdeen. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 62, 298-313. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.02.004>
- Lescorce, O. (2001). Les quais de Bordeaux rive gauche du XVIIIe au XXe siècle : Espaces portuaires ou balcon urbain ? Dans *Des villes, des ports, la mer et les hommes. Actes du 124e Congrès national des sociétés historiques et scientifiques, « Milieu littoral et estuaires »*, Nantes, 1999. Paris : Editions du CTHS, 2001. pp. 199-215 https://www.persee.fr/doc/acths_0071-8440_2001_act_124_1_5935
- Liegey, V. (2023). Un projet de décroissance : Controverses, débats et convergences. *Mondes en décroissance* <https://dx.doi.org/10.52497/revue-opcd.254>
- Lucas, E. (2021). Le démantèlement et le recyclage des navires : étude sectorielle.
- Miossec, A. (2014) . Mers et littoraux face aux perspectives des énergies marines renouvelables. *La Géographie*, 1553(2), 6-13. <https://doi.org/10.3917/geo.1553.0006>
- Najihah, Abu Bakar, N.; Bazmohammadi, N.; Vasquez, J C.; Guerrero, J M. (2023). Electrification of onshore power systems in maritime transportation towards decarbonization of ports: A review of the cold ironing technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113243>
- Narayanan, P.R. (2023). Methanol from CO2: a technology and outlook overview. *Digital Refining* <https://www.digitalrefining.com/article/1002891/methanol-from-co2-a-technology-and-outlook-overview>

- Notteboom, T., & Rodrigue, J. P. (2022). Chap. Port hinterlands and regionalization. Dans: *Port Economics, Management and Policy*, New York: Routledge, 690 p <https://porteconomicmanagement.org/pemp/contents/part2/port-hinterlands-regionalization/>
- Pallis, A. A., & Rodrigue, J. P. (2022). Chap. Terminals and terminal operators. Dans: *Port Economics, Management and Policy*, New York: Routledge, 690 p <https://porteconomicmanagement.org/pemp/contents/part4/terminals-and-terminal-operators/>
- Rodrigue, J. P. (2022). Chap. Main maritime shipping routes. Dans: *Port Economics, Management and Policy*, New York: Routledge, 690 p <https://porteconomicmanagement.org/pemp/contents/part1/interoceanic-passages/main-maritime-shipping-routes/>
- Rothermel, E. ; O'Brien, M.H.P. ; Best, J.E (2024). An Eulerian perspective on habitat models of striped bass occurrence in an offshore wind development area. *ICES Journal of Marine Science* <http://dx.doi.org/10.1093/icesjms/fsad212>
- Roy, L. (2009). Évolution démographique et demande énergétique : l'exemple de l'électricité au Québec. *Cahiers québécois de démographie*, 36 (2), 301-319 <https://doi.org/10.7202/029627ar>
- Saad, S., & Hamzi, R. (2012). Le 2ème Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables : Énergie et changement climatique.
- Spengler, T., & Tovar, B. (2021). Potential of cold-ironing for the reduction of externalities from in-port shipping emissions: The state-owned Spanish port system case. *Journal of Environmental Management*, 279 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111807>

Sitographie

- ADEME. (2024). *Evolution des particules fines en champ proche du trafic maritime*. <https://bibliothèque.ademe.fr/mobilite-et-transport/7796-evolution-des-particules-fines-en-champ-proche-du-traffic-maritime.html>
- ADEME. (2023). *Rapport sur la gestion des déchets industriels*.
- ADEME. (sd). *La géothermie, et les pompes à chaleur air-eau pour une collectivité*
- ADEME Magasin. (2021). *Qu'est-ce que l'hydrogène décarboné exactement ?* <https://infos.ademe.fr/magazine-avril-2021/dossier/quest-ce-que-lhydrogene-decarbone-exactement/>
- Agence de la Transition Écologique. (2021). *Rapport annuel sur les infrastructures industrielles*
- AIEA. (2023). *À long terme, quel rôle pourrait jouer le thorium dans le nucléaire ?* <https://www.iaea.org/fr/newscenter/news/role-du-thorium-dans-le-nucleaire>
- Airseas. (sd). *Transition énergétique maritime*. <https://airseas.com/transition-energetique-maritime/>
- Armateurs de France. (2024). *Leviers de décarbonation des navires*. [Note de position] https://www.armateursdefrance.org/sites/default/files/decryptages/adf_note_de_position_leviersdecarbonation_janvier_2024.pdf
- Artis (2023). *L'impact de l'utilisation du méthanol dans l'industrie en général*. <https://www.artis-groupe.fr/blog/methanol-utilisation>
- Autorisation environnementale unique : création d'un parc d'activités sur le site de l'ancienne raffinerie de Petit-Couronne (76). (n.d.). Pièce jointe n°7 E. Branquet-2019. <https://www.seine-maritime.gouv.fr/contenu/telechargement/40481/269011/file/17+pj+n°4+-+3.2+-+Annexe2+-+Volet+sur+l%27eau.pdf>
- Axioparc ZAE Drusenheim-Herrlisheim. (sd). <https://axioparc.com/>
- Barthès, P. (2022). *Comment décarboner les ports de commerce*. Polytechnique Insights. <https://www.polytechnique-insights.com/tribunes/energie/comment-decarboner-les-ports-de-commerce/>

- Banque des territoires. (2023). *La directive RED III publiée : Cap sur les 42,5% de renouvelables dans la consommation finale* <https://www.banquedesterritoires.fr/la-directive-red-iii-publiee-cap-sur-les-425-de-renouvelables-dans-la-consommation-finale>
- BouSSION, X. (2024). *Transition écologique : Le port poursuit sa mue*. Presse Océan. <https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/loire-atlantique/transition-ecologique-le-port-poursuit-sa-mue-ca0e6e7c-b6e0-11ee-b555-02d8a57a04de>
- Canas, N. (2023, novembre 23). *Le controversé parc éolien de la baie de Saint-Brieuc va bientôt entrer en fonctionnement*. Euractiv. <https://www.euractiv.fr/section/energie-climat/news/le-controverse-parc-eolien-de-la-baie-de-saint-brieuc-va-bientot-entrer-en-fonction/>
- CARGO - Décarbonation du transport maritime (2024). *Quelle place pour la capture cryogénique de CO2 dans la décarbonation du transport maritime ?* [Vidéo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=NnHj4jBT2KU>
- CEREMA. (2021). *Gigantisme des navires - Risques et impacts en cas de sinistre*. Rapport d'étude https://www.cerema.fr/system/files/documents/2021/05/cerema_etude_gigantisme_publicable_2021.pdf
- CEREMA. (2019). *Evaluer les risques liés au changement climatique sur les infrastructures portuaires* <https://www.cerema.fr/fr/actualites/evaluer-les-risques-lies-au-changement-climatique>
- CESER Pays de la Loire. (sd). <https://ceser.paysdelaloire.fr/>
- CNRTL (sd). *L'ÉGISLATION*. [Définition] <https://www.cnrtl.fr/definition/l%C3%A9gislation>
- Colas. (2023). *SRD : L'aventure dunkerquoise*. <https://www.colas.com/fr/media/actualites/srd-laventure-dunkerquoise/>
- Commission Européenne. (2023). *Accord dégagé sur la réduction des émissions du transport maritime*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/ip_23_1813
- Connaissances des énergies. (2024). *Raffineries de pétrole en France : Combien et où sont-elles ?* <https://www.connaissancedesenergies.org/questions-et-reponses-energies/petrole-combien-y-t-il-de-raffineries-en-france-et-ou-sont-elles-situees>
- Connaissances des énergies. (2020). *Centrales à charbon en France : Histoire et fermeture annoncée* / <https://www.connaissancedesenergies.org/centrales-charbon-en-france-et-en-allemande-quand-la-fermeture-240426>
- Connaissances des énergies. (2019). *Loi énergie-climat de 2019 : Les grands objectifs* <https://www.connaissancedesenergies.org/loi-energie-climat-de-2019-les-grands-objectifs-241104>
- Connaissances des énergies. (2013). *Énergie fossile : Définition, formation et chiffres clés* <https://www.connaissancedesenergies.org/questions-et-reponses-energies/quest-ce-que-une-energie-fossile>
- Connaissances des énergies. (2011). *Energies marines : Les sources renouvelables des mers* <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/energies-marines>
- Connaissances des énergies. (2011). *Dangers de l'hydrogène : Explosion et inflammabilité*. <https://www.connaissancedesenergies.org/idees-recues-energies/lhydrogene-est-plus-dangereux-que-les-carburants-traditionnels>
- Connaissances des énergies. (2011). *Éoliennes offshore : Fonctionnement, installation, coût, parc*. <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/eoliennes-en-mer-offshore>
- Conseil de l'Union européenne (2025). *Ajustement à l'objectif 55*. <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/fit-for-55/>
- Conseil de l'Union européenne (2025). *Pacte vert pour l'Europe*. <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/european-green-deal/>
- Conseil de l'Union européenne (2025). *La procédure législative ordinaire*. <https://www.consilium.europa.eu/fr/council-eu/decision-making/ordinary-legislative-procedure/>
- Conseil de l'Union européenne (2024). *Chronologie—Pacte vert pour l'Europe et ajustement à l'objectif 55* <https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/european-green-deal/timeline-european-green-deal-and-fit-for-55/>
- Conseil de l'Union européenne (2023). *Infrastructure pour carburants alternatifs : Le Conseil adopte une nouvelle loi pour accroître le nombre de stations de recharge et de ravitaillement en Europe*. <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2023/07/25/alternative-fuels-infrastructure-council-adopts-new-law-for-more-recharging-and-refuelling-stations-across-europe/>

Conseil de l'Union européenne (2023). *Initiative FuelEU Maritime: Le Conseil adopte une nouvelle loi visant à décarboner le secteur maritime.* <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2023/07/25/fueleu-maritime-initiative-council-adopts-new-law-to-decarbonise-the-maritime-sector/>

Conseil de l'Union européenne (2021). *Loi européenne sur le climat: Accord provisoire entre le Conseil et le Parlement.* <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2021/05/05/european-climate-law-council-and-parliament-reach-provisional-agreement/>

Conseil de l'Union européenne (2021). *Le Conseil approuve la nouvelle stratégie de l'UE relative à l'adaptation au changement climatique.* <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2021/06/10/council-endorses-new-eu-strategy-on-adaptation-to-climate-change/>

ContainerZ. (sd). *La course aux gros navires arrive-t-elle à sa fin?* <https://www.container-z.com/fr/blog/la-course-aux-gros-navires-arrive-t-elle-a-sa-fin>

Cordemais, s.d. *La centrale EDF.* <https://www.cordemais.fr/la-centrale-edf/>

Couzinou, V. (2023). *Éole, un quai à la grandeur des futurs projets éoliens à Saint-Nazaire.* Ouest France <https://www.ouest-france.fr/economie/energie/energie-eolienne/eole-un-quai-a-la-grandeur-des-futurs-projets-eoliens-a-saint-nazaire-cf619648-8237-11ee-a407-397218b61e71>

Couzinou, V. (2023). *Le port de Saint-Nazaire accueille un projet de captage et transport de CO2.* Le marin

Cunin, J.-M. (2024). *L'étonnant retour en grâce des projets de cargos nucléaires.* Ouest France <https://www.ouest-france.fr/economie/transports/transport-maritime/le-tonnant-retour-en-grace-des-projets-de-cargos-nucleaires-e66ccaf8-d6ea-11ee-a613-258427ffa9f5>

Daheron, N. (2025). *Sur le port de Saint-Nazaire, un quai à 235 millions d'euros pour les éoliennes flottantes.* Ouest France. <https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/saint-nazaire-44600/sur-le-port-de-saint-nazaire-un-quai-a-235-millions-deuros-pour-les-eoliennes-flottantes-f009a2c8-e55f-11ef-9afb-41e1b47a1356>

Débat public - Dossier du maître d'ouvrage, Septembre 2021 – Janvier 2022 *Combien coûte un parc éolien en mer en France ? Pourquoi et comment l'État a-t-il décidé de soutenir le développement de l'éolien en mer ?.*

Projet éolien en sud-Atlantique https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2021-09/2021-09_Eolien_mer_Sud_Atlantique_DMO_Fiche13.pdf

Deiss, H. (2024). *Alliances: Les ports français, les oubliés des schedules.* Ports et corridors. <https://portsetcorridors.com/2024/alliances-les-ports-francais-les-oublies-des-schedules/>

Deiss, H. (2023). *Décarbonation: Les défis et les choix du maritime.* Ports et corridors. <https://portsetcorridors.com/2023/les-defis-et-les-choix-pour-la-decarbonation-du-transport-maritime/>

Deiss, H. (2021). *Le Yara Birkeland réalise son premier voyage commercial.* Ports et corridors. <https://portsetcorridors.com/2021/le-yara-birkeland-realise-son-premier-voyage-commercial>

Deloitte global. (2025). *Décarbonisation du transport maritime: Tout le monde sur le pont* <https://www.deloitte.com/global/en/Industries/energy/perspectives/decarbonising-shipping.html>

Descamps, A. (2024). "E-carburants maritimes (et aériens) : la France est-elle en capacité de les produire ?". *Le Journal de la Marine Marchande* <https://www.actu-transport-logistique.fr/journal-de-la-marine-marchande/marches/e-carburants-maritimes-et-aeriens-la-france-est-elle-en-capacite-de-les-produire-916552.php>

Destimed. (2021). *CMA CGM lance la 1ère offre de service maritime bas carbone en faisant le choix du biométhane* <https://www.destimed.fr/cma-cgm-lance-la-1ere-offre-de-service-maritime-bas-carbone-en-faisant-le-choix/>

DGAMPA.(2023). *Feuille de route de la décarbonation de la filière maritime* https://mer.gouv.fr/sites/default/files/2023-04/23059_Feuille%20de%20route%20de%20carbonation_compressed.pdf

DIRM Méditerranée. (2024). *Publication du guide sur l'écoconception des infrastructures portuaires.* <https://www.dirm.mediterranee.developpement-durable.gouv.fr/publication-du-guide-sur-l-ecoconception-des-a3186.html?lang=fr>

DNV (2023). *Methanol as fuel heads for the mainstream in shipping*. <https://www.dnv.com/expert-story/maritime-impact/Methanol-as-fuel-heads-for-the-mainstream-in-shipping/>

Docshipper. (2023). *Tarifcation maritime : Comprendre les Surcharges* <https://docshipper.fr/transport-logistique/tarifcation-maritime-surcharges/>

Dumé, I. (2022). *Le thorium peut-il rivaliser avec l'uranium comme combustible nucléaire ? Polytechnique Insights*. <https://www.polytechnique-insights.com/dossiers/energie/les-dernieres-avancees-technologiques-de-lenergie-nucleaire/le-thorium-peut-il-rivaliser-avec-luranium-comme-combustible-nucleaire/>

Dupin, M. (2024). *Un nouveau quai pour stocker et assembler des éoliennes géantes dans le port de Saint-Nazaire. L'Écho de la Presqu'île* https://actu.fr/pays-de-la-loire/saint-nazaire_44184/un-nouveau-quai-pour-stocker-et-assembler-des-eoliennes-geantes-dans-le-port-de-saint-nazaire_61633490.html

EDF. (2025). *Usine marémotrice de la Rance : Produire une électricité décarbonée* <https://www.edf.fr/usine-maremotrice-rance/produire-de-lelectricite>

EDF. (2024). *Avenir du site de Cordemais : EDF envisage d'arrêter le projet « Ecocombust » et confirme sa volonté de maintenir sur le site une activité industrielle* <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/journalistes/tous-les-communiques-de-presse/avenir-du-site-de-cordemais-edf-envisage-darreter-le-projet-ecocombust-et-confirme-sa-volonte-de-maintenir-sur-le-site-une-activite-industrielle>

EDF. (2023). *La Centrale thermique de Cordemais*. [Fiche Presse] https://www.edf.fr/sites/groupe/files/2023-05/Fiche%20presse_Cordemais%202023.pdf

Elengy. (sd). *Procédures maritimes*. <https://www.elengy.com/services/navires-emissions/procedures-maritimes>

Elengy. (2024). *GOCO2, Grand-Ouest CO2* <https://www.elengy.com/medias/projets-developpement/goco2-grand-ouest-co2-0>

Elyse. (sd). *Green Coast* <https://elyse.energy/nos-projets/green-coast>

Enea Consulting (2012) : *Acceptabilité sociale des projets industriels. Concepts et enjeux de l'acceptabilité sociale pour des projets industriels* <https://www.enea-consulting.com/static/2d60ff4b8c55c09bbaaf93a889f84a7f/enea-lacceptabilite%20des-projets-industriels.pdf>

Energy Transitions Commission. (2021). *Faire de l'économie de l'hydrogène une réalité* <https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2021/04/ETC-Global-Hydrogen-Executive-Summary-Short-FR.pdf>

Equal Times. (2022). *Quels navires, quels carburants privilégier pour réduire l'impact sur l'environnement du transport maritime ?* <https://www.equaltimes.org/quels-navires-quels-carburants>

Estuaire-Sillon.fr. (sd). *Zibac—Projet de décarbonation de la zone industrialo-portuaire Loire Estuaire*. <https://www.estuaire-sillon.fr/actions-et-projets/un-territoire-de-cohesion-et-de-cooperation/zibac-projet-de-decarbonation-de-la-zone-industrialo-portuaire-loire-estuaire-6003.html>

Euraktiv. (2023). *Le controversé parc éolien de la baie de Saint-Brieuc va bientôt entrer en fonctionnement*. <https://www.euraktiv.fr/section/energie-climat/news/le-controverse-parc-eolien-de-la-baie-de-saint-brieuc-va-bientot-entrer-en-fonction/>

Flauraud, V. (2023). *Le démantèlement de la raffinerie Tamoil franchit une étape. Latest news, PME* <https://www.pme.ch/latest-news/2023/02/15/le-demantelement-de-la-raffinerie-tamoil-franchit-une-etape-573515>

Flowatt. (sd). <https://www.flowatt.fr/>

Force Ouvrière. (2023). *Fermeture de Cordemais : FO dénonce une décision violente*. <https://www.force-ouvriere.fr/fermeture-de-cordemais-fo-denonce-une-decision-violente>

France Hydrogène. (2025). *Décryptage et fact-checking* <https://www.france-hydrogene.org/decryptage/>

France Hydrogène. (2023). *Une électrolyse directement par eau de mer en Australie*. <https://www.france-hydrogene.org/magazine/une-electrolyse-directement-par-eau-de-mer-en-australi>

France Hydrogène. (2022). *Trajectoire pour une grande ambition hydrogène à 2030 : Industriels et territoires concrétisent les ambitions* <https://www.france-hydrogene.org/publication/trajectoire-pour-une-grande-ambition-hydrogene-a-2030-industriels-et-territoires-concretisent-les-ambitions/>

Franceinfo. (2023). *Planification écologique : Quel impact avec la fermeture des deux dernières centrales à charbon françaises d'ici 2027 ?* https://www.francetvinfo.fr/replay-radio/le-billet-vert/planification-ecologique-quel-impact-avec-la-fermeture-des-deux-dernieres-centrales-a-charbon-francaises-d-ici-2027_6054728.html

France 3 Régions. (2022). *Centrale de Cordemais, le charbon en sursis*. [Documentaire]. <https://france3-regions.francetvinfo.fr/pays-de-la-loire/loire-atlantique/documentaire-centrale-de-cordemais-le-charbon-en-sursis-2413723.html>

Fricot, P. (2021). Des pêcheurs portent plainte contre la construction du parc éolien de Saint-Brieuc, accusé de dégrader la biodiversité. *Novethic*. <https://www.novethic.fr/actualite/environnement/biodiversite/isr-rse/des-pecheurs-portent-plainte-contre-la-construction-du-parc-eolien-a-saint-brieuc-150109.html>

FSE. (2023). *Le Fonds pour la transition juste : Soutenir une transition écologique juste et inclusive en Europe* <https://fse.gouv.fr/le-fonds-pour-la-transition-juste-soutenir-une-transition-ecologique-juste-et-inclusive-en-europe>

Gallois, J. (2024). Le vrac en France, bilan et perspectives. *Siredom*. <https://www.siredom.com/le-vrac-en-france-bilan-et-perspectives-2/>

Gatti, M. (2019). Transport maritime : Réduire la vitesse des navires pour réduire les émissions. *Eco CO2*. <https://www.ecoco2.com/blog/transport-maritime-reduire-la-vitesse-des-navires-pour-reduire-les-emissions/>

Gatti, M. (2019). Norvège : Un premier navire de croisière à propulsion hybride. *Eco CO2*. <https://www.ecoco2.com/blog/norvege-un-premier-navire-de-croisiere-a-propulsion-hybride/>

Géocofluences (2025). *NIMBY (Not In My BackYard—Pas près de chez moi)* (ISSN : 2492-7775). (2025, février). [Terme]. *École normale supérieure de Lyon*. <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/nimby-not-in-my-back-yard-surtout-pas-chez-moi>

Géocofluences (2024). *Institutions de l'Union européenne* (ISSN : 2492-7775). (2024, octobre). [Terme]. *École normale supérieure de Lyon*. <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/institutions-de-lue>

Guimard, E. (2024). Lhyfe et Elyse Energy présentent leur projet de deux usines pour produire du e-méthanol et de l'hydrogène vert en Loire-Atlantique. *L'Usine nouvelle* <https://www.usinenouvelle.com/article/lhyfe-et-elyse-energy-presentent-leur-projet-de-deux-usines-pour-produire-du-e-methanol-et-de-l-hydrogene-vert-en-loire-atlantique.N2220312>

Greenpeace France. (2020). *Démantèlement de la centrale nucléaire de Tricastin*. <https://www.greenpeace.fr/action-demantelement-de-la-centrale-nucleaire-de-tricastin/>

HAROPA Port. (2024). *HAROPA PORT maintient le cap et poursuit son développement*. <https://www.haropaport.com/fr/espace-presse/haropa-port-maintient-le-cap-et-poursuit-son-developpement>

HAROPA Port. (2024). *Une centrale photovoltaïque sur la zone industrialo-portuaire du Havre* <https://www.haropaport.com/fr/actualites/une-centrale-photovoltaïque-de-36-000-m2-sur-la-zone-industrialo-portuaire-du-havre>

HAROPA Port. (2024). *Au cœur de la zone industrialo-portuaire, Biosynergy alimente Le Havre en énergie verte* <https://www.haropaport.com/fr/actualites/au-coeur-de-la-zone-industrialo-portuaire-biosynergy-alimente-le-havre-en-energie-verte>

HAROPA Port (2023) *Adapter les espaces portuaires au changement climatique* <https://www.haropaport.com/fr/adapter-les-espaces-portuaires-au-changement-climatique>

HAROPA Port. (2021) *HAROPA PORT s'équipe pour alimenter les navires à quai en électricité* <https://www.haropaport.com/fr/actualites/haropa-port-sequipe-pour-alimenter-les-navires-quai-en-electricite>

HAROPA Port (sd) *Ref. 5580—Terrain aménagé de 1200 m2 au Port du Havre (76)—Zone Industrialo Portuaire - Parc des Marais*. HAROPA PORT Real Estate. https://realestate.haropaport.com/produit/ref_5580/terrain-amenage-de-1200-m2-au-port-du-havre-76-zone-industrialo-portuaire-parc-des-marais

Hydrogen+. (2022). *Les ports européens passent à l'hydrogène*. <https://www.innovation24.news/2022/03/23/les-ports-europeens-passent-a-lhydrogene/>

- Hook and Net. (2021). *Les pêcheurs opposés aux parcs éoliens en mer*. <https://mag.hookandnet.com/2021/06/10/2021-06frwindfarmsfr/content.html>
- HZ CONTAINERS.com. (2024). *Quelle est la consommation de carburant des porte-conteneurs et quel est le carburant nécessaire ?* <https://hz-containers.com/fr/news/quelle-est-la-consommation-de-carburant-des-porte-conteneurs-et-quel-est-le-carburant-necessaire/>
- H2 Mobile. (2024). *Pile à combustible : Fonctionnement, avantages et inconvénients*. <https://www.h2-mobile.fr/dossiers/pile-combustible-fonctionnement-avantages-inconvenients/>
- Ici Loire Océan (2025). *Bilan 2024 : Une baisse des trafics sur le port Nantes-Saint-Nazaire, l'urgence de la transition énergétique* <https://www.francebleu.fr/infos/economie-social/bilan-2024-une-baisse-des-trafics-sur-le-port-nantes-saint-nazaire-l-urgence-de-la-transition-energetique-9215101>
- Ici Loire Océan (2024). *Reconversion de la centrale à charbon de Cordemais : La production démarrera en 2029* <https://www.francebleu.fr/infos/economie-social/reconversion-de-la-centrale-a-charbon-de-cordemais-la-production-demarrera-en-2029-8008956>
- IEA. (2022). *World Energy Outlook 2022 – Analysis*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- IFPEN. (sd). *L'énergie houlomotrice surfe sur la vague*. <https://www.ifpenouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/energies-renouvelables/lenergie-houlomotrice-surfe-vague>
- IFPEN. (sd). *Tout savoir sur l'hydrogène* <https://www.ifpenouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/energies-renouvelables/tout-savoir-lhydrogene>
- IGEDD. (2022). *L'adaptation au changement climatique des gestionnaires d'infrastructures de navigation maritime et fluviale en France*. <https://www.igedd.developpement-durable.gouv.fr/l-adaptation-au-changement-climatique-des-a3601.html?lang=fr>
- Information judiciaire. (2024). *Port de Nantes Saint-Nazaire : Trafic en léger repli*. <https://www.informateurjudiciaire.fr/actualites/port-de-nantes-saint-nazaire-traffic-en-leger-repli/>
- Innovation maritime.(mars 2022). *Électrification des quais au Québec* <https://tmq.ca/wp-content/uploads/2022/05/Electrification-des-quais-au-Quebec-MeRLIN-IMAR.pdf>
- Innovation maritime.(février 2022). *Étude sur les carburants alternatifs dans le transport maritime au Québec*. <https://tmq.ca/wp-content/uploads/2022/05/Synthese-FR-Carburants-Alternatifs-au-Quebec-MeRLIN-IMAR.pdf>
- Insee (2024). *28 700 salariés dans le complexe industrialo-portuaire de Nantes Saint-Nazaire* <https://www.insee.fr/fr/statistiques/8254017?t>
- IRENA. (2023). *World Energy Transitions Outlook 2023*. https://www.irena.org/Digital-Report/World-Energy-Transitions-Outlook-2023?utm_source=chatgpt.com
- ISEMAR Nantes Saint-Nazaire. (2020). *L'adaptation des ports maritimes aux conséquences du changement climatique*. [Note de synthèse](https://medias2ftv.akamaized.net/videosread/education/PDF/geo>Note%20de%20synthese%20ISEMAR.pdf) [https://medias2ftv.akamaized.net/videosread/education/PDF/geo>Note de synthèse ISEMAR.pdf](https://medias2ftv.akamaized.net/videosread/education/PDF/geo>Note%20de%20synthese%20ISEMAR.pdf)
- Lanzi, C. (2024). *Nouvelles étapes franchies vers l'exportation de CO2 à partir des côtes françaises*. *Le Marin* <https://lemarin.ouest-france.fr/energie/oil-et-gas/nouvelles-etapes-franchies-vers-lexportation-de-co2-a-partir-des-cotes-francaises-6c42479e-24e7-11ef-9d30-5a9c307764cc>
- Le dauphiné (2015). *SUISSE. Fermeture du site de Collombey : 220 emplois seraient supprimés*. <https://www.ledauphine.com/haute-savoie/2015/01/15/fermeture-du-site-de-collombey-220-emplois-seraient-supprimees>
- Liogier, R. (2022). *Une centrale osmotique va être installée sur le delta du Rhône*. *Gomet' Média*. <https://gomet.net/energie-osmotique-delta-rhone/>
- Le Monde. (2023). *Nantes-Saint-Nazaire : un modèle de recyclage dans le démantèlement des infrastructures pétrolières*.
- Lendopolis (s.d) *Centrales solaires Montoir Sud* <https://www.lendopolis.com/projet/centrales-solaires-montoir-sud>
- Le Parisien. (2025). *Total va supprimer 178 postes à la raffinerie de la Mède* <https://www.leparisien.fr/economie/petrole-total-va-restructurer-sa-branche-raffinage-16-04-2015-4697859.php>

Le Parisien. (2021). *Contre l'éolien en mer, le coup de force des pêcheurs de la baie de Saint-Brieuc* <https://www.leparisien.fr/environnement/contre-leolien-en-mer-le-coup-de-force-des-pecheurs-de-la-baie-de-saint-brieuc-07-05-2021-TISRMRMGJ5CGRHUL4GR5VXQTXE.php>

Le Point. (2020). *Explosions à Beyrouth : Les explications scientifiques*. https://www.lepoint.fr/monde/explosions-a-beyrouth-les-explications-scientifiques-05-08-2020-2386854_24.php

Les amis de la Terre. (2021). *Raffinerie de Total à Grandpuits : Entre greenwashing et casse sociale* <https://www.amisdelaterre.org/raffinerie-de-total-entre-greenwashing-et-casse-sociale/>

Les Echos. (2019). *Les Pays-Bas en pointe pour la transition énergétique du transport de marchandises sur l'eau* <https://www.lesechos.fr/industrie-services/tourisme-transport/les-pays-bas-en-pointe-pour-la-transition-energetique-du-transport-de-marchandises-sur-leau-1038031>

Les Echos. (2010). *Les navires géants ne restent que 24 heures en escale* <https://www.lesechos.fr/2010/11/les-navires-geants-ne-restent-que-24-heures-en-escale-436118>

Les Voix du Nucléaire. (2023). *La propulsion navale nucléaire*. <https://www.voix-du-nucleaire.org/transports/la-propulsion-navale-nucleaire/>

Le Temps. (2021). *A Collombey, le début de la fin de la raffinerie* <https://www.letemps.ch/suisse/valais/collombey-debut-fin-raffinerie>

Lhyfe. (2024). *Lhyfe, Elyse Energy et le territoire envisagent la production d'e-méthanol*. <https://fr.lhyfe.com/presse/sur-le-domaine-de-nantes-saint-nazaire-port-lhyfe-elyse-energy-et-le-territoire-envisagent-la-production-de-methanol-a-partir-dhydrogene-vert-renouvelable-afin-de-decarboner-le-transport-marit/>

Libération. (2020). *Tribune : Raffinerie Total de Grandpuits : Greenwashing et casse sociale*. https://www.liberation.fr/debats/2020/12/16/raffinerie-total-de-grandpuits-greenwashing-et-casse-sociale_1808837/

LPO. (2024). *Eolien offshore* <https://www.lpo.fr/la-lpo-en-actions/developpement-durable/milieu-marin/eolien-offshore>

L'Usine nouvelle. (2014). *La Société de raffinage de Dunkerque supprime 177 postes sur 263*. <https://www.usinenouvelle.com/article/la-societe-de-raffinage-de-dunkerque-supprime-177-postes-sur-263.N293475>

L'Usine nouvelle (2019). *A Dunkerque, Colas achève le plus grand chantier de déconstruction en France*. <https://www.usinenouvelle.com/article/a-dunkerque-colas-acheve-le-plus-grand-chantier-de-deconstruction-en-france.N841465>

L'Usine nouvelle. (2024). *Lhyfe et Elyse Energy présentent leur projet de deux usines pour produire du e-méthanol et de l'hydrogène vert en Loire-Atlantique*. <https://www.usinenouvelle.com/article/lhyfe-et-elyse-energy-presentent-leur-projet-de-deux-usines-pour-produire-du-e-methanol-et-de-l-hydrogene-vert-en-loire-atlantique.N2220312>

Lutte Ouvrière. (2014). *SRD (ex-raffinerie BP) -- Dunkerque : Suppression de productions et d'emplois*. <https://lutte-ouvriere.org/r/97637>

Maersk, s.d. Site officiel. <https://www.maersk.com/>

Maersk (2023). *Maersk secures green methanol for maiden voyage of the world's first methanol-enabled container vessel*. <https://www.maersk.com/news/articles/2023/06/13/maersk-secures-green-methanol>

Marseille Fos. (2020). *CENAQ* <https://www.marseille-port.fr/projets/cenaq>

Mecalux. (2022). *Hub and spoke, le centre de distribution des stocks* <https://www.mecalux.fr/blog/hub-and-spoke>

Melcion, N. (s. d.). *L'électrification des navires et des quais. Cluster Cargo*

Memiş, Ç. (2023). *Les 5 plus grands porte-conteneurs du monde 2024*. *Shipsgo Blog* <https://blog.shipsgo.com/fr/les-5-plus-grands-porte-conteneurs-du-monde-2024/>

Mer et Marine. (2024). *Le méthanol propulsion alternative favorite des commandes et conversions de navires en 2023* <https://www.meretmarine.com/fr/marine-marchande/le-methanol-propulsion-alternative-favorite-des-commandes-et-conversions-de-navires-en-2023>

Mer et Marine. (2022). *Nantes Saint-Nazaire : Face à la transition énergétique le port mise sur l'éolien* <https://www.meretmarine.com/fr/vie-portuaire/nantes-saint-nazaire-face-a-la-transition-energetique-le-port-mise-sur-l-eolien>

Mer et Marine. (2015). *Le transport ferroviaire se développe sur le port de Nantes Saint-Nazaire* <https://www.meretmarine.com/fr/vie-portuaire/le-transport-ferroviaire-se-developpe-sur-le-port-de-nantes-saint-nazaire>

Mer et Marine. (2012). *Le port de Nantes Saint-Nazaire lance des projets majeurs d'aménagement* <https://www.meretmarine.com/fr/vie-portuaire/le-port-de-nantes-saint-nazaire-lance-des-projets-majeurs-d-amenagement>

Météo France (2025). *Dangers Météorologiques Vagues Submersion* <https://vigilance.meteofrance.fr/fr/dangers-meteorologiques-vagues-submersion>

MICA Environnement. (2022). *Centrale photovoltaïque au sol - Résumé non technique de l'étude d'impact environnemental - Amarenco* https://urbanisme.pia.fr/wp-content/uploads/2024/08/03_Resume_Non_Technique_Etude_Impact.pdf

Ministère de la Transition écologique. (2025). *Marché carbone européen (ETS) - transport maritime* <https://www.mer.gouv.fr/marche-carbone-europeen-ets-transport-maritime>

Ministère de la Transition écologique. (2024). *Acteurs, réseau, et activités portuaires en France* <https://www.mer.gouv.fr/acteurs-reseau-et-activites-portuaires-en-france>

Ministère de la Transition écologique. (2024). *Sites et sols pollués 2024*.

Ministère de la Transition écologique. (2024). *La décarbonation de la filière maritime* <https://www.mer.gouv.fr/la-decarbonation-de-la-filiere-maritime>

Ministère de la Transition écologique. (2024). *Projet de zone de réglementation des émissions de polluants (ECA) en mer Méditerranée* <https://www.mer.gouv.fr/projet-de-zone-de-reglementation-des-emissions-de-polluants-eca-en-mer-mediterranee>

Ministère de la Transition écologique. (2023). *Décarbonation du maritime : Remise de la feuille de route* <https://www.mer.gouv.fr/decarbonation-du-maritime-remise-de-la-feuille-de-route>

Ministère de la Transition écologique. (2023). *Gestion des infrastructures fossiles*.

Ministère de la Transition énergétique. (2023). *Stratégie française pour l'énergie et le climat* https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/23242_Strategie-energie-climat.pdf

Ministère de la Transition écologique. (2020). *Stratégie nationale bas carbone*. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/19092_strategie-carbone-FR_oct-20.pdf

Ministère de la Transition écologique & Ministère de l'Aménagement du territoire. (2025). *Biocarburants* <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/biocarburants>

Ministère de la Transition écologique & Ministère de l'Aménagement du territoire. (2024). *Stratégie nationale bas-carbone (SNBC)* <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>

Ministère de la Transition écologique & Ministère de l'Aménagement du territoire. (2023). *Publication du 6e rapport de synthèse du GIEC* <https://www.ecologie.gouv.fr/actualites/publication-du-6e-rapport-synthese-du-giec>

Ministère de la Transition écologique & Ministère de l'Aménagement du territoire. (2022). *Schéma de cohérence territoriale (SCoT)* <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/scot-projet-strategique-partage-lamenagement-dun-territoire>

Montoir-de-Bretagne. (2022). *Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT)* <https://www.montoirdebretagne.fr/plan-de-prevention-des-risques-technologiques-pprt/>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2024). *Des implantations innovantes à Nantes Saint-Nazaire Port* <https://www.nantes.port.fr/fr/actualites/des-implantations-innovantes-nantes-saint-nazaire-port>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2024). *Des investissements en 2024 majoritairement tournés vers la transition énergétique* <https://www.nantes.port.fr/fr/actualites/des-investissements-en-2024-majoritairement-tournes-vers-la-transition-energetique>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2024). *Hydrogène: Nantes Saint-Nazaire Port pose ses premières briques* <https://www.nantes.port.fr/fr/actualites/hydrogene-nantes-saint-nazaire-port-pose-ses-premieres-briques>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2024). *Le projet Éole en bref*. <https://participez.eole.port.fr/blog/2558/le-projet-eole-en-bref>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2024). *Éole, plateforme d'assemblage pour les éoliennes en mer de demain* <https://www.nantes.port.fr/fr/actualites/eole-plateforme-dassemblage-pour-les-eoliennes-en-mer-de-demain>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2023). *Rapport annuel et RSE 2023* <https://www.nantes.port.fr/fr/medias/rapport-annuel>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2023). *Transformer le territoire Loire Estuaire en hub énergétique décarboné* <https://www.nantes.port.fr/fr/actualites/transformer-le-territoire-loire-estuaire-en-hub-energetique-decarbone>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2022). *Rapport annuel et RSE 2022* <https://www.nantes.port.fr/sites/default/files/2023-08/NPSN-Rapport-Activite-2022-web-FR-ok-Aout%202023.pdf>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2021). *Projet stratégique 2021-2023 de Nantes Saint-Nazaire Port*. [Bilan CPP V2 2.pdf](#)

Nantes Saint-Nazaire Port. (2020). *Marchés publics* <https://www.nantes.port.fr/fr/le-port-pour-les-pros/marches-publics>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2020). *Port de Donges* <https://www.nantes.port.fr/fr/nantes-saint-nazaire-port/sites-et-activites/donges>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2020). *Port de Montoir de Bretagne* <https://www.nantes.port.fr/fr/nantes-saint-nazaire-port/sites-et-activites/montoir-de-bretagne>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2020). *Au coeur des enjeux du Grand Ouest* <https://www.nantes.port.fr/fr>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2020). *Un terminal roulier compétitif* <https://www.nantes.port.fr/fr/le-port-pour-les-pros/marchandises/roulier>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2020). *Solutions logistiques* <https://www.nantes.port.fr/fr/le-port-pour-les-pros/prestations-portuaires>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2020). *Les chiffres clés du port* <https://www.nantes.port.fr/fr/nantes-saint-nazaire-port/nos-chiffres-cles>

Nantes Saint-Nazaire Port. (2020). *Centrale de Cordemais* <https://www.nantes.port.fr/fr/nantes-saint-nazaire-port/sites-et-activites/cordemais>

Nantes Saint-Nazaire Port. (s.d). *Nantes Saint-Nazaire Port, un acteur majeur du vrac* <https://www.nantes.port.fr/fr/le-port-pour-les-pros/marchandises/vracs>

Nicolas. (s. d.). *Bateau Hybride: Quels sont les avantages ?*. Latitude Verte. <https://www.latitudeverte.fr/quels-sont-les-avantages-dun-bateau-hybride/>

Occitanie Europe. (2024). *Vote d'une Résolution du Parlement européen sur une Stratégie portuaire européenne* <https://occitanie-europe.eu/vote-dune-resolution-du-parlement-europeen-sur-une-strategie-portuaire-europeenne/>

Officier du port, 2013. *La gestion d'une escale de navire par la capitainerie*. http://www.officierdeport.com/wa_files/capitalescale.pdf

Olikrom. (2023). *L'hydrogène: Dangers et risques industriels*. OliKrom. <https://www.olikrom.com/fr/blog/oeil-de-lexpert/hydrogene-dangers-et-risques-industriels/>

OMI. (2024). *Comité de la protection du milieu marin, 81ème session, (MEPC 81), 18-22 mars 2024*. <https://www.imo.org/fr/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-81.aspx>

OMI. (2023). *Comité de la protection du milieu marin (MEPC 80), 3-7 juillet 2023*. <https://www.imo.org/fr/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-80.aspx>

OMI. (sd). *Comité de la protection du milieu marin (MEPC)*. <https://www.imo.org/fr/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MEPC-default.aspx>

OMI (2009). *Convention internationale de Hong Kong pour le recyclage sûr et écologiquement rationnel des navires*. <https://www.imo.org/fr/about/Conventions/pages/the-hong-kong-international-convention-for-the-safe-and-environmentally-sound-recycling-of-ships.aspx>

OMI. (sd). *Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL)*. [https://www.imo.org/fr/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/fr/about/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

OMI. (sd). *Port State Control*. <https://www.imo.org/en/OurWork/MSAS/Pages/PortStateControl.aspx>

OMI. (sd). *Travaux de l'OMI pour réduire les émissions de GES provenant des navires*. <https://www.imo.org/fr/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx>

ONU. (1992). *DÉCLARATION DE RIO SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT. PRINCIPES DE GESTION DES FORÊTS*. <https://www.un.org/french/events/rio92/rio-fp.htm>

Panorama Grand Est. (2018). *L'EcoParc rhénan, le nouveau visage des zones d'activités économiques*. [Enregistrement vidéo]. Ina <https://fresques.ina.fr/panorama-grand-est/fiche-media/GRDEST00109/l-ecoparc-rhenan-le-nouveau-visage-des-zones-d-activites-economiques.html>

Parc éolien en mer de Saint-Nazaire (sd). *Découvrir le projet éolien de Saint-Nazaire* <https://parc-eolien-en-mer-de-saint-nazaire.fr/>

Parc éolien en mer de St-Nazaire. (sd). Présentation du projet <https://parc-eolien-en-mer-de-saint-nazaire.fr/le-parc-eolien-en-mer/presentation-projet/>

Perreault, M. (2021). La voile a le vent en poupe. *La Presse* <https://www.lapresse.ca/actualites/sciences/2021-08-29/transport-maritime/la-voile-a-le-vent-en-poupe.php>

Plotec (sd). <https://plotec.eu/home>

Pôle Océan. (2025). *Le Transport maritime s'engage à réduire ses émissions de CO2 de 50% d'ici 2050* <https://www.pole-ocean.fr/transport-maritime-reduction-emissions-de-co2/>

Port de Barcelona. (2023). *Énergies renouvelables* <https://www.portdebarcelona.cat/fr/durabilite/durabilite-environnementale/transition-energetique/energies-renouvelables>

Port of Rotterdam. (2025). *Port of Antwerp-Bruges and Port of Rotterdam call for a robust Clean Industrial Deal* <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/port-antwerp-bruges-and-port-rotterdam-call-robust-clean-industrial-deal>

PW Consulting. (2024). *Rapport d'étude de marché sur les navires de soutien aux feeders mondiaux et français*. <https://pmarketresearch.com/fr/rapports/rapport-detude-de-marche-sur-les-navires-de-soutien-aux-feeders-mondiaux-et-francais/>

Région Bretagne. (2023). *Communiqué · Le port de Brest s'engage dans la décarbonation de ses installations : Inauguration du prototype de panneau solaire flottant d'HelioRec* <https://www.bretagne.bzh/presse/communiques-dossiers/le-port-de-brest-sengage-dans-la-decarbonation-de-ses-installations-inauguration-du-prototype-de-panneau-solaire-flottant-dheliorec/>

Rhône FM. (2015). *Le plan de réhabilitation de la raffinerie de Collombey est connu*. <https://www.rhonefm.ch/valais/le-plan-de-rehabilitation-de-la-raffinerie-de-collombey-est-connu-37532>

Ridou, P. (2025). Face à la concurrence, une transition vitale pour le port de Nantes Saint-Nazaire. *Ouest-France.fr*. <https://www.ouest-france.fr/pays-de-la-loire/loire-atlantique/transition-vitale-pour-le-port-de-nantes-saint-nazaire-4bb5bea0-e546-11ef-9afb-41e1b47a1356>

Rédaction Guérande. (2022). Port de Nantes-Saint-Nazaire : un nouveau projet de champ de panneaux solaires. *L'Echo de la Presqu'île* https://actu.fr/pays-de-la-loire/saint-nazaire_44184/port-de-nantes-saint-nazaire-un-nouveau-projet-de-champ-de-panneaux-solaires_48543304.html

Région Bretagne. (2024). *Le port de Brest s'engage dans la décarbonation de ses installations : inauguration du prototype de panneau solaire flottant d'HelioRec* <https://www.bretagne.bzh/app/uploads/370-CP-HelioRec-portdeBrest.pdf>

Rouffiac, G. (2023). Transport Maritime : Facteur de réussite et articulation des Grands Ports Maritimes, Ports territoriaux et Hinterland. Economie d'échelle, économie de champs, prérequis de performance. *Verveine consulting* <https://verveineconsulting.com/transport-maritime-maillage-ports-territoriaux/>

- RTE. (2022). *Saint-Nazaire: Raccordement du parc éolien en mer* <https://www.rte-france.com/projets/nos-projets/raccordement-saint-nazaire>
- RTE (sd). *La carte du réseau de transport d'électricité* <https://www.rte-france.com/carte-reseau-transport-electricite>
- Saint-Nazaire Agglo (2020). *PLUi* https://data.geopf.fr/annexes/gpu/documents/DU_244400644/be41f0cd1c06c47d0b8a45e68d68074d/244400644_procedure_20240304.pdf
- Sénat. (2023). *Réindustrialisons nos territoires (Rapport)*. <https://www.senat.fr/rap/r10-403-1/r10-403-1.html>
- SGMer. (2022). *L'économie bleue en France*. <https://www.info.gouv.fr/organisation/secretariat-general-de-la-mer-sgmer/l-economie-bleue-en-france>
- SGPI. (2023). *France 2030 - Accélérer le déploiement de l'hydrogène, clé de voûte de la décarbonation de l'industrie* <https://www.info.gouv.fr/actualite/france-2030-acceler-le-deploiement-de-l-hydrogene-cle-de-voute-de-la-decarbonation-de-l-industrie>
- Starkraft (2013). *Inauguration de la première centrale osmotique du monde par la princesse héritière de Norvège*. <https://www.statkraft.fr/actualites/2009/Inauguration-de-la-premiere-centrale-osmotique/>
- Sud Ouest. (2024). *Charente-Maritime: Un projet de photovoltaïque flottant dans les tuyaux à Saint-Mandé-sur-Brédoire* <https://www.sudouest.fr/charente-maritime/saint-mande-sur-bredoire/charente-maritime-un-projet-de-photovoltaique-flottant-dans-les-tuyaux-a-saint-mande-sur-bredoire-18022739.php>
- Suez (s.d). *Reconversion de sites industriels*
- Techniques de l'Ingénieur. (2024). « *Il y a des fuites de méthane tout au long de la chaîne de production du GNL* » <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/il-y-a-des-fuites-de-methane-tout-au-long-de-la-chaine-de-production-du-gnl-133303/>
- Teillard, T. (2023). *Trois pays et cinq grands armateurs européens s'engagent à la COP 28. Le Marin*. <https://lemarin.ouest-france.fr/economie/entreprises/cma-cgm/trois-pays-et-cinq-grands-armateurs-europeens-sengagent-a-la-cop-28-76e2be64-9053-11ee-b098-8644c47fd929>
- Tellos (2024). *Axioparc: Une solution foncière face aux enjeux RSE* <https://tellos.fr/axioparc-une-solution-fonciere-face-aux-enjeux-rse/>
- Terega. (sd). *Le stockage d'hydrogène: un enjeu pour le développement de la filière* <https://www.terega.fr/nos-activites/hydrogene/le-stockage-dhydrogene-un-enjeu-pour-le-developpement-de-la-filiere/>
- Torregrossa, M. (2018). *Le GNL et carburant maritime: État des lieux et perspectives. Gaz-Mobilité* <https://www.gaz-mobilite.fr/dossiers/gnl-carburant-maritime-europe/>
- Torregrossa, M. (2024). *La barre des 1000 navires GNL est franchie ! Gaz Mobilité* <https://www.gaz-mobilite.fr/actus/barre-1000-navires-gnl-est-franchie-3824.html>
- Torregrossa, M. (2024). *Voiture hydrogène: quels avantages et quels inconvénients ? H2 Mobile* <https://www.h2-mobile.fr/dossiers/voiture-hydrogene-quels-avantages-quels-inconvenients/#un-fonctionnement-sans-co2-ni-particules-fines>
- Total Energies. (2025). *Le saviez-vous ? / Donges*. <https://donges.totalenergies.fr/la-plateforme-de-donges/notre-identite/le-saviez-vous>
- Total Energies. (2025). *Grandpuits: Une plateforme zéro pétrole en 2025* <https://totalenergies.com/fr/expertise-energies/projets/bioenergies/grandpuits-biocarburants-economie-circulaire>
- Total Energies. (2025). *TotalEnergies réalise la première opération de soutage de gaz naturel liquéfié d'un navire vers un porte-conteneurs dans le Port de Marseille Fos*. <https://totalenergies.com/fr/medias/actualite/communiques-presse/TotalEnergies-realise-la-1ere-operation-de-soutage-de-GNL-dans-le-Port-de-Marseille-Fos>
- Total Energies. (2025). *La plateforme de La Mède: Un site tourné vers les énergies d'avenir* <https://totalenergies.com/fr/expertise-energies/projets/bioenergies/la-mede-un-site-tourne-vers-avenir>
- Total Energies. (2025). *La Plateforme de Donges* <https://donges.totalenergies.fr/notre-plateforme>

Total Energies. (2025). *Présentation de la plateforme de Donges* <https://donges.totalenergies.fr/la-plateforme-de-donges/notre-identite/presentation-de-la-plateforme-de-donges>

Total Energies. (2021). *Résumé non technique - Plateforme de La Mède* <https://www.bouches-du-rhone.gouv.fr/content/download/44889/255083/file/Résumé%20non%20technique%20étude%20impact.pdf>

Transport & Environment. (2025). *Clean solutions for all: T&E's car decarbonisation roadmap* <https://www.transportenvironment.org/articles/clean-solutions-for-all-tes-car-decarbonisation-roadmap>

United Nations Conference on Trade and Development. (2023). *Review of Maritime Transport 2023*. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2023_en.pdf

United Nations Conference on Trade and Development. (2023). *Trade and Development Report 2023*. https://unctad.org/system/files/official-document/tdr2023_en.pdf

Valo, M. (2023). Les défis de la décarbonation de la pêche française. *Le Monde*. https://www.lemonde.fr/planete/article/2023/12/24/les-defis-de-la-decarbonation-de-la-peche-francaise_6207525_3244.html

Véolia. (2025). *Démantèlement industriel : Une opération exigeante*. <https://www.veolia.com/fr/solutions/demantelement-industriel-operation-exigeante>

Véolia. (2022). *Démantèlement industriel : gestion des polluants et des déchets dangereux*.

Vie publique. (2024). *SNBC, PPE, PNACC... La politique climatique de la France* <https://www.vie-publique.fr/eclairage/19383-snbc-ppe-pnacc-la-politique-climatique-de-la-france>

Vie publique. (2023). *Énergies renouvelables loi du 10 mars 2023* <https://www.vie-publique.fr/loi/286391-energies-renouvelables-loi-du-10-mars-2023>

Vie publique. (2023). *Zéro artificialisation nette (ZAN) : Comment protéger les sols ?* <https://www.vie-publique.fr/eclairage/287326-zero-artificialisation-nette-zan-comment-protéger-les-sols>

Vie publique. (2021). *Loi Climat et Résilience : Des avancées et des limites* <https://www.vie-publique.fr/eclairage/281953-loi-climat-et-resilience-des-avancees-et-des-limites>

Vie publique. (2019). *Le climat : Une profonde rupture par Emmanuel Le Roy Ladurie* <https://www.vie-publique.fr/parole-dexpert/277001-le-climat-une-profonde-rupture-par-emmanuel-le-roy-ladurie>

Vie publique. (2019). *Loi énergie et climat du 8 novembre 2019* <https://www.vie-publique.fr/loi/23814-loi-energie-et-climat-du-8-novembre-2019>

VINCI - eMAG (2024). *Décarbonation des sites portuaires : Comment arriver à bon port ?* <https://emag.vinci.com/decarbonation-des-sites-portuaires-comment-arriver-bon-port>

Voxlog. (2024). *Reconfiguration des alliances maritimes : Quelles conséquences pour les ports français ?* <https://www.voxlog.fr/actualite/9044/reconfiguration-des-alliances-maritimes-queles-consequences-pour-les-ports-francais-preview-token>

Wagner, T. (2021, janvier 19). *Décroissance et préjugés*. *Bon Pote*. <https://bonpote.com/décroissance-et-préjugés/>

West Link. (2024). *Hydrogène + CO2. Les e-carburants, avenir de la mobilité lourde ?* https://www.nantes.port.fr/sites/default/files/2024-05/mag_nantesport_westlink_n109.pdf

White, S. (2015). "Les émissions du transport maritime tuent des milliers de personnes chaque année.". *Euractiv* <https://www.euractiv.fr/section/sciences-legislation/news/les-emissions-du-transport-maritime-tuent-des-milliers-de-personnes-chaque-annee/>

Youmatter. (2018). *Qu'est-ce que la décroissance ? Définition, exemple, avantages de la décroissance économique*. <https://youmatter.world/fr/definition/décroissance-definition-quest-ce-que-la-décroissance-economique/>

Zegreenweb. (2020). *Un ferry électrique pourrait décarboner l'industrie mondiale du transport maritime*. <https://www.zegreenweb.com/2020/07/31/un-ferry-electrique-pourrait-decarboner-lindustrie-mondiale-du-transport-maritime/>

Référence Juridiques

Article R111-63—Code de l'urbanisme - Légifrance

LOI n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables (1), 2023 -175 (2023).

LOI n° 2019-1147 du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat—Dossiers législatifs - Légifrance.

Loi européenne sur le climat—Commission européenne

Table des figures

Figure 1 : Transport maritime et ports en Europe	6
Figure 2 : Distance parcourue par les cargos, 1999-2024	7
Figure 3 : Les acteurs en présence	17
Figure 4 : Les acteurs de la décarbonation des ports	19
Figure 5 : Schéma d'électrification d'un quai	21
Figure 6 : Surface propices à l'installations d'activité du GPM	44
Figure 7 : Récapitulatif des types de navires existants et leurs caractéristiques	45
Figure 8 : Électrification du quai des Darses et des Charbonniers	47
Figure 9 : Electrification du quai des marées	48
Figure 10 : Potentialité d'électrification du quai roulier	49
Figure 11 : Estimation de coûts et surfaces requises pour les câbles et les transformateurs	50
Figure 11 : Le risque submersion dans la zone de Saint-Nazaire	54
Figure 12 : Le projet Green Coast à l'est des terminaux de Montoir-de-Bretagne	63
Figure 13 : Risque de submersion marine à Donges et ses environs	69
Figure 14 : Schéma d'aménagement de référence du projet Éole	73
Figure 15 : Synthèse des enjeux par type de navires	85
Figure 16 : Comparaison des temporalités et coûts engagés pour les reconversions des différentes raffineries	103
Figure 17 : Fonctionnement de l'énergie osmotique (Starkraft)	111
Figure 18 : Le projet de centrale osmotique de Sweetch Energy	112
Figure 19 : Opération des pêcheurs pour empêcher la construction du parc éolien de Saint-Brieuc (2021)	148
Figure 20 : Impacts des éoliennes offshore sur la biodiversité	150
Figure 21 : Deux scénarios de décroissance portuaire	156

Annexe

Grille d'entretien

Thèmes et questions

Biographie :

Pouvez-vous nous décrire brièvement, votre parcours et situation professionnelle actuelle ? Décrire la structure dans laquelle vous évoluez

Question de relance

Quel est le lien avec la décarbonation du transport maritime ?

Avancée actuelle de la décarbonation du transport maritime :

Comment décririez-vous l'avancée et/ou les stratégies actuelles concernant la décarbonation du transport maritime et des zones portuaires ?

Avez-vous connaissance des méthodes et techniques employées pour répondre aux objectifs de décarbonation ? Sur le port ? Sur les navires eux-mêmes ?

Question de relance

Est ce que vous pensez que les stratégies adoptées sont suffisantes ou alors il faudrait en faire plus / moins ?

Pourriez vous nous donner des exemples de stratégies et/ou avancées dans ce domaine sur le port de St Nazaire ou autre

Politiques Publiques :

Comment évaluez-vous l'efficacité des politiques publiques actuelles en faveur de la décarbonation du transport maritime et des zones portuaires ?

Quelles améliorations suggérez-vous pour renforcer le soutien des autorités publiques à la décarbonation du transport maritime et des zones portuaires ?

Emploi / Formation :

Quels sont les défis sociaux actuels en termes d'emploi liés à la décarbonation du transport maritime et des zones portuaires ? Notamment dans la zone du port de Nantes Saint Nazaire ?

Selon vous, les formations actuelles sont-elles suffisantes pour former la main-d'œuvre de demain dans ce domaine ?

Question de relance

Voyez vous déjà des changements dans les emplois en vue des stratégies actées concernant la décarbonation du transport maritime et de la zone portuaire de Nantes St Nazaire ?

Plans d'aménagement

Est ce que vous pensez que les documents de planification actuels sont adaptés pour planifier et accompagner la transition énergétique des ports ? Scot, PLU.

Est ce que vous en voyez d'autres ?

Comment envisagez vous la décarbonation du port au vue du ZAN (Zéro artificialisation nette) ?

Opportunités ? Inconvénients ?

Futur de la décarbonation du transport maritime et des zones portuaires

Quels sont les facteurs susceptibles de façonner le futur du port de Saint Nazaire et du transport maritime mondial

Comment imagineriez-vous le port de Nantes Saint Nazaire dans les 20/50 prochaines années sous le prisme de la décarbonation ?

Question de relance

Comment voyez vous l'évolution des flux de transport maritime

Quels changements pour les navires ? Changement radical ou plus modéré ?

Pensez- vous que le port pourrait être un port relais accueillant des navires de type feeder ?

Quelle incidence territoriale la décarbonation pourrait entraîner sur le port de Nantes St Nazaire ?